

# Forschungsinitiative INVENT

Intelligenter Verkehr und  
Nutzergerechte Technik

## NIV-Schlussbericht PTV AG

**Beitrag des  
Zuwendungsempfängers:** PTV Planung Transport Verkehr AG  
Stumpfstrasse 1  
76131 Karlsruhe

**zum Teilprojekt:** NIV – Netzausgleich Individualverkehr

**Laufzeit:** 01.06.2001 – 30.09.2005

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln  
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem  
Förderkennzeichen 19P1071L gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

*Karlsruhe, 24.03.2006*

gefördert vom



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Inhaltsverzeichnis

<b>Öffentlicher Teil</b> .....	3
<b>I Zusammenfassung</b> .....	4
1. Aufgabenstellung.....	4
2. Voraussetzungen für das Vorhaben.....	5
3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	6
4. Wissenschaftliche und technische Ausgangslage .....	7
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	8
<b>II Ergebnisse und Verwertung</b> .....	10
6. Ergebnisse .....	10
7. Nutzen und Verwertbarkeit .....	17
8. Paralleler Fortschritt bei anderen Stellen .....	20
9. Veröffentlichungen .....	20
<b>IV        Berichtsblatt / Document Control Sheet</b> .....	21

# Öffentlicher Teil

# I Zusammenfassung

## 1. Aufgabenstellung

Das INVENT Teilprojekt NIV „Netzausgleich Individualverkehr“ hatte zum Ziel, die Leistungsfähigkeit von Straßenverkehrsnetzen durch gezielte Information und Lenkung des Verkehrs zu erhöhen. Zur Erreichung dieses Ziels wurde eine umfassende Wissensbasis über den Verkehrszustand und seine Entwicklung geschaffen, welche die Grundlage für ein umfangreiches Verkehrslenkungsstrategiemanagement bildete. Um nun auch direkt den Verkehrsteilnehmer in das System der effizienten Verkehrsraumnutzung zu integrieren, wurden unterschiedliche Konzepte entwickelt, in individuellen Zielführungssystemen sowohl persönliche Präferenzen als auch gesamtverkehrliche und strategische Lenkungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Ausgehend von den Grundkompetenzen der PTV AG, nämlich der Simulation, Prognose und Steuerung von Verkehrsflüssen und ihrer Optimierung sowie der Entwicklung von Diensten, die unter Berücksichtigung der gesamten Verkehrssituation dem Verkehrsteilnehmer die erforderlichen Informationen für seine Reise liefern, war es ein Hauptziel der PTV AG im Teilprojekt NIV neue Ansätze im Verkehrsmanagement und der Fahrerinformation zu erforschen. Des Weiteren sollten Technologien für eine kostengünstige und wirksame Generierung und Darbietung von Informationen entwickelt und mit den Kooperationspartnern verschiedene Dienste gestaltet und demonstriert werden.

Die prototypische Entwicklung und Umsetzung dieser Grundlagen und darauf aufsetzenden Dienste und deren abschließende integrierte Demonstration stellten die Hauptarbeitsschwerpunkte dar, welche sich in folgende inhaltliche Bereiche gliedern lassen:

### **Systemarchitektur**

Gemeinsam mit allen Projektpartnern wurde eine Systemarchitektur entwickelt, welche die oben genannten Anforderungen erfüllt.

### **Erweiterte Wissensbasis**

Zur erweiterten Wissensbasis trägt die PTV AG mit neuartigen Verfahren zur Kurzzeitprognose und zur Umweltinformation bei. In beiden Fällen dient das mikroskopische Simulationsmodell VISSIM als Basis.

### **Strategietransfer zum Nutzer**

Sämtliche in der Wissensbasis vorhandenen Daten werden an Services übergeben, die den Nutzer entsprechend der Managementstrategien durchs Netz leiten. Ein zentraler Informationsserver übernimmt dabei die Verarbeitung sämtlicher Informationsquellen, die Verwirklichung eines hybriden Zielführungsverfahrens über zentralseitig berechnete Wegpunkte und

die Generierung von akzeptanzsteigernden Meldungen, die dem Nutzer die Routenwahl erläutern soll.

### **Strategie und Management**

In den Strategieforen wird eine enge Zusammenarbeit mit den Beteiligten am Thema Verkehrsmanagement verankert. Die erarbeiteten Strategien werden in das Gesamtsystem unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen (Umweltaspekt) und Aspekten der Verkehrssicherheit integriert.

### **Systemintegration im Testfeld**

Die in den einzelnen Inhaltsblöcken entwickelten Verfahren und Dienste werden in verschiedene Testfelder übertragen und zu einem integrierten Gesamtsystem zusammengesetzt. Hierzu zählen der Aufbau notwendiger Hard- und Softwarekomponenten, die Implementierung der erarbeiteten Strategien und Steuerungsverfahren und die Versorgung der Wissensbasis. Alle Arbeiten münden in eine erfolgreiche Demonstration des Gesamtsystems.

## **2. Voraussetzungen für das Vorhaben**

Heutzutage sind fahrzeugseitige Zielführungssysteme meist statisch, d.h. die Routenfindung findet hauptsächlich auf einer Karte mit fest hinterlegten „Streckenwiderständen“ statt. 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 sind, zum anderen wichtige Vorgaben (Nutzerpräferenzen und strategisches Verkehrsmanagement) überhaupt nicht berücksichtigen.

Weiterhin ist bekannt, dass der Verkehrsteilnehmer auf seinen Stammrouten die aus seiner Sicht optimale Route bereits ohne externe Informationen durch vorhandene Leitsysteme wählt. Dabei hilft ihm seine Erfahrung und die Kenntnis anderer verkehrlicher Zusammenhänge. Ebendiese Informationen gilt es in einer Wissensbasis in Form von historischen Daten aber auch ereignisbezogenen Informationen vorzuhalten und über Informations- und Leitsysteme dem Verkehrsteilnehmer plausibel zu präsentieren.

Nichtsdestotrotz sind heute schon technologische Innovationen und Entwicklungen absehbar, die im Rahmen von NIV als grundlegend angesehen und durch weitere Forschung ergänzt und optimiert werden:

- ▶ Regionale Verkehrsmanagementzentralen für strategische, netzweite Verkehrslenkung befinden sich seitens der öffentlichen Hand im Aufbau bzw. werden bereits betrieben und zielen auf die Optimierung des Gesamtsystems Verkehr.
- ▶ Individuelle Zielführungssysteme, ergänzt mit privatwirtschaftlich bereit gestellten Informationen gewinnen an Bedeutung; diese sind auf den Nutzer zugeschnitten und haben die Vorteile des einzelnen Kunden zum Ziel.

