



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement

Coordination entre information de trafic individuelle et gestion de trafic

Coordination between individual traffic information and traffic management

PTV SWISS AG
Franz Mühlethaler
Wilfried Matthews

PTV AG
Axel Burkert
Silke Buchberger

Forschungsauftrag VSS 2006/904 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

August 2010

1315

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement

Coordination entre information de trafic individuelle et gestion de trafic

Coordination between individual traffic information and traffic management

PTV SWISS AG
Franz Mühlethaler
Wilfried Matthews

PTV AG
Axel Burkert
Silke Buchberger

Forschungsauftrag VSS 2006/904 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Franz Mühlethaler

Mitglieder

Wilfried Matthews

Axel Burkert

Silke Buchberger

Michael Ortgiese

Federführende Fachkommission

Fachkommission 9: Verkehrstelematik

Begleitkommission

Präsident

Claude Marschal

Mitglieder

André Arrigoni

Georg Aufdermaur

Mark Bögli

Hansueli Gamper

Patrick Maillard

Gerhard Petersen

Peter Rapp

Alexander Unseld

Daniel Waldvogel

Marc Wijnhoff

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Forschungsstelle und Projektteam	4
Federführende Fachkommission	4
Begleitkommission	4
Antragsteller	4
Bezugsquelle	4
Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
Résumé 8	
Summary	9
1 Einleitung	9
2 Stand der Forschung	9
2.1 INVENT	9
2.1.1 Projektübersicht	9
2.1.2 Aufgabenstellung	9
2.1.3 Durchführung.....	9
2.1.4 Teilprojekt Netzausgleich Individualverkehr (NIV)	9
2.2 Düsseldorf in motion (Dmotion)	9
2.2.1 Projektübersicht	9
2.2.2 Aufgabenstellung	9
2.2.3 Durchführung des baulastträgerübergreifenden Strategiemangementes.....	9
2.2.4 Ergebnisse	9
2.3 AKTIV	9
2.3.1 Projektübersicht	9
2.3.2 Aufgabenstellung	9
2.3.3 Durchführung des Teilprojektes Verkehrsmanagement	9
2.3.4 Ergebnisse	9
2.4 wiki	9
2.4.1 Projektübersicht	9
2.4.2 Aufgabenstellung	9
2.4.3 Durchführung.....	9
2.4.4 Ergebnisse	9
2.5 CVIS	9
2.5.1 Projektübersicht	9
2.5.2 Aufgabenstellung	9
2.5.3 Durchführung.....	9
2.5.4 Ergebnisse	9
3 Anforderungen	9
3.1 Vorgehen	9
3.2 Akteure	9
3.2.1 Verkehrsteilnehmer	9
3.2.2 Verkehrsbetreiber.....	9
3.2.3 Dienstanbieter	9
3.2.4 Kommunikationsprovider.....	9
3.2.5 Fahrzeughersteller und Hersteller von Navigationssystemen	9
3.2.6 Gesellschaft allgemein	9
3.3 Nutzeranforderungen	9
3.3.1 Anforderungen der Verkehrsteilnehmer	9
3.3.2 Anforderungen der Dienstanbieter	9
3.3.3 Anforderungen der Betreiber.....	9
3.3.4 Kommunikationsprovider.....	9
3.3.5 Fahrzeughersteller und Hersteller von Navigationssystemen	9
3.3.6 Gesellschaft allgemein	9
3.3.7 Zusammenfassung der Nutzeranforderungen	9
3.3.8 Konfliktfelder.....	9
3.4 Expertengespräche	9
3.4.1 Fragenkatalog und Expertenkreis	9

3.4.2	Allgemeiner Fragenteil	9
3.4.3	Verkehrsteilnehmer (PW, LKW).....	9
3.4.4	Strassenbetreiber.....	9
3.4.5	Dienstanbieter	9
3.4.6	Hersteller von Navigationsgeräten oder Fahrzeugen	9
4	Lenkstrategien	9
4.1	Begriffsbestimmung	9
4.2	Wechselwirkung von individueller und kollektiver Sicht	9
4.3	Lenkziele	9
4.4	Einflussfaktoren	9
4.4.1	Berücksichtigung von Fahrzeugkategorien.....	9
4.4.2	Berücksichtigung des Befolgungsgrads.....	9
4.4.3	Mehrere Störungen	9
4.5	Umsetzung	9
4.5.1	Arten der Umsetzung	9
4.5.2	Zuständigkeit.....	9
4.5.3	Datengrundlage	9
4.5.4	Schnittstellen.....	9
4.5.5	Erfolgskontrolle	9
4.6	Akzeptanz	9
5	Verbreitungsmethoden.....	9
5.1	Technische Umsetzung	9
5.1.1	Auswahlverfahren	9
5.1.2	Berechnung der Route.....	9
5.1.3	Systemarchitektur	9
5.2	Durchsetzung	9
5.2.1	Vorschriften	9
5.2.2	Freiwillige Einführung.....	9
5.2.3	Anreize	9
5.3	Information der Benutzer	9
6	Demonstrator	9
6.1	Zweck	9
6.2	Aufbau	9
6.3	Vorführung und Resultat.....	9
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	9
7.1	Bedarf	9
7.2	Nutzen	9
7.3	Datenlage	9
7.4	Wahl der Lösung.....	9
7.5	Realisierung	9
7.6	Abstimmung mit Europa	9
7.7	Empfehlungen	9
8	Glossar.....	9
8.1	Begriffe.....	9
8.2	Abkürzungen	9
	Literaturverzeichnis	9
	Projektabschluss.....	9
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	9

Zusammenfassung

Heute sind in Europa Millionen von Navigationsgeräten im Einsatz. Diese erfreuen sich - nicht zuletzt wegen Massenproduktion und günstigen Preisen - allgemein grosser Beliebtheit. Viele Fahrer verlassen sich zunehmend auf die Empfehlungen der Navigationsgeräte und bestimmen die Route(n) nicht mehr selber.

Das Problem ist, dass das Verkehrsmanagement auf die heutigen Navigationsgeräte kaum - oder nur indirekt via die digital codierten RDS-TMC-Informationen - einen Einfluss hat. Die Fahrer folgen den Empfehlungen der Navigationsgeräte, übersehen und missachten oft sogar die Signalisation vor Ort und die Empfehlungen der Radio-Verkehrsinformation. Sie unterlaufen damit die Vorgaben des Verkehrsmanagements für eine optimale Verkehrsabwicklung.

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde deshalb untersucht, welche Lösungsmöglichkeiten bestehen, dass das Verkehrsmanagement direkt und aktuell die Navigationsgeräte beeinflussen kann. Diese Lösungen und Anwendungen müssen in Europa grenzüberschreitend kompatibel einsetzbar sein.

Solche Möglichkeiten wurden bereits in anderen Forschungsprojekten, vorab in Deutschland auf der technischen Ebene entwickelt und auf ihre Wirkungen hin untersucht. Im vorliegenden Projekt ging es deshalb darum, sich über die vorhandenen Lösungen eine Übersicht zu verschaffen, ihre wesentlichen Eigenschaften herauszukristallisieren und einen realistischen Weg zu zeigen, wie sich eine Lösung unter den spezifischen Bedingungen in der Schweiz umsetzen lässt.

Um die Anforderungen an eine Lösung zu erheben, wurde unter anderem eine Reihe von Expertengesprächen geführt. Es zeigte sich, dass zwei Fragen bei einer Umsetzung im Zentrum stehen: Einerseits was sind die möglichen Lenkstrategien des Verkehrsmanagements und wie kann erreicht werden, dass in der konkreten Situation eine von allen Seiten akzeptierte Strategie vorgegeben wird, und andererseits wie kann die gewählte Strategie passend auf die betroffenen Fahrzeuge abgebildet und an deren Navigationsgeräte übermittelt werden?

Um die Machbarkeit der entwickelten technischen Konzepte aufzuzeigen, wurde ein Demonstrator gebaut und in einem konkreten Szenario für ein Pilotgebiet in der Schweiz die Wirkung von durch Lenkstrategien des Verkehrsmanagements beeinflusster Navigation heute üblichen Navigationsmethoden gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass die demonstrierte Lösung nicht nur durchgängig funktionierte, sondern auch ein vergleichsweise gutes Resultat erzielte.

Um die im Projekt entwickelte Idee eines strategiekonformen Routings für die Navigationsgeräte Wirklichkeit werden zu lassen, sind noch einige Anstrengungen notwendig und Hindernisse zu überwinden. Als wichtig stellte sich heraus

- dass die heute vorhandene Datengrundlage im Verkehrsmanagement verbessert und vermehrt auf die Ermittlung von Reisezeiten ausgerichtet wird,
- dass neben den zuständigen Behörden auch Interessenvertreter der Verkehrsteilnehmer und der Navigationsanbieter in die Umsetzung einbezogen werden,
- dass man sich auf eine bestimmte, kurzfristig umsetzbare Lösung konzentriert,
- dass die Schweiz, insbesondere im Rahmen des Projektes VM-CH, aktiv in den passenden Gremien, Programmen und Projekten der EU wie TISA-Forum, EASYWAY, CEN TC278 etc. an der Erarbeitung einer europäischen Lösung mitarbeitet und dort die spezifischen Bedürfnisse des Alpen transitlandes Schweiz (Schwerverkehr, Intermodalität, Kompatibilität etc.) einbringt.

Résumé

Aujourd'hui des millions d'appareils de navigation GPS sont utilisés en Europe. Ils sont de plus en plus appréciés – et pas seulement en raison d'une fabrication en grande série et des prix bon marché. Beaucoup de conducteurs font confiance aux recommandations de leurs appareils de navigation et ne définissent plus eux-mêmes leur(s) itinéraire(s).

Le problème est que la gestion du trafic routier n'a presque aucune influence sur les appareils de navigation actuels - ou uniquement de manière indirecte via les informations numériques RDS – TMC codées. Les conducteurs suivent les recommandations de leurs appareils de navigation et ne voient plus ou ignorent même la signalisation sur place et les recommandations des informations radio sur le trafic. Ils contournent ainsi les objectifs de la gestion du trafic routier pour une organisation optimale de la circulation.

C'est pourquoi les solutions possibles ont été examinées dans le projet de recherche présent par lesquelles la gestion du trafic routier pourrait influencer directement et en temps réel les appareils de navigation. Ces solutions et ces applications doivent pouvoir être utilisées de manière compatible dans toute l'Europe.

Dans d'autres projets de recherche, de telles possibilités ont déjà été développées sur le plan technique et leurs effets examinés préalablement en Allemagne. Dans le projet présent il s'agissait de se faire une idée d'ensemble sur les solutions existantes, de cristalliser leurs qualités essentielles et d'indiquer une manière réaliste de mettre en œuvre une solution adaptée aux conditions spécifiques en Suisse.

Une série de discussions d'experts a été conduite afin de formuler les exigences à remplir. Deux questions centrales en cas de réalisation en sont ressorties : D'une part quelles sont les stratégies directives possibles de gestion du trafic routier et comment peut on arriver à s'accorder sur une stratégie acceptée par toutes les parties dans une situation concrète, d'autre part comment la stratégie choisie peut-elle être indiquée de manière appropriée aux véhicules concernées et transmise à leurs appareils de navigation ?

Pour montrer la faisabilité des concepts techniques développés, un appareil de démonstration a été construit et l'impact de la navigation, influencé par les stratégies directives de la gestion du trafic routier, a été comparé dans un scénario concret pour un espace pilote en Suisse aux méthodes de navigation habituelles aujourd'hui. Cela a révélé que la solution démontrée n'a pas fonctionné constamment mais qu'un résultat satisfaisant en comparaison a été obtenu.

Pour que l'idée d'un routage, conforme à la stratégie pour les appareils de navigation développée dans le projet, devienne réalité, quelques efforts sont encore nécessaires et quelques obstacles à franchir. Les points importants sont :

- La base des données existant actuellement dans la gestion du trafic routier doit être mieux adaptée et de manière accrue à la détermination des périodes de voyage,
- En plus des autorités responsables, les représentants des conducteurs et les fournisseurs d'appareil de navigation sont intégrés à la réalisation,
- On se concentre sur une solution précise, réalisable à court terme,
- La Suisse, particulièrement dans le cadre du projet VM-CH collabore activement dans les comités, programmes et projets de l'UE ainsi que du forum TISA, EASYWAY, EEN TC278 etc. à l'élaboration d'une solution européenne et transmet les besoins spécifiques du pays de transit alpin qu'est la Suisse (circulation de poids lourds, intermodalité, compatibilité etc.).

Summary

Nowadays, millions of car navigation devices are in use within Europe. They are very popular – among other reasons due to mass production and correspondingly low prices. Many drivers rely more and more on the navigation devices and don't determine the routes on their own.

The problem is that the traffic management has no influence on the state of the art navigation devices – or only in an indirect way through coded RDS TMC information. The drivers follow the guidance of the navigation devices, ignore or sometimes even neglect the signs on the spot and the recommendations of the radio based traffic information. With this they avoid the instructions of the traffic management to achieve an optimized handling of traffic.

Because of this the research project investigated on possible solutions for a direct influence of the traffic management on the vehicle navigation. These solutions and applications have to fit for a Europe wide compatible use.

Other research projects especially in Germany already developed such solutions on the technical level and evaluated their impact. It was therefore the purpose of this project to give an overview on the existing solutions, to highlight their relevant properties and to show a realistic way forward for implementing one solution under the specific conditions in Switzerland.

To establish the requirements on a solution, a series of conversations with experts were conducted. It turned out that there are two central questions related to an implementation: On one side what are the possible control strategies of the traffic management and how can it be achieved that in a concrete situation a strategy is implemented, which all parties involved accept? On the other side how can a selected strategy be mapped in appropriate manner on the vehicles involved and forwarded to the corresponding navigation devices?

To show the feasibility of the established technical concepts, a demonstrator was built and with it the impact of navigation influenced by control strategies of the traffic management was compared to state of the art navigation methods. It turned out that the solution demonstrated not only worked continuously, but that it leads to a good result as compared to ordinary car navigation.

To let the ideas of strategy conformant route guidance, as developed in the project, become a reality, a lot of efforts are required and obstacles have to be overcome. Important aspects turned out to be

- that the base data existing today in the domain of traffic management have to be improved and adjusted for the determination of travel times,
- that besides representatives of the responsible authorities, stakeholders of the road users and navigation service providers have to take part in the deployment of the new solution,
- that the focus should be on a specific solution, which can be implemented in short terms,
- that, especially in the framework of the project VM-CH, Swiss representatives actively participate in the appropriate institutions, programs and projects of the EU like the TISA-forum, EASYWAY, CEN TC278 etc. to establish a European solution, and that there they put forth the specific needs of the Alpine transit country Switzerland (heavy traffic, intermodality, compatibility etc.).

1 Einleitung

Navigationssysteme in Strassenfahrzeugen erleben gegenwärtig einen richtiggehenden Boom. Schon heute haben sie in Zentraleuropa eine Durchdringungsrate von ca. 20%. Die jährlichen Zuwachsraten liegen deutlich im zweistelligen Prozentbereich. Waren bis vor ein paar Jahren die Geräte noch weitgehend statisch, so ist davon auszugehen, dass die neu eingerichteten Geräte mit grosser Mehrheit dynamisch sind, also bei der Berechnung der Route die aktuelle Verkehrslage einbeziehen. Das trifft sowohl auf die so genannten mobilen Navigationsgeräte zu (Tom Tom, Garmin, Falk Navigator etc.), welche im Fahrzeug einfach auf dem Armaturenbrett zu montieren sind, die Route „on board“ im Gerät berechnen und zum Beispiel mittels TMC übertragene Verkehrsinformationen einbeziehen, als auch auf Navigationsdienste auf Mobiltelefonen, bei welchen die Route on board oder off board, d.h. in einem zentralen Server berechnet werden kann.

Das Problem bei der Verwendung dynamischer Navigation ist, dass sie sich dem Verkehrsmanagement der Behörden teilweise entzieht. Wohl können Sperrungen berücksichtigt werden, sofern diese rechtzeitig in die verbreitete Verkehrslage aufgenommen werden, aber damit verbundene Routenempfehlungen sind in der Navigation bisher nicht abbildbar. Noch wesentlich gravierender ist, dass bei Staus auf dem Hochleistungsstrassennetz nicht nur die Fahrerinnen und Fahrer mit Ortskenntnis auf das sekundäre Strassennetz ausweichen, sondern auch die Navigationssysteme lokale Umfahrungsrouten bestimmen und damit das sekundäre Netz noch wesentlich stärker belastet wird als in der Vergangenheit. Das führt zu einer „Übersteuerung“ des Verkehrssystems, denn da das sekundäre Netz in der Regel eine wesentlich geringere Kapazität hat, entsteht dort rasch ein Verkehrszusammenbruch, welcher in seinen Auswirkungen gravierender ist als der verursachende Stau auf der Hochleistungsstrasse. Die Information über diesen Zusammenbruch wird aber, wenn überhaupt, meist zu spät übermittelt. Schon mit der heutigen Verkehrsinformation bestand dieses Problem der Übersteuerung punktuell – mit den Navigationssystemen akzentuiert es sich.

Benutzer von Navigationsgeräten haben die Tendenz, für die Befolgung von Routen nur noch auf diese Geräte zu achten und die örtliche Signalisation ausser Acht zu lassen. Kritisch ist dies beispielsweise bei Grossveranstaltungen, wenn den Besuchern im Rahmen des Verkehrsmanagements Parkplätze auch in grösserer Distanz vom Veranstaltungsort zugewiesen werden sollen. Wer den Angaben des Navigationsgerätes folgt, wird nicht diese Parkplätze ansteuern. Aus diesem Grund wird in Deutschland bei Grossveranstaltungen oft über Radio die Empfehlung an Besucher verbreitet, das Navigationsgerät auszuschalten und die örtliche Signalisation zu beachten. Den Navigationsgeräten die betreffenden Parkplätze direkt als Ziel vorgeben zu können, wäre eine attraktive Alternative und würde viel Suchverkehr vermeiden.

Um das Problem der Diskrepanz zwischen den Anleitungen der Navigationsgeräte und den Vorgaben der für das Verkehrsmanagement zuständigen Behörden zu lösen, muss die Funktionalität der Navigationsgeräte erweitert werden. Worum es geht, wird deutlich, wenn diese Funktionalität in Form von Schichten oder Layern dargestellt wird:

- Der Basislayer enthält die Kartendaten und erlaubt eine Navigation allein auf der Basis dieser Daten. Der Basislayer liefert die Grundfunktionalität, welche in jedem Navigationsgerät vorhanden sein muss. Die resultierende Navigation ist statisch.
- Der Verkehrsinformationslayer ergänzt die Kartendaten mit den Angaben zu aktuellen Verkehrszuständen und Beschränkungen auf dem Strassennetz. Die Navigation wird durch diesen Layer dynamisch, indem sie diese Zustände und Beschränkungen berücksichtigt und falls notwendig eine Route vorgibt, welche von der im Basislayer bestimmten abweicht (etwa um einen Stau zu umfahren).
- Die beiden genannten Layer können durch einen Strategielayer ergänzt werden, welcher die aus dem Verkehrsmanagement stammenden „strategischen“ Vorgaben enthält. Ist die zusätzliche Funktionalität des Strategielayers vorhanden, dann ist die bestimmte Route konform zur Strategie des Verkehrsmanagements.

Das Forschungsprojekt „Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement“ soll eine konkrete, in der Schweiz umsetzbare Lösung für die genannten Probleme aufzeigen. Das Projekt konzentriert sich dabei auf eine im Rahmen mehrerer Forschungsprogramme in Deutschland entwickelte Methode des strategiekonformen Routings, beurteilt diese bezüglich Einsatz in der Schweiz und adaptiert sie so weit wie notwendig. Um die kritischen Punkte einer Umsetzung zu erkennen, wird eine Demonstration durchgeführt, bei welcher Vorgaben für die Autobahnen A1, A2 und A3 in den Kantonen Aargau, Baselland und Solothurn herangezogen werden. Darauf aufbauend wird eine Beeinflussung von Test-Navigationsgeräten realisiert. Die für die Beeinflussung erforderliche Software wird gemeinsam mit entsprechenden Projekten in Deutschland entwickelt.

2 Stand der Forschung

In Deutschland wurden bereits in einigen umfangreichen Forschungsprojekten vielversprechende Lösungsansätze für das hier zugrunde liegende Problem der fehlenden Verbindung zwischen Verkehrsmanagement und Fahrzeugnavigations entwickelt.

Im Folgenden werden vier dieser Forschungsprojekte, INVENT, Düsseldorf in motion, AKTIV und wiki beschrieben. Auch das europäische Forschungsprojekt CVIS befasste sich unter anderem mit den genannten Lösungsansätzen. Es wird ebenfalls kurz beschrieben.

2.1 INVENT

Durch die Verknüpfung von Verkehrs-, Informations- und Kommunikationstechnologien entstehen Assistenzsysteme, die den Fahrer in schwierigen Situationen unterstützen und beteiligte Fahrzeuge miteinander kommunizieren lassen. Demonstrationsfahrzeuge und Simulationen zeigen, wie der Verkehr der Zukunft über die Einbeziehung von Strategielayern mit mehr Sicherheit und Effizienz, Umweltfreundlichkeit, Technologie-Standard und Komfort aussehen könnte.

2.1.1 Projektübersicht

Tabelle 1: Projektübersicht INVENT

INVENT - Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik	
Gesamtkosten	76 Mio €
Fördermittel Gesamtprojekt	34 Mio €
Laufzeit	2001 - 2005
Förderung durch	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projektpartner „Verkehrsmanagement“	BMW Group, DaimlerChrysler AG, DLR e.V., Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg, NAVTEQ GmbH, Robert Bosch GmbH, Siemens AG, Siemens VDO Automotive AG, TRANSVER GmbH
Internetseite	www.invent-online.de
Aufgabenstellung	Mehr Sicherheit und Effizienz trotz steigendem Verkehrsaufkommen

2.1.2 Aufgabenstellung

„Mehr Sicherheit und Effizienz trotz steigenden Verkehrsaufkommens“ lauteten die zentralen Ziele von INVENT. Dabei sollten sich die neuen Lösungen durch ein hohes Maß an Nutzerfreundlichkeit und Komfort auszeichnen. Es wurden Technologien auf den Weg gebracht, die ein sicheres, nachhaltiges und umweltschonendes Verkehrsmanagement ermöglichen sowie die Verkehrsteilnehmer entlasten und unterstützen. Die Forschungsergebnisse wurden in ersten Demonstrationsfahrzeugen, prototypischen Leitzentralen und Computersimulationen realisiert, um eine anschauliche Idee davon zu vermitteln, wie Fahrzeuge der Zukunft aussehen können.

2.1.3 Durchführung

24 Unternehmen aus der Automobil-, Zuliefer-, Elektronik-, Telekommunikations- und IT-Industrie, Logistikdienstleister, Softwarehäuser sowie verschiedene Forschungsinstitute fanden Anfang 2001 für fünf Jahre zur Verkehrsforschungsinitiative INVENT (Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik) zusammen.

Das Projekt untergliederte sich in die drei Schwerpunktbereiche „Fahrerassistenz/ Aktive Sicherheit“, „Verkehrsmanagement 2010“ und „Verkehrsmanagement in Transport und Logistik“. Diese bearbeiteten wiederum acht Teilprojekte, von denen sich das Projekt „Netzausgleich Individualverkehr“ intensiv mit der Weiterentwicklung dynamischer Navigationssysteme (3. Generation) befasste, um so bei der Routenberechnung auch aktuelle Stauprognosen und Umleitungsempfehlungen berücksichtigen zu können.

2.1.4 Teilprojekt Netzausgleich Individualverkehr (NIV)

In diesem Teilprojekt ging es insbesondere um eine Entzerrung des Verkehrsaufkommens und eine effizientere Nutzung des Straßenverkehrs und damit die Schaffung einer erhöhten Leistungsfähigkeit im gesamten Verkehrsnetz. Hier entwickelten die Forscher neue Ansätze für ein intelligentes strategisches Verkehrsmanagement und eine neue Generation von Navigationssystemen. Diese werden künftig nicht nur den Wünschen des Fahrers entsprechen können (Finden des schnellsten oder kürzesten Wegs), sondern auch Rücksicht auf die Interessen der Gemeinschaft nehmen.

Als Grundlage für die maßgeschneiderte Routenplanung dienen zusätzlich zur digitalen Straßenkarte zahlreiche dynamische Informationen („Netzebenen“) über die Verkehrslage, den Straßenzustand, geplante Streckensperrungen oder aktuelle regionale Verkehrsleitstrategien. Die Autos der Zukunft tragen selbst zur Sammlung von Wetter- und Verkehrsinformationen bei, indem sie Ereignisse wie Stau oder Glatteis während der Fahrt erkennen und an eine Zentrale melden. Zusammen mit den Informationen von Behörden und stationären Verkehrssensoren lassen sich daraus bessere Verkehrslagebilder und genauere Prognosen ableiten.

Die Systemarchitektur im Teilprojekt NIV basiert auf folgenden fünf Prozessschritten:

Auf den Aufbau der technischen **Systemarchitektur zur Datenintegration und Datenerhaltung** erfolgt die **Datenerfassung** mittels eXtendes Floating Car Data (XFCD). Die hier entwickelte fahrzeugherstellerunabhängige Algorithmik filtert aus den fahrzeuggenerierten Daten die aktuellen Verkehrs- und Umweltsituationen heraus, meldet relevante Informationen über GSM-Kommunikation und ermöglicht so eine verbesserte Versorgung der dynamischen Netzebenen. Die Ergebnisse (Staus und Warteschlangen vor Lichtsignalanlagen) sind im Internet auf einer Karte aktuell dargestellt.

Für das dynamische Routing erfolgt die **Ermittlung der Verkehrslage und Verkehrsprognose** auch auf der Basis von punktuellen Verkehrsmessungen an nicht ständig beobachteten Streckenzügen. Für die Verkehrslage wurden je nach Art des Straßennetzes (Schnell- und Stadtstraßen) und erwünschtem Prognosehorizont (3' bis 180' Minuten) fünf verschiedene sich gut ergänzende Verfahren angewendet: ASDA/Foto, NETRAN, VIS-SIMonline, UTA sowie NEUROMONET.

Im Anschluss wurde eine **Datenfusion** (Transfusion) durchgeführt, die eine Ganglinie der Geschwindigkeit über die Zeit pro Streckeneinheit liefert.

Dynamische Umweltinformationen (stationär und im fließenden Verkehr) werden ebenso wie **Verkehrssicherheitsaspekte** bei der Optimierung der individuellen Routenführung berücksichtigt.

Verkehrsmanagementstrategien der Verkehrszentralen werden in Sonderverkehrssituationen (Großveranstaltungen oder Störungen) eingebunden. Es wurden ein Verfahren und die technischen Voraussetzungen entwickelt, öffentliche Umleitungsempfehlungen (kollektive Verkehrslenkungsstrategien) für die individuelle Fahrzeugnavigation nutz-

bar zu machen. Auch ein web-basiertes Werkzeug zur komfortablen kartengestützten Verwaltung von tagesaktuellen Baustellen und Störungen wurde entwickelt und implementiert.

Zur zukünftigen Unterstützung des Verkehrsmanagements der öffentlichen Hand wurden neuartige theoretische Ansätze für die Strategiekonzeption entwickelt und modellhaft simuliert. In diesem Konzept werden Fahrzeugströme an Kreuzungen mit kollektiv wirksamen Instrumenten entsprechend den vorab berechneten abgestuften Maßnahmen gelenkt. Durch die zeitnahe Berechnung neuer Fahrtrouten für mit Navigationsgeräten ausgestattete Fahrzeuge, denen die Informationen über Zeitpunkt und Ort der Maßnahmen vorliegen, können die Fahrzeuge die kritischen Kreuzungen frühzeitig entlasten. Durch Berücksichtigung derartiger Reaktionen bei der Berechnung kann die öffentliche Hand die kollektiven Instrumente feiner abstimmen und die Maßnahmen moderater ausführen.