- ▶ Sowohl die Erfassung von Verkehrszuständen als auch die Zustandsschätzung und Prognose ist heute auf keinem Entwicklungsstand, der eine sinnvolle Entscheidungsgrundlage für einen kapazitätsorientierten Netzausgleich darstellen könnte.
- ▶ Bemühungen zur Harmonisierung von privaten Leitstrategien und öffentlichem Verkehrsmanagement sind bisher nicht systematisch aufgenommen worden.

Die nun abgeschlossenen Arbeiten des INVENT -Teilprojektes NIV untersuchten ebendieses Zusammenwirken öffentlicher Vorgaben und fahrzeugbezogener, individueller Fahrtempfehlungen/-informationen. Die Lösungen bieten dem individuell geführten Nutzer eine Route, die unter Berücksichtigung der Gesamtsystemkriterien abgewogenen wurde. Diese zwischen Nutzer- und Systemkriterien harmonisierte Leitempfehlung soll als Ergebnis einen ausgewogenen Netzzustand anstreben. Demnach wird eine Zielführung nach den persönlichen Wünschen des Fahrers – jedoch unter Respektierung strategischer Vorgaben aus dem Verkehrsmanagement – erreicht.

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Partner im NIV Projekt arbeiteten von Juni 2001 bis September 2005, also über einen Zeitraum von fünf Jahren, gemeinsam an den oben genannten Zielen. Die Planung der Arbeiten zielte dabei darauf ab, durch die Spezifikationen und darauf aufbauenden Entwicklungen zunächst eine reale Demonstration, also Anwendung in der Praxis, mit den bereits vorhandenen Technologien durchzuführen. Weiterhin wurden auch Vorauentwicklungen geleistet, welche einen späteren Stand der Technik als Basis umfassten.

Nachfolgende Übersicht zeigt die formelle Aufteilung in die einzelnen Arbeitspakete von NIV.

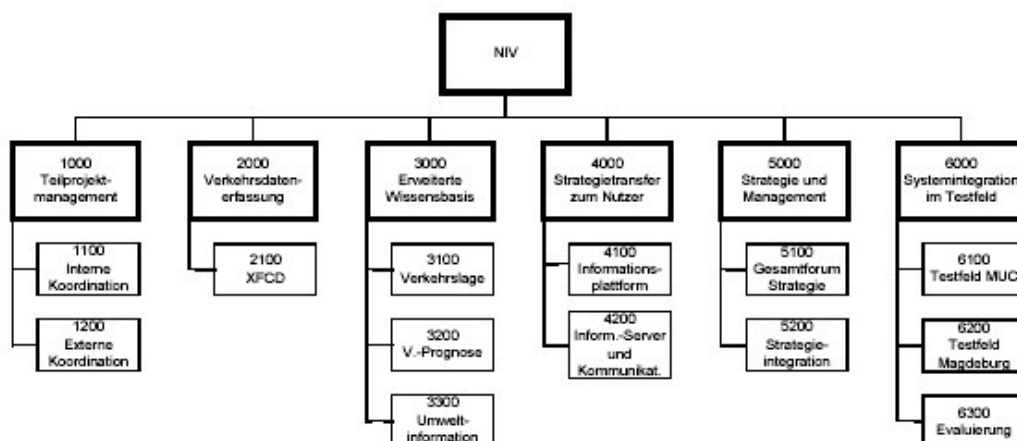


Abbildung 1: Übersicht NIV - Arbeitspakete

Als wesentliche Meilensteine können wie folgt festgelegt werden:

- ▶ September 2002 Anforderungen von Informationsplattform und Routing Service

- ▶ März 2003                    Systemarchitektur Testfelder und Lastenhefte
- ▶ September 2003            Strategien und Umsetzungskonzept im Testfeld
- ▶ März 2004                 Vorliegen der Wissensbasis
- ▶ Juni 2004                 Demonstration für das Szenario 2005
- ▶ Januar 2005               Systemintegration Testfeld und Betrieb Routing Service
- ▶ April 2005                Vorstellung und Ergebnispräsentation für das Szenario 2010
- ▶ September 2005            Bewertung

## **4.    Wissenschaftliche und technische Ausgangslage**

Im Einzelnen sah die wissenschaftliche und technische Ausgangslage in den inhaltlichen Arbeitsbereichen der PTV wie folgt aus:

### **Systemarchitektur**

Grundlagen für die Ausgestaltung einer möglichen Systemarchitektur lagen bereits aus internen Vorüberlegungen zur Ausgestaltung von dynamischen Routingdiensten vor. Darauf basierend konnten die Systemkomponenten definiert und die Abläufe innerhalb und zwischen den Systemkomponenten festgelegt, sowie eine Abstimmung mit den anderen Systemelementen der Kommunikationsarchitektur durchgeführt werden.

### **Erweiterte Wissensbasis**

Innerhalb von Verkehrsmanagement-Anwendungen werden Prognoseverfahren im Online-Betrieb eingesetzt. Diese Verfahren betrachten den Verkehrsablauf im Allgemeinen sehr vereinfacht. Die Mikrosimulation dagegen erzeugt den Verkehrsablauf durch die Bewegung von Einzelfahrzeugen, erfordert aber dafür entsprechend mehr Rechenzeit. Der Vorteil liegt darin, dass praktisch beliebige verkehrliche Größen abgeleitet werden können. Außerdem können die Verkehrsregelungen, insbesondere durch Lichtsignalanlagen, explizit berücksichtigt werden. Die wesentliche Größe für Routing-Anwendungen, nämlich die Reisezeit auf Netzabschnitten, leitet sich dann direkt aus den Fahrzeugbewegungen ab. Außerdem erlaubt das angeschlossene Modul zur Emissionsberechnung die Umweltsituation hinsichtlich der Abgasemissionen zu beschreiben.

### **Strategietransfer zum Nutzer**

Der Entwicklungsstand im Bereich der Zielführungssysteme zu Beginn des Projektes zeichnete sich dadurch aus, dass keine Verfahren zur Berücksichtigung von Verkehrsmanagementstrategien existierten. Lediglich über aktuell verfügbare Verkehrslagemeldungen wurde eine individuelle Zielführung dynamisiert berechnet. Diese Verkehrslagemeldungen sind jedoch sowohl inhaltlich als auch räumlich sehr beschränkt und können nur bedingt zu einem aktiven Netzausgleich beitragen. Beide vorhandenen Zielführungskonzepte (onboard und

offboard) waren nicht dafür geeignet, strategische Vorgaben aus dem Verkehrsmanagement in ein individuelles Routing einfließen zu lassen. Hierfür schien insbesondere die Kombination der beiden Systeme und ihrer Vorteile ein wegweisender Ansatz: Zentralseitig vorverarbeitete Informationen (Route unter Strategievorgaben) werden über verfügbare Kommunikationskanäle an ein Onboard -Informationsplattform übermittelt. Dieser Ansatz wurde im Projekt NIV auch verstärkt verfolgt.

### **Strategie und Management**

Wie schon erwähnt, war nicht nur die fehlende Verarbeitung von öffentlichen Strategien in Zielführungssystemen ein Manko, sondern auch die fehlende Abstimmung zwischen öffentlichem Strategiemangement zur Verkehrslenkung und privaten Informationsdiensten.

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

Vor diesem Hintergrund war es unabdingbar, die Wechselwirkungen in einem Forum zu diskutieren und die kollektiven mit den individuellen Maßnahmen abzustimmen, um den Verkehrsteilnehmer in einer Richtung zu beeinflussen.

### **Systemintegration im Testfeld**

Das Verkehrsnetz München (nördliche und nord-östliche Stadt/Region) eignet sich durch seine verkehrlichen Gegebenheiten, sowie technischen und organisatorischen Voraussetzungen gut zur Demonstration, Validierung und Bewertung der im Netzausgleich IV entwickelten Applikationen. Die Informationszentrale des Ballungsraums sowie die Verkehrsinformationszentrale Bayern (VIZ) bzw. die damit verbundenen BAB-Steuerungsanlagen der VRZ Südbayern bilden eine wesentliche Grundlage für die Versorgung der Wissensbasen.

Im Testfeld Magdeburg soll gezeigt werden, dass mit den zu entwickelnden Methoden und Technologien gerade auch in Städten von der Größe Magdeburgs ein für die öffentliche Hand und private Betreiber funktionell gewinnbringendes Verkehrsmanagement mit angemessenem Aufwand etabliert werden kann.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Mit den Partnern in NIV wurde sehr eng kooperiert. Neben den systematischen Abstimmungen, wie zum Beispiel dem Aufbau der Gesamt-Systemarchitektur, betraf dies naturgemäß die Partner, mit denen Daten ausgetauscht wurden; im Besonderen:



- ▶ die Testfeldpartner ifak und TRANSVER. Mit diesen Partnern wurde während des Wirkbetriebes um den Jahreswechsel 2004/2005 für jeweils zwei Monate der Datenaustausch durchgeführt.
- ▶ die Partner für den FCD-Austausch BMW und DaimlerChrysler. Von diesen Partnern wurden die FCD-Meldungen per GPRS empfangen und auf einem Frontend dargestellt.

Insgesamt wurde im Projekt NIV sehr eng mit den beteiligten Partnern zusammengearbeitet. Dies folgt schon allein daraus, dass nur durch diese Zusammenarbeit das Gesamtsystem lauffähig werden konnte.

## II Ergebnisse und Verwertung

### 6. Ergebnisse

Um die Ergebnisse der Arbeiten von PTV besser im Zusammenhang zu sehen, zeigt nachfolgende Übersichtsgrafik zunächst die grundsätzliche Architektur des NIV-Systems mit speziellem Fokus auf die Datensammlung, die Wissensbasis und die daraus abgeleiteten Dienste. Im Folgenden wird genauer auf die von PTV erarbeiteten Ergebnisse in den Bereichen mobile Datenerfassung, erweiterte Wissensbasis, Strategietransfer zum Nutzer und Strategieabgleich Öffentlich - Privat eingegangen.

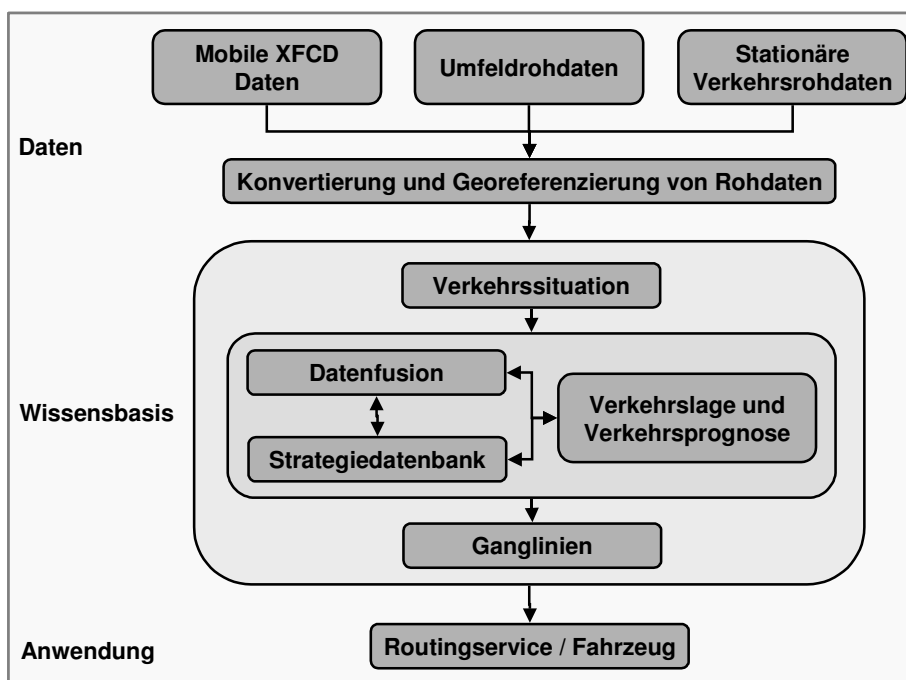


Abbildung 2: Übersicht NIV -System

#### Verkehrsdatenerfassung mit XFCD

In diesem Arbeitsfeld unterstützte die PTV insbesondere die beiden Partner BMW und Daimler Chrysler bei der Visualisierung der gesammelten XFCD –Meldungen. Das XFCD– Verfahren verwendet unterschiedlichen Fahrzeugsensoren und generiert über im Fahrzeug implementierte Algorithmen ereignisbezogene Meldungen. Über ein festgelegtes Übertragungsprotokoll werden diese Meldungen dann an eine Zentrale übermittelt und dort über das Internet visualisiert.

Floating Car Data sind insbesondere zur genaueren Abbildung der Verkehrssituation und zur Erkennung von sicherheitsrelevanten Zuständen von großer Bedeutung und sind somit als wertvolle Quelle für die Wissensbasis zu sehen.

## Dynamische Verkehrsprognose

Für die dynamische Verkehrsprognose wurde die Mikrosimulation VISSIM in die V.On-Umgebung eingepasst. V.On besteht aus einer zentralen Datenbank, der V.On-DB, die das betrachtete Straßennetz und alle verkehrlichen Daten einschließlich deren Verortung enthält, sowie Prozesse, die auf diesen Daten arbeiten. Innerhalb des Projektes NIV wurde VISSIM in diese Umgebung als Dienst aufgenommen. Eine Grundvoraussetzung hierzu war die Steuerung der Simulation "von außen", d.h. das übliche Konzept, dass die Simulation angestoßen wird und dann bis zu einem definierten Endezeitpunkt läuft, musste aufgebrochen werden. Dies geschah mittels der Implementierung einer COM-Schnittstelle (Component Object Model). In ähnlicher Weise erfolgte die Anpassung zur Übernahme der dynamischen Eingangsdaten und die Übergabe der Simulationsergebnisse (Prognose).