In einem vierten Schritt folgt das **dynamische Routing und die Kommunikation** mittels Wegepunkt- (GSM) und Teilnetzverfahren (DAB). In beiden Verfahren wird die fahrzeugseitige Navigation (onboard) mit zusätzlichen Informationen aus der Routingzentrale (Konsolidierung und Veredelung aller relevanten Informationen) versorgt.

Zuletzt werden die Nutzerwünsche im Zielführungssystem (Navigation) berücksichtigt.

Versuche in den Städten München und Magdeburg zeigten neben dem Nachweis der technisch-funktionalen Machbarkeit der Kopplung von fahrzeug- und infrastrukturgestützten Systemen auch auf inhaltlicher Ebene eine verbesserte Organisation des Verkehrs auf den einzelnen Strecken sowie durch bessere Verteilung des Verkehrs auf das zur Verfügung stehende Hauptstraßennetz eine erhöhte Netzleistungsfähigkeit. Außerdem konnte die (inhaltliche und räumliche) Übertragbarkeit und Erweiterbarkeit der Systemarchitektur und der Schnittstellen überprüft werden.

2.2 Düsseldorf in motion (Dmotion)

Dmotion strebte eine erste Umsetzung der in INVENT entwickelten Lösungen an. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein effektives, durchgängiges, strategisches Verkehrsmanagement für den Ballungsraum Düsseldorf aufgebaut. Dafür wurde ein einheitlicher Verkehrslagebericht generiert. Bei Störungen wurde mit Hilfe gemeinsam entwickelter Strategien über verschiedene Leitsysteme sowie Navigationssysteme steuernd in das Verkehrsgeschehen eingegriffen.

2.2.1 Projektübersicht

Tabelle 2: Projektübersicht Dmotion

Düsseldorf in Motion - eine Projektinitiative für einen baulastträger- und privatwirtschaftübergreifenden Daten- und Informationsaustausch für die Region der Landeshauptstadt Düsseldorf	
Gesamtkosten	unbekannt
Fördermittel Gesamtprojekt	10 Mio. €
Laufzeit	01. April 2005 - 31. Dezember 2008
Förderung durch	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie - Forschungsinitiative Verkehrsmanagement 2010 (VM 2010)
Projektpartner „Verkehrsmanagement“	Landeshauptstadt Düsseldorf, OCA e.V. GEVAS software GmbH, ifak e.V. Magdeburg, Universität Hannover (ivh), PTV AG
Internetseite	www.vm2010.de ; www.dmotion.info
Aufgabenstellung	Aufbau eines effektiven, durchgängigen, stra-

Düsseldorf in Motion - eine Projektinitiative für einen baulastträger- und privatwirtschaftübergreifenden Daten- und Informationsaustausch für die Region der Landeshauptstadt Düsseldorf
--

tegischen Verkehrsmanagements für den Ballungsraum Düsseldorf

2.2.2 Aufgabenstellung

Ziel von Dmotion war es, einen einheitlichen, übergreifenden Verkehrslagebericht für die Region der nordrhein-westfälischen Landeshauptstadt Düsseldorf zu generieren und bei Störungen mit Hilfe gemeinsam entwickelter Strategien über die Steuerung von Lichtsignalanlagen, Wechselwegweisern und Wechselverkehrszeichen in das Verkehrsgeschehen einzugreifen. Hierzu galt es ein effektives, durchgängiges, strategisches und behördenübergreifendes Verkehrsmanagement aufzubauen und auch im Internet als Verkehrslage-Auskunftsportal anzuzeigen.

Zusätzlich wurden die Strategieempfehlungen über private Dienstleister in moderne Navigationssysteme eingespielt. Dieses „strategiekonforme Routing“ stellte die Konsistenz zwischen kollektiven und individuellen Informationsangeboten sicher.

Durch Verwendung von Standards wurde die Übertragbarkeit des Gesamtkonzeptes auf andere Regionen sichergestellt.

2.2.3 Durchführung des baulastträgerübergreifenden Strategiemangementes

Es galt zunächst, mittels Fusion lokaler Kenngrößen und FCD eine gebündelte **Verkehrslage und Prognose** zu errechnen, wobei verschiedenste Datenarten (Taxi-FCD, Messquerschnittsdaten, Ausgaben von LSA-nahen Schleifen und ÖV-Fahrzeugen) der unterschiedlichen Verkehrsleitzentralen zu durchgängigen Reiseroutenzeiten zusammengeführt werden mussten. Die Datenfusion im Rahmen von Dmotion verfolgte den Ansatz, aufbauend auf dem Datenvervollständigungsmodul DINO verschiedenartige Daten nicht zu verschneiden (nach unterschiedlicher Gewichtung zu mitteln), sondern zu „veredeln“.

Damit ein baulastträgerübergreifende Konzeption greifen kann, sind Massnahmen insbesondere an den Schnittstellen der verschiedenen Netze erforderlich. Hierfür wurde sukzessive ein **“Verkehrsmanagement Düsseldorf (ViD)”** aufgebaut, das in einer Verkehrsleitzentrale auf städtischer Seite alle relevanten Informationen sammelt und zu einem Verkehrslagebericht aufbereitet. Bei der Errichtung wurde großes Augenmerk auf OCIT-konforme Aktorik und die Integration in ein OCIT-Instation-Netzwerk gelegt.

Wie bei jedem Strategiemangement bedurfte es auch hier im Vorfeld detaillierter Planungen. Zunächst wurden regelmäßige Verkehrsprobleme (Störungen, Veranstaltungen etc.) identifiziert und auf kollektiver Aktorik basierenden **Haupt- und Alternativrouten** zugeordnet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen konnten hier behördenübergreifende Strategien angeboten werden. Im nächsten Schritt wurden über Verkehrszustandsdaten und kapazitätseinschränkende Ereignisse auslösende **Kriterien für Strategien und deren Rücknahme** definiert. Die Strategien mussten zudem anhand verkehrlicher, politischer oder wirtschaftlicher Aspekte gegeneinander und über vordefinierte Konfliktmatrizen priorisiert werden.

Über Anfragen können nun die verschiedenen öffentlichen und privaten Institutionen die Umsetzung vorab vereinbarter Schaltungen im Netz der jeweils anderen für das Verkehrsmanagement zuständigen Behörde bewirken. Dabei behalten sie die Entscheidungshoheit über ihr eigenes Streckennetz und die dazugehörigen Aktoren. Läuft in einem der Systeme eine übergreifende Strategie an, werden von der betroffenen Behörde („aktiver Partner“) beim externen („passiven“) Partner Maßnahmen angefordert, so dass ein Austausch sensorischer Information nicht erforderlich ist. Es folgt ein mehrstufiger **Ablauf für den Strategieabgleich**, in dem die angeforderte Maßnahme auf ihre Schaltbarkeit überprüft und bei positivem Ergebnis nach der Umsetzung auch kontrolliert wird.

Um den Datenfluss zwischen den Partnern möglichst gering zu halten, werden zur Optimierung des Datenaustausches durch die Behörden regelmäßig **Maßnahmenaus-tauschlisten** erzeugt, die die Schaltbarkeit verschiedener Strategien und potentielle Konflikte darstellen. Da auch die aktuelle Zustandsinformation (schaltbar, geschaltet und Schaltwunsch) mitgeliefert wird, bildet diese Liste den aktuellen Zustand für das gesamte Gebiet ab.

Das **strategiekonforme Routing** im Anschluss an das Strategiemanagement stellte eine Weiterentwicklung der Ansätze aus dem Projekt INVENT dar. Gestörte bzw. vom Strategiemanagement der öffentlichen Baulastträger nicht empfohlene Routen werden in Form sogenannter Measure-Links im Routing geringer gewichtet. Gleichzeitig erhalten empfohlene (Alternativ-)Routen eine höhere Gewichtung. Trigger-Links kennzeichnen die Ein- und Ausfahrten zu den von Strategien betroffenen Netzbereichen und stellen sicher, dass sich Measure-Links nur auf die konkreten Routenanfragen im kritischen Gebiet beziehen. Die Links brauchen in den Endgeräten nicht mehr versorgt zu werden, da die Verortungs-informationen mit übertragen werden (über TMC - auch AGORA-C ist möglich). Das Netzausgleichsverfahren (NIV) aus INVENT wurde hierfür dahingehend weiterentwickelt, dass der private Dienstleister die Routenempfehlungen in Form von Linklisten entgegennimmt. Er kann sich somit ohne spezielle Vorarbeiten (Versorgung der Strategien beim Anbieter) direkt an eine öffentliche Leitzentrale anschließen. Leitstrategien können jederzeit und ohne Einfluss auf die Dienste geändert werden.

2.2.4 Ergebnisse

Das in Dmotion entwickelte Konzept basiert auf einer durchgängigen Verkehrslage und Prognose für die gesamte Region Düsseldorf. Es bietet eine einfache, standardkonforme und übertragbare Lösung zum behördenübergreifenden Strategiemanagement mit kurzen Reaktionszeiten. Hoheitliche Kompetenzen werden nicht eingeschränkt: Aktorik und Sensorik sowie die Detektion von Störungen gehören weiter zum behördlichen Aufgabenbereich. Das Konzept bietet eine Aktorikverbreiterung durch den Einbezug von Navigationsdiensten, wobei wesentliche technische Einstiegshürden beseitigt wurden.

2.3 AKTIV

Im Projekt AKTIV erfahren die in den andern Projekten entwickelten Verfahren eine konsequente Weiterentwicklung. Es soll insbesondere untersucht werden, wie die Daten aus dem Strategielayer über das TPEG-Protokoll in die Fahrzeuge übermittelt werden können. Neben den Routen werden auch weiterführende Informationen bereitgestellt und mit kollektiven Anzeigen abgestimmt.

2.3.1 Projektübersicht

Tabelle 3: Projektübersicht Aktiv

Aktiv - Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr	
Gesamtkosten	ca. 60 Mio. €
Fördermittel Gesamtprojekt	ca. 27 Mio. €
Laufzeit	01.09.2006 - 31.08.2010
Förderung durch	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projektpartner „Verkehrsmanagement“	Adam Opel GmbH, BMW AG, DDG Gesellschaft für Verkehrsdaten, Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Hess. Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, IBEO Automobil Sensor GmbH, Institut für Automati-

Aktiv - Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr	
	on und Kommunikation e.V., MAN Nutzfahrzeuge AG, PTV AG, Robert Bosch GmbH, Siemens AG, Technische Universität München, Teleatlas Deutschland GmbH, Transver GmbH, Universität Hannover, Universität Kassel, Volkswagen AG
Internetseite	www.aktiv-online.org
Aufgabenstellung	Entwicklung neuer Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien sowie Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement und die Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation.

2.3.2 Aufgabenstellung

Mit dem Ziel, den Verkehr der Zukunft sicherer und flüssiger zu machen, entwickeln die Partner neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien sowie Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement und die Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation. Die Initiative AKTIV besteht aus den drei Projekten „Verkehrsmanagement“, „Aktive Sicherheit“ und „Cooperative Cars“.

Das Projekt AKTIV-Verkehrsmanagement steht unter der Zielsetzung, intelligente Systeme im Fahrzeug mit intelligenter Infrastruktur, Kommunikation und Kooperation im Verkehr zu vernetzen.

2.3.3 Durchführung des Teilprojektes Verkehrsmanagement

In sechs Applikationen werden Verkehrs- und Informationszentralen, straßenseitige Infrastruktureinrichtungen und intelligente Fahrzeuge miteinander verbunden:

Über eine „**Informationsplattform**“ werden die Verkehrsdaten kooperativ gemanagt. Daten unterschiedlicher Herkunft (öffentliche und private Betreiber, Fahrzeuge, Leitsysteme) und verschiedener Formate werden in diesem Informationspool zusammengeführt, aufbereitet und den unterschiedlichen Applikationen wieder bereitgestellt. Diese Plattform bildet also die Basis für die kontinuierliche Analyse der Verkehrslage und der Berechnung von Verkehrsprognosen durch die Verkehrsrechenzentralen. Applikationsübergreifende Georeferenzierung wird gewährleistet. Die Pflege von verkehrstechnischen Attributen erfolgt dezentral.

Der „**Netzoptimierer**“ greift auf die Datenplattform zu. In dieser Applikation geht es um die Koordination von Maßnahmen und Informationen zur effizienten und umweltschonenden Nutzung der vorhandenen Ressourcen. Kooperative Strategien zur Netzsteuerung werden entwickelt und umgesetzt. Sämtliche Informationen über den Verkehrszustand aus ortsfesten und mobilen Erfassungseinrichtungen werden in einer Zentrale zusammengeführt, ausgewertet und auf Basis der zuvor vereinbarten kooperativen Strategien in ein abgestimmtes Maßnahmen- und Informationspaket geführt. Dessen Umsetzung geschieht durch straßenseitige Anzeigen und in Navigationssystemen. Zuletzt wird die ausgewählte Strategie hinsichtlich ihres Befolungsgrades und auf notwendige Änderungen hin bewertet.

Informationsplattform und Netzoptimierer bilden die intelligente Datendrehscheibe innerhalb des ganzheitlichen und kooperativen Verkehrsmanagementsystems.

In einem weiteren Teilprojekt wird die etablierte straßenseitige Verkehrstelematik um die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur erweitert. Die „**Virtuelle Verkehrsbeeinflussungsanlage**“ (VBA) sammelt die in Fahrzeugen erhobenen Informationen (Fahrzeugaufkommen, Höchstgeschwindigkeiten, Straßenbeschaffenheit etc.) und

gibt sie direkt an die Leitsysteme weiter. Gleichzeitig empfängt sie von den Verkehrszentralen lokal relevante Verkehrsinformationen und schickt diese direkt an die Assistenzsysteme, wo wiederum neue Routen in Navigationssystemen berechnet oder neue Geschwindigkeitsregelungen geschaltet werden können. Erreicht werden hierdurch die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Harmonisierung des Verkehrsablaufes, eine Minimierung von Störungen (z.B. an Baustellen) und schnelle, auf einzelne Fahrzeuge abgestimmte Meldungen. Bei der Virtuellen Verkehrsbeeinflussungsanlage handelt es sich um eine Software, die mit einer straßenseitigen Hardware (Road Side Unit, RSU) gekoppelt ist und die technische Übermittlung der Daten zwischen Fahrzeug, Verkehrsrechenzentrale und Leitsystemen ermöglicht.

Die Steigerung der Effizienz durch Steuerung des Verkehrsflusses an Knotenpunkten stellt das Teilprojekt **„Kooperative Lichtsignalanlage“** sicher. LSA kommunizieren zukünftig untereinander und mit den Fahrzeugen und können so die Länge ihrer Rot- und Grünphasen genau an die aktuelle Verkehrssituation anpassen. Es ergeben sich kürzere Wartezeiten an Kreuzungen und Umleitungen, weniger Staus durch optimierte lokale sowie netzweite Verkehrssteuerung und eine erhöhte Verkehrssicherheit durch gezielte Information des Fahrers über das aktuelle Verkehrsgeschehen. Gleichzeitig wird eine Integration von LSA an Umleitungsstrecken in einer übergeordneten Strategie möglich.

Um strategische Streckenführung geht es im Teilprojekt **„Adaptive Navigation“**. Hier werden kooperative Fahrzeug-Infrastruktur-Technologien zur dynamischen Navigation und zur Information des Fahrers entwickelt. Ein direkter Kommunikationslink zu infrastrukturbasierten Applikationen wie der Virtuellen VBA wird eingerichtet. Verkehrsinformationen, Prognosen und strategische Fahrempfehlungen sowie die Anzeige situativer Informationen ermöglichen ein verkehrsadaptives Routing von Individualfahrzeugen und eine bessere Kapazitätsnutzung im Netz durch Strategieinformationen.

Das letzte Teilprojekt befasst sich mit der lokalen Unterstützung des **„Störungsadaptiven Fahrens“**. Es werden Technologien zur gezielten Übertragung von Verkehrsdaten entwickelt, die den Fahrer in Engstellen unterstützen und so die vorhandenen Kapazitäten optimal ausschöpfen. Ebenso werden unfallträchtige Situationen entschärft. Für die Verkehrslenkung z.B. an Baustellen werden Querführungsassistenten zur optimalen Spurführung der LKW und Längsführungsassistenten zur optimalen Angleichung von Geschwindigkeiten, Abständen und Brems-/Beschleunigungsmanövern entwickelt.

Konkrete Aussagen über das Wirkungspotential liefert das übergreifende Teilprojekt **„Bewertung“**. Die Bewertung basiert auf umfangreichen Feldversuchen im Testfeld Hessen. Aufbauend auf einer methodisch fundierten Rahmenkonzeption werden die Anwendungsszenarien zusammengeführt, Qualitätssicherungsmaßnahmen eingeführt und Wirkungspotenziale abgeschätzt.

2.3.4 Ergebnisse

Erwartet werden allein durch die in AKTIV entwickelten Technologien eine Kapazitätssteigerung im Straßennetz um 10% und gleichzeitig eine Reduzierung des Staurisikos um 15%.

Erste Simulationen haben gezeigt, dass schon bei einer Ausstattung von 5% der Fahrzeuge mit Längsführungsassistenten der Verkehrsfluss deutlich verbessert werden kann.

2.4 wiki

Auch wiki (Wirkungen von individueller und kollektiver ontrip Verkehrsinformation und -beeinflussung auf den Verkehr in Ballungsräumen) basiert auf den vorgenannten Projekten und befasst sich schwerpunktmäßig mit dem Routenwahlverhalten von Fahrzeugführern.

Im Forschungsprojekt wiki werden die Effekte von Verkehrsbeeinflussungsanlagen untersucht. Dabei sollen sowohl kollektive Systeme (Verkehrsfunk, Wechselwegweisung) als auch individuelle Systeme (Navigationssysteme) berücksichtigt werden. Es werden um-

fangreiche empirische Erhebungen mit Systemen zur Fahrzeugwiedererkennung, GPS-Loggern und einem Fahrsimulator durchgeführt, um Erkenntnisse über die Wirkungen von Verkehrsbeeinflussungssystemen auf die Routenwahl und die Abfahrtszeitwahl im motorisierten Individualverkehr (MIV) zu erhalten.

2.4.1 Projektübersicht

Tabelle 4: Projektübersicht wiki

wiki - Wirkungen von individueller und kollektiver ontrip Verkehrsinformation und -beeinflussung auf den Verkehr in Ballungsräumen	
Gesamtkosten	2,99 Mio. €
Fördermittel Gesamtprojekt	1,7 Mio. €
Laufzeit	01.01.2008 - 31.03.2011
Förderung durch	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Projektpartner „Verkehrsmanagement“	Autobahndirektion Südbayern, BMW Group, PTV AG, Technische Universität München, Universität Stuttgart, TU Dresden
Internetseite	-
Aufgabenstellung	Durchführung umfangreicher empirischer Erhebungen mit Systemen zur Fahrzeugwiedererkennung, GPS-Loggern und einem Fahrsimulator zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Wirkung von Verkehrsbeeinflussungssystemen auf die Routenwahl und die Abfahrtszeitwahl im Kfz-Verkehr

2.4.2 Aufgabenstellung

Insbesondere über die Wirksamkeit von Systemen, die im MIV die Routenwahl oder die Wahl der Abfahrtszeit beeinflussen, fehlt eine Quantifizierung der Wirkungszusammenhänge. Der Grund für diese Unkenntnis liegt darin, dass die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer auf Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen und der Kontext, in dem Verkehrsteilnehmer ihre Entscheidungen treffen, nur sehr aufwändig zu erfassen sind.

Daher sollen im Forschungsvorhaben die Wirkungen von kollektiven und individuellen Systemen zur Verkehrsbeeinflussung im Hinblick auf die die Routen- und die Abfahrtszeitwahl im MIV untersucht werden. Um die Wirkungszusammenhänge zu quantifizieren, soll das Verkehrsverhalten von Autofahrern in einem Testfeld mit verschiedenen sich ergänzenden Methoden erfasst werden. Die Kombination dieser Erhebungsmethoden ermöglicht es, alle mutmaßlichen Einflussgrößen auf die Routenwahl zu erfassen.

2.4.3 Durchführung

Das Projektvorhaben ist in sechs Arbeitspakete gegliedert. In AP1 werden auf dem Basisnetz die Verkehrsdaten - dabei handelt es sich um Detektorzählungen, Verkehrsmeldungen sowie Schaltzustände der Verkehrsbeeinflussungsanlagen - referenziert und fusioniert, so dass als Ergebnis eine Verkehrslage resultiert. Der dazu notwendige Prozess wird qualitätsüberprüft. Aus der Verkehrslage werden die Verkehrsinformationen für individuelle Services wie auch die kollektive Verkehrsbeeinflussung gewonnen und zur Verfügung gestellt.

AP2 umfasst die empirische Datenerhebung, die neben der Kennzeichenerfassung und der GPS-Logfahrten auch eine Befragung von Probanden und Tests mit Probanden im Fahrsimulator vorsieht.

Die Aufbereitung der Erhebungsdaten erfolgt in AP3. Neben der getrennten Behandlung der Datenpakete aus den verschiedenen Erhebungsmethoden des AP2 werden die gesamten Daten auch mit der durch das Datenmodell des AP1 gewonnenen Referenzverkehrslage in Verbindung gesetzt. Durch diese Fusion wird die Voraussetzung geschaffen, dass der Einfluss der zu den unterschiedlichen Zeitpunkten vorliegenden Verkehrszuständen, Verkehrsinformationen und Schaltzuständen in der Auswertung des Routenwahlverhaltens berücksichtigt werden kann.

In AP4 werden Rückschlüsse zum Routenwahlverhalten aus den aufbereiteten Daten gezogen. Dabei werden die unterschiedlichen Routenwahlmöglichkeiten und die verschiedenen Charakteristika der Routen berücksichtigt und Zusammenhänge zu den Befolungsgraden und den Wirkungen der Verkehrsbeeinflussungssysteme gezogen.

Potenziale von Verkehrsbeeinflussungssystemen werden in AP5 aufgezeigt. Die Ziele einer Verkehrsbeeinflussung, die aus Betreibersicht zum Teil anders geartet sind als die des einzelnen Verkehrsteilnehmers, werden erläutert und Zielkonflikte aufgezeigt. Durch Ermittlung von Leistungsreserven werden die möglichen Handlungsspielräume bestimmt, wobei das theoretische Optimum, das praktische Optimum und der tatsächlich erreichte Zustand identifiziert und miteinander in Verhältnis gesetzt werden.

Das AP6 umfasst die Folgerungen, die aus der Erhebung und Analyse des Routenwahlverhaltens sowie den Anforderungen an Informationen und Lenkungsmaßnahmen gestellt werden. Dabei werden Handlungsempfehlungen entwickelt, die nicht nur die kollektiven und individuellen Beeinflussungssysteme getrennt berücksichtigen, sondern auch Hinweise zu einem abgestimmten kombinierten Einsatz erarbeiten.

2.4.4 Ergebnisse

Die Sammlung und Aufbereitung der Datengrundlagen sowie die Durchführung der empirischen Untersuchungen laufen derzeit (Juli 2010). Des Weiteren werden Lösungsansätze zur Auswertung und Analyse der Daten konkretisiert.

2.5 CVIS

CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems) ist eines der grossen europäischen Forschungsprojekte des 6. Rahmenprogramms der EU für Forschung und Entwicklung aus dem Verkehrsbereich. Beteiligt waren über 60 Partner aus zahlreichen europäischen Ländern. Ziel des Projektes war es, eine einheitliche Plattform zu entwickeln für den drahtlosen bidirektionalen Datenaustausch einerseits unter Fahrzeugen und andererseits zwischen Fahrzeugen und strassenseitiger oder zentraler Infrastruktur. Die Plattform soll offen sein für ein grosses Spektrum von Applikationen verschiedener Hersteller zur Verbesserung des Verkehrsmanagements und der Verkehrssicherheit.

2.5.1 Projektübersicht

Tabelle 5: Projektübersicht CVIS

CVIS - Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems	
Gesamtkosten	41 Mio. €
Fördermittel Gesamtprojekt	22 Mio. €
Laufzeit	01.02.2006 - 31.01.2010
Förderung durch	Europäische Union im 6. Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung

CVIS - Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems	
Projektpartner „Strategiekonformes Routing“	ATC, CRF, Ertico – ITS Europe, Logica, Mizar Automazione, NAVTEQ, Peek Traffic, PTV AG, POLIS, Q-Free, Siemens, SRA, Telecom Italia, Tele Atlas, Thetis, TNO, Vialis, Vlaamse Overheid, 5T
Internetseite	www.cvisproject.org
Aufgabenstellung	Entwicklung und Test der Basistechnologien und Anwendungen für die Kommunikation Fahrzeug zu Fahrzeug und Fahrzeug zu Infrastruktur

2.5.2 Aufgabenstellung

Durch das Zusammenbringen von Forschern aus der Automobilindustrie, der Transportunternehmen und aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien hat sich CVIS das Ziel gesetzt, die grossen Herausforderungen der Zukunft im Verkehrsbereich anzugehen: die zunehmenden Staus und anderen Verkehrsprobleme wie auch die immer noch hohen Opferzahlen im Strassenverkehr.

Dabei wurde ein neuer technologischer Ansatz gewählt: eine umfassende Kommunikation zwischen Fahrzeugen und ortsfester Infrastruktur, um überall die notwendigen Informationen zur Verfügung zu haben, welche einen effizienten Betrieb der Verkehrsnetze erlauben und rechtzeitig vor möglichen Unfällen warnen. Es ging darum, eine Plattform für diese Kommunikation einzurichten, auf der sich zahlreiche Dienste für Fahrer und Passagiere einrichten lassen.

2.5.3 Durchführung

Die in CVIS entwickelte Plattform enthält neben den Kommunikationseinrichtungen auch eine offene Schnittstelle, damit eine breite Palette von Applikationen die Plattform nutzen kann, eine Einrichtung zur Bestimmung der Fahrzeugpositionen in Bezug auf das Strassennetz und zum Verwenden der Fahrzeuge für das Sammeln von Strassen- und Verkehrsdaten. Die Geräte in den Fahrzeugen können nahtlos von einem Kommunikationskanal zum nächsten wechseln, also zum Beispiel von einer kurzreichweitigen Datenübertragung auf ein Netz für Zellulärfunk.

Die Applikationen, welche in CVIS für die Plattform entwickelt wurden und die Nutzbarkeit dieser Plattform zeigen sollen, gliedern sich in drei Gruppen: Applikationen auf städtischen Verkehrsnetzen, Applikationen auf dem übergeordneten Verkehrsnetz und Applikationen für Gütertransporte und Fahrzeugflotten.

Das strategiekonforme Routing wurde innerhalb der Gruppe der städtischen Applikationen entwickelt. Im Bereich des Verkehrsmanagements wurde neben dem strategiekonformen Routing auch die Erfassung von Floating Car Data zur Beurteilung der Verkehrsmanagementmassnahmen, ein Mikrorouting unter Berücksichtigung sehr kurzfristiger Verkehrsinformationen sowie die Priorisierung gewisser Fahrzeugkategorien unter laufender Berücksichtigung der genauen Fahrzeugpositionen umgesetzt. Dazu kamen zwei Applikationen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Bereich von Kreuzungen, eine Applikation zur Überwachung von Gefahrguttransporten, ein Reservationssystem für Park- und Umschlagplätze und eine Applikation zur Verbesserung der Zufahrtskontrollen für innerstädtische Gebiete.

Die Plattform und alle entwickelten Applikationen wurden verteilt auf sechs Testgebiete in sieben Ländern der EU untersucht und in mehreren „Showcases“ dem interessierten Publikum vorgeführt.