Alle Dienste die im Rahmen der VISUM-online-Architektur arbeiten, liegen in einer Warteschleife und führen in festgelegten Intervallen bestimmte Aktionen durch. Bei VISSIM-online ist diese Aktion der Aufruf eines Funktionsblocks, der die gesamte Funktionalität abdeckt. Der Funktionsblock verwirklicht eine Abbildungsregel

$$\text{Geschwindigkeiten auf Strecken} = f(\text{Detektorwerten})$$

und umfasst fünf Funktionen:

1. Abfragen der Messwerte für das vergangene Intervall

Aus der Datenbank wird die aktuell gemessene Verkehrsstärke für alle Detektoren geholt, und in die Anzahl durchgefahrener Fahrzeuge im einem Intervall umgerechnet.

2. Anpassen des Simulationszustandes an die Messwerte

Über die COM-Schnittstelle wird, wie in Abschnitt 5.3 beschrieben, die Verkehrslage durch Versetzen, Hinzufügen oder Entfernen von Fahrzeugen angepasst.

3. Fortschreiben der Simulation um eine Intervalllänge

Die Simulation berechnet die Bewegungen aller Fahrzeuge und erzeugt damit deren neue Positionen im Netz

4. Ermitteln der mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf den Strecken

Über die COM-Schnittstelle wird auf die VISSIM-interne Streckenauswertung zugegriffen. Die Streckenauswertung protokolliert während der Simulation Merkmale des Verkehrs, wie z.B. Fahrgeschwindigkeit, Anzahl der passierenden Fahrzeuge oder CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Zur genauen Lokalisation der Effekte werden dabei die Strecken in Segmente eingeteilt und die Werte für jedes Segment getrennt ermittelt. In VISSIM-online werden die Werte für die mittlere Fahrgeschwindigkeit auf den Streckensegmenten ausgelesen und mit Hilfe einer Zuordnungstabelle in Geschwindigkeiten für jede NavTeq-Strecke transformiert.

5. Schreiben der Auswertungsergebnisse in die Datenbank

Zur weiteren Bearbeitung durch VISUM-online und anschließenden Zugriff durch das Routing werden die Ergebnisse in der Form von Streckengeschwindigkeiten auf NavTeq-Streckensegmenten in die Datenbank geschrieben.

Es ist auch möglich die Anpassung und die Auswertung der Simulation in unterschiedlichen Intervallen durchzuführen.

Die statische Datenversorgung geschieht über eine herkömmliche Eingabedatei, die das Netz einschließlich der Detektoren, die Verkehrssteuerung, Flottenzusammensetzungen etc. enthält. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Screenshot von VISSIM mit dem Netz des Testfeldes München.

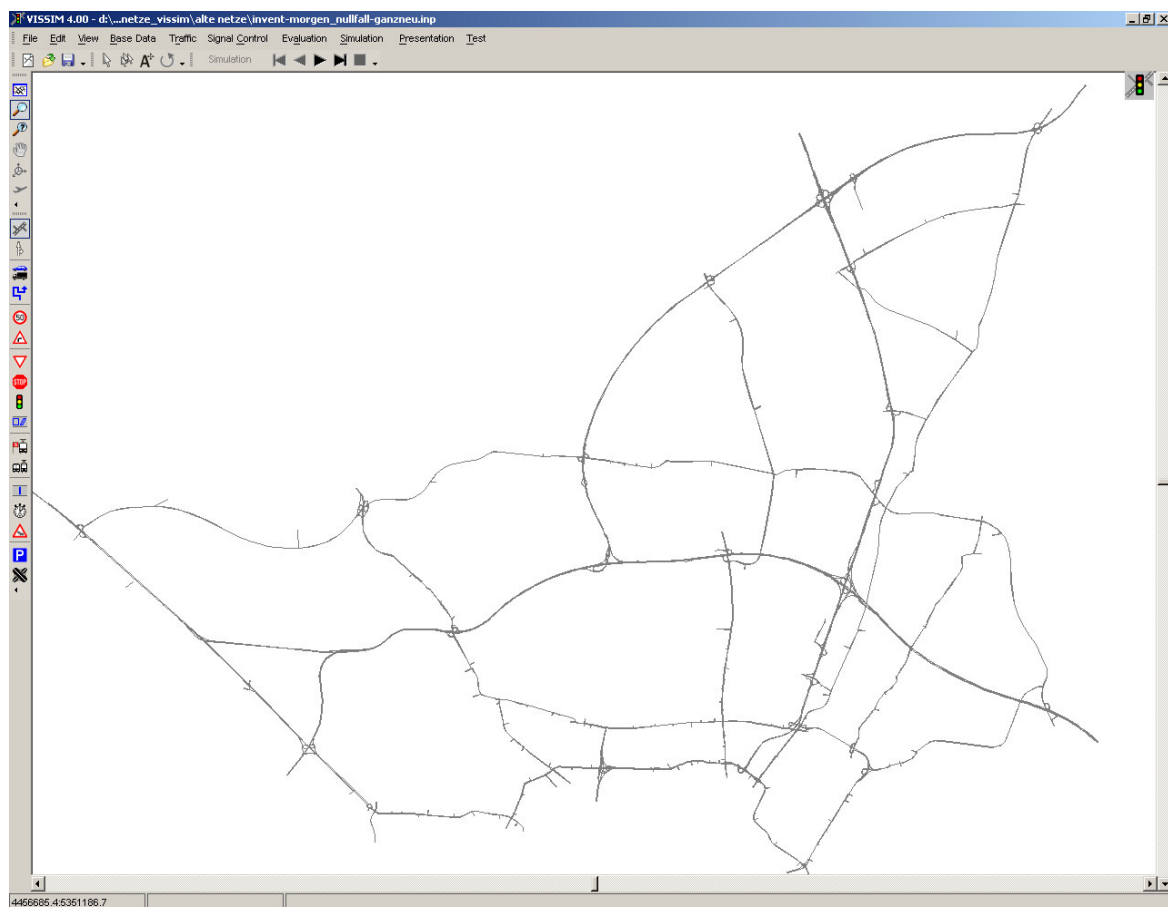


Abbildung 3: VISSIM-Netz des Testfeldes München

Der Vergleich der errechneten Prognosewerte mit Reisezeit-Daten, die durch FCD-Fahrzeuge während des Wirkbetriebes aufgezeichnet worden waren, zeigt zwei wesentliche Ergebnisse:

- ▶ Die prognostizierten Daten der Mikrosimulation stimmen sehr gut mit Messwerten überein. Dies ist eine wichtige Erkenntnis, da Reisezeiten in der Regel nicht direkt gemessen werden.

- Abweichungen gingen in der Regel auf Effekte zurück, die zwar nicht modelliert waren, aber, im Gegensatz zu anderen Verfahren, grundsätzlich aufgenommen werden können. Ein solcher Effekt war das vereinzelte Parken in zweiter Reihe, d.h. eine temporäre Kapazitätseinschränkung.

## Dynamische Umweltinformation

Für die dynamische Umweltinformation wurde das Emissionsmodul von VISSIM eingesetzt. Dieses Modul berechnet für jedes Fahrzeug auf der Grundlage der Bewegungsgrößen den momentanen Ausstoß unterschiedlicher Abgaskomponenten. Die datenseitige Grundlage bilden Abgaskennfelder für unterschiedliche Fahrzeugtypen und Abgasreinigungsstufen. In einer ersten Stufe wurde dieses Verfahren für einen besonders verkehrsreichen Netzausschnitt in Magdeburg, den Bereich "Damaschkeplatz", angewendet. Dort ist auch eine stationäre Erfassung der Luftschadstoffe durch die Lüftüberwachung Sachsen-Anhalt (LÜSA) eingerichtet. Nachfolgende Abbildung zeigt diesen Simulationsausschnitt.

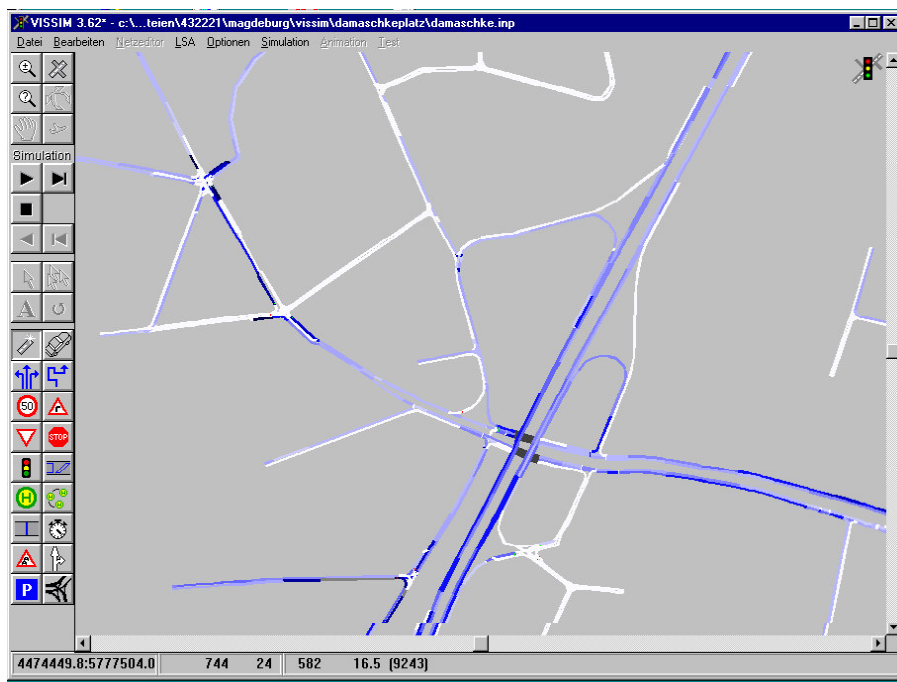


Abbildung 4: Testfeld Magdeburg, Emissionsberechnung "Damaschkeplatz"

Daneben wurde die Emissionsberechnung noch mit mobil gemessenen Abgasdaten abgeglichen. Hierzu wurde in einem speziellen Fall - einer Baustelle auf dem Magdeburger Ring mit Sperrung einer Richtungsfahrbahn - mobil in einem mitfahrenden Fahrzeug durch den Partner Ford gemessen. Für diesen Zeitraum wurden die Emissionsdaten aus der Simulation mit den mobilen Daten abgeglichen. Insgesamt zeigte sich, dass der Abgleich der unterschiedlichen Quellen, Mobilmessung, Stationärmessung und Simulation, nicht unproblematisch ist: bei der Mobilmessung wird das Ergebnis stark von unmittelbarem Fahrzeugumfeld beeinflusst, bei der Stationärmessung durch die Meteorologie.

## Strategietransfer zum Nutzer – Informationsserver und Routingzentrale

Das übergeordnete Ziel der Netzoptimierung wurde durch die Implementierung neuartiger Routingverfahren erreicht, welche zur Berechnung einer Route mehrere Kriterien parallel berücksichtigt und somit nach einem multikriteriellen Ansatz arbeitet. Hierzu wurden die zentralseitigen Verfahren zur Ermittlung solcher multikriterieller Leitempfehlungen entwickelt und die notwendigen Übertragungsschnittstellen spezifiziert. Als Hauptarbeitsgebiet der PTV kann man vornehmlich zentralseitige Komponenten nennen. Die übertragene Start-Ziel-Beziehung des Verkehrsteilnehmers bei einer Routenanfrage wird mit Hilfe der Informationen aus der 'Erweiterten Wissensbasis' und den 'Managementstrategien' verschnitten. Diese Netz-Informationen werden in Form einer individuellen Wegepunktliste in das Fahrzeug übertragen. Nach Übertragung der Wegepunktlisten in ein Fahrzeugsystem routet dieses dann mit Hilfe des eigenen Routenalgorithmus selbständig.

Die im Einzelnen vorgenommenen Arbeiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

*Integration der unterschiedlichen Routingkriterien in die Zentrale:* In Abstimmung mit den für den entsprechenden Inhalt verantwortlichen Datenlieferanten wurden hinsichtlich Codierung und Georeferenzierung standardisierte Formate zur Datenübertragung festgelegt. Demnach wurde für jede Informationsschicht (Verkehrslage und –prognose, Strategie, Umwelt und Sicherheit) eine Art Layer aufgebaut, der sich je nach Bedarf beliebig hinzuschalten lässt. Hierbei hat sich herausgestellt, dass ein System von Triggern und Kantenwiderständen ein bewährter Ansatz ist, über den sich verschiedenste Informationsschichten abbilden lassen. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass ein zu fein differenziertes Konzept der Kantenwiderstände nicht zielführend ist, da das nachfolgende Routenberechnungsverfahren nicht auf zu kleine Varianzen reagiert.