2.5.4 Ergebnisse

Für das strategiekonforme Routing konnte mittels praktischer Tests und Modellierungen gezeigt werden, dass die durch das Verkehrsmanagement vorgegebenen Routen durchwegs zu kürzeren Reisezeiten führten als die durch die dynamische Navigation vorgeschlagenen. Noch bedeutender als dieses nur in einer bestimmten Testregion erzielte Resultat ist der Umstand, dass strategiekonformes Routing in den Rahmen der „Cooperative Systems“ für den gesamten Mobilitätsbereich eingefügt werden konnte, was die Chancen einer zukünftigen Umsetzung wesentlich erhöht.

3 Anforderungen

3.1 Vorgehen

Anforderungen der verschiedenen Akteure an den Verkehr allgemein und an Dienste im Verkehrsbereich sind aus zahlreichen Projekten bestens bekannt. Die spezifischen Anforderungen an die Beeinflussung der Fahrzeugnavigation durch das Verkehrsmanagement können aus diesen allgemein bekannten Anforderungen weitgehend abgeleitet werden. Um Hinweise zur Umsetzung entsprechender Systeme zu erhalten, geht es darum, die Anforderungen zu bewerten: wo gibt es Gemeinsamkeiten zwischen den Akteuren, wo sind die Konfliktfelder? Wo gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zur Ausgestaltung der Systeme und wie gehen diese Möglichkeiten auf die Anforderungen ein?

Erst wenn diese Fragen geklärt sind, sollen Interviews mit Meinungsträgern der verschiedenen Akteurgruppen geführt werden, um die gewonnen Erkenntnisse zu überprüfen und weiter zu vertiefen. In den Interviews soll speziell darauf eingegangen werden, welche Besonderheiten es in der Schweiz gibt, welche auf die Ausgestaltung der Systeme zur Beeinflussung der Fahrzeugnavigation durch das Verkehrsmanagement Einfluss haben können.

3.2 Akteure

3.2.1 Verkehrsteilnehmer

Im Rahmen der vorliegenden Studie sind unter dem Begriff „Verkehrsteilnehmer“ die Gruppe der am motorisierten Individualverkehr Teilnehmenden zu verstehen, da Navigationssysteme zum überwiegenden Teil in Motorfahrzeugen genutzt werden.

Die Gruppe der Verkehrsteilnehmer ist grundsätzlich sehr inhomogen. Es lässt sich unterscheiden zwischen Ortskundigen und -unkundigen, Gelegenheits- oder Vielfahrer. Verkehrsteilnehmer wünschen sich Informationen zu verschiedenen Zeitpunkte ihrer Fahrt (pre-trip, on-trip, post-trip).

Gleichzeitig sind die Verkehrsteilnehmer auch Nutzer und Käufer der Produkte bzw. Serviceangebote. Nur wenn diese einen maßgeblichen Vorteil zu einem akzeptablen Preis bieten, werden sie abgenommen werden.

3.2.2 Verkehrsbetreiber

Verkehrsbetreiber sind insbesondere Tiefbauämter, Polizei, Betreiber von Verkehrszentralen, Transportunternehmen und Parkhausbetreiber. Sie sind - oftmals basierend auf einem gesetzlichen Auftrag - zuständig für die Erfassung (und Bereitstellung) der Informationen, welche intern und extern genutzt werden sollen. Zudem agieren sie als Betreiber der verkehrlichen Infrastrukturanlagen. Ziel ist die optimale Nutzung der vorhandenen Netzressourcen und die Gewährleistung eines optimalen Sicherheitsstandards. Eine Abstimmung unter den Verantwortlichen in verschiedenen Gebieten ist erforderlich, jedoch noch nicht überall gegeben.

3.2.3 Dienstanbieter

Dienst- und Informationsanbieter haben oftmals ein kommerzielles Interesse an der Sammlung und Weitergabe und besonders Zusammenführung (Fusion) und Veredelung von Daten. Hierauf bauen sie öffentliche und (spezialisierte) private Dienste auf, wie beispielsweise Webseiten oder mobile Dienste. In Kombination mit strategisch abgestimmtem Routing können weiterführende Dienste zur Berücksichtigung von individuellen Bedürfnissen der Verkehrsteilnehmer angeboten werden.

3.2.4 Kommunikationsprovider

Kommunikationsprovider stellen Mobilfunknetze oder andere Kommunikationsmethoden zur Verfügung. Sie haben ein Interesse an zusätzlichem Datenverkehr, der über die jeweiligen Netze läuft. Es sollte beachtet werden, dass die Gebühren bereits jetzt aufgrund gesättigter Märkte und harter Konkurrenz zwischen den Betreibern von Mobilfunknetzen sinken und sich dieser Trend wahrscheinlich auch zukünftig fortsetzen wird.

3.2.5 Fahrzeughersteller und Hersteller von Navigationssystemen

Diese Gruppe verarbeitet die von Dienst Anbietern bereit gestellten Informationen während der Fahrt in eigenen Systemen oder nimmt veredelte Dienste – beispielsweise dynamische Offboard-Navigationsdienste – in Empfang. Da die Informationen in ihren Geräten verarbeitet werden, gibt es definierte inhaltliche und technische Anforderungen. Es besteht ein Interesse an hochqualitativen Informationen, um dem Verkehrsteilnehmer passende Routen anbieten zu können.

3.2.6 Gesellschaft allgemein

Im Hinblick auch auf die Klimaentwicklung und kleinräumige Umweltschäden sind schließlich auch die Interessen der Gesellschaft an hoher Lebensqualität und geringen (gesundheitlichen) Risiken zu nennen. Aber auch der Wunsch nach hohen Sicherheitsstandards ist für den Verkehr und insbesondere das Verkehrsmanagement relevant. Verschiedene Gruppen haben eine unterschiedliche Betroffenheit. Letztere ist besonders hoch beispielsweise bei Anwohnern, die direkt an den belasteten Routen und an möglichen Ausweichrouten leben.

3.3 Nutzeranforderungen

3.3.1 Anforderungen der Verkehrsteilnehmer

Einerseits wünschen sich die Verkehrsteilnehmer eine kurze Fahrzeit, andererseits eine wirtschaftliche Route im Sinne des geringsten Treibstoffverbrauchs. Da sich diese beiden Aspekte gegenseitig beeinflussen können, muss teilweise, vor allem bei kritischen Verkehrsverhältnissen im Netz, eine Abwägung getroffen werden. Eine längere Fahrzeit ist eher tolerierbar, wenn sich der Verkehrsteilnehmer darauf einrichten und die Abfahrtszeit entsprechend wählen kann. Auch mag der Verkehrsteilnehmer nicht verstehen, wenn zum Beispiel „nur er“ auf eine alternative Route geschickt wird und „der Rest“ der Fahrzeuge auf der Originalroute verbleibt. Das System muss für ihn deshalb nicht nur gerecht, sondern auch nachvollziehbar sein. Weiter ist es für den Verkehrsteilnehmer nicht relevant, in wessen Verantwortungsbereich einzelne Routensegmente liegen. Es ist für ihn nur wesentlich, dass die Routenführung konsistent und durchgängig ist. Auch wenn die Fahrzeugnavigation zweifellos für ihn einen Nutzen hat, soll sie doch möglichst wenig kosten. Die Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- VT1 Kurze Fahrzeit
- VT2 Geringer Treibstoffverbrauch
- VT3 Nachvollziehbarkeit der Routenempfehlung
- VT4 Durchgängige konsistente Routenführung
- VT5 Keine Benachteiligung gegenüber andern Verkehrsteilnehmern
- VT6 Planbarkeit der Reise
- VT7 Geringe Kosten für die Fahrzeugnavigation

3.3.2 Anforderungen der Dienstanbieter

Die Dienstanbieter benötigen Daten und Informationen von hoher Qualität, da diese die Basis für ihre Produkte sind. Im Falle des koordinierten strategischen Routings ist es für sie wichtig, dass die Routenführungen optimal errechnet – optimal im Sinne der Nutzer – beziehungsweise die Zählraten, die in den Diensten verwendet werden, richtig sind. Wichtig ist den Dienstanbietern, dass sie sich durch spezifischen durch sie geschaffenen Mehrwert im Markt positionieren können. Dabei wollen sie gegenüber andern Anbietern nicht benachteiligt sein. Daher lässt sich die Anforderung der Dienstanbieter folgendermaßen darstellen:

- DA1 Hohe Qualität der Routen und Daten
- DA2 Keine Benachteiligung gegenüber andern Anbietern
- DA3 Möglichkeit, Mehrwert zu generieren

3.3.3 Anforderungen der Betreiber

Die operativen Stellen sind für das Verkehrsmanagement verantwortlich und streben daher hohe Sicherheit bei optimalem Verkehrsfluss in ihren Netzen an. Aus Sicht des Verkehrsmanagements muss die Kapazität des verfügbaren Netzes insgesamt bestmöglich genutzt werden, auch wenn dadurch einzelne Verkehrsteilnehmer eingeschränkt werden. Im Kern wird versucht, Verkehrsstörungen, die stellenweise die Kapazität stark einschränken, zu vermeiden.

Die Betreiber haben für den ihnen zugewiesenen Teil des Verkehrsnetzes die Verantwortung und können diese nur wahrnehmen, wenn sie eine entsprechende Entscheidungsfreiheit haben. Das schließt eine Abstimmung mit für andere Gebiete zuständigen Stellen nicht aus. Eine weitere Anforderung, damit sie die Verantwortung wahrnehmen können, ist dass sie ihre Massnahmen auch durchsetzen können. Dazu muss gewährleistet sein, dass ihre Anweisungen und Empfehlungen, die zum Verkehrsteilnehmer gelangen, synchron sind. Das bedeutet, dass auf den verschiedenen Verbreitungspfaden die Information immer so vorliegt, dass sie die gleiche Wirkung entfaltet.

Die Anforderungen der Betreiber lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- BE1 Hohe Verkehrssicherheit
- BE2 Optimale Nutzung der Netzressourcen
- BE3 Entscheidungsfreiheit im eigenen Gebiet
- BE4 Effektive Durchsetzung der Massnahmen

3.3.4 Kommunikationsprovider

Die Gruppe der Kommunikationsprovider hat ein Interesse an der Nutzung ihrer Kommunikationsnetze. Ein hohes Datenvolumen ist durchaus in ihrem Sinn. Wichtig ist ihnen aber auch, dass keine hohen Belastungsspitzen entstehen, welche Anpassungen der Übertragungskapazitäten erfordern oder sogar zu Netzzusammenbrüchen führen. Die Anforderungen der Kommunikationsprovider sind also zusammengefasst:

- KP1 Hohes Datenvolumen
- KP2 Günstige zeitliche Verteilung der Last

3.3.5 Fahrzeughersteller und Hersteller von Navigationssystemen

Die Fahrzeughersteller und Hersteller von Navigationssystemen müssen ihre Produkte den Verkehrsteilnehmern verkaufen können. Das gelingt besser, wenn sie kostengünstig produzieren können, also keine allzu komplexen Systeme erforderlich sind. Die Hersteller

leben vom technischen Fortschritt und damit auch dem technischen Wandel, und lehnen deshalb einen allzu starren technischen Rahmen ab. Ihre Anforderungen sind:

FH1 Geringer Aufwand

FH2 Offenheit für verschiedene technische Konzepte

3.3.6 Gesellschaft allgemein

Die Gesellschaft hat ein besonderes Interesse an der Lebensqualität in ihrem Lebensraum, die durch Umweltbelastungen aus dem motorisierten Individualverkehr beeinträchtigt wird. Beispielsweise sind Anwohner von möglichen Ausweichrouten nicht an einer Steigerung des Verkehrsvolumens interessiert. Ihre Anforderung lässt sich daher folgendermaßen ausdrücken:

GA1 Minimierung der Umweltbelastung

GA2 Vermeidung lokaler Konzentrationen des Verkehrs

3.3.7 Zusammenfassung der Nutzeranforderungen

Im Folgenden sind die skizzierten Benutzeranforderungen der einzelnen Gruppen im Überblick dargestellt.

Tabelle 6: Anforderungen der definierten Gruppen von Akteuren

N°	Nutzergruppe	Inhalt
VT 1	Verkehrsteilnehmer	Kurze Fahrzeit
VT 2	Verkehrsteilnehmer	Geringer Treibstoffverbrauch
VT 3	Verkehrsteilnehmer	Nachvollziehbarkeit der Routenempfehlung
VT 4	Verkehrsteilnehmer	Durchgängige konsistente Routenführung
VT 5	Verkehrsteilnehmer	Keine Benachteiligung gegenüber andern Verkehrsteilnehmern
VT 6	Verkehrsteilnehmer	Planbarkeit der Reise
VT 7	Verkehrsteilnehmer	Geringe Kosten für die Fahrzeugnavigation
DA 1	Dienstanbieter	Hohe Qualität der Routen und Daten
DA 2	Dienstanbieter	Keine Benachteiligung gegenüber andern Anbietern
DA 3	Dienstanbieter	Möglichkeit, Mehrwert zu generieren

BE 1	Betreiber	Hohe Verkehrssicherheit
BE 2	Betreiber	Optimale Nutzung der Netzressourcen
BE 3	Betreiber	Entscheidungsfreiheit im eigenen Gebiet
BE 4	Betreiber	Effektive Durchsetzung der Massnahmen
KP 1	Kommunikationsprovider	Hohes Datenvolumen
KP 2	Kommunikationsprovider	Günstige zeitliche Verteilung der Last
FH 1	Fahrzeug- und Navigationsgerätehersteller	Geringer Aufwand
FH 2	Fahrzeug- und Navigationsgerätehersteller	Offenheit für verschiedene technische Konzepte
GA 1	Gesellschaft allgemein	Minimierung der Umweltbelastung
GA 2	Gesellschaft allgemein	Vermeidung lokaler Konzentrationen des Verkehrs

3.3.8 Konfliktfelder

Wie weit die Beeinflussung der Fahrzeugnavigation durch das Verkehrsmanagement von den Verkehrsteilnehmern akzeptiert wird, wird sich zeigen müssen. Klar ist, dass mangelnde Akzeptanz die Einführung massiv behindert. Wichtig ist für die Akzeptanz vor allem, dass die Beeinflussung für die Betroffenen insgesamt einen Nutzen hat und dass keine systematischen Benachteiligungen einzelner Gruppen von Verkehrsteilnehmern entstehen. Eine Anforderung kann darin bestehen, dass eine Erfolgskontrolle durchgeführt wird, welche den konkreten Nachweis erbringt, dass die Beeinflussung einen Nettutzen hat.

Systematische Benachteiligungen können auf zwei Ebenen entstehen: Wenn es nebeneinander Navigationsgeräte mit und ohne Beeinflussung gibt und die Verkehrsteilnehmer, welche ein Gerät mit Beeinflussung haben, immer auf die vorgegebene Umfahrungsroute geschickt werden, während die andern die Chance haben, eine günstigere Route zu finden, wenn also die Last der durch das Verkehrsmanagement geforderten Verkehrsverlagerung nur durch die beeinflussten Geräte getragen wird, dann dürfte die individuelle Akzeptanz rasch schwinden. Auch auf der Ebene der Dienstanbieter besteht die Problematik der möglichen Benachteiligung: wenn ein Dienstanbieter seinen Kunden dadurch Vorteile verschaffen kann, dass er die Beeinflussung der Navigation durch das Verkehrsmanagement nicht zulässt, dann werden sich auch die andern Dienstanbieter gegen die Beeinflussung auflehnen. Ob solche Effekte auftreten, wird sich nur in genauen Auswertungen von realistischen Situationen zeigen. Sind sie vorhanden, dann lässt sich eine Gleichbehandlung wohl nur durch eine Vorschrift erreichen, d.h. indem dynamische Navigation nur unter Einbezug der Beeinflussung zugelassen wird.

Auch mit einer Vorschrift, wenn also jedes dynamische Navigationsgerät durch das Verkehrsmanagement beeinflusst werden kann, bleibt die Frage offen, wie sich das Nebeneinander von Verkehrsteilnehmern mit beeinflussten Navigationsgeräten einerseits und unbeeinflussten (statischen) Navigationsgeräten bzw. ganz ohne Navigationsgerät auswirkt. Das dynamische Navigationsgerät muss sich auch unter Einbezug der Beeinflussung durch seine Vorteile rechtfertigen. Eine Anforderung ist hier die hohe Qualität der Verkehrsdaten, welche sicherstellt, dass Beeinflussungen in Kenntnis der genauen Verkehrslage erfolgen und welche es erlaubt nachzuweisen, dass die vorgegebenen Umleitungen auf Alternativrouten für die Betroffenen vorteilhaft sind.

Ein zentrales Konfliktfeld stellen die Kriterien dar, nach denen die Navigationsgeräte durch das Verkehrsmanagement beeinflusst werden. Von diesen Kriterien hängt die geforderte Akzeptanz auf der Seite der Verkehrsteilnehmer und Dienstanbieter ab. Aber auch Ansprüche weiterer Kreise zum Beispiel bezüglich Umweltschutz oder Verkehrssicherheit sind eng mit diesen Kriterien verknüpft. Zudem gibt es möglicherweise unterschiedliche Sichtweisen der verschiedenen Strassenbetreiber. Sollen etwa im Fall von Verkehrsüberlastungen vorab die städtischen Strassennetze freigehalten werden oder die Hochleistungsstrassen?

Auch wenn in einem Zielzustand die Systemprozesse weitgehend automatisch ablaufen müssen, braucht es die Einflussmöglichkeit der Betreiber. Nur so können die Betreiber zu ihrer Verantwortung stehen. Potenziell konflikträchtig ist hier vor allem die Abstimmung unter verschiedenen Betreibern an den Schnittstellen der ihnen unterstellten Strassennetze. Wesentliche Voraussetzung ist eine passende Systemarchitektur, welche den Rahmen für die Abstimmung so schafft, dass Letztere effizient erfolgen kann und sich keine Stelle übergangen fühlen muss.

3.4 Expertengespräche

3.4.1 Fragenkatalog und Expertenkreis

Die Befragungen fanden zwischen Dezember 2008 und Mai 2009 in Form von Telefongesprächen oder bei Treffen statt. In den meisten Fällen bestand das Befragungsteam aus zwei Personen, so dass die Fragestellung von der Protokollierung der Antworten unabhängig vorgenommen wurde und für den Experten keine Verzögerung durch die Niederschrift entstand.

Der Fragenkatalog gliederte sich in einen allgemeinen Teil, der für alle Experten gleich war, und in spezielle Teile mit spezifischen Fragen je nach Gruppe, welcher der Experte zugewiesen wurde.

Die Experten wurden in die im Folgenden beschriebenen Gruppen eingeteilt:

- **Experten 1: Verkehrsteilnehmer**
zwei Vertreter von Schweizer Automobilclubs
zwei Vertreter von Schweizer Schwerverkehrsverbänden
ein Vertreter der Automobilimporteure
- **Experten 2: Strassenbetreiber**
ein Vertreter des ASTRA für die Nationalstrassen der Schweiz
drei Vertreter von Kantonen (BE, SO, BL)
zwei Vertreter von deutschen Bundesländern (Bayern, Nordrhein-Westfalen – Fragen, die ausschliesslich für die Schweiz relevant sind, wurden diesen nicht gestellt)
- **Experten 3: Dienstanbieter**
ein Vertreter eines Anbieters für Verkehrsinformationen in der Schweiz
- **Experten 4: Hersteller von Navigationsgeräten oder Fahrzeugen**
zwei Vertreter von Automobilherstellern (BMW, Ford)
ein Vertreter eines Systemlieferanten für Automobilhersteller
ein Vertreter eines Navigationskartenanbieters
- **Experten 5: Forschung und Lehre**
ein Vertreter der ETH

Ein Teil der Befragungen wurde international durchgeführt, da in der Schweiz keine relevanten Automobilhersteller oder Zulieferer im Bereich Navigation angesiedelt sind.

Eine Übersicht über den Fragenkatalog und die Experten bietet Tabelle 7.

Tabelle 7: Fragen des Fragekatalogs und Gruppen von Experten, denen sie gestellt wurden.

Fragenkürzel	Frage	Experten 1	Experten 2	Experten 3	Experten 4	Experten 5
Allgemeiner Fragenteil						
A1	Wird ein (kurz-, mittel-, langfristiger) Mehrwert (z.B. weniger Stau, geringere Umweltbelastung, Vermeidung von Schleichverkehr) erzeugt? Für welche Untergruppen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A2	Wie gross ist das Vertrauen in die Überprüfbarkeit der Massnahmen? (Bedeutung einer neuen Verkehrslagedarstellung, reicht das?)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A3	Welche Umsetzungsstrategien werden bevorzugt (freie Marktentwicklung \leftrightarrow Verordnungen)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A4	Welche Rolle spielt die Qualität und Aktualität der Daten? Wo werden hier Probleme gesehen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A5	Werden Datenschutzprobleme (Bewegungsprofile aus GPS und/oder externe Routenberechnungen) gesehen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A6	Wird Normierungsbedarf gesehen? Wo?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A7	Macht eine Europa-weite Lösung Sinn?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A8	Wie wirkt sich das Nebeneinander von Verkehrsteilnehmern ohne Navigationsgerät, solchen mit Navigationsgeräten mit strategiekonformem Routing und solchen mit Navigationsgeräten jedoch ohne strategiekonformem Routing aus?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
A9	Welches sind akzeptable Gründe für die Einführung von Verkehrslenkungsmassnahmen? Vermeidung von Stau, Umweltschutz, Vermeidung von Schleichverkehr, Erhöhung der Verkehrssicherheit?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Verkehrsteilnehmer (Pkw, Lkw)						
VT1	Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit stationären Verkehrsbeeinflussungsanlagen in der Schweiz? Wo liegen Diskrepanzen zur individuellen Routenführung?	Ja				Ja
VT2	Welche positiven Nutzen ergeben sich durch die Verbindung von Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement? Gibt es Kosteneinsparpotentiale (Treibstoff \leftrightarrow Anschaffungskosten Gerät)?	Ja				Ja
VT3	Welche der folgenden Anforderungen haben die grösste Bedeutung? ► Kurze Reisezeit	Ja				Ja

Fragenkürzel	Frage	Experten 1	Experten 2	Experten 3	Experten 4	Experten 5
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Geringer Treibstoffverbrauch ▶ Nachvollziehbarkeit der Routenempfehlung ▶ Durchgängige konsistente Routenführung ▶ Keine Benachteiligung gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern ▶ Planbarkeit der Reise ▶ Geringe Kosten für die Fahrzeugnavigation 					
VT4	Welche Bedeutung hat die Weitergabe von Verkehrsinformationen an die Verkehrsteilnehmer für die Befolgung der vorgeschlagenen Verkehrsmanagementstrategien?	Ja				Ja
VT5	Wie reagieren Verkehrsteilnehmer im Fall eines Konflikts zwischen der gemäss Navigationssystem zu befolgender Route und der gemäss Verkehrsinformation empfohlenen Route?	Ja				Ja
VT6	Sollen Verkehrslenkungsmassnahmen auf dem Navigationssystem als solche erkennbar sein (im Vergleich zu einer gewöhnlich und individuell berechneten Route)?	Ja				Ja
VT7	Werden Verkehrslenkungsmassnahmen per Navigationssystem akzeptiert? Bei der Aufteilung von Verkehrsströmen auf alternative Routen gibt es rechnerisch vorteilhafte und nachteilige Routen. Soll sichergestellt werden, dass ein Lenker fair behandelt wird, also gleich häufig bessere und schlechtere Alternativen als Routen erhält?	Ja				Ja
Strassenbetreiber						
SB1	Wie läuft derzeit das Strategiemanagement in der untersuchten Region? (Wo) gibt es Verkehrsmanagementpläne? Welcher Automatisierungsgrad liegt vor? Werden die dynamischen Daten aufgezeichnet?		Ja			
SB2	Gibt es Informationen über den derzeitigen Befolgungsgrad vorgeschlagener Massnahmen? Wie werden diese verbreitet?		Ja			
SB3	Welche besonderen Anforderungen an die betreiberübergreifende Strategieabstimmung ergeben sich in der Schweiz (bezogen sowohl auf die Strategiemittlung als auch auf die Implementierung des Systems)?		Ja			
SB4	Wie unterscheiden sich Einflüsse auf den PW- und Schwerverkehr (gibt es die Möglichkeit für den Schwerverkehr, überregionale Alternativrouten auf städtischen Strecken zur Durchfahrt zu nutzen)? Welche Anforderungen an ein spezifisches Routing gibt es?		Ja			
SB5	Wie kann die Lösung auch für Europa attraktiv sein?		Ja			
SB6	Welche Architektur (Einweg-, Zweiweg-		Ja			

Fragenkürzel	Frage	Experten 1	Experten 2	Experten 3	Experten 4	Experten 5
	Kommunikation) wird bevorzugt?					
SB7	Ist es vorstellbar, dass sich durch eine Koordination des Verkehrs (das heisst Verkehrslenkungsmassnahmen) ein besseres Ergebnis erzielt wird, als wenn die Fahrer / Navigationsgeräte unabhängig voneinander entscheiden?		Ja			
SB8	Gibt es ein Strategiemanagement auf internationaler Ebene oder wäre ein solches sinnvoll?		Ja			
Dienstanbieter						
DA1	Wie gross ist das Interesse an gemeinsamen (alle Anbieter) Lösungen?			Ja		
DA2	Sind Angebote wie das Strategiekonforme Routing Teil Ihres Businessplans?			Ja		
DA3	Welche Aufgaben wollen Sie hier übernehmen (Datensammlung, -verbreitung,...)?			Ja		
Hersteller von Navigationsgeräten oder Fahrzeugen						
HE1	Wie gross ist das Interesse an gemeinsamen (alle Hersteller) Lösungen?				Ja	
HE2	Sind Angebote wie das Strategiekonforme Routing Teil Ihres Businessplans?				Ja	
HE3	Welche technischen Probleme könnten vorliegen?				Ja	
HE4	Mit welchen zeitlichen Dimensionen muss gerechnet werden, bis sich dynamische Fahrzeugnavigation in Fahrzeugen zu einem Prozentsatz von ??? der Wagenflotte verbreitet hat (PW, LKW)?				Ja	
HE5	Wie sinnvoll ist die Umsetzung eines strategiekonformen Routings über Verordnungen?				Ja	
HE6	Wie kann die Anwendbarkeit auf die verschiedenen Typen von Fahrzeugnavigationssystemen sichergestellt werden (Schwerpunkt OBN)?				Ja	

3.4.2 Allgemeiner Fragenteil

A1 Wird ein (kurz-, mittel-, langfristiger) Mehrwert (z.B. weniger Stau, geringere Umweltbelastung, Vermeidung von Schleichverkehr) erzeugt? Für welche Untergruppen?

Mehrwerte werden in den Bereichen Stauvermeidung, Vermeidung von Überlastungen des Sekundärnetzes oder Schleichverkehr und effiziente Nutzung der Strasseninfrastruktur gesehen. Ebenso werden Sicherheitsaspekte angeführt; diese betreffen aber nicht nur die Sicherheit auf dem betroffenen Strassenabschnitt sondern auch das Freihalten von Zufahrten für Rettungsfahrzeuge. Durch eine Optimierung des „Gesamtsystems Strassenverkehr“ ergäben sich viele positive Aspekte. Die Mehrwerte können sich je nach Adressat widersprechen: Der Automobilist ist an kurzen Fahrzeiten interessiert, Behörden

wünschen sich eine Verflüssigung des Verkehrs und eine Reduzierung der Umweltbelastungen. Durch die Beziehung zwischen Navigationsgeräthhersteller und Kunde werden die Interessen der Behörden nicht mit der gleichen Priorität wie die der Kunden verfolgt.

Die systemoptimale Lösung führt zu benachteiligten Nutzern; während die nutzeroptimale Lösung zu Staus auf dem Sekundärnetz führen würde. Das Ziel der Navi-Anbieter ist nicht die systemoptimale Lösung sondern der Vorteil gegenüber der Konkurrenz. Die systemoptimale Lösung wäre ein natürliches Monopol im Navigationsmarkt.