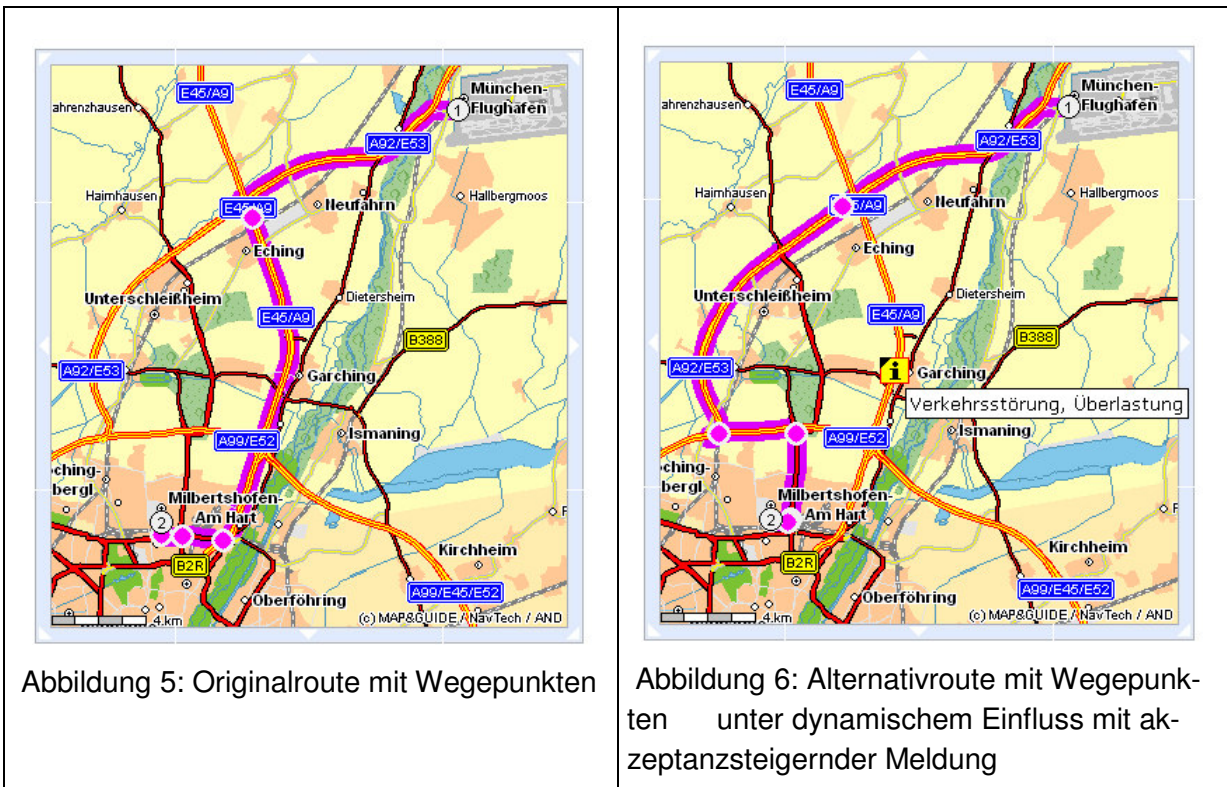
*Multikriterielles Routingverfahren:* Mit Hilfe des konzipierten Wegepunktverfahrens ist es möglich eine strategische Route eindeutig und unter Minimierung des Kommunikationsvolumens an die fahrzeugseitige Navigation zu übertragen. Die zentralseitig berechneten Wegepunkte dienen als so genannte Stützpunkte, zwischen denen die Navigation autonom die Zielführung übernimmt. Auch Nutzerpräferenzen sind über dieses Verfahren abzubilden. Das von der PTV schon im Vorfeld von INVENT entwickelte Verfahren konnte im Rahmen des Forschungsprojektes um folgende grundlegende Funktionalitäten weiterentwickelt werden.

- ▶ Integration unterschiedlicher inhaltlicher Layer fürs Routing, die beliebig zu- bzw. abschaltbar sind und somit die Berücksichtigung von Nutzerpräferenzen ermöglichen.
- ▶ Erweiterung des Regelwerks zur Generierung von Wegepunkten auf unterschiedlichen Netzebenen.
- ▶ Um das Kommunikationsvolumen bei der Übertragung der Wegepunkte einzuschränken, wird die Wegepunktliste bestimmten Filterregeln unterzogen und auf ein Minimum reduziert.
- ▶ Übertragung von Wegepunktlisten für verschiedenste Routenoptionen: Statische, dynamische Route, Route unter Berücksichtigung von Strategieinformationen etc.



- Integration von Meldungen zur Akzeptanzsteigerung beim Nutzer, welche betroffen für die jeweilige Route Gründe für Routenabweichungen angeben und somit für den Nutzer eine erklärende Wirkung haben sollen.

Der große Vorteil des vorgestellten Systems der zentralseitigen Routenberechnung liegt in der Verarbeitbarkeit komplexer Vorgänge, bei denen dem Fahrzeug-internen Zielführungssystem einerseits die Daten- und Informationsgrundlage und andererseits auch die Rechenkapazität fehlt.



*Generierung von akzeptanzsteigernden Meldungen:* Auch wenn die zu übertragenden Leitempfehlungen durch das Verschneiden verschiedener Informationsebenen in einer optimalen Route münden, ist es nicht ausreichend lediglich diese Route dem Verkehrsteilnehmer zu übermitteln. Vielmehr ist es gerade für den ortskundigen, aber auch den ortsunkundigen Nutzer unabdingbar, ihm Begleitumstände zu erläutern und somit die Diskrepanz zwischen übergeordneter Managementstrategie und Nutzerpräferenz zu erklären.

Inhaltlich sehen die akzeptanzsteigernden Meldungen vor, gerade die Vorteile der vorgeschlagenen Route zu verdeutlichen. Dies konnte im Falle von öffentlichen Strategien und üblichen Verkehrsinformationen eindrücklich demonstriert werden, wie folgende Bildsequenz darstellt.

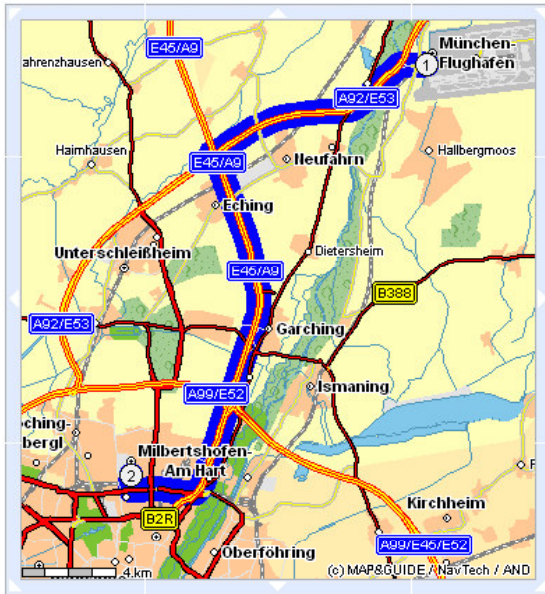


Abbildung 7:

Originalroute

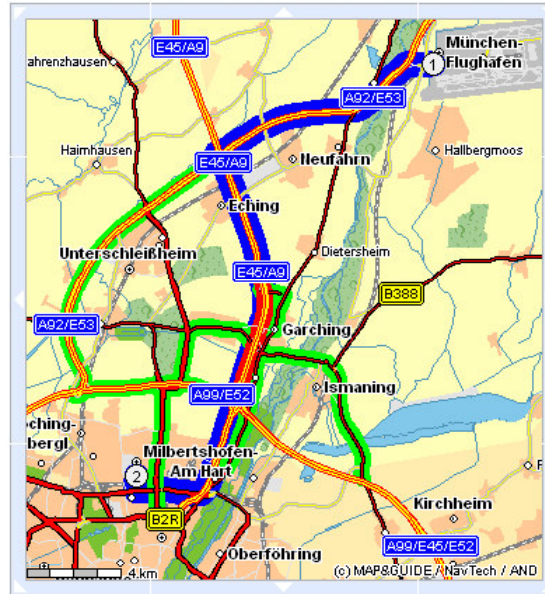


Abbildung 8:

Originalroute mit eingeblendetem Strategie-layer – man kann deutlich erkennen, dass die Originalroute mitten durch einen gestörten Streckenabschnitt führt.



Abbildung 9:

Neue Route unter Berücksichtigung der öffentlichen Umleitungsempfehlung (die über den Strategielayer abgebildet ist) mit akzeptanzsteigernden Meldung zur weiteren Erklärung.

## Strategieforen und Strategieintegration

Innerhalb dieses Arbeitskomplexes wurden Verfahren erarbeitet, welche die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in Straßennetzen durch den Einsatz öffentlicher, kollektiver Ver-



kehrsbbeeinflussungsmaßnahmen ermöglichen. Dazu gehört an erster Stelle die Sicherung der Leistungsfähigkeit des vorhandenen Hauptstraßennetzes. Negative Folgeerscheinungen von Überlastungen sind vermeidbar, wenn die Verkehrsnetzkapazitäten (Angebot) stets im erforderlichen Umfang (Nachfrage) bereitgestellt werden können. Insbesondere im städtischen Umfeld müssen aber gleichzeitig Rahmenbedingungen wie Nutzungskonkurrenzen (Umweltaspekt) oder die Aspekte der Verkehrssicherheit angemessen berücksichtigt werden.

In intensiver Abstimmung mit den Projektpartnern und den betroffenen öffentlichen Stellen in den Testfeldern, wurden Maßnahmenbündel geschnürt, Auslösekriterien aufgestellt und der entsprechende Informationslayer für das Routing aufbereitet.

## **7. Nutzen und Verwertbarkeit**

Die entwickelten Module bzw. Verfahren bieten auf verschiedenen Ebenen Verbesserungen in der Welt der dynamischen Navigation.

Insbesondere für die PTV ist die intensive Verzahnung von Verkehrsmanagement und individuellen Informationsdiensten auf mobilen Endgeräten eine strategische Geschäftsausrichtung. INVENT hat hierbei umfangreiche Ansatzpunkte geboten, dieses Themengebiet umfassend aus technischer und inhaltlicher Sicht zu durchleuchten.

Aus technischer Sicht hat die PTV das Fördervorhaben genutzt, um Komponenten neu zu generieren oder weiterzuentwickeln. Insbesondere im Bereich der Navigationsservices konnten zu Projektbeginn bereits erfolgreich am Markt platzierte Produkte für die pre-trip Planung um solche erweitert werden, die den Verkehrsteilnehmer „on-trip“ in seiner Mobilität unterstützt. Hierbei gilt es, die Bürger unter Beachtung von verkehrspolitischen Leitlinien bzw. unter Beachtung der aus ihnen abgeleiteten Verkehrsmanagementstrategien optimal zu informieren.

Die anvisierte horizontale Verknüpfung der lokalen Wissensbasen zu einem räumlich übergreifenden Service bietet aus technischer Sicht eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Informationsgenerierung und -darbietung. Daten, die von den auf der lokalen Ebene eingesetzten Verkehrsplanungs- und Verkehrsmanagementsoftware geliefert werden, können direkt in die Komponenten für Informationssysteme einfließen.

Im Einzelnen können Nutzen und Verwertbarkeit wie folgt aufgelistet werden:

### **Verkehrsdatenerfassung mit XFCD**

Die Verkehrsdatenerfassung mit Hilfe mobiler Sensoren stellt eine immer öfter angewandte und verlässliche Verkehrsdatenquelle dar, mit der unter zusätzlicher Berücksichtigung von Fahrzeugsensoren ein weites Feld der Informationssammlung geöffnet werden kann. Über die bloße Verarbeitung von Positionsdaten hinaus wird es möglich, ereignisbezogene Daten zu generieren, welche wiederum in Verkehrsmodelle aber auch andere Inhaltsschichten ein-

fließen können (z.B. sicherheitsrelevante Einzelmeldungen). Auch wenn die PTV im Rahmen von INVENT-NIV nicht maßgeblich an der Entwicklung der Verfahren beteiligt war, hat doch die Zusammenarbeit mit den entsprechenden Partnern bei der Entwicklung des Demoportals wesentlich dazu beigetragen, das Informationspotential solcher Verfahren kennen zu lernen. Erste Ideen für eine offene Datensammelplattform für mobile Endgeräte sind entstanden und konnten im Rahmen eines anderen EU-Forschungsprojektes erfolgreich umgesetzt werden.

### **Dynamische Verkehrsprognose und dynamische Umweltinformation**

VISSIMonline ist ein vielversprechender Ansatz für eine Generierung von detaillierteren Verkehrsprognosen. Im Verlauf des Projektes hat sich gezeigt, dass die Mikrosimulation in der Lage ist, relevante Netzausschnitte, hier eine Fläche von ca. 20 mal 30 km, mit entsprechender Geschwindigkeit zu simulieren; die Anbindung an das Online-System zur Datenversorgung ist hierbei nicht zeitkritisch. Die zu Beginn des Projektes noch vorhandenen Zweifel ob der Eignung der Mikrosimulation zur Prognose konnten ausgeräumt werden. Vielmehr hat sich gezeigt, dass sie zwar einen größeren Bedarf bezüglich der - statischen - Eingangsdaten hat, dafür aber deutlich mächtiger ist als andere Verfahren. Insbesondere kann sie Effekte berücksichtigen, die sonst keinen Einfluss auf die Prognose zeigen würden.

Ein wesentlicher Vorteil der Mikrosimulation ist dabei die Erzeugung von allen denkbaren verkehrlichen Parametern; insbesondere können neben Mittelwerten auch Verteilungen bzw. deren Kennwerte ermittelt werden. Dies eröffnet die Möglichkeit Aussagen über die statistische Sicherheit von Reisezeiten zu machen.