Untersuchungen von statischen Systemen zeigen, dass die Differenz zwischen Systemoptimum und Nutzeroptimum nicht sehr gross ist. Lohnt sich also eine Investition?

Bislang gibt es keinen volkswirtschaftlichen Vergleich zwischen Signalisation, Wechselsignalen und systemoptimaler Navigation (privatwirtschaftlich).

A2 Wie gross ist das Vertrauen in die Überprüfbarkeit der Massnahmen? (Bedeutung einer neuen Verkehrslagedarstellung, reicht das?)

Plausible Prognosen für die Ankunftszeit oder Angaben zu den Verlustzeiten steigern das Vertrauen. Die Angaben sollen nachvollziehbar sein und so Vertrauen erarbeitet werden.

Ein durchgängiges Qualitätsmanagement fehlt.

Die gezielte Benachteiligung von Lenkern im Rahmen einer Systemoptimierung wird hauptsächlich von den Verkehrsteilnehmern und ihren Repräsentanten kritisch gesehen und die Befolgung der dabei zugewiesenen schlechteren Alternative wird allgemein angezweifelt, sofern der Lenker sie als schlechtere erkennt.

A3 Welche Umsetzungsstrategien werden bevorzugt (freie Marktentwicklung ↔ Verordnungen)

Das Spektrum der Antworten reicht hier sehr weit. Die Vertreter der Strassenbetreiber fordern Vorschriften oder Verordnungen. Die Vertreter der Verbände von Automobilisten, Lastwagenchauffeuren, Transportgewerbe und Automobilimporteuren lehnen Vorschriften ab und bevorzugen stattdessen Freiwilligkeit und Empfehlungen.

Ein Interessenkonflikt tritt zwischen mindestens drei Parteien auf: Behörde, Navi-Anbieter und Kunde. Eine Kooperation zwischen Behörden und Navi-Anbietern im Sinne von „Lieferung von Verkehrsinformationen und im Gegenzug die Verwendung von Empfehlungen“ könnte den Konflikt entschärfen.

A4 Welche Rolle spielt die Qualität und Aktualität der Daten? Wo werden hier Probleme gesehen?

Die Datenqualität wird generell als wichtig erachtet. Dabei müssen zumindest die wichtigsten Verkehrskorridore abgedeckt werden. Die heutige Qualität der Daten genügt noch nicht. Zu deren Verbesserung sollen die Informationsflüsse beschleunigt werden und das Sekundärnetz ebenfalls beobachtet werden. Zur Verbesserung der Datenqualität können Sensor-, Floating Mobile- und Incident-Daten herangezogen werden. Die Chance, aus den LSVA-Geräten FCDaten zu gewinnen, wurde nicht wahrgenommen.

Bei den Kartenattributen sind die Daten für Strassen der 1. und 2. Kategorie gut, bei kleineren Strassen (ohne TMC-Versorgung) muss noch nachgerüstet werden. Hier ergibt sich für den Nutzer ein Mehrwert.

A5 Werden Datenschutzprobleme (Bewegungsprofile aus GPS und/oder externe Routenberechnungen) gesehen?

Sofern die Daten anonymisiert werden, sehen alle Befragten keine Probleme mit dem Datenschutz. Die heutigen Erfahrungen mit FCD zeigen, dass Nutzer das anonymisierte

Routing sowie Tracking & Tracing akzeptieren. Im Bereich des Schwerverkehrs werden Fahrzeuge heute bereits auch ohne Anonymisierung verfolgt.

A6 Wird Normierungsbedarf gesehen? Wo?

Die Antworten decken den Bereich zwischen pro und contra Normierung voll ab. Einerseits werden in der Normierung Vorteile gesehen, wie gleiche Information für alle, einfacher Austausch der Informationen zwischen verschiedenen Verkehrsmanagementzentralen oder eine navigationsgeräteherstellerunabhängige Auswertung der Informationen. Andererseits werden in der Normierung Gefahren gesehen, dass Chancen verbaut werden könnten oder dass die Schweiz eine Normierung gegenüber dem freien Markt nicht durchsetzen kann.

A7 Macht eine Europa-weite Lösung Sinn?

Eine länderübergreifende Lösung wird bevorzugt. Zwar werden die Ursachen für viele Probleme im Verkehr eher im Bereich des Agglomerationsverkehrs als im internationalen Verkehr gesehen, aber nur ein gesamteuropäischer Ansatz kann die Navigationsgerätehersteller zu einer Kooperation bewegen.

Aus Sicht der Kartenhersteller finden die derzeitigen Entwicklungen schon Europaweit statt. Die Vereinheitlichung auf EU-Ebene ist erforderlich. Auch die Nicht-EU-Länder sollten sich beteiligen.

A8 Wie wirkt sich das Nebeneinander von Verkehrsteilnehmern ohne Navigationsgerät, solchen mit Navigationsgeräten mit strategiekonformem Routing und solchen mit Navigationsgeräten jedoch ohne strategiekonformem Routing aus?

Die Durchdringung des Marktes mit Navigationsgeräten steigt ständig. Um diesen Wandel zu fördern werden Anreize und Förderung genannt. Studien zeigen, dass es für private Dienstleister, die Routen mit Berücksichtigung der Verkehrslage anbieten, eine optimale Nutzerzahl gibt. Kommen weitere Nutzer hinzu, profitieren diese nicht mehr, da die empfohlenen Alternativrouten dann ebenfalls überbelastet werden.

Eine Lösung für das Nebeneinander könnten redundante Informationen aus den verschiedenen Kanälen wie Navigationssystem, Radio oder Wechselverkehrsanzeigen sein.

Als langfristige Perspektive sind Hochleistungsstrassen ohne physische Verkehrssignale jedoch mit dem Zwang zur Benutzung eines Navigationsgerätes denkbar.

A9 Welches sind akzeptable Gründe für die Einführung von Verkehrslenkungsmaßnahmen? Vermeidung von Stau, Umweltschutz, Vermeidung von Schleichverkehr, Erhöhung der Verkehrssicherheit?

Alle Gründe sind nachvollziehbar. Als wichtige Argumente werden die Vermeidung von Stau und Sicherheit genannt. Dabei sollen Umleitungen ja nach Fahrzeugkategorie und Strassentyp zugewiesen werden, so dass sichergestellt ist, dass die Alternativstrecken vom jeweiligen Fahrzeug befahren werden kann und darf.

3.4.3 Verkehrsteilnehmer (PW, LKW)

VT1 Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit stationären Verkehrsbeeinflussungsanlagen in der Schweiz? Wo liegen Diskrepanzen zur individuellen Routenführung?

Die bislang in der Schweiz umgesetzten Anlagen funktionieren unterschiedlich gut. Problematisch ist die Beschränkung auf Hochleistungsstrassen, so dass über Ausweichrouten oft keine Informationen vorliegen. Die heutige gebräuchliche Verkehrsinformationen in Form von Ereignismeldungen sollte durch Geschwindigkeiten oder Verlustzeiten ergänzt oder ersetzt werden. Verkehrsmanagement kann Probleme im Verkehr nicht lösen, sondern entschärft diese möglicherweise.

VT2 Welche positiven Nutzen ergeben sich durch die Verbindung von Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement? Gibt es Kosteneinsparpotentiale (Treibstoff \leftrightarrow Anschaffungskosten Gerät)?

Das Potential für positive Nutzen ist begrenzt. Vorteile können sich für die Gesellschaft aus der Optimierung des Gesamtsystems wie auch für das Individuum ergeben. Fahrzeuglenker lassen sich gerne über die Verkehrslage informieren, so dass auch ein psychologischer Nutzen vorhanden ist.

VT3 Welche der folgenden Anforderungen haben die grösste Bedeutung?

- Kurze Reisezeit
- Geringer Treibstoffverbrauch
- Nachvollziehbarkeit der Routenempfehlung
- Durchgängige konsistente Routenführung
- Keine Benachteiligung gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern
- Planbarkeit der Reise
- Geringe Kosten für die Fahrzeugnavigation

Alle genannten Anforderungen werden als von Bedeutung genannt. Zentral ist vor allem die Planbarkeit. Für den Schwerverkehr sind Reisezeit, Distanz und Kosten von besonderer Bedeutung. Ob für die Verbindung von Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement und die damit möglichen Dienste eine Zahlungsbereitschaft besteht, wird verschiedenen beurteilt.

VT4 Welche Bedeutung hat die Weitergabe von Verkehrsinformationen an die Verkehrsteilnehmer für die Befolgung der vorgeschlagenen Verkehrsmanagementstrategien?

Die Informationen sollen verlässlich sein und idealerweise durch Hintergrundinformationen als Begründung ergänzt werden. Der Befolgungsgrad, der sich einstellen wird, hängt von den persönlichen Erfahrungen der Nutzer mit dem System ab.

VT5 Wie reagieren Verkehrsteilnehmer im Fall eines Konflikts zwischen der gemäss Navigationssystem zu befolgender Route und der gemäss Verkehrsinformation empfohlenen Route?

Entscheidend ist, ob der Nutzer eigene Erfahrungen zu den Strecken hat. Ortsunkundige werden wahrscheinlich eher dem Navigationsgerät Glauben schenken. Mit sinkender Ortskenntnis fällt auch die Bereitschaft, für eine Alternativroute eine Autobahn zu verlassen.

VT6 Sollen Verkehrslenkungsmassnahmen auf dem Navigationssystem als solche erkennbar sein (im Vergleich zu einer gewöhnlich und individuell berechneten Route)?

Einerseits wird gefordert, die Verkehrslenkungsmassnahmen in Navigationsgeräten erkennbar zu machen, damit die betroffenen Routen akzeptiert werden, auch wenn sie nicht der Erfahrung oder Gewohnheit entsprechen. Andererseits müssen die Verkehrslenkungsmassnahmen nicht kenntlich gemacht werden, wenn generell auf das auslösende Ereignis hingewiesen wird.

VT7 Werden Verkehrslenkungsmassnahmen per Navigationssystem akzeptiert? Bei der Aufteilung von Verkehrsströmen auf alternative Routen gibt es rechnerisch vorteilhafte und nachteilige Routen. Soll sichergestellt werden, dass ein Lenker fair behandelt wird, also gleich häufig bessere und schlechtere Alternativen als Routen erhält?

Die benachteiligten Routen sollten nicht als solche kommuniziert werden. Der Gerechtigkeitsausgleich macht nicht immer Sinn, da nicht bei jeder Fahrt eine kurze Fahrzeit den gleichen Wert hat.

Für die Routenwahl des Schwerverkehrs wirkt sich die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) so aus, dass sie die kürzere Alternative zusätzlich bevorzugt. Umwege als Alternativroute erhalten somit einen zusätzlichen Malus. Somit ist das Potential des Verkehrsmanagements für den Schwerverkehr beschränkt.

3.4.4 Strassenbetreiber

SB1 Wie läuft derzeit das Strategiemangement in der untersuchten Region? (Wo) gibt es Verkehrsmanagementpläne? Welcher Automatisierungsgrad liegt vor? Werden die dynamischen Daten aufgezeichnet?

Für das Nationalstrassennetz liegen für ein Testgebiet Verkehrsmanagementpläne vor, die mit den Kantonen und der Polizei abgestimmt wurden. Systeme für die Erzeugung automatischer Meldungen und eine Strategie für die Streckenausrüstung sind im Aufbau bzw. in Vernehmlassung.

Für kantonale Strassen insbesondere jene des sekundären Netzes von Bedeutung sollen Verkehrsmanagementpläne erstellt werden. Die Umsetzung ist je nach Dringlichkeit unterschiedlich weit fortgeschritten.

Für städtische Netze sind zum Teil gute Informationen vorhanden. Auch hier gibt es zwischen ASTRA, Bern und Zürich Pilotversuche.

SB2 Gibt es Informationen über den derzeitigen Befolgungsgrad vorgeschlagener Massnahmen? Wie werden diese verbreitet?

Erhebungen zum Befolgungsgrad gibt es bislang keine. Eine Schätzung geht von 75% aus. Für Navigationsgeräte mit integrierter SIM-Karte oder für Offboard-Navigation liesse sich die grossräumige Befolgung über die Anmeldeinformationen an die Mobilnetz-Zellen ermitteln.

SB3 Welche besonderen Anforderungen an die betreiberübergreifende Strategieabstimmung ergeben sich in der Schweiz (bezogen sowohl auf die Strategiemittlung als auch auf die Implementierung des Systems)?

Verkehrsmanagementpläne sind oft politisch heikel, wenn sich Regionen oder Gemeinden benachteiligt fühlen. Aus Sicht einer Gemeinde geht das Wohl der eigenen Bevölkerung vor dem Allgemeinwohl, so dass Einsprachen drohen.

Für die Betreuung und die Vermittlung bei der betreiberübergreifenden Strategieabstimmung wird eine verantwortliche Stelle benötigt.

SB4 Wie unterscheiden sich Einflüsse auf den PW- und Schwerverkehr (gibt es die Möglichkeit für den Schwerverkehr, überregionale Alternativrouten auf städtischen Strecken zur Durchfahrt zu nutzen)? Welche Anforderungen an ein spezifisches Routing gibt es?

Es gibt Strecken, die für den Schwerverkehr grundsätzlich ungeeignet sind. Diese Beschränkung des benutzbaren Strassennetzes kann je nach Fahrzeugart, -gewicht oder abhängig von der Ladung (z.B. Gefahrgut) verschieden sein. Neben dieser harten Bedingung der nicht benutzbaren Strecke, gibt es auch weiche Parameter wie Ortsdurchfahrten, die vermieden werden sollten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, ob es sich um eine Ausnahme oder die Regel handelt.

In den digitalen Strassennetzen müssen die relevanten Beschränkungen (zulässige Gewichte, Höhe, Breite, Radien, Steigungen) erfasst werden.

Das Dispositionswerkzeug in der Zentrale und der Bordrechner sollen interagieren, damit Touränderungen oder Routenaktualisierungen auch unterwegs einfach möglich sind.

Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe führt dazu, dass kurze Strecken bevorzugt werden.

SB5 Wie kann die Lösung auch für Europa attraktiv sein?

Regionale und überregionale Lösungen sollten vernetzt werden. Die Verlagerung von Transporten auf die Schiene soll gefördert werden.

Der Fokus der Schweizer Strassenbetreiber ist im Moment, das Problem in der Schweiz zu lösen. Längerfristig muss das Ausland mit angebunden werden; z.B. sollte die Phase Rot schon im Ausland an den Schwerverkehr kommuniziert werden.

Eine internationale Lösung soll beim Nutzer keinen Informationsverlust erzeugen, wenn er sein Heimatland verlässt. Eine Einschränkung des Informationsflusses im Ausland durch die technische Gründe soll vermieden werden.

SB6 Welche Architektur (Einweg-, Zweiweg-Kommunikation) wird bevorzugt?

Eine Trennung zwischen übergeordnetem Netz und dem lokalen Netz macht Sinn.

SB7 Ist es vorstellbar, dass sich durch eine Koordination des Verkehrs (das heisst Verkehrslenkungsmassnahmen) ein besseres Ergebnis erzielt wird, als wenn die Fahrer / Navigationsgeräte unabhängig voneinander entscheiden?

Ja. Das Potential ist gross und sollte genutzt werden.

SB8 Gibt es ein Strategiemangement auf internationaler Ebene oder wäre ein solches sinnvoll?

Im Dreiländereck Basel gibt es die grenzüberschreitende Kooperation, die gut funktioniert, aber noch weiteres Optimierungspotential hat.

3.4.5 Dienstanbieter

DA1 Wie gross ist das Interesse an gemeinsamen (alle Anbieter) Lösungen?

Der Automobilist benötigt konsistente Informationen. Deshalb sollte das Verkehrsmanagement möglichst einheitlich sein und breit unter den möglichen Nutzern gestreut werden.

DA2 Sind Angebote wie das Strategiekonforme Routing Teil Ihres Businessplans?

DA3 Welche Aufgaben wollen Sie hier übernehmen (Datensammlung, -verbreitung,...)?

Input der Informationen, Verarbeitung und Output für Autobahnen und Hauptstrassen.

3.4.6 Hersteller von Navigationsgeräten oder Fahrzeugen

HE1 Wie gross ist das Interesse an gemeinsamen (alle Hersteller) Lösungen?

Wichtig sind gemeinsame technische Schnittstellen und die Datenbasis. Inhaltliche und technische Zusammenarbeit wird gewünscht. Die EU sollte die Standardisierung weiter fördern. Möglichkeiten, sich in den Eigenschaften der Geräte von der Konkurrenz abzuheben (Unique Selling Points), sind für Fahrzeughersteller kein Problem, da die Grundfunktionen herstellerunabhängig sind und sich nicht jeder Hersteller als Marktführer im Bereich Navigation sieht.

HE2 Sind Angebote wie das strategiekonforme Routing Teil Ihres Businessplans?

Zumindest bei einem Fahrzeughersteller im Premiumbereich ist das Strategiekonforme Routing ein Ziel.

HE3 Welche technischen Probleme könnten vorliegen?

Derzeit gibt es zu viele Datenquellen und Schnittstellen, die nicht zusammenpassen. Bei einer Kooperation der entsprechenden Stellen könnten die Probleme vermieden werden. Alles lässt sich erfahrungsgemäss interoperabel lösen.

HE4 Mit welchen zeitlichen Dimensionen muss gerechnet werden, bis sich dynamische Fahrzeugnavigation in Fahrzeugen zu einem Prozentsatz von ??? der Wagenflotte verbreitet hat (PW, LKW)?

Bei den Erstausrüstern wird sich in den nächsten 5 bis 8 Jahren viel getan haben. Die Dienste werden über Nachrüstung und Mobilfunk schneller verfügbar sein. Ein mit dynamischen Navigationsgeräten ausgestatteter Fahrzeuganteil von 30 bis 40% sollte genügen, um Auswirkungen zu zeigen.

HE5 Wie sinnvoll ist die Umsetzung eines strategiekonformen Routings über Verordnungen?

Über Verordnungen kann und darf weder die Ausstattung von Fahrzeugen noch die Nutzung von Geräten vorangetrieben werden. Manche brauchen z.B. gar kein Navigationsgerät, weil sie als Berufspendler wenig verschiedene Strecken fahren und diese selbst sehr gut kennen

HE6 Wie kann die Anwendbarkeit auf die verschiedenen Typen von Fahrzeugnavigationssystemen sichergestellt werden (Schwerpunkt OBN)?

Hiezu liegen keine Antworten vor.

4 Lenkstrategien

4.1 Begriffsbestimmung

Aufgabe des Verkehrsmanagements ist, aus kollektiver Sicht und unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen möglichst reibungslose Verkehrsabläufe sicherzustellen. „Kollektive Sicht“ heisst in diesem Zusammenhang, dass nicht jede individuelle Fahrt optimiert wird, sondern dass angestrebt wird, die Gesamtheit aller Fahrten möglichst effizient abzuwickeln.

Neben der kollektiven Sicht gibt es die individuelle Sicht und hier geht es darum, jede Fahrt für sich möglichst optimal abzuwickeln, d.h. zum Beispiel möglichst rasch, möglichst auf direktem Weg, möglichst kostengünstig oder möglichst umweltschonend vom Start zum vorgegebenen Ziel zu gelangen. So lange es keine Verkehrsüberlastungen gibt, so lange also überall auf dem Verkehrsnetz die nutzbare Kapazität ausreicht, um die Fahrzeuge aufzunehmen, welche das Netz benutzen wollen, gibt es keinen Anlass, aus kollektiver Sicht auf die individuellen Routenentscheidungen Einfluss zu nehmen. Verkehrsmanagement ist deshalb nur notwendig, wenn dies nicht der Fall ist, wenn also die sich aus individueller Sicht ergebende Nachfrage nach Fahrten auf Teilen des Verkehrsnetzes die vorhandene Kapazität übersteigt.

Verkehrsmanagement muss, um seinen Zweck zu erfüllen, auf die Fahrten Einfluss nehmen. Üblicherweise werden drei Methoden unterschieden:

- **Verkehrsleitung.** Hier wird versucht, den Verkehrsfluss auf einzelnen Abschnitten im Strassennetz z.B. über Geschwindigkeitsvorgaben zu verbessern.
- **Verkehrssteuerung.** Wo sich Verkehrsströme kreuzen oder zusammengeführt werden, regelt die Verkehrssteuerung, welcher Strom in welchem Umfang Durchlass erhält.
- **Verkehrslenkung.** Hier wird beeinflusst, welches Fahrzeug welche Route benutzt, um an sein Ziel zu gelangen. Es lassen sich so Verkehrsströme vermindern, indem Fahrzeuge von den entsprechenden Strassen ferngehalten werden, oder verstärken, indem zusätzliche Fahrzeuge auf Routen über die entsprechenden Strassen geführt werden. Weitere Möglichkeiten der Verkehrslenkung sind, Fahrten zeitlich zu verzögern oder dafür andere Verkehrsmittel vorzugeben.

Im vorliegenden Projekt geht es nur um die Verkehrslenkung und innerhalb der Verkehrslenkung nur um die Beeinflussung der Routen. Die Frage ist, in welchen Fällen welche Fahrzeuge auf welche Alternativrouten umgelenkt werden sollen. Um dies in einer konkreten Situation, die ein Verkehrsmanagement erfordert, bestimmen zu können, ist eine Lenkstrategie sinnvoll. Sie stellt das Bindeglied zwischen der Situation und der Beeinflussung dar. In Abhängigkeit von den massgebenden Eigenschaften der Situation legt sie fest, welche Beeinflussung zu wählen ist.

4.2 Wechselwirkung von individueller und kollektiver Sicht

Bei der Routenwahl aus individueller Sicht wird immer häufiger die Verkehrssituation berücksichtigt. Das ist vorerst unabhängig davon, ob der Fahrer die Routenwahl bestimmt (auf der Basis von Ortskenntnissen oder Karten) oder diese einem Navigationsgerät überlässt: ist der Fahrer zuständig, dann kann er auf der Basis von Erfahrungen in Abhängigkeit von der Tageszeit oder vom Wochentag unterschiedliche Routen wählen, oder er kann Verkehrsinformationen über Radio oder aus anderen Quellen berücksichtigen.

Mit dem Eingehen auf die Verkehrssituation erhält das Routing aus individueller Sicht einen kollektiven Aspekt. Probleme, welche durch das Kollektiv der Fahrzeuge entstehen (z.B. Staus) finden Berücksichtigung bei der individuellen Optimierung. Es gibt, so lange nur jeder einzelne auf die Verkehrssituation eingeht, keine Optimierung aus kollektiver

Sicht, aber das Resultat dieser individuell geprägten Routenwahl kann in seiner Gesamtheit gleichwohl eine vernünftige Lenkung darstellen.

Klar ist, dass durch eine unvollständige oder falsche Information über die Verkehrssituation eine Beeinflussung entsteht, welche nicht nur aus individueller, sondern auch aus kollektiver Sicht ungenügend ist:

- Ist die Information über einen einzelnen Stau nicht verfügbar, dann werden alle Fahrzeuge, für welche die betroffenen Strassenabschnitte auf ihrer ursprünglichen Route liegen, auf den Stau auffahren und Letzterer wird sich laufend ausdehnen. Es werden durch Rückstaus auf weitere Strassenabschnitte immer mehr auch Fahrzeuge betroffen, welche den Abschnitt, auf dem der Stau entstanden ist, gemäss ihrer ursprünglichen Route gar nicht zu benutzen brauchen.
- Wird ein Stau gemeldet und dadurch bewirkt, dass zahlreiche Fahrzeuge ausweichen, dann können auf Strassenabschnitten der Ausweichrouten Sekundärstaus entstehen. Wird über diese nicht informiert, dann dehnen sie sich aus und es können von ihnen wesentlich mehr Fahrzeuge wesentlich stärker betroffen sein, als wenn beim ursprünglichen Stau kein Ausweichen stattgefunden hätte.
- Wenn Information über einen Stau verbreitet wird, der in Wirklichkeit gar nicht besteht, dann werden Fahrzeuge ausweichen und einen Umweg und Fahrzeitverlust aufweisen, die nicht nötig wären.

Wird über die Verkehrssituation vollständig und korrekt informiert, dann treten diese Effekte nicht auf. Die Frage ist, ob damit das Problem schon gelöst ist. Mit andern Worten: reicht eine vollständige und korrekte Information über die Verkehrssituation, um die Routenwahl so zu beeinflussen, dass sie auch aus kollektiver Sicht optimal ist? Wird durch den „Selbstregulierungseffekt“ des dynamischen Routing, korrekt angewendet, der bestmögliche Verkehrsablauf erreicht?

Es gibt klare Argumente, die dagegen sprechen:

- Die Information über eine Verkehrssituation repräsentiert immer einen aktuellen Zustand. Diesen nutzen die Fahrzeuge, um sich bei Verzweigungspunkten allenfalls für eine andere Route zu entscheiden. Sie beeinflussen dadurch die zukünftige Verkehrssituation und können durch ihren Entscheid zum Beispiel Störungen an andern Stellen im Strassennetz verursachen, welche zum Zeitpunkt des Entscheids noch nicht vorhanden waren. Bis sich die Störung aufgebaut hat und die Information darüber bewirkt, dass die Fahrzeuge ausweichen, können schon so viele Fahrzeuge auf dem gestörten Strassenabschnitt sein, dass die Störung über einige Zeit fortbesteht. Gerade in stark belasteten Bereichen des Strassennetzes können solche „Übersteuerungen“ die Effizienz der Verkehrsabwicklung wesentlich beeinträchtigen. Sie sind umso stärker, je weiter verbreitet das dynamische Routing ist.
- Wenn ein Stau entsteht, dann bricht auf dem betroffenen Strassenabschnitt der Verkehrsfluss massiv ein. Gleichzeitig bildet sich für die Fahrzeuge, welche den Abschnitt benutzen, ein Fahrzeitverlust. So lange dieser Verlust kleiner ist als derjenige der nächstbesten Alternativroute, werden die Fahrzeuge nicht ausweichen. Der Stau und damit der tiefe Wert des Verkehrsflusses wird sich deshalb über lange Zeit erhalten. Aus kollektiver Sicht wäre es wesentlich günstiger, wenn kurzfristig mehr Fahrzeuge ausweichen würden (auch wenn sie so einen grösseren Fahrzeitverlust hätten), sich der Stau dadurch rasch wieder auflösen könnte und so der Einbruch beim Verkehrsfluss aufgehoben würde.
- Dass die Optimierung aus rein individueller Sicht auch Verkehrsstaus in Kauf nimmt (so lange die Fahrzeitverluste geringer sind als auf Ausweichrouten), kann negative Auswirkungen haben, die ausserhalb der Verkehrsoptimierung liegen. In den Expertengesprächen wurde von Strassenbetreibern darauf hingewiesen, dass gewisse Strassen staufrei bleiben sollten, damit sie von Einsatzfahrzeugen benutzt werden können. Staus auf diesen Strassen stellen also ein Sicherheitsrisiko dar, welches stärker zu gewichten ist, als die Verkehrsoptimierung. Das Problem ist, dass die Rahmenbedingung, wonach eine bestimmte Strasse staufrei bleiben soll, sich nicht mit der Idee der rein individuellen Routenoptimierung verträgt.

Mit diesen Argumenten lässt sich die Notwendigkeit einer über die individuelle Optimierung hinaus gehenden Verkehrslenkung begründen. Das bedeutet nicht, dass das dynamische Routing in jedem Fall der Verkehrslenkung aus kollektiver Sicht unterlegen ist. In vielen Fällen werden für eine spezifische Fahrt beide Verfahren auf das gleiche Resultat führen. Es ist deshalb nicht sinnvoll, das dynamische Routing generell zu ersetzen. Die Lenkung aus kollektiver Sicht braucht nur dort korrigierend einzugreifen, wo das individuell optimierte Routing zu negativen Effekten führt.

4.3 Lenkziele

Die Lenkstrategie lässt sich am besten über Lenkziele definieren. Die Strategie ist so zu wählen, dass dem vorgegebenen Lenkziel entsprochen wird. Das Lenkziel wird unabhängig von der die Strategie auslösenden Störung formuliert. Je nach Lenkziel ergibt sich eine unterschiedliche Lenkstrategie. Zwei Beispiele sollen das erläutern:

Lenkziel 1: Tritt eine Verkehrsstörung ein, dann sind die Fahrzeuge im Gebiet um die Störung in ihrer Routenwahl so zu beeinflussen, dass die Gesamtheit der Fahrzeitverluste minimal wird.

Lenkziel 2: Tritt eine Verkehrsstörung ein, dann sind die Fahrzeuge, die gemäss ursprünglicher Route von der Störung betroffen sind, in ihrer Routenwahl so zu beeinflussen, dass auf den umliegenden Strassen keine zusätzlichen Störungen entstehen.

Offensichtlich führt das erste Lenkziel zu einer viel umfassenderen Beeinflussung als das zweite. Werden beim ersten Ziel Fahrzeuge, welche ursprünglich den gestörten Strassenabschnitt benutzen wollten, über eine andere Strasse geführt und zeigt sich, dass dort auch eine Störung entstehen würde, dann kann es bezüglich Gesamtfahrzeitverlust günstiger sein, Fahrzeuge, die ursprünglich diese andere Strasse benutzen wollten, umzuleiten, und nicht die von der ersten Verkehrsstörung betroffenen Fahrzeuge auf noch weiter entfernte Alternativrouten zu verteilen (oder auf ihrer ursprünglichen Route zu belassen). Es werden also unter Umständen Fahrzeuge in die Lenkung einbezogen, welche nicht die Absicht hatten, die Stelle mit der Verkehrsstörung, welche die Lenkung ausgelöst hat, zu passieren. Beim zweiten Ziel ist dies nicht der Fall: Betroffen sind nur ein Teil der Fahrzeuge, welche ursprünglich den Strassenabschnitt mit der Verkehrsstörung passieren wollten.

Nicht ausgeschlossen ist beim ersten Lenkziel, dass durch die primäre Störung sekundäre entstehen. Die Bedingung ist nur, dass diese in ihrer Gesamtheit nicht mehr Fahrzeitverlust verursachen, als die primäre Störung würde, wenn nicht Fahrzeuge umgeleitet würden. Beim zweiten Lenkziel ist dies nicht möglich: Es ist fest vorgegeben, dass Umleitungen nur so weit stattfinden, dass keine Sekundärstaus entstehen. Dagegen kann es mit dem zweiten Lenkziel sein, dass die primäre Störung über lange Zeit fortbesteht und wächst, während das beim ersten Ziel weniger zu erwarten ist, da dort viel flexibler umverteilt werden kann.

Die Lenkziele lassen sich auch vergleichen bezüglich des Gebiets, in welchem es zu Verkehrsumlagerungen kommt. Tatsächlich ist mit der Vorgabe des Lenkziels auch dieses Gebiet bestimmt. Beim ersten Lenkziel werden von der primären Störung betroffene Fahrzeuge auf Alternativrouten umgeleitet, so weit sich dadurch der gesamte Fahrzeitverlust verringert. Werden dadurch die Alternativrouten überlastet, dann wird geschaut, welche Fahrzeuge zusätzlich umzuleiten sind, um den Fahrzeitverlust möglichst gering zu halten, und so weiter. Das betroffene Gebiet weitet sich so schrittweise aus, bis es keine weiteren Umleitungen gibt, welche den Gesamtfahrzeitverlust verringern. Je höher die Verkehrsbelastung im Umfeld der primären Störung, desto weiter wird das Gebiet wachsen. Beim zweiten Lenkziel gibt es für die von der Störung betroffenen Fahrzeuge Alternativrouten, die sich dann lohnen, wenn über sie der Fahrzeitverlust geringer ist als der durch die Störung verursachte. Die Zahl der in Frage kommenden Alternativrouten und damit das maximale betroffene Gebiet ist von Anfang an beschränkt. Wie viel kleiner das tatsächlich betroffene Gebiet ist, hängt von der Grösse der Störung und vom Verkehrsaufkommen auf den möglichen Alternativrouten ab (da die Alternativrouten nur gewählt werden können, wenn dort keine Überlastungen entstehen).

Bei einem Lenkziel ist zu unterscheiden zwischen Zielgrösse und Rahmenbedingungen. Die Lenkstrategie besteht dann darin, die Rahmenbedingungen einzuhalten und dabei die Fahrzeuge so zu beeinflussen, dass der bestmögliche Wert der Zielgrösse erreicht wird.

Die Kandidaten für die Zielgrösse sind die gleichen wie beim individuellen Routing, insbesondere die Minimierung der Fahrzeit bzw. des Fahrzeitverlusts, die Minimierung der Fahrdistanz und die Minimierung der Fahrkosten. In der Praxis stellen die Fahrkosten eine Kombination aus anderen Zielgrössen, speziell der Fahrzeit und der Fahrdistanz dar, da es einen Kostenfaktor für die Fahrzeit und einen solchen für die Fahrdistanz gibt (z.B. Treibstoffkosten). Weitere kombinierte Zielgrössen lassen sich nach Bedarf definieren, etwa eine, welche die negativen Auswirkungen auf die Umwelt oder das Klima (CO₂-Ausstoss) minimiert.

Es kann unterschieden werden zwischen Zielgrössen, die auf einzelne Fahrten und solche, die auf die Gesamtheit der Fahrten bezogen sind. Beim Lenkziel 1 zum Beispiel bezieht sich die Zielgrösse, die Minimierung der Fahrzeitverluste, auf die Gesamtheit der Fahrten. Beim zweiten Lenkziel ist die Zielgrösse nicht explizit erwähnt, sondern es wird davon ausgegangen, dass unter den gegebenen Rahmenbedingungen alle betroffenen Fahrten einzeln gemäss einer für sie definierten Zielgrösse (in der Regel wahrscheinlich auch dem Fahrzeitverlust) optimiert werden.

Rahmenbedingungen können in verschiedenen Bereichen gewählt werden:

- Welche Fahrzeuge einbezogen werden. Es kann festgelegt werden, dass alle Fahrzeuge für eine Beeinflussung in Frage kommen, es kann aber auch eingeschränkt werden zum Beispiel auf die Fahrzeuge, deren ursprünglich vorgesehene Route bei der Verkehrsstörung vorbeiführt, welche Anlass für die Lenkstrategie ist.
- Bedingungen für das Strassennetz. Bedingungen können für einzelne Strassenabschnitte und Knoten, aber auch für das Netz insgesamt oder gewisse Strassenkategorien (z.B. übergeordnetes Strassennetz, Hauptverkehrsachsen etc.) formuliert werden. Es kann insbesondere verlangt werden, dass zusätzliche Verkehrsstörungen (abgesehen von derjenigen, welche Anlass für die Lenkstrategie ist) vermieden werden.

4.4 Einflussfaktoren

4.4.1 Berücksichtigung von Fahrzeugkategorien

Erschwerend für die Entwicklung der Lenkstrategien ist, dass oft nach Fahrzeugkategorien (z.B. PW/LKW) differenziert werden muss. Es gibt Verkehrsstörungen, welche nur bestimmte Fahrzeugkategorien betreffen, wie etwa überlastete Stauräume bei der Phase Rot für den Schwerverkehr oder Rückstaus bei der Zollabfertigung des Schwerverkehrs. Die Beeinflussung der Fahrzeuge, welche auf ihrer ursprünglichen Route die Störungsstelle passieren würden, beschränkt sich dann auf die betroffenen Fahrzeugkategorien (während bei der Vermeidung sekundärer Störungen auf Alternativrouten durchaus auch andere Fahrzeugkategorien einbezogen werden können). Es gibt aber auch Unterschiede in den möglichen Ausweichrouten in Form von fahrzeugbezogenen Fahrbeschränkungen auf gewissen Routen (Gewichts-, Höhen-, Breiten-, Längen- und Achslastbeschränkungen, Ausschluss bestimmter Ladungen). Diese Einschränkungen sind bei der Zuweisung der Routen an die einzelnen Fahrzeuge zu berücksichtigen, können aber in gewissen Fällen auch Rückwirkungen auf die Lenkstrategie haben, wenn die Zuweisung von Fahrzeugen zu Alternativrouten im durch die Lenkstrategie vorgesehenen Umfang wegen solchen Einschränkungen nicht möglich ist.

4.4.2 Berücksichtigung des Befolungsgrads

Eine weitere Erschwernis besteht, wenn die Vorgaben zur Routenwahl aus der Lenkstrategie nicht durchgehend befolgt werden. Es gibt zwei mögliche Gründe zur Nichtbefolgung:

- Es sind nicht alle Fahrzeuge mit einer Fahrzeugnavigation ausgerüstet, welche ein strategiekonformes Routing zulässt. Das wird in der Anfangsphase der Umsetzung zu einem wesentlichen Teil der Fall sein und idealerweise langfristig abnehmen. Möglich ist, die über die Fahrzeugnavigation nicht direkt beeinflussbaren Fahrzeuge mittels Empfehlungen über von Radios oder anderen Medien verbreitete Verkehrsinformationen oder über Wechseltextanzeigen zu lenken. Die Lenkung kann so aber wesentlich weniger differenziert erfolgen.
- Fahrer entziehen sich der Beeinflussung bewusst. Auslöser kann ein mangelndes Vertrauen in das strategiekonforme Routing sein, aber auch das Fehlen der Bereitschaft, zu Gunsten anderer Verkehrsteilnehmer einen grösseren Zeitverlust in Kauf zu nehmen.

Die Lenkstrategie muss den Befolgungsgrad antizipieren und seinen Effekt kompensieren durch ein höheres Mass an Beeinflussungen, als eigentlich zur Erreichung des Lenkziels erforderlich wäre (so dass mit der eingeschränkten Befolgung der Effekt gerade passend ist). Es wird aber vorab in der Anfangsphase immer wieder Situationen geben, in denen nicht genügend Beeinflussungsmöglichkeiten bestehen, um das Lenkziel vollständig zu erreichen.

So lange der Befolgungsgrad tief ist, können schon ganz einfache Lenkstrategien erfolgreich sein, welche zum Beispiel bei einer Störung alle Fahrzeuge auf die gleiche Alternativroute umleiten oder alle, die eigentlich aus individueller Sicht ausweichen würden, auf die ursprüngliche Route zwingen. Wegen der geringen Befolgung wird sich eine Verteilung der Fahrzeuge ergeben, welche den Wert der Zielgrösse gegenüber der Situation ohne Beeinflussung verbessert. Je höher der Befolgungsgrad wird, umso grösser muss die Differenzierung bei den Strategien sein.

4.4.3 Mehrere Störungen

Bisher wurde davon ausgegangen, dass es nur eine Verkehrsstörung gibt, welche die Grundlage für eine Lenkstrategie bildet. Nun kann es sein, dass gleichzeitig mehrere Verkehrsstörungen vorhanden sind, von denen nicht die eine die Folge der Lenkstrategie einer anderen ist. Kritisch ist dies, wenn eine Interferenz zwischen den Lenkstrategien auftritt, wenn sich also betroffene Routen und Alternativrouten der verschiedenen Störungen überlagern.

Verkehrsmanagementpläne (VMP) sind üblicherweise nicht auf Situationen mit mehreren Störungen ausgelegt und es ist im Einzelfall zu entscheiden, ob alle anwendbaren VMP, nur ein Teil davon oder gar keine aktiviert werden, wobei die sich daraus ergebende Lenkstrategie in jedem Fall nicht optimal sein wird. Bei situativ bestimmten Lenkstrategien besteht dagegen die Möglichkeit, übergeordnete Strategien zu entwickeln, welche alle Störungen berücksichtigen. Voraussetzung ist eine Abstimmung der Lenkziele: die Zielgrösse muss gleich sein und die Rahmenbedingungen sind einander zu überlagern.

4.5 Umsetzung

4.5.1 Arten der Umsetzung

Es ist zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Möglichkeiten der Umsetzung zu unterscheiden: Vordefinierte Lenkstrategien und situativ bestimmte Lenkstrategien.

Das Mittel für vordefinierte Lenkstrategien sind VMP. VMP können wesentlich mehr enthalten als nur die Verkehrslenkung, befassen sich aber auch mit Letzterer und setzen dadurch eine Lenkstrategie um. Die Idee ist, dass mögliche Verkehrsstörungen, insbesondere notwendige Sperrungen von spezifischen Strassenabschnitten, antizipiert und die Verkehrsmanagement-Massnahmen vorab festgelegt werden. Die Lenkstrategie muss bei der Erarbeitung eines VMP festgelegt werden. Tritt eine passende Situation ein, dann wird der VMP umgesetzt und die in ihm enthaltene Lenkstrategie aktiviert. Die entscheidende Frage bei vordefinierten Lenkstrategien ist, welcher VMP auf eine vorgegebene Situation passt und ab welchem Ausmass der Verkehrsstörung seine Lenkstrategie zu aktivieren bzw. wieder zu deaktivieren ist.

Situativ bestimmte Lenkstrategien werden erst dann entwickelt, wenn eine Verkehrsstörung eintritt. Möglich ist, dass das Lenkziel (welches von Art und Ort der Verkehrsstörung unabhängig ist) vorab festgelegt wird und dass dann bei Eintreten einer Störung die diesem Ziel entsprechende Strategie entwickelt wird. Der Prozess muss weitgehend automatisiert werden, damit die umfangreichen Berechnungen zur Bestimmung der Strategie in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit durchgeführt werden können.

Die Umsetzung über VMP hat den Vorteil, dass es genügt, die Verkehrslage zu überwachen und bei einer Störung den passenden VMP zu aktivieren. Der VMP selbst ist vorab unter allen zuständigen Stellen abgesprochen und validiert worden. Dagegen muss die situativ bestimmte Lenkstrategie immer noch entwickelt werden und es bestehen mit ihr keine Erfahrungen. Dafür ist die situativ bestimmte Strategie wesentlich flexibler - es können im Gegensatz zum VMP alle möglichen Störungen abgedeckt werden und es ist möglich, auf die Verkehrslage im Umfeld der Störung einzugehen.

VMP lassen sich auch ein Stück weit flexibel gestalten, indem Parameter eingefügt werden, von denen Art und Umfang der Massnahmen abhängen. Diese Parameter werden dann beim Auslösen des VMP in Abhängigkeit vom Ausmass der Störung und vom Verkehrsaufkommen in der Umgebung fixiert.

Es ist davon auszugehen, dass die Methoden zur Umsetzung von Lenkstrategien allmählich verbessert werden. In einer Anfangsphase dürften statische VMP vollauf genügen. Mit zunehmendem Bedarf an der Situation angepassten Lenkstrategien dürfte zuerst versucht werden, die VMP mit Parametern immer dynamischer zu machen und schliesslich zu situativ bestimmten Lenkstrategien überzugehen.

4.5.2 Zuständigkeit

Es ist zu unterscheiden zwischen Festlegungen, die im Voraus getroffen werden, und solchen, die erst beim Eintreten einer Verkehrsstörung getroffen werden. Im Fall von durch VMP vordefinierten Lenkstrategien muss in der konkreten Situation nur noch entschieden werden, wann welche der vorgegebenen Strategien aktiviert und wieder deaktiviert wird. Bei situativ bestimmten Lenkstrategien werden im Voraus nur Grundsätze und Kriterien festgelegt, die Strategie wird aber dann in der konkreten Situation bestimmt.

Je genauer und umfassender die Festlegungen im Voraus sind, umso weniger Spielraum besteht in der konkreten Situation. Es wird dadurch unwichtig, welche Stelle für die Umsetzung der Vorgaben zuständig ist und es kann dafür eine beliebige Stelle eingesetzt werden. Ihr müssen nur die im Voraus getroffenen Festlegungen bekannt sein. Eine Überwachung kann dazu dienen zu überprüfen, ob die Stelle die Vorgaben korrekt umsetzt, aber auch ob die Vorgaben umsetzbar sind und ein brauchbares Resultat liefern.

Wichtig ist die Zuständigkeit bei den im Voraus getroffenen Festlegungen. Ein Problem sind dabei in der Schweiz die verteilten Zuständigkeiten für den Betrieb der Strassen und damit für das Verkehrsmanagement. Neben der Zuständigkeit des Bundes für die Nationalstrassen sind die Kantone für die Strassen auf ihrem Gebiet zuständig und überlagert gibt es oft in den grösseren Städten noch ein eigenständiges Verkehrsmanagement, welches auch Gemeindestrassen einbeziehen kann.

Kaum denkbar ist, dass in einem Gebiet eine Lenkstrategie nur für ein Teilnetz z.B. gewissen Strassenklassen entwickelt wird. Die Fahrzeuge wechseln beliebig zwischen Teilnetzen und eine Lenkstrategie nur auf einem derselben würde von einer unvollständig erfassten Realität ausgehen und würde deshalb falsche Resultate liefern. Es sind ja gerade Staus auf dem übergeordneten Strassennetz mit ihren durch die dynamische Fahrzeugnavigation verstärkten Rückwirkungen auf das untergeordnete Netz, welche ein wesentliches Motiv für die Integration eines Strategielayers darstellen. Genau dieser Fall wäre durch Lenkstrategien z.B. nur auf dem übergeordneten Netz nicht abgedeckt.

Wenn Gebietszuständigkeiten für die Lenkstrategien gewählt werden, ist das unproblematisch, so lange eine Strategie keine Ausdehnung über eine Gebietsgrenze hinweg erfordert. Wie in Kapitel 4.3 dargelegt, ergibt sich die notwendige Ausdehnung unter ande-

rem aus der Verkehrssituation und kann nicht frei gewählt werden. VMP können gebietsübergreifend entwickelt und implementiert werden - das Problem der verteilten Zuständigkeit besteht dann nur bei der Erarbeitung und allenfalls bei der Frage, ob in einer gegebenen Situation ein gebietsübergreifender VMP zur Anwendung kommen soll (falls die diesbezüglichen Kriterien im VMP Interpretationsspielraum zulassen) bzw. wie Parameter zu wählen sind.

Bei situativ bestimmten Lenkstrategien müsste bei gebietsbezogener Umsetzung die Strategie bei Störungen im Bereich einer Gebietsgrenze in Echtzeit im Austausch verschiedener Systeme erarbeitet werden, was zweifellos ungünstig ist. In jedem Fall entschärft sich das Schnittstellenproblem, wenn es möglichst wenig für die situative Umsetzung zuständige Stellen gibt und diese möglichst grosse Gebiete abdecken. Denkbar ist, dass eine Stelle für die ganze Schweiz zuständig ist. Immer noch bleibt aber das Problem, Strategien in den Grenzgebieten mit den Nachbarländern abzustimmen.

4.5.3 Datengrundlage

Eine Lenkstrategie kann nur Erfolg haben, wenn sie sich auf eine solide und verlässliche Datengrundlage stützt. Heute bestehen diesbezüglich in der Schweiz noch grosse Lücken. Bevor Lenkstrategien in einem Gebiet umgesetzt werden können, muss dort die Datenerhebung so weit verbessert werden, dass sie Minimalstandards genügt:

- Die gesamte Struktur des Strassennetzes muss erfasst sein, d.h. alle Strassenabschnitte und Knoten mit den zugelassenen Fahrrichtungen. Für die Strassenabschnitte müssen eine normale Fahrzeit (ohne Störungen) und die Kapazität (maximal möglicher Verkehrsfluss) sowie die Fahrbeschränkungen (Höhen-, Gewichts- Gefahrgutbeschränkungen etc.) bekannt sein. Für Knoten muss die Kapazität für die verschiedenen Fahrbeziehungen (von einem bestimmten Strassenabschnitt zu einem bestimmten Strassenabschnitt) bekannt sein. Feste Vorgaben für einzelne Elemente des Strassennetzes (z.B. unbedingte Vermeidung von Staus) sind in die Grunddaten aufzunehmen.
- Alle Verkehrsbeschränkungen, d.h. Behinderungen, Sperrungen oder blockierte Strassenabschnitte bzw. Fahrstreifen mit ihren Auswirkungen auf die Kapazität und Fahrzeiten müssen zeitgenau erfasst werden.
- Jederzeit müssen die genauen Verkehrsbelastungen auf dem ganzen Strassennetz erfasst werden. Es genügt, die Belastungen auf wichtigen Strassenabschnitten zu messen und die Werte auf dem übrigen Strassennetz aus Verkehrsmodellen abzuleiten.
- Die Verkehrsdatenerhebung hat sich bisher stark auf die Bestimmung von Verkehrsdichten fokussiert. Das ist mit rein lokalen Messungen möglich. Es lassen sich so Bereiche mit drohenden Verkehrsüberlastungen bestimmen und die Ergänzung durch eine lokale Messung der durchschnittlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten zeigt dann, ob der Verkehr bereits zusammengebrochen ist, womit das Verkehrsmanagement eine gute Grundlage für die Bestimmung von Massnahmen hat. Wichtig für den Strategielayer sind aber auch die Veränderungen in den Reisezeiten auf den verschiedenen Strassenabschnitten. Diese lassen sich aus den Verkehrsdichten und lokalen Geschwindigkeiten nur sehr ungenau ableiten und je weniger dicht das Messstellennetz für die Dichten und Geschwindigkeiten ist, umso schlechter gelingt die Ableitung. Andererseits gibt es Möglichkeiten, direkt Reisezeiten zu bestimmen, wobei Messungen an unterschiedlichen Stellen miteinander verknüpft werden oder über längere Strecken gemessen wird. Erst unter Beizug der Reisezeiten lässt sich ermitteln, ob sich die Aktivierung einer Strategie lohnt, ob also für alle betroffenen Verkehrsteilnehmer insgesamt die Reisezeit kürzer ist als ohne Aktivierung.

Da heute in der Schweiz noch keine oder keine verlässlichen Daten zu Reisezeiten zur Verfügung stehen, basiert die bereits praktizierte dynamische Navigation auf einer schlechten Grundlage. Das kann die unerwünschten Effekte der dynamischen Navigation verstärken, etwa wenn bei einem an sich nicht sehr gravierenden Stau auf einer Autobahn die Navigationsgeräte sofort Alternativrouten bestimmen, obwohl sich diese gegenüber einem Durchfahren des Staus zeitlich gar nicht lohnen. Die anzustrebende Verbes-

serung der Datenlage insbesondere bezüglich Reisezeiten kann also, abgesehen von ihrem Nutzen für die Umsetzung eines Strategielayers, auch die dynamische Navigation verbessern, was durchaus im Interesse des Verkehrsmanagements ist. Das Verkehrsmanagement ist deshalb gut beraten, die von ihm verwendeten Daten zur Verkehrslage abzugeben, so dass diese in der dynamischen Navigation verwendet werden können.

4.5.4 Schnittstellen

Unter den zuständigen Stellen sind für die technische Abstimmung der jeweils aktuell zu schaltenden Strategie Schnittstellen erforderlich. Dabei kann die Rollenverteilung unterschiedlich gewählt werden. Untenstehend sind exemplarisch zwei verschiedene Beispiele aufgeführt.

Das erste Beispiel ist dem Projekt Dmotion (siehe Kapitel 2.2) entlehnt und beschreibt ein System von untereinander kommunizierenden Rechnersystemen in unterschiedlichen Hoheitsbereichen (siehe

Abbildung 1).

In den Systemen der jeweils für einen bestimmten Straßenraum zuständigen Stellen werden die für dieses System relevanten Strategien sowie die Kriterien zur Anfrage einer anderen, gemeinsamen Strategie hinterlegt. Detektiert ein System, im unten genannten Beispiel (siehe

Abbildung 2) sei es das für Nationalstraßen zuständige System, in seinem Netz einen Verkehrszustand, der eine Strategieänderung rechtfertigt, so fragt es die anderen beteiligten Systeme an, ob die für diesen Fall definierte gesamtheitliche Strategie auf Basis des Verkehrszustandes in deren Straßennetzen für das Gesamtsystem aktiviert werden kann.

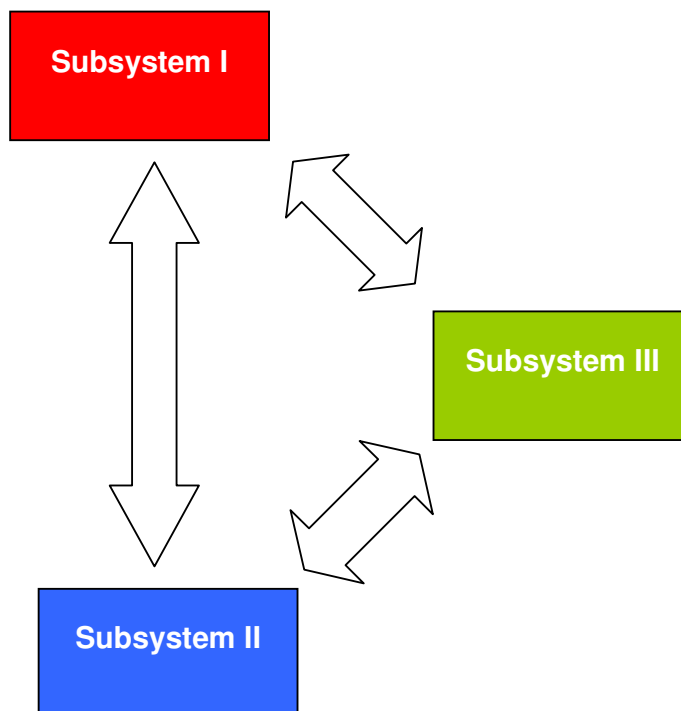


Abbildung 1: Skizze der Systemarchitektur für eine Strategieermittlung in verteilten Systemen

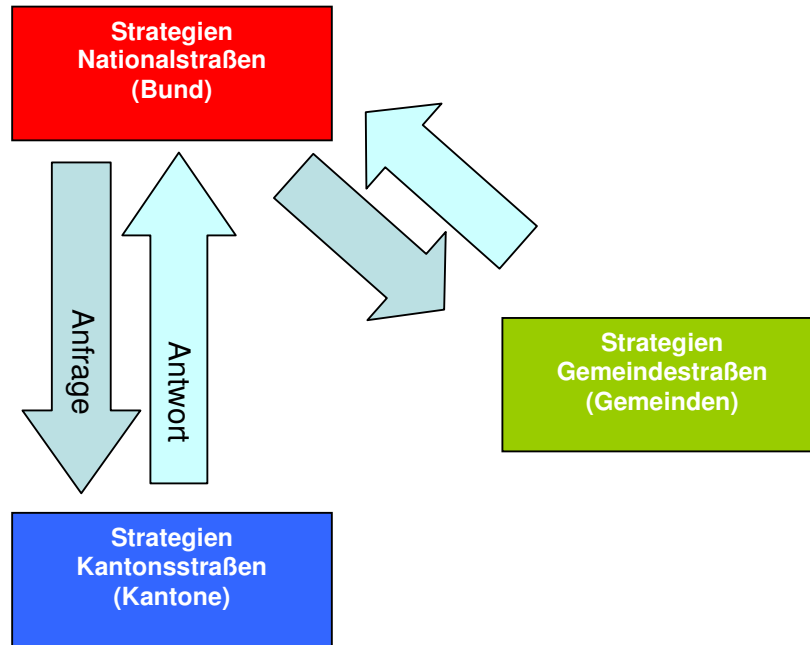


Abbildung 2: Beispiel für eine Strategieermittlung in einem verteilten System

Nur wenn alle Anfragen zu den jeweilig relevanten Systemen positiv ausfallen, wird die abgestimmte Gesamtstrategie bzw. deren jeweilige Teile in den Subsystemen aktiviert.

Der große Vorteil dieses Konzeptes besteht in der exakten Widerspiegelung der operativen Zuständigkeiten. Sowohl die Strategieteile als auch die Entscheidungsmacht über die Platzierung einer Anfrage bzw. die Beantwortung einer Anfrage eines anderen Subsystems liegen vollständig im Hoheitsbereich der jeweils für einen Straßenraum zuständigen Stelle. Das Subsystem greift auf die ihm bezüglich seines Hoheitsbereiches zur Verfügung stehenden Verkehrsdaten und -informationen zurück, um diese Entscheidungen zu unterstützen. Besonders in heterogenen Systemen mit verschiedenen Zuständigkeiten ist dieser Aspekt von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit.

Alternativ kann die Strategieschaltung über ein zentralisiertes System - im unten stehenden Beispiel "übergeordneter Steuerrechner" genannt - stattfinden.

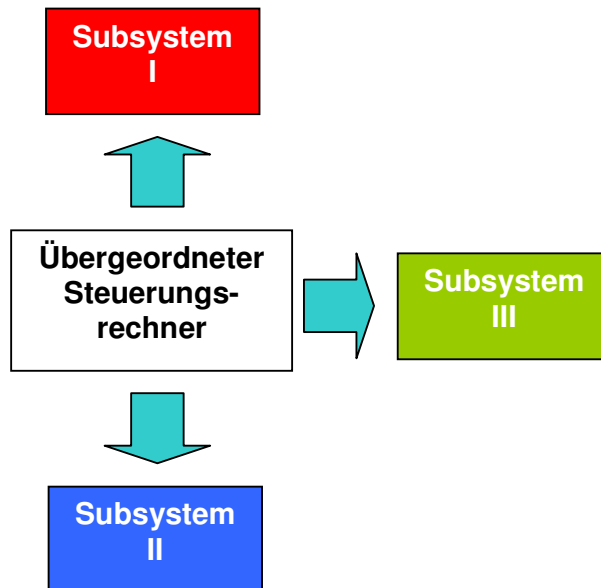


Abbildung 3: Skizze der Systemarchitektur für eine Strategieermittlung durch ein zentrales System

Hierbei können die abgestimmten Strategien sowie die Entscheidungsregeln in einem zentralen System hinterlegt werden, welches über die Schaltung einer bestimmten Gesamtstrategie entscheidet und daraufhin die entsprechenden Schaltungen in den einzelnen Subsystemen veranlasst.

Generell kann die Verbindung zwischen den Systemen bei beiden grundlegenden Modellen über den europäischen Datenaustauschstandard DATEX II erfolgen.

4.5.5 Erfolgskontrolle

Die Implementierung eines Strategielayers erfordert unbedingt eine Erfolgskontrolle. Diese dient dazu, die Strategien auf der Basis der Erfahrungen laufend zu optimieren. So können Fehler in den der Strategieentwicklung zu Grunde liegenden Parameterwerten korrigiert werden (Kapazitäten, Fahrzeiten, Anteile der Fahrzeugkategorien, Verkehrsnachfragen, Befolgungsgrade etc.). Es können aber auch die Lenkziele überprüft und gegebenenfalls verbessert werden. Zudem lässt sich die Abstimmung zwischen Strategielayer und anderen Massnahmen des Verkehrsmanagements optimieren.

Die Erfolgskontrolle hat aber noch einen zweiten wichtigen Zweck: sie soll das Vertrauen der Verkehrsteilnehmer in die Verkehrslenkung stärken. Dazu müssen die Resultate der Kontrolle laufend öffentlich kommuniziert werden.

Als Indikatoren für den Erfolg eignen sich beispielsweise die Gesamtheit der Fahrzeitverluste, die Maximalwerte der individuellen Fahrzeitverluste, die Anzahl auftretender Staus sowie die durchschnittliche Dauer und Länge der Staus. Es geht darum, jeweils die Situation mit Lenkstrategie zu vergleichen mit der Situation ohne Lenkstrategie. Erstere ergibt sich jeweils aus der Verkehrslage in den Phasen, in welchen eine Strategie aktiviert wird. Letztere sollte in den gleichen Phasen betrachtet werden und lässt sich nur berechnen bzw. modellieren.

4.6 Akzeptanz

Es muss davon ausgegangen werden, dass die Akzeptanz eines Strategielayers, welcher aus kollektiver Sicht die individuelle Fahrzeugnavigation beeinflusst, nicht a priori gegeben ist. Damit der Strategielayer seine Wirkung entfalten kann, ist aber Akzeptanz eine Voraussetzung. Es geht darum, die Akzeptanz zu schaffen.

Den Betroffenen ist die Funktionsweise des Strategielayers zu vermitteln. Insbesondere ist zu vermitteln, dass er nur subsidiär zur Anwendung kommt, d.h. wenn wesentliche Verkehrsstörungen bestehen, welche durch eine Strategie aus kollektiver Sicht besser behoben werden können als nur mit einem individuell optimierten Routing.

Die Akzeptanz wird abhängig sein vom Lenkziel. Insbesondere die Rahmenbedingungen müssen nachvollziehbar sein und sollten nicht als Schikane empfunden werden. Eine öffentliche Diskussion über das Lenkziel ist zur Erhöhung der Akzeptanz durchaus sinnvoll, selbst wenn dadurch die Konsensfindung erschwert wird.

Auch wesentlich für die Akzeptanz ist, dass die Lenkstrategien erfolgreich sind. Schon wenige Situationen, in denen offensichtlich ist oder auch nur lautstark behauptet wird, durch die Lenkung sei erst ein grosses Verkehrschaos entstanden, bewirken, dass sich die Akzeptanz dem Nullpunkt nähert. Die Erfolge müssen nachweisbar vorhanden sein und auch kommuniziert werden. Aber nicht nur das - die Methode der Erfolgsmessung muss erklärt werden und Akzeptanz finden. Die Verkehrsteilnehmer werden die Erfolgsmeldungen immer mit ihren direkten Erfahrungen vergleichen und hier muss eine Übereinstimmung bestehen.

5 Verbreitungsmethoden

5.1 Technische Umsetzung

5.1.1 Auswahlverfahren

Tritt an einer Stelle im Strassennetz eine Störung auf und ergibt sich aus der Strategie, dass auf diese Störung zufahrende Fahrzeuge auf Alternativrouten umgelenkt werden müssen, dann wird es meist nicht optimal sein, alle in Frage kommenden Fahrzeuge umzulenken, denn würden mehr Fahrzeuge umgelenkt, als zum Auflösen der Störung notwendig, dann würden andere Teile des Strassennetzes mehr belastet als notwendig. Analoges gilt für den Fall, dass durch das Umlenken Sekundärstörungen entstehen, wegen denen Fahrzeuge auf noch weitere Routen umgelenkt oder zusätzliche Fahrzeuge von den betroffenen Strassenabschnitten ferngehalten werden müssen. Es geht darum, eine passende Auswahl für die umzulenkenden Fahrzeuge zu treffen.

Die verschiedenen in Frage kommenden Fahrzeuge haben unterschiedliche Routen und damit bei einer Alternativroute oft auch unterschiedlich grosse Nachteile (z.B. in Form von einer Verlustzeit). Sinnvoll ist, zuerst einmal die Fahrzeuge mit den geringsten Nachteilen zu berücksichtigen. Wie kann ermittelt werden, welche Fahrzeuge dies sind?

Variante 1: Anmeldung der betroffenen Fahrten

Möglich ist, dass die Information über die Störung verbreitet wird und alle Fahrzeuge mit dynamischem Routing, welche davon betroffen sind, sich automatisch bei einer zentralen Stelle melden, welche ihnen dann eine Umfahrungsroute zuweist. Die zentrale Stelle hat dann eine genaue Übersicht, welche Fahrzeuge über welche Routen umgelenkt werden, und kann die Zuweisung laufend optimieren. Falls so viele Fahrzeuge umgelenkt werden müssen, dass Sekundärstörungen entstehen können (falls die Lenkstrategie dies zulässt), dann ist auch die Information über diese Störungen zu verbreiten und es müssen sich zusätzliche Fahrzeuge bei der zentralen Stelle melden, um Routen zugewiesen zu erhalten.

Diese Variante setzt eine Zweiweg-Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und den zentralen Stellen voraus, was technisch einschränkt und höhere Kosten verursacht. Der Vorteil liegt in der höchstmöglichen Differenzierbarkeit, da die Fahrzeuge vom Verkehrsmanagement einzeln Routen zugewiesen werden können. Der Preis dafür ist, dass das zentrale System alle Routen selbst berechnen muss.

Die Navigationsgeräte in den Fahrzeugen können auf der Basis von generellen Vorgaben selbst berechnen, ob sie eine Alternativroute wählen sollen und welche dies ist. Die nachfolgenden zwei Varianten zeigen, wie solche generellen Vorgaben gemacht werden können.

Variante 2: Portale und Wegepunkte

Es werden alle möglichen Alternativrouten durch Wegepunkte so vorgegeben, dass die Navigationsgeräte diese korrekt erkennen können. Für jede Alternativroute wird an beiden Enden ein „Portal“ festgelegt. Alle Fahrzeuge, welche auf ihrer ursprünglichen Route beide Portale durchfahren würden, wählen die entsprechende Alternativroute. Wenn eine ursprüngliche Route über mehrere Portalpaare führen würde, wird die Alternativroute des äussersten Portals gewählt. An die Navigationsgeräte übermitteln werden die Portalpaare mit den Wegepunkten der entsprechenden Alternativroute. Die Portale müssen nicht unbedingt auch Wegepunkte sein, was bedeutet, dass ein Fahrzeug, obwohl es auf der ursprünglichen Route die beiden Portale durchfahren würde, den ersten Wegepunkte über eine Route erreichen kann, welche nicht über das erste Portal führt, und vom letzten Wegepunkt über eine Route zum Ziel gelangen kann, welche das zweite Portal auslöst, sofern diese Routen sich als günstiger erweisen. So lassen sich grossräumige Umfahrungen des kritischen Gebiets erzeugen.

Diese Variante ist relativ starr und gut umsetzbar in einfachen Situationen mit wenig möglichen Alternativrouten.

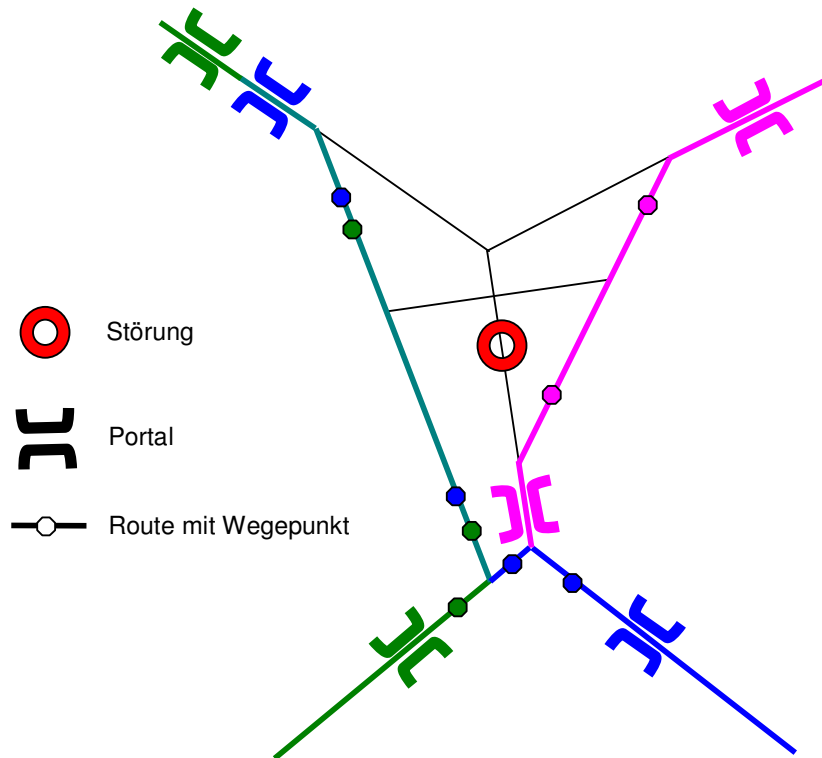


Abbildung 4: Zuweisung der Routen mit dem Wegepunkte-Verfahren. Die verschiedenen Alternativrouten sind mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet.

Variante 3: Künstliche Widerstände

Strassenabschnitte werden mit künstlichen „Widerständen“ versehen, welche bei der Berechnung der Routen in den Navigationsgeräten z.B. in Form von Reisezeitverlusten berücksichtigt werden. Die Widerstände werden so eingestellt, dass die Navigationsgeräte abhängig von ihrer ursprünglich vorgesehenen Route die passende Alternativroute wählen. Zum Beispiel werden vom Durchgangsverkehr zu meidende Strassen (Wohnstrassen mit Tempo 30 etc.) mit besonders hohen Widerständen versehen, so dass die Strassen nur von denjenigen Fahrzeugen benutzt werden, welche zur Erreichung ihres Ziels keine Alternative haben. Auch das Umgekehrte ist möglich: dass Widerstände von Strassen tiefer angesetzt werden, als sie bei freier Fahrt sind, so dass besonders viel Verkehr auf die Strasse gezogen wird.

Diese Variante ist flexibler als Variante 2 und kann besser auf komplexe Situationen eingehen. Sie ist aber auch unübersichtlicher in Bezug auf ihre Auswirkungen und erfordert je nach Situation sehr viele Anpassungen von Widerständen, damit nicht unerwünschte Effekte entstehen. Zudem ist zu bedenken, dass nicht alle Navigationsgeräte die Route nach den genau gleichen Kriterien bestimmen, so dass sich die vorgegebenen Widerstände nicht überall so auswirken, wie dies vom Verkehrsmanagement erwartet wird.

Insgesamt hat die Auswahl im Fahrzeug aufgrund fester Vorgaben (Varianten 2 und 3) den Nachteil, dass die ausgelösten Verkehrsumlagerungen in der Verkehrsmanagementzentrale nicht genau zu bestimmen, sondern nur abzuschätzen sind (wobei auch der Be-

folgungsgrad einen wesentlichen Einfluss hat). Dagegen kann auf eine Zweiwegkommunikation verzichtet werden, was einen klaren Vorteil darstellt.

Es wird in jedem Fall Gruppen von Fahrzeugen geben, welche die gleiche Alternativroute zur Verfügung haben und damit den gleichen Umweg auf sich nehmen müssen, wenn sie dieser zugewiesen werden. In der Regel wird aber auch innerhalb dieser Gruppen nur einen Teil der Fahrzeuge tatsächlich der Alternativroute zuzuweisen sein. Fair ist, wenn diese Untergruppe nach dem Zufallsprinzip bestimmt wird. Das lässt sich auch so umsetzen, dass die effektive Zuweisung in den Fahrzeugen erfolgt. Es muss dazu den Fahrzeugen nur übermittelt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit es sich der einen oder der andern Untergruppe anschliessen soll. Eine Alternative ist, dass vorangehende Ereignisse berücksichtigt werden und Fahrzeuge, die schon oft Nachteile auf sich genommen haben, eher bevorzugt behandelt werden. Das bedingt aber eine zentrale Zuweisung, da die verschiedenen Fahrzeuge zu vergleichen sind.

5.1.2 Berechnung der Route

Die eigentliche Berechnung der gesamten Route für ein bestimmtes Fahrzeug auf der Basis der strategiekonformen Vorgaben aus dem Verkehrsmanagement kann zentral oder dezentral in den Fahrzeugen erfolgen. Im Fall der zentralen Berechnung spricht man von Offboard-Navigation und im Fall der dezentralen Berechnung von Onboard-Navigation.

Heute bestehen in der statischen wie auch in der dynamischen Fahrzeugnavigation die beiden Konzepte der Onboard-Navigation (Routenberechnung im Fahrzeug) und der Offboard-Navigation (Routenberechnung zentral) nebeneinander. Es ist weitgehend eine wirtschaftliche Frage, welches Konzept sich durchsetzt. Ein Nachteil der Offboard-Navigation ist, dass sie Zweiwegkommunikation erfordert.

Basierend auf den bisherigen Erfahrungen aus den Forschungsprojekten wiki und Dmotion in Deutschland wird für die Umsetzung von strategiekonformem Routing eine Offboard-Navigation vorgezogen. Ein Problem der Routenberechnung im Fahrzeug ist, dass sie erheblich von der im Endgerät vorhandenen Algorithmik beeinflusst wird. Aufgrund der Vielzahl an verwendeten Endgeräten und somit Rechenmethoden ist eine verlässliche, dezentrale, endgeräteübergreifende Routenermittlung nur schwer zu realisieren. Dadurch lässt sich die Wirkung der vorgegebenen Strategien nicht ganz genau im Voraus bestimmen. Ohnehin sollte die strategiekonforme Route zur Überprüfung der Umsetzbarkeit und Wirkung immer zuerst zentral auf Basis aller verfügbaren Inputs generiert werden. Eine dezentrale Berechnung wäre damit eine Verdoppelung des Aufwandes.

Eine zentrale Ermittlung der Route kann sowohl im Verantwortungsbereich der Behörde als auch in demjenigen des privaten Anbieters dynamischer Fahrzeugnavigation erfolgen. Der Vorteil einer Ermittlung bei der Behörde ist, dass die Auswahl der zuzuweisenden Route im Fall mehrerer Dienstanbieter leichter fällt. Aber auch bei der Ermittlung im Verantwortungsbereich des Anbieters kann prinzipiell die Koordination sichergestellt werden, indem die Anbieter regelmässig Rückmeldungen an die Behörden über die Anzahl den Routen zugewiesener Fahrzeuge erzeugen und die Behörde falls nötig die Vorgaben anpassen kann. Der Vorteil einer Berechnung beim Anbieter besteht darin, dass dieser besser auf die Eigenheiten seiner Kunden eingehen kann. Zum Beispiel kann er dafür sorgen, dass nicht einzelne Fahrzeuge auf Kosten anderer übermässig oft auf individuell ungünstigere Routen geführt werden. Die Akzeptanz der Dienstanbieter aus „politischer“ Sicht scheint generell höher zu sein, wenn sie für den Kern ihres Dienstes, die Routenberechnung, selbst die Verantwortung übernehmen.

Trotz zentraler Berechnung der Gesamtroute wird die Funktionalität zur Routenberechnung im Endgerät beansprucht. Die zentral vorgegebene Route wird mittels Wegepunkten an das Onboard-System übergeben. Das Endgerät muss diese Wegepunkte durch eine Route verbinden. Die Dichte der Wegepunkte sollte so gewählt sein, dass es für die Verbindungen jeweils nur eine Möglichkeit gibt, das Resultat im Endgerät also mit der zentral ermittelten Route vollständig übereinstimmt.

Auch wenn für das strategiekonforme Routing die Lösung Offboard-Navigation gewählt wird, ist es möglich, dass im Normalfall ohne Vorliegen besonderer Verkehrszustände die Route im Fahrzeug ermittelt wird und erst bei Eintreffen einer die vorgesehene Route betreffenden Verkehrsmeldung das Endgerät eine Anfrage an einen zentralen Server für eine strategiekonforme Route absetzt. Der Nachteil, dass eine Zweiwegkommunikation mit den Fahrzeuggeräten benötigt wird, bleibt dann allerdings bestehen. Bleibt dieser aus wirtschaftlicher Sicht auch in Zukunft bedeutend, dann sollte eine reine Onboard-Lösung angestrebt werden. Wie dargestellt bedingt diese eine Angleichung der Routenberechnungsalgorithmen in den verschiedenen Endgerätetypen so weit, dass zumindest in der grossen Mehrzahl der Fälle eine gleiche Vorgabe zur gleichen (von der Zentrale erwarteten) Route führt.

5.1.3 Systemarchitektur

Für die gesamte Prozesskette von der Strategieermittlung bis zur Navigationsanleitung im Fahrzeug gibt es verschiedene mögliche Systemarchitekturen. Das unten stehende Beispiel (siehe Abbildung 5) entstammt dem Projekt Dmotion (siehe Kapitel 2.2) und zeigt die Architektur der privaten Dienstplattform, die für die weitere Aufbereitung und die Weiterleitung der Daten und Strategien zur Verwertung im Internet und den Fahrzeugen zuständig ist. Die so genannte VID Zentrale stellt hierbei sowohl (in diesem Beispiel kommunale) Verkehrsdaten als auch die behördenübergreifenden Strategien zur Verfügung.

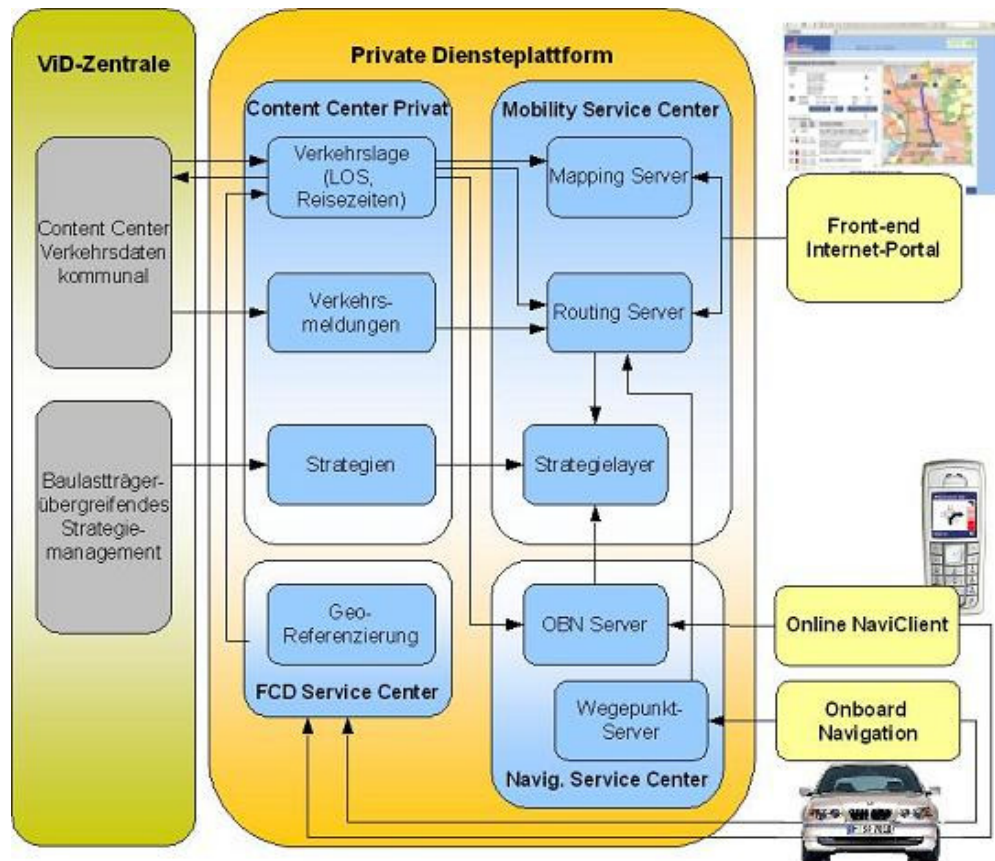


Abbildung 5: Beispiel einer Architektur der privaten Dienstplattform aus dem Projekt Dmotion.

Wie die Abbildung zeigt, werden die einzelnen Aufgabenbereiche der Dienstplattform über entsprechende Server abgedeckt. Die Hauptlast der Entwicklungsarbeiten ist eher auf Seiten der Systeme der öffentlichen Hand zu sehen, da diese um bestimmte Funktionalitäten erweitert werden müssen. Auf Seiten der Dienstplattform sind nur geringe Anpassungsarbeiten zu erwarten.

Abbildung 6 zeigt grob schematisch die im Forschungsprojekt wiki (vgl. Kapitel 2.4) gewählte Architektur. Die jeweiligen Aufgaben der einzelnen Elemente sind kursiv dargestellt. In Klammern ist die organisatorische Zuordnung (öffentlich/privat) angegeben.

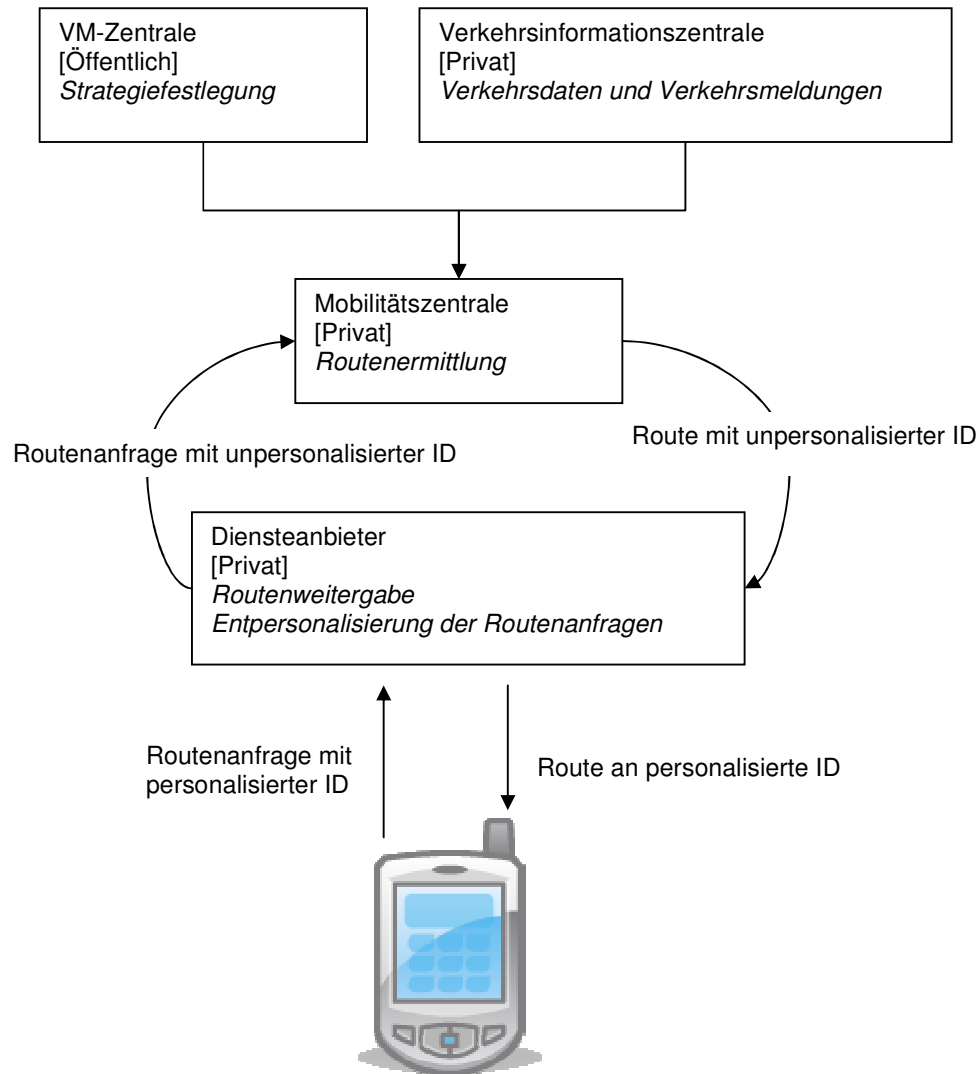


Abbildung 6: Grobe Darstellung der Systemarchitektur im Projekt wiki

Interessant ist hier, dass eine Routenanfrage von einem Endgerät durch den Diensteanbieter aufgegriffen und unpersonalisiert weiter geleitet wird. Damit kann dem Datenschutz Rechnung getragen und die Akzeptanz erhöht werden. Da das anfragende Endgerät bekannt sein muss, um diesem das korrekte Routenergebnis nach Ermittlung zukommen zu lassen, kann die Anfrage des Endgeräts nur personalisiert, d.h. einem Nutzer klar zuordenbar, erfolgen. Diese Zuordnung ist aber nur möglich, wo sie unbedingt notwendig ist, um die Erstellung von Bewegungsprofilen einzelner Nutzer zu vermeiden. Der Diensteanbieter leitet die Routenanfrage unter Vergabe einer neuen, nicht dem Nutzer zuordenbaren ID an die Mobilitätszentrale weiter, in der die Route unter Berücksichtigung der vom

Strassenbetreiber definierten Strategien ermittelt wird. Diese Zentrale kann somit die ermittelte Route nicht mit einem real existierenden Nutzer in Zusammenhang bringen.

Die Systemarchitektur sollte, wie schon in Abbildung 5 angedeutet, berücksichtigen, dass das strategiekonforme Routing in eine ganze Reihe weiterer Dienste eingebunden ist. Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft die Anforderungen von dieser Seite deutlich zunehmen werden und dass insbesondere eine weitergehende Integration der verschiedenen Systeme erforderlich wird.

Klassische in sich geschlossene Systeme kennen eine klare Verantwortlichkeit, nicht nur für den Betrieb sondern auch für die Errichtung. Ein System kann nach seiner Errichtung abgenommen und für den Betrieb freigegeben werden. Die Hersteller des Gesamtsystems bzw. einzelner Teile haften für das Entwicklungsergebnis. In verteilten bzw. kooperativen Systemen werden diese Haftungsfragen immer schwieriger. Deshalb kommt der klaren Prozessdefinition und ihrem Monitoring eine besondere Bedeutung zu.

Interaktion bedeutet aber auch, dass nicht mehr jeder Akteur alle Prozesse eigenverantwortlich durchführt, sondern diese ggf. auf einen Partner verlagert, wie nachfolgendes Bild zeigt:

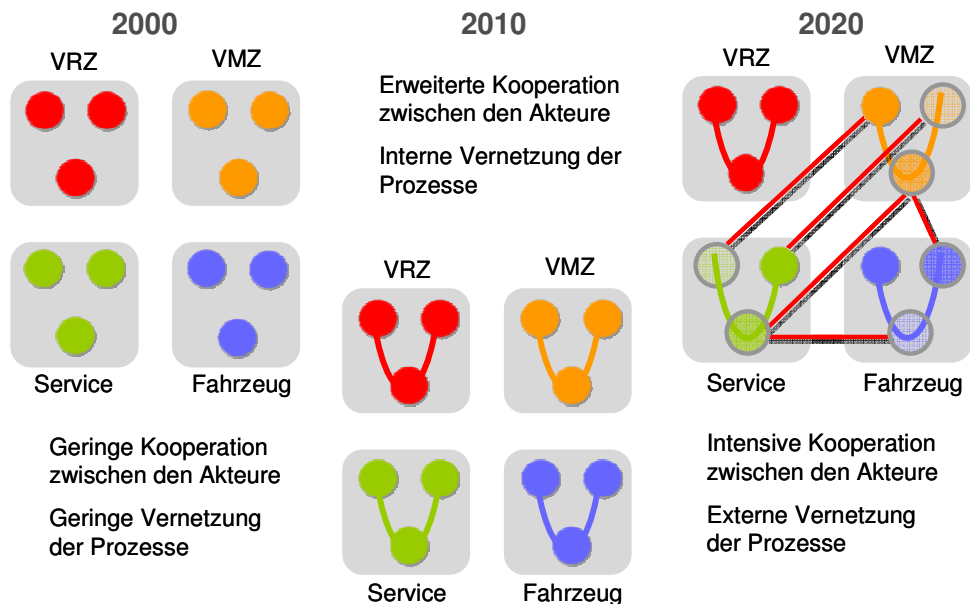


Abbildung 7: Entwicklung der Prozessinteraktion

Zukünftige Arbeiten müssen daher immer stärker auf die Ausgestaltung dieser Prozessketten unter Berücksichtigung des zuvor genannten konzeptionellen Rahmens berücksichtigen.

Die neuen Möglichkeiten kooperierender Systeme, beispielsweise im Rahmen eines koordinierten Strategiemanagements, aber auch die ihre Anforderungen werden es in der Zukunft aus betrieblicher Sicht erforderlichen machen, dass nicht nur Daten und Informationen ausgetauscht werden, sondern eine systemübergreifende Prozessinteraktion etabliert wird:

- Eine umfassende Qualitätssicherung erfordert, dass der Datenfluss über die Produktionskette eines Dienstes lückenlos überwacht wird.
- Das Strategiemanagement der Zukunft wird Systeme unterschiedlicher Zentralen auch ohne Eingriffe des Operators schalten.

5.2 Durchsetzung

Bei Einführung neuer Technologien, die prinzipiell dem Allgemeinwohl - in diesem Fall dem verbesserten kollektiven Verkehrsfluss - dienen sollen, stellt sich besonders die Frage nach der Methodik der Implementierung am Markt, da im Allgemeinen nicht nur marktwirtschaftliche Aspekte zum Tragen kommen. Zudem können im Einzelfall Nachteile für einzelne Verkehrsteilnehmer (z.B. längere Wegstrecke zur Vermeidung von Überlastungen auf der Hauptroute) auftreten.

Es sollen hier verschiedene Methodengruppen betrachtet werden, die im Folgenden kurz beschrieben sind. Es sollte des Weiteren beachtet werden, dass bereits eine geringe Marktdurchdringung der Systeme (z.B. 20%) zu signifikanten Verbesserungen in den Verkehrsflüssen führen kann. Dies ist relevant, da, unabhängig von der gewählten Methode, eine signifikante Marktdurchdringung nur sukzessive erreicht werden kann.

5.2.1 Vorschriften

Als erste Methodengruppe ist die flächendeckende Einführung auf Basis von Verordnungen bzw. staatlichen Vorgaben zu nennen. Hierbei können entweder der Fahrzeughalter und/oder die Fahrzeug- bzw. Navigationsgerätehersteller über rechtliche Rahmenbedingungen zum Einsatz von Technologien, die eine Berücksichtigung kollektiver Strategien auf fahrzeugseitigen Navigationsgeräten zulassen, gezwungen werden. Dabei müsste aber sowohl der Einsatz als auch die Verwendung der Systeme verordnet werden, um den kollektiven Nutzen sicher zu stellen. Um eine signifikante Befolgungsrate zu erreichen sind hohe Aufwände für die Kontrolle der Ausführung der Verordnungen zu erwarten.

Eine spezielle Variante der verordneten Einführung besteht darin, dass nur für den Fall der dynamischen Navigation, wenn also Verkehrsinformationen verwendet werden, die Berücksichtigung strategischer Vorgaben vorgeschrieben wird. Inhalt dieser Variante ist weder eine Verpflichtung der Benutzer, eine bestimmte Route zu befolgen, noch eine Verpflichtung der Behörden, Empfehlungen abzugeben. Es entfällt auch der Zwang, Navigationsgeräte mit Kommunikationsverbindungen auszustatten. Die Vorschrift entspräche der heutigen Praxis, dass Verkehrsinformationen dort, wo das Verkehrsmanagement dies als notwendig erachtet, zusammen mit Routenempfehlungen ausgestrahlt werden. Zu klären wäre, ob diese Variante mit einem Monopol der Strassenbetreiber für die Verbreitung von Verkehrsinformation auf dem in ihrem Verantwortungsbereich liegenden Netz zu verbinden wäre.

Die Vorschriften können auf dem Schweizerischen Strassenverkehrsgesetz (SVG) basieren, welches in Artikel 57c dem Bund die Kompetenz gibt, „auf den Nationalstrassen Massnahmen zur Lenkung des motorisierten Verkehrs anzuordnen, die geeignet und nötig sind, um schwere Störungen des Verkehrs zu verhindern oder zu beseitigen“ sowie „im Hinblick auf einen sicheren und flüssigen Verkehr (...) Empfehlungen zur Lenkung des motorisierten Verkehrs abzugeben“. Wie weit dieser Artikel für den vorliegenden Zweck ausreicht, ist fraglich. Lenkungsmassnahmen anordnen kann der Bund nur auf den Nationalstrassen und nur, um schwere Verkehrsstörungen zu verhindern oder zu beseitigen. Bei den Empfehlungen reicht die Kompetenz wesentlich weiter, aber an solche Empfehlungen dürften sich die Anbieter dynamischer Fahrzeugnavigation kaum gebunden fühlen. Die Kantone und Gemeinden haben für die ihnen unterstellten Strassennetze auch eine Kompetenz für Anordnungen „zur Regelung des Verkehrs“ (Artikel 3 SVG), aber ob dies die Einflussnahme auf die Fahrzeugnavigation mit abdeckt, ist unklar. In jedem Fall braucht es zur Durchsetzung einer Vorschrift eine einheitliche Regelung und nicht einen „Flickenteppich“ verschiedener kantonaler Bestimmungen.

Eine Schwierigkeit besteht darin, dass die Umsetzung einer Vorschrift technische Vorkehrungen unter anderem in den Fahrzeugen erfordert. Es reicht also nicht aus, die Anbieter dynamischer Fahrzeugnavigation zur Übernahme von Vorgaben zu verpflichten (was die Verpflichtung mit einschliesst, auf ihrer Seite die notwendigen technischen Vorkehrungen zu treffen), sondern es muss auch sicher gestellt werden, dass in den Fahrzeugen die passenden Einrichtungen vorhanden sind, was auch ausserhalb des Verant-

wortungsbereichs der Anbieter liegen kann. Hier besteht die Möglichkeit, über die Vorschriften über Strassenfahrzeuge (Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge VTS) Einfluss zu nehmen. Es kann verlangt werden, dass wenn Navigationsgeräte in den Fahrzeugen mit einer Kommunikationsverbindung zur Berücksichtigung der Verkehrslage ausgerüstet sind, sie eine Einrichtung haben, um Vorgaben des Verkehrsmanagements zu berücksichtigen. Der Nachteil ist, dass nur die in der Schweiz immatrikulierten Fahrzeuge der VTS unterstehen. Es mag dann einige ausländische Fahrzeuge geben, welche auch eine solche Einrichtung haben, aber trotzdem besteht eine Ungleichbehandlung, indem gewisse ausländische Fahrzeuge immer dynamisch auf der aktuell günstigsten Route geführt werden, während andere im Einzelfall durch die Einflussnahme des Verkehrsmanagements auch Umwege in Kauf nehmen müssen. Das Problem ist nicht gravierend, weil nur ein sehr kleiner Teil der Fahrzeuge bevorzugt behandelt wird und die Vorteile, wenn sie überhaupt bestehen, eher bescheiden sind. Trotzdem dürfte durch diese technisch bedingte Ungleichbehandlung die Akzeptanz für Vorschriften zur Berücksichtigung des Verkehrsmanagements bei der dynamischen Fahrzeugnavigation leiden.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die Vorschrift verbunden werden muss mit einer Spezifikation, wie die Einflussnahme des Verkehrsmanagements technisch umzusetzen ist. Sich unter den Beteiligten auf eine solche Spezifikation zu einigen, ist an sich schon ein schwieriges Unterfangen. Die Gerätehersteller und Anbieter der dynamischen Fahrzeugnavigation, welche als Betroffene in die Erarbeitung einzubeziehen sind, haben möglicherweise kein grosses Interesse an der Spezifikation und es stehen ihnen viele Möglichkeiten offen, deren Fertigstellung zu verzögern. Eine kompetente Führung des Erarbeitungsprozesses auf der Seite der Behörden ist hier entscheidend.

5.2.2 Freiwillige Einführung

Aufgrund der genannten Hindernisse erscheint eine "freiwillige" Einführung der Systeme als Alternativmethode attraktiv. In diesem Fall muss der Verkehrsteilnehmer überzeugt sein, dass die Vorteile des Einsatzes eines neuartigen Systems die hiermit verbundenen Kosten rechtfertigen. Der Nutzen ist primär aus der Sicht des Verkehrsmanagements gegeben, indem die Verkehrsabläufe insgesamt optimiert werden. Daraus ergibt sich nicht automatisch auch ein Nutzen für die einzelnen Verkehrsteilnehmer, welche dem strategiekonformen Routing unterworfen sind. Dieser Nutzen aus individueller Sicht ist konkret nachzuweisen (vgl. Kapitel 4.5.5 und 4.6). Es geht nicht darum, dass die strategische Vorgabe für jeden Verkehrsteilnehmer in jedem Fall besser ist als eine aufgrund der vorhandenen Verkehrsinformation gefundene Route, sondern dass sich über längere Zeit betrachtet im Durchschnitt so viel bessere Routen ergeben, dass sich die Zusatzkosten des strategiekonformen Routings für den Verkehrsteilnehmer rechtfertigen.

Der Entscheid zu einer freiwilligen Beteiligung am strategiekonformen Routing wird den Verkehrsteilnehmern dann leichter fallen, wenn aus subjektiver Sicht signifikante Vorteile für den Einzelnen erkennbar werden, wie z.B.:

- die auf dem Navigationsgerät gezeigte Route entspricht der über die kollektive Aktorik (Radiomeldungen, Wechseltextanzeigen...) übermittelten Wegweisungen. Hier ist einzuschränken, dass das strategiekonforme Routing in zunehmendem Mass eine Differenzierung der vorgegebenen Routen erfordert, welche von der kollektiven Aktorik sehr rasch nicht mehr nachvollzogen werden kann. Dadurch wird es immer wieder zu Diskrepanzen zwischen den übermittelten Wegweisungen und den vorgegebenen Routen kommen.
- die auf dem Navigationsgerät angezeigte Route ist auch innerstädtisch durch dementsprechende LSA-Schaltungen (grüne Wellen) durch Verringerung der Fahrzeit attraktiv.
- die qualitativ hochwertige Auswahlmethodik der Route bewirkt eine subjektiv erhöhte Reisequalität, da keine Störungen auftreten.

Neben der Sicht der einzelnen Verkehrsteilnehmer ist auch die Sicht der Anbieter dynamischer Navigation zu berücksichtigen. Wie die Erfahrung aus Projekten in Deutschland zeigt, können sie durchaus ein Interesse entwickeln, strategiekonformes Routing anzu-

bieten. Wichtig ist für sie, dass sie mit dem Akzeptieren der Beeinflussung durch das Verkehrsmanagement gegenüber andern Anbietern, welche dies nicht akzeptieren, keinen Nachteil einhandeln.

Möglich wäre, dass Anbieter dynamischer Fahrzeugnavigation zwei Dienste anbieten: einen mit Einflussnahme des Verkehrsmanagements und einen ohne. Das bedeutet aber einen Zusatzaufwand, der sich als solcher auch wieder rechtfertigen muss.

Neben einer völlig freiwilligen Einführung ist auch ein stufenweises Vorgehen möglich, bei dem die Systeme zuerst auf freiwilliger Basis eingeführt werden, aber dann, wenn sie sich wegen Akzeptanzproblemen nur teilweise durchsetzen, eine Vorschrift erlassen wird.

5.2.3 Anreize

Anreize sind ein Mittel der Strassenbetreiber, die Einführung des strategiekonformen Routings auf freiwilliger Basis zu erleichtern. Aber auch wenn Vorschriften erlassen werden, lohnt es sich, Anreize zu schaffen, um die Akzeptanz dieser Vorschriften zu erhöhen. Zudem kann der Weg über Anreize mit der Ankündigung beschriftet werden, dass im Fall mangelnder Umsetzung auf freiwilliger Basis Vorschriften erlassen werden.

Konkret bedeutet die Umsetzung über Anreize, dass die für das Verkehrsmanagement zuständigen Behörden mit den Anbietern dynamischer Fahrzeugnavigation Verträge abschliessen, welche die Anbieter zur Umsetzung der Strategien aus dem Verkehrsmanagement in der Fahrzeugnavigation verpflichten und ihnen im Gegenzug Vorteile gewähren.

Anreize sollten einen direkten Bezug zur Dienstleistung der Anbieter haben. Zwei Arten sind in Betracht zu ziehen:

- Abgabe von qualitativ hoch stehenden Verkehrsinformationen als Grundlage für die dynamische Navigation. Um die Strategien zuverlässig bestimmen zu können, müssen die für das Verkehrsmanagement zuständigen Stellen solche Informationen ohnehin zur Verfügung haben (vgl. Kapitel 4.5.3). Sie den Anbietern permanent zur Verfügung zu stellen, bedeutet keinen Zusatzaufwand. Die Anbieter haben mit diesen Informationen einen echten Vorteil, denn selbst die Informationen zu sammeln, verursacht beträchtliche Kosten. Es ist ohnehin rationeller, wenn eine Stelle die Informationen erfasst und an alle verteilt, statt dass jeder Anbieter eine eigene Erfassung aufbaut. Ein Problem dieses Anreizes ist, dass für die Anbieter die Möglichkeit wegfällt, sich über die Qualität der eigenen Verkehrsinformation Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Es ist aber ohnehin eine Frage der Zeit, bis solche Wettbewerbsvorteile entfallen. Je grösser der Bedarf an Verkehrsmanagement, umso mehr werden die zuständigen Behörden aufwenden, um gute Verkehrsdaten zu sammeln, und werden die privaten Anbieter in der Qualität der Verkehrsinformation irgendwann überflügeln.
- Bereitstellung der Information über Änderungen im Strassennetz. Dazu zählen neu eröffnete Strassenabschnitte, Schliessungen von solchen, Änderungen in deren Verlauf, Umgestaltungen von Knoten, Anpassungen der Befahrbarkeit etc. Aber auch die Informationen über Baustellen und ihre verkehrlichen Auswirkungen sowie über temporäre Sperrungen sind für die Anbieter dynamischer Fahrzeugnavigation interessant. So kann vermieden werden, dass Fahrzeuge über Routen geführt werden, welche sie gar nicht befahren können.

Wichtig ist bei diesen Anreizen eine Koordination unter allen für das Verkehrsmanagement in der Schweiz zuständigen Stellen. Die bereitgestellten Informationen sind nur dann interessant, wenn sie mehr oder weniger flächendeckend vorhanden sind, technisch einheitlich übermittelt werden und überall vorgegebenen Qualitätsstandards entsprechen. Die Anbieter, welche mit den für das Verkehrsmanagement zuständigen Stellen kooperieren, müssen sich gegenüber anderen Anbietern durchsetzen können, was bedeutet, dass sie in der Lage sein müssen, einen qualitativ hoch stehenden Dienst zu einem günstigen Preis anzubieten.

5.3 Information der Benutzer

Die Benutzer dynamischer Fahrzeugnavigation können nicht dazu gezwungen werden, eine bestimmte Route zu befahren. Die Frage ist, wie sie dazu bewegt werden können, dies freiwillig zu tun. Dies hängt wesentlich von der Information ab, welche ihnen im konkreten Fall zur Verfügung gestellt wird.

Die Benutzer der Fahrzeugnavigation erhalten in jedem Fall Anweisungen, um einer vorgegebenen Route zu folgen, welche sie an ihr Fahrziel führt. Sind sie nicht ortskundig, werden sie keine andere Wahl haben, als den Anweisungen zu folgen. Nur wer ortskundig ist, kennt möglicherweise mehrere Routen und ist vor die Frage gestellt, ob er der Fahrzeugnavigation vertrauen oder von ihren Anweisungen abweichen soll. Im Normalfall wird die Fahrzeugnavigation die nach den vom Benutzer eingestellten, von der Verkehrslage unabhängigen Kriterien günstigste Route wählen. Ein Navigationsgerät kann nun Abweichungen von dieser Normalroute den Benutzern anzeigen. Sinnvoll ist dies nur, wenn auch der nicht ortskundige Benutzer eine Wahlmöglichkeit hat, ihm also angezeigt wird, wie er auf der Normalroute bleiben kann.

Falls von der Normalroute abgewichen wird, weil eine Alternative aktuell günstiger ist, wird der Benutzer kein Problem damit haben und den Anweisungen folgen. Wenn nun aber das Verkehrsmanagement eine Route vorgibt, welche für den Benutzer ungünstiger ist als eine andere – sei es, dass die Normalroute vorgegeben wird, obwohl es auf dieser einen Stau gibt, oder dass eine Alternativroute vorgegeben wird, welche ungünstiger ist als die Normalroute oder eine andere Alternativroute – stellt es für den Benutzer aus individueller Sicht einen Nachteil dar, der Fahrzeugnavigation zu folgen. Die Frage ist, ob und wie er dann über die Situation informiert wird. Auch hier wird die Information für Ortsunkundige nur etwas bewirken, wenn ihnen auf Wunsch auch die Anweisungen gegeben werden, um der für sie günstigeren Route zu folgen.

Klar ist, dass mit einer Information der Befolgungsgrad wesentlich verringert wird. Die Benutzer werden in den meisten Fällen einen Grund finden, warum im Moment nicht gerade sie den Umweg auf sich nehmen sollten. Es ist zu befürchten, dass bei einer offenen Information nur noch so wenige Fahrzeuge den vorgegebenen Routen folgen, dass der Zweck der Vorgaben nicht mehr erfüllbar ist. Bei allen guten Argumenten für eine Information – Transparenz des Verkehrsmanagements, Gleichbehandlung Ortskundiger und Ortsunkundiger etc. – wird deshalb vermutlich der einzig gangbare Weg sein, die Information nicht zu liefern bzw. den Anbietern zu untersagen, den Benutzern die Einflussnahme des Verkehrsmanagements anzuzeigen.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Benutzer nicht dazu gezwungen werden können, einer bestimmten Route zu folgen. Wie es sich diesbezüglich aus rechtlicher Sicht verhält, wird genauer abzuklären sein. Die Frage ist aber auch, welche Kontrollmöglichkeiten bestehen und wie weit Kontrollen mit ihrem beträchtlichen Eingriff in den Persönlichkeitsschutz durchsetzbar sind. Zudem ergibt sich das Problem, dass in gewissen Fällen ein übergeordnetes Interesse besteht, dass ein Fahrzeug möglichst rasch an sein Ziel gelangt. Dem könnte Rechnung getragen werden, indem jedes Fahrzeug eine bestimmte Zahl von Fällen zugesprochen erhält, in denen es die Vorgabe des Verkehrsmanagements bewusst ignorieren darf. Diese Fälle dürften sich statistisch auf die verschiedenen Störungen und Zuweisungen von Routen verteilen und könnten in den Vorgaben berücksichtigt werden.

6 Demonstrator

6.1 Zweck

Das Forschungsprojekt soll nicht nur theoretisch untersuchen, welche Möglichkeiten bestehen, um dem Verkehrsmanagement einen Einfluss auf die Fahrzeugnavigation zu erlauben, sondern auch aufzeigen, dass solche Möglichkeiten praktisch umsetzbar sind und was für die Aufnahme eines operativen Betriebes noch vorzukehren wäre.

Mit dem vorhandenen Forschungsbudget war es selbstverständlich nicht möglich, alle theoretisch untersuchten Varianten in die Praxis umzusetzen. Aber schon eine Variante einmal durchgespielt zu haben, ergibt wichtige Erkenntnisse zur Machbarkeit und zeigt auf, wo in Zukunft noch Handlungsbedarf besteht, wenn diese oder ähnliche Lösungen einmal Realität werden sollen.

Der Aufbau eines Demonstrators wurde dadurch möglich, dass ähnliche Demonstrationen in anderen Projekten bereits durchgeführt worden waren und gewisse Einrichtungen dadurch zur Verfügung standen. Es ging darum, einerseits die Demonstration unter den konkreten Gegebenheiten in der Schweiz durchzuführen und andererseits gewisse Zusatzfunktionalitäten zu realisieren, welche die Praxistauglichkeit verbessern.

6.2 Aufbau

Die im Demonstrator realisierte Lösung besteht darin, im Fall von Störungen auf bestimmten Strassenabschnitten Strategien vorzugeben, welche im Befahren von im Voraus definierten Umfahrungsrouten bestehen. Dies entspricht der in Abbildung 4 im Kapitel 5.1.1 dargestellten Variante. Diese Lösung ist der Situation in der Schweiz mit in der Regel nur wenigen möglichen Umfahrungsrouten angepasst. Aber auch in der internationalen Diskussion steht diese Lösung gegenwärtig im Vordergrund.

Der Demonstrator soll sich in das heute in der Schweiz praktizierte Verkehrsmanagement nahtlos einfügen. Die Umfahrungsrouten sollen also völlig den durch das Verkehrsmanagement in der entsprechenden Situation empfohlenen Umfahrungsrouten entsprechen. Ab Herbst 2009 waren im Rahmen des Projektes Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH) des ASTRA entwickelte Verkehrsmanagementpläne für ein Pilotgebiet bestehend aus dem Dreieck der Autobahnen A1, A2 und A3 in den Kantonen Aargau, Basel Land und Solothurn verfügbar. Diese Pläne enthalten konkrete Empfehlung für Umfahrungsrouten. Es wurde beschlossen, den Demonstrator im angegebenen Pilotgebiet zu implementieren und die Empfehlungen der Verkehrsmanagementpläne als Strategische Vorgaben zu verwenden.

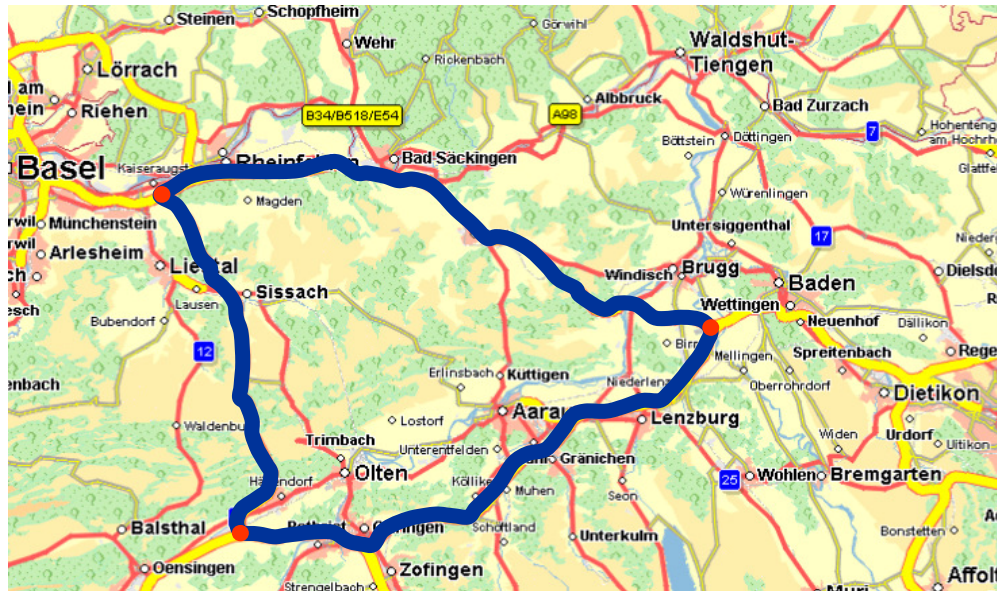


Abbildung 8: Das im Demonstrator berücksichtigte Pilotgebiet, für welches Verkehrsmanagementpläne verfügbar waren.

Um bestehende Navigationsgeräte aus anderen Projekten einsetzen zu können, wurde eine Offboard-Navigation verwendet. Das Spezielle an ihr ist, dass die Routen in einem zentralen Server berechnet und dann an die Geräte in den Fahrzeugen übertragen werden. Die Instruktionen und die Abbildung der Route werden dann im Fahrzeuggerät angezeigt. Bei Abweichungen von der vorgegebenen Route berechnet der Server eine neue Route, um sie wiederum an das Fahrzeuggerät zu übertragen. Offboard-Navigation wurde entwickelt, um mit Mobiltelefonen mit in- oder externen GPS-Empfängern navigieren zu können, wenngleich die Geräte nicht über eine eigenständige Navigationslösung verfügen. Sie hat mehrere Vorteile, so muss beispielweise keine vollständige Strassenkarte im Gerät vorhanden sein. Da die Routen zentral auf einem Server erzeugt werden, müssen die Geräte nicht den technischen Anforderungen der Navigationsfähigkeit entsprechen. Zudem stehen einer zentralen Serverstruktur normalerweise Verkehrsinformationen aus einer Vielzahl von Quellen zur Verfügung, wogegen Onboard-Lösungen in der Regel nur über eine Informationsquelle (TMC) verfügen. Dadurch wird die Qualität der dynamischen (d.h. unter Berücksichtigung der realen Verkehrslage erzeugten) Routenergebnisse erhöht. Entscheidender Vorteil im Bezug auf das vorliegende Projekt ist jedoch, dass auf dem Server weitere Funktionen, wie das vorliegende strategische Routing unter Berücksichtigung der von offizieller Stelle festgelegten Routenführungen, hinterlegt werden können, die auf mobilen Geräten ohne Einbeziehung der Clients nicht zu realisieren sind. Aufgrund neuer Geschäftsmodelle der Mobilfunkbetreiber (Datenflattrates) werden diese Systeme, vor allem aufgrund der letztgenannten Funktionalitäten, zukunftssicher, da dem Anwender durch die Datenübertragung keine zusätzlichen Kosten entstehen. Es gilt jedoch zu beachten, dass, bis zur Etablierung einheitlicher Kostenstrukturen im heterogenen europäischen Mobilfunkmarkt, Datenflattrates normalerweise national gebunden sind. Die im Demonstrator mit Offboard-Navigation erzeugten Resultate lassen sich problemlos auf Onboard-Navigation übertragen.

Der Aufbau des Demonstrators entspricht weitgehend der in Abbildung 5 im Kapitel 5.1.3 dargestellten Systemarchitektur. Die Fahrzeuggeräte, Smartphones von Sonny-Ericsson, wurden samt Zubehör freundlicherweise von der Firma BMW-Group zur Verfügung gestellt und waren zuvor im Projekt wiki (siehe Kapitel 2.4) verwendet worden.



Abbildung 9: Im Demonstrator eingesetztes Geräteset für das strategiekonforme Routing

Der Server für die Offboard-Navigation wurde von der Firma Jentro in München betrieben. Die Jentro Technologies GmbH entwickelt und vermarktet eine Plattform für Navigation und Location Based Services auf internetfähigen Endgeräten wie Handys, Smartphones und Personal Navigation Devices. Die Navigationsanfrage wurde in verschlüsselter Form an die PTV AG weitergeleitet. Das Routing selbst erfolgte auf der Servertechnologie bei PTV. Das Ergebnis wurde in Form einer bei PTV generierten Routendarstellung über Jentro wieder an das Gerät des Nutzers geliefert. Das System für die Erfassung und Steuerung der Strategien befand sich auf einem Server bei der PTV AG.

Die Verkehrsmanagementpläne standen ab Herbst 2009 zur Verfügung. Darauf wurde mit der Anpassung und Weiterentwicklung der Software begonnen. Es wurde nicht nur sichergestellt, dass die in Deutschland bereits getestete Software in der Schweiz einsetzbar ist, sondern es wurde neu auch die Möglichkeit geschaffen, innerhalb einer Strategie mehrere Umfahrrouten zu definieren und sicherzustellen, dass diese in Abhängigkeit vom Start- und gewünschten Zielpunkt passend ausgewählt wird. Ebenfalls verbessert wurden die Möglichkeiten zum Editieren der Strategien.

Ab Dezember 2009 wurde mit dem Erfassen der Strategien für das Pilotgebiet A1/ A2/ A3 begonnen. Schwierigkeiten ergaben sich bei Umfahrrouten, welche vorsehen, dass in einem Autobahnanschluss gewendet wird, was üblicherweise von Navigationssoftware nicht in Betracht gezogen wird. Es bleibt zukünftigen Projekten vorbehalten, auch dafür eine Lösung zu entwickeln.

Nach diversen Vortests in der Schweiz war der Demonstrator ab Mitte April 2010 einsatzbereit. Für die Vortests stand ein Testclient zur Verfügung, so dass die Routen nicht explizit abgefahren werden mussten.

6.3 Vorführung und Resultat

Ursprünglich war ins Auge gefasst worden, die Benutzeroberfläche zum Aktivieren und Deaktivieren der Strategien in der Verkehrsmanagementzentrale VMZ-CH in Emmen zu

installieren und parallel zum Schalten von Zuständen der Verkehrsleitung jeweils die passende Strategie zu aktivieren. Für ein ausgedehntes Testen dieser Einrichtung bestand aber zu wenig Zeit – es hätten sich kaum Zustände ergeben, welche zur Aktivierung einer Strategie geführt hätten. Auch hätten nicht genügend Fahrzeuge mit passenden Navigationsgeräten ausgerüstet werden können, so dass der Einfluss der Strategien praktisch hätte durchgespielt werden können.

Deshalb wurde beschlossen, geeignete Verkehrszustände zu simulieren und an einem Demonstrationstag dem interessierten Publikum vorzuführen, wie sich die Navigationsgeräte bei aktivierter Strategie verhalten. Dieser Demonstrationstag fand am 18. Juni 2010 in der VMZ in Emmen statt. Anwesend waren neben Vertretern der Forschungsstelle Mitglieder der Begleitkommission sowie ein zusätzlicher Experte der VMZ.

Um den Effekt des strategiekonformen Routings an der Vorführung zu zeigen, wurde eine Route ausgewählt und ein Ereignis vorgegeben, welches diese Route betraf. Die Route führte von der VMZ Emmen an den Feldrebenweg in MuttENZ und damit durch das Pilotgebiet. Als Ereignis wurde angenommen, dass sich auf der A1 zwischen dem Anschluss Rothrist und der Verzweigung Härkingen ein Unfall mit einem Lastwagen ereignet, durch den die Autobahn vorübergehend gesperrt werden muss.

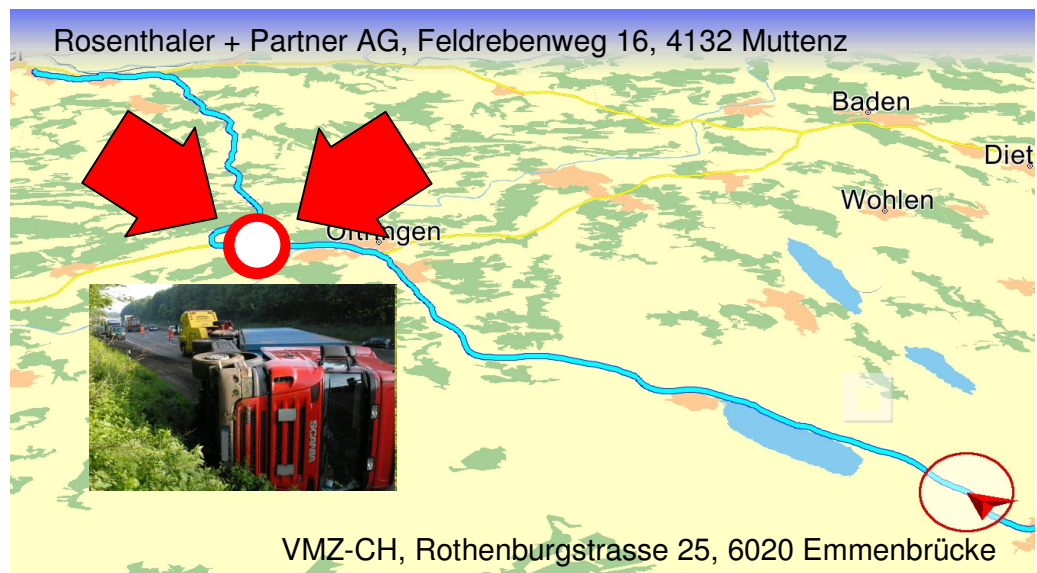


Abbildung 10: Das der Vorführung zugrunde gelegte Szenario mit einer Route von Emmen nach MuttENZ und einer Sperrung der A1 zwischen Rothrist und Härkingen.

Um den Effekt des strategiekonformen Routing zu zeigen, wurden drei Fahrzeuge mit unterschiedlichen Navigationsgeräten ausgerüstet:

- **Fahrzeug 1** hatte ein handelsübliches Navigationsgerät, welches so konfiguriert wurde, dass es keine Verkehrsinformationen berücksichtigt. Es handelte sich in diesem Sinn um eine statische Navigation.
- **Fahrzeug 2** sollte die Situation der dynamischen Navigation zeigen, welche Verkehrsinformation berücksichtigt. Mit einem handelsüblichen Navigationsgerät hätte die Schwierigkeit bestanden, dass das Ereignis nur simuliert war und keine echte Verkehrsinformation über eine Sperrung der A1 ausgestrahlt werden konnte. Es wurde deshalb ein Gerät mit einer speziellen Navigationssoftware der PTV AG ausgestattet, welche es ermöglichte, spezifische Ereignisse einzuspielen.
- **Fahrzeug 3** war mit einem Navigationsgerät ausgerüstet, welches spezifisch für die Demonstration eingerichtet worden war und das strategiekonforme Routing unterstützte.

Um das Ergebnis der Vorführung in der VMZ sichtbar zu machen, wurden alle drei Fahrzeuge mit einer Webcam ausgerüstet, auf welcher das Navigationsgerät, aber auch die befahrene Strasse sichtbar war. Die Bilder wurden live in die VMZ übertragen und den Teilnehmern der Vorführung angezeigt. Damit war es möglich, das unterschiedliche Verhalten der Navigationsgeräte eins zu eins zu erfahren. Abgesehen von einigen kurzen Unterbrüchen der Datenverbindung funktionierte die Liveübertragung einwandfrei.



Abbildung 11: Aufzeichnung der Webcam vom 18. Juni 2010 aus dem Fahrzeug 3 bei der Verzweigung Wiggertal. Auf dem Navigationsgerät (links unten) ist die vorgegebene Route zu sehen, welche beim aktuellen Standort (Kreis) ein Abbiegen nach rechts Richtung Zürich verlangt.


Die drei Fahrzeuge fahren gestaffelt los. In Fahrzeug 1 hatte das Navigationsgerät keine Kenntnis von der (simulierten) Sperrung und fuhr auf der Normalroute über die A2 bis zur Verzweigung Wiggertal, von da über die A1 zur Verzweigung Härkingen und weiter über die A2 Richtung Basel. Wenn es effektiv zu einer Sperrung gekommen wäre, hätte das Fahrzeug diese Route nicht befahren können.

Fahrzeug 2 fuhr über A2 und A1 bis zum Anschluss Rothrist und von da über die Hauptstrasse zum Anschluss Egerkingen, wo es die Fahrt auf der A2 Richtung Basel fortsetzte. Seine Umfahrung der Sperre führte über die Innenstadt von Olten. Hätte die Sperrung tatsächlich stattgefunden und wäre eine Vielzahl der Fahrzeuge dieser Route gefolgt, dann wäre der Verkehr vermutlich in der ganzen Region Olten rasch zusammengebrochen.


Beim simulierten Unfall wurde während der Vorführung über eine Internetverbindung die Strategie „Wiggertal-Härkingen“ aktiviert. Fahrzeug 3 mit dem Navigationsgerät, welches strategiekonformes Routing unterstützt, folgte der durch die Strategie vorgegebenen Route für den Verkehr von Luzern Richtung Basel, welche von der Verzweigung Wiggertal der A1 Richtung Zürich und dann in der Verzweigung Birrfeld der A3 folgt, welche in der Verzweigung Rheinfelden wieder in die A2 Richtung Basel übergeht.

Forschungsprojekt 2006/904 Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Strassen ASTRA



Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
Association suisse des professionnels de la route et des transports
Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti
Swiss Association of Road and Transportation Experts



traffic mobility logistics.

Strategien A1/ A2/ A3			
Strategie	Beschreibung	Aktivierung	WKT
1	Haerkingen Wiggertal	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
2	Wiggertal Haerkingen	<input type="button" value="Deaktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
3	Wiggertal Lenzburg	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
4	Lenzburg Wiggertal	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
5	Augst Sissach 2.3	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
7	Rheinfelden Birrfeld	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>
8	Birrfeld Rheinfelden	<input type="button" value="Aktivieren"/>	<input type="button" value="Anzeige"/>

Abbildung 12: Die Bildschirmoberfläche zur Aktivierung und Deaktivierung der verschiedenen Strategien. Die Strategie „Wiggertal-Härkingen“ ist aktiviert (grün).

Fahrzeug 3 hatte einen wesentlich weiteren Weg zurückzulegen als Fahrzeug 2. Es fuhr aber auf einer Route, welche nur Autobahn enthält. Im Fall einer Sperrung wie im Szenario angenommen, ist zu erwarten, dass diese Route den zu erwartenden Mehrverkehr ohne gravierende Probleme aufnehmen kann. Dagegen würde ein Ausweichen wie das Fahrzeug 2 über Olten Strassenabschnitte beanspruchen, welche kaum zusätzlichen Verkehr aufnehmen könnten, und der Verkehrszusammenbruch wäre unausweichlich. Das strategiekonforme Routing erweist sich in diesem Sinn als dem dynamischen Routing ohne Einfluss des Verkehrsmanagements überlegen. Erstaunlicherweise hatte auch ohne Mehrverkehr Fahrzeug 3 kaum länger als Fahrzeug 2, um nach Muttenz zu gelangen.

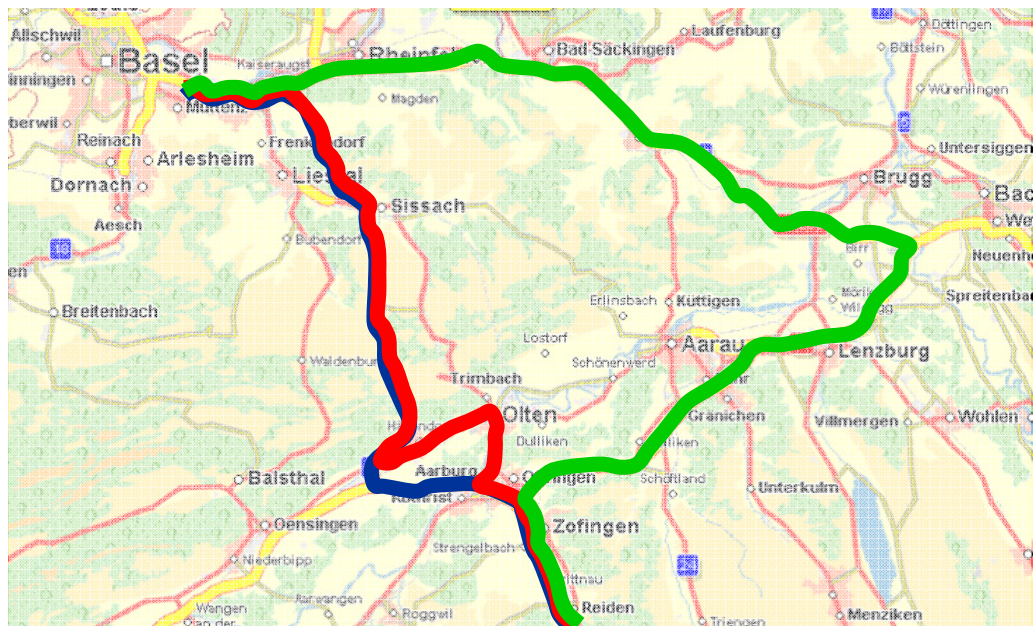


Abbildung 13: Die von den 3 Fahrzeugen befahrenen Routen: Fahrzeug 1 (blau) auf der Normalroute entlang der A2 und A1, Fahrzeug 2 (rot) ab Anschluss Rothrist über Aarburg, Olten und Hägendorf zum Anschluss Egerkingen und von da weiter über die A2, Fahrzeug 3 (grün) ab Wiggertal über die A1 ostwärts und die A3.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

7.1 Bedarf

Die aktuelle Tendenz, dass in den Fahrzeugen immer mehr Navigationsgeräte eingesetzt werden und dass diese Geräte immer häufiger Verkehrsinformationen berücksichtigen, lässt sich nicht aufhalten. Die Navigationsgeräte werden auch qualitativ immer besser, so dass sich die Benutzer zunehmend auf sie verlassen.

Die Fahrzeugnavigation kann, auch wenn sie dynamisch ist, also Verkehrsinformationen einbezieht, eine Route nur aus der Sicht des einzelnen Fahrzeugs optimieren. Die Summe der individuell optimierten Routen stellt in vielen Fällen aus einer Gesamtsicht keine optimale Verkehrsabwicklung dar.

Die Aufgabe, die Verkehrsabwicklung aus einer übergeordneten Sicht zu optimieren, kommt dem Verkehrsmanagement zu. Dabei hat die Verkehrslenkung die Aufgabe, die Routenwahl zu beeinflussen. Sie hat sich bisher darauf konzentriert, Routenempfehlungen direkt den Fahrern zu vermitteln. Da aber immer weniger die Fahrer und immer mehr die Geräte der Fahrzeugnavigation routenbestimmend sind, kann die Verkehrslenkung ihre Funktion immer schlechter wahrnehmen.

Das Problem wird sich wegen der dargestellten Entwicklung in den nächsten Jahren akzentuieren. Es ist nicht absehbar, dass es sich durch irgendwelche neuen Entwicklungen von selbst löst. Im Kern handelt es sich um ein technisches Problem: Die Beeinflussung der Routenbestimmung durch das Verkehrsmanagement, welche heute als Verkehrslenkung durch Information an die Fahrer erfolgt (über Radio und Wechseltextanzeigen), muss auf die Navigationsgeräte ausgedehnt werden. Die Lösung impliziert aber auf jeden Fall bedeutende Anpassungen auf der organisatorischen Ebene und auf der Prozessebene.

7.2 Nutzen

Die Lösung des Problems besteht auf technischer Ebene in einer Anpassung der Verkehrsmanagementsysteme und der Navigationsgeräte, so dass die beiden untereinander verbunden werden können. An ihrer Umsetzung sind sowohl die Verantwortlichen des Verkehrsmanagements als auch die Hersteller/ Betreiber der Navigationsgeräte zu beteiligen. Eine effiziente Umsetzung ist nur möglich, wenn beide Seiten überzeugt sind, dass für sie ein Nutzen resultiert.

Für die Verantwortlichen des Verkehrsmanagements ist die Situation klar: Sie werden Strategien ohnehin nur dann aktivieren, wenn sie überzeugt sind, dass diese aus kollektiver Sicht gegenüber dem Nichteingreifen Vorteile haben, wenn also durch sie insgesamt bessere Verkehrsabläufe erreicht werden können. Durch die Verhinderung von Verkehrszusammenbrüchen vorab im städtischen Bereich werden sie auch die öffentliche Sicherheit erhöhen, etwa indem jederzeit der rasche Zugang aller sicherheitsrelevanten Objekte für Einsatzfahrzeuge sichergestellt ist. Mit einem Strategielayer lassen sich zudem längerfristig Verkehrsmanagement-Massnahmen viel differenzierter umsetzen, als dies mit den „klassischen“ Methoden der Verkehrslenkung der Fall ist.

Etwas anders ist die Interessenlage der Hersteller von Navigationsgeräten und Betreiber von Navigationsdiensten. Sie sind dann erfolgreich, wenn sie ihren Kunden, den Fahrern, die bestmögliche Route vorgeben. Sie generell durch Vorschriften zu zwingen, das Routing ihrer Navigationsgeräte strategiekonform auszugestalten, ist in der Praxis kaum durchsetzbar. Sie müssen also überzeugt werden, dass ein strategiekonformes Routing demjenigen überlegen ist, welches sie in der dynamischen Navigation rein auf der Basis von Verkehrsinformation anbieten können.

Um die Fahrer und die Hersteller/ Betreiber zufrieden zu stellen, muss der Strategielayer insgesamt zu einer verbesserten Verkehrsabwicklung führen (wie dies auch das Ver-

kehrsmanagement erreichen will). Zusätzlich muss die Umsetzung des Strategielayers diskriminierungsfrei sein. Das bedeutet, dass weder einzelne Fahrer noch die Kunden einzelner Hersteller/ Betreiber systematisch schlechtere Routen zugewiesen erhalten als andere. Kritisch wäre es, wenn sich zeigen würde, dass trotz insgesamt positivem Effekt des Strategielayers ein einzelner Hersteller/ Betreiber, der ausschert und den Strategielayer nicht implementiert, also weiterhin rein auf seine eigene dynamische Navigation setzt, eine bessere Performance hat, also seinen Kunden im Durchschnitt die besseren Routen anbieten kann als die restlichen mit Anwendung des Strategielayers. Wäre dies der Fall, dann müsste entweder durch eine freiwillige Vereinbarung, in der sich alle Hersteller/ Betreiber verpflichten, oder durch rechtliche Vorgaben der Strategielayer vollständig umgesetzt werden. Die Berücksichtigung vorgegebener Strategien müsste also zur Grundausstattung aller Navigationsgeräte werden, welche Verkehrsinformationen einbeziehen.

Immer noch könnten sich einzelne Fahrer nicht an die Vorgaben der Navigationsgeräte halten und eine für sie individuell günstigere Route wählen. Niemand kann gezwungen werden, eine bestimmte Route zu befahren. Es wäre aber grosser Zufall, wenn ein Fahrer, der systematisch die strategischen Vorgaben missachtet, insgesamt bessere Routen finden würde als diejenigen Fahrer, welche sie beachten. Denn im Gegensatz zum dynamischen Navigationsgerät hat der Fahrer keine vollständige Übersicht über die aktuelle Verkehrslage.

7.3 Datenlage

Die Beeinflussung der Fahrzeugnavigation durch das Verkehrsmanagement braucht Akzeptanz und diese kann nur durch eine hohe Qualität der ergriffenen Beeinflussungsmassnahmen erreicht werden. Es reicht nicht, zur richtigen Zeit die richtigen Massnahmen zu ergreifen – der Erfolg der Massnahmen muss auch direkt nachgewiesen werden können. Der Schlüssel dazu sind gute Verkehrsdaten.

Die heutige Erfassung und Aufbereitung von Verkehrsdaten in der Schweiz ist ungenügend. Es gibt zu viele Systeme, welche an unterschiedlichen Orten mit unterschiedlichen Methoden versuchen, ein Bild der Verkehrslage zu erzeugen. Wirkungsvolle Techniken zum Abgleich von Daten aus unterschiedlichen Quellen stehen kaum im Einsatz – üblicherweise erfolgt das Zusammenfügen der Daten immer noch durch Personal in den Zentralen und dieses Personal stützt sich stark auf eine vergleichsweise aufwändige Videoübertragung. Gerade in kritischen Situationen, in denen eine gute Übersicht über die Verkehrslage besonders wichtig wäre, ist diese Art der Aufbereitung von Verkehrsdaten überfordert.

Es gibt nur eine Verkehrslage auf dem Schweizer Strassennetz. Entsprechend muss das Ziel sein, sämtliche Sensoren, welche in der Lage sind, zur Erfassung dieser Verkehrslage beizutragen, in einem System zusammenzuführen und ihre Daten so aufzubereiten, dass ein möglichst gutes Bild der Verkehrslage entsteht. Es ist ineffizient, wenn einzelne Stellen isoliert für den Teil des Strassennetzes, für den sie zuständig sind, eine neue Verkehrsdatenerfassung einrichten oder die bestehende aufrüsten. Zuerst geht es darum, im gesamten Netz die Lücken zu identifizieren und ein Konzept zu erstellen, wie diese möglichst kostengünstig geschlossen werden können, wobei modernste Techniken der „Data Fusion“ in die Überlegungen einzubeziehen sind.

Als Grundlage für die Implementierung eines Strategielayers ist eine Neuausrichtung in der Verkehrsdatenerhebung und -aufbereitung erforderlich. Es geht darum, auf Reisezeiten bezogene Messgrössen bestimmen zu können, da die Algorithmen der Routenbestimmung für die dynamische Navigation sich stark darauf beziehen. Wenn im strategiekonformen Routing die Aktivierung von Strategien erwogen wird, dann spielen die Reisezeiten eine entscheidende Rolle.

7.4 Wahl der Lösung

Es gibt keine grosse Zahl an technischen Lösungen, welche geeignet sind, die Beeinflussung der Navigationsgeräte durch das Verkehrsmanagement sicherzustellen. Auch wenn klar ist, dass es eine Anpassung der Navigationsgeräte braucht, sollte die Lösung mit den heute üblichen Verfahren der Routenbestimmung in diesen Geräten kompatibel sein. Eine Lösung, welche eine Zweiwegkommunikation zwischen Fahrzeuggeräten und zentralen Systemen erfordert, schränkt das Geschäftsmodell der Navigationsanbieter heute noch zu stark ein und fällt damit ausser Betracht.

Eine zentrale Anforderung an die Lösung ist die Differenzierbarkeit: Die Fahrzeuge, welche von einer bestimmten Verkehrsstörung betroffen sind, fahren von ganz unterschiedlichen Ausgangspunkten an unterschiedliche Zielpunkte. Die Lösung muss darauf eingehen können und je nach Ausgangs- und Zielpunkte andere Routenanpassungen vorgeben können, wobei (auch unter Berücksichtigung der zeitlichen Aspekte) eine möglichst günstige Verteilung der Routen anzustreben ist, so dass der Verkehr trotz der Störung möglichst flüssig ablaufen kann und die Umwege insgesamt möglichst gering sind.

Die Anforderung der Differenzierbarkeit ist durch das Verfahren der künstlichen Widerstände, bei dem z.B. die angenehmen Reisezeiten auf bestimmten Strassenabschnitten, welche für die Routenberechnung herangezogen werden, vom Verkehrsmanagement so verändert werden, dass die gewünschte Routenverteilung entsteht (vgl. Kapitel 5.1.1), besonders gut erfüllt. Das Verfahren ist aber, da ihm ein äusserst komplexes System zugrunde liegt, mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Mitteln in der Bestimmung seiner Wirkungen noch zu wenig zuverlässig. Es kann deshalb höchstens längerfristig in Betracht gezogen werden. Voraussetzung ist, dass die Wirkungen durch Simulationen im Voraus bestimmbar sind und optimiert werden können.

Das zweite Verfahren der Portale und Wegepunkte, bei dem Fahrzeuge, welche auf ihrer ursprünglichen Route zwei vorgegebene Portale passieren würden, fest auf eine durch Wegepunkte bestimmte Umfahrroute gewiesen werden, hat bezüglich Differenzierung einige Beschränkungen. Dafür ist es in seiner Wirkung überschaubar und kann deshalb schon kurzfristig umgesetzt werden. Es ist kompatibel mit dem im Verkehrsmanagement immer häufiger gewählten Vorgehen, vorab für Verkehrsstörungen an bestimmten Stellen des Strassennetzes Verkehrsmanagementpläne zu definieren, welche dann beim Vorliegen einer entsprechenden Störung nur noch aktiviert zu werden brauchen. International steht dieses Verfahren gegenwärtig klar im Vordergrund.

Schlüssel in der Anwendung dieses Verfahrens ist, dass die aus dem Verkehrsmanagementplan übernommenen Strategien zum richtigen Zeitpunkt aktiviert werden. Auf eine Erfolgskontrolle kann nicht verzichtet werden. D.h. es ist zumindest in Stichproben der Nachweis zu erbringen, dass ab Zeitpunkt der Aktivierung sich die Reisezeiten insgesamt gegenüber einer Situation ohne Aktivierung verringert haben.

7.5 Realisierung

Die technische Umsetzung des strategiekonformen Routings auf der Seite der Navigationsanbieter ist im Vergleich zu ähnlichen Projekten nicht besonders anspruchsvoll und deshalb eher unkritisch. Es braucht Vorgaben auf europäischer Ebene insbesondere zu den Schnittstellen zwischen Verkehrsmanagement und Navigationsanbieter und der Einfluss der Schweiz ist hier beschränkt.

Viel zentraler und für die Schweiz von grösserer Relevanz ist die Umsetzung des strategiekonformen Routings auf der Seite der Strassenbetreiber. Es geht darum, angesichts der verteilten Zuständigkeiten alle betroffenen Stellen zusammenzubringen und eine gemeinsame Lösung zu erarbeiten. Das ist am einfachsten möglich, wenn eine klare Unterscheidung zwischen einer strategischen und einer taktischen Ebene gemacht wird. Die Strategien legen in Abhängigkeit von den möglichen Verkehrsstörungen die Umfahrrouten fest. Die strategische Ebene enthält auch