Die Nutzung der Mikrosimulation zur Online-Prognose wird von der PTV weiter verfolgt werden. Die Rahmenbedingungen, wie z.B. die Einbindung in die Online-Systeme und die Verfahrensentwicklung, wurden in INVENT-NIV geschaffen. Die dabei gemachten Erfahrungen, beispielsweise der recht hohe Aufwand zur Datenversorgung, müssen jetzt genutzt werden, um für die Zukunft einen effizienteren Einsatz zu ermöglichen.

### **Dynamische Umweltinformation**

Die dynamische Umweltinformation hängt direkt am Einsatz der Mikrosimulation im Online-System. Die Erfahrungen, die hier gemacht wurden, zeigten, dass ein Abgleich mit punktuellen oder mobilen Abgasmessungen mit Schwierigkeiten behaftet ist. Dies liegt weniger an der Berechnung der Emissionen, als vielmehr auf Seiten der Messungen. Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass die Berechnung der Emissionen mittels der Mikrosimulation sinnvoll machbar ist. Es kann jetzt als gesichert gelten, dass ein solcher Einsatz in einem Online-System sinnvolle Ergebnisse liefern kann, die z.B. ins Routing Eingang finden können. Weiterhin hat sich gezeigt, dass außer Reisezeiten und öffentlichen bzw. privaten Strategien weitere Einflussgrößen im Routing sinnvoll berücksichtigt werden können.

### **Strategietransfer zum Nutzer – Informationsserver und Routingzentrale**

*Routingzentrale:* In der Routingzentrale können die unterschiedlichen inhaltlichen Netzebe-

nen gesammelt und für das individuelle Routing bereitgestellt werden. Im Rahmen von INVENT-NIV konnte demonstriert werden, dass die gewählte Architektur zielführend ist, die Routingzentrale in der Lage ist, unterschiedlichste Netzinformationen zu integrieren und für ein Routing bereitzustellen. Dieser Ansatz bietet demnach für das Zusammen- und Wechselspiel von öffentlicher Hand und privaten Diensteanbietern enorme Möglichkeiten des Informationsaustauschs und einer integrierten Zielführung unter Berücksichtigung unterschiedlichster Interessen.

*Multikriterielles Routingverfahren:* Insbesondere für dynamische Netzinformationen und öffentliche Verkehrsmanagementstrategien konnte in INVENT-NIV demonstriert werden, dass multikriterielles Routing ein nutzerfreundlicher und aus der Blickrichtung des öffentlichen Verkehrsmanagements effizienter Ansatz der Zielführung ist. Für diese beiden Ebenen besteht ein direkter kausaler Zusammenhang, da aufgrund dynamischer Netzinformationen aktiv durch Strategien reagiert werden kann. Genau hier setzen weitere Forschungsprojekte auf, um die Möglichkeiten dieses Verfahrens auszuschöpfen und gegebenenfalls zu erweitern – z.B. wird die Integration von Lichtsignalanlagen, Wechselwegweisern etc. in größerem Umfang erprobt. Weiteren Entwicklungsbedarf gibt es bei der Integration der Informationen in das entsprechende System von Measures und Trigger, mit deren Hilfe das zentralseitige Routing beeinflusst wurde. Hierbei gilt es zu beachten, dass eine zu detailgetreue Abbildung nicht zweckmäßig ist, wie in INVENT gezeigt werden konnte, und ob das vorgeschlagene System für sämtliche Anwendungsfälle anwendbar ist.

*Akzeptanzsteigernde Meldungen:* Auch auf diesem Arbeitsgebiet konnten verwertbare Ergebnisse erzielt werden. Besonders Informationen, die über die allseits bekannte Verkehrsinformation hinausgehen, sind eine Bereicherung für den Nutzer. Nichtsdestotrotz muss an dieser Stelle weitergearbeitet werden, da im Rahmen von INVENT z.B. auf Widersprüchlichkeiten zwischen kollektiver (im Straßenraum) und individueller Zielführung nicht zu tief eingegangen werden konnte. Dennoch konnte der Nutzen dieser akzeptanzsteigernden Meldungen an zwei getrennten Ansätzen für ihre Übertragung nachgewiesen werden: Durch direkte Integration in die Wegepunktliste mit entsprechender Auswahl der relevanten Meldungen auch auf der Originalroute und als zusätzliche Information über ein Broadcastmedium.

## **Strategieforen und Strategieintegration**

In weiteren Forschungsinitiativen zeichnet sich deutlich eine Entwicklung in Richtung enger Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und privaten Diensteanbietern ab. Hiermit konnte in NIV erfolgreich beim Austausch von verkehrstechnischen Daten und der Integration von Maßnahmenbündel in private Dienste begonnen werden. Die aktive Zusammenarbeit von Vertretern aus Verwaltung, Wissenschaft und Forschung mit Industrievertretern muss fortgeführt werden. Die hoheitliche Aufgabe der Verkehrslenkung soll im Zeitalter von steigendem Verkehrsaufkommen verstärkt werden und in privaten Diensten vermehrt Berücksichtigung finden.

Aber auch auf der Ebene des Verkehrsdatenaustausches ist eine intensive Kooperation unabdingbar, um dem Endkunden und Nutzer qualitativ hochwertige Dienste anbieten zu können und dadurch die Akzeptanz von Meldungen und Empfehlungen nachhaltig zu steigern.

Wie weiter oben schon erwähnt gelang in INVENT die prototypische Entwicklung eines Strategielayers, welcher vordefinierte Verkehrsszenarien bei Netzproblemen und Großereignissen beinhaltet. Die Aktivierung und Deaktivierung der Strategien muss dabei in der Hand der öffentlichen Hand liegen und resultiert in einer Berücksichtigung im Routing des privaten Diensteanbieters. Ebenso konnte für ein Baustellenmanagement-System ein solcher Strategielayer auch online generiert und übertragen werden. Somit wurde das System anhand ausgewählter Anwendungsfälle erprobt und kann nun erweitert werden.

## **8. Paralleler Fortschritt bei anderen Stellen**

Über ähnlich gelagerte Arbeiten bei Dritten, die nicht in INVENT-NIV beteiligt waren, sind keine wesentlichen Fortschritte bekannt geworden.

## **9. Veröffentlichungen**

Neben den Veröffentlichungen, die von INVENT bzw. NIV insgesamt getätigt wurden, wurden folgende Präsentation international auf Fachkongressen gehalten:

Benz, Th.; Hoyer, R.; Kates, R.; Mathias, P.; Mück, J.; Rehborn, H.; Schell, B.: Information Supply for Intelligent Routing Services – The INVENT Traffic Network Equalizer Approach, 10. ITS Weltkongress, Madrid, 2003

Benz, Thomas: Online Traffic Information and Forecast for Routing Services, 12. ITS Weltkongress, San Francisco, 2005

## **IV    Berichtsblatt / Document Control Sheet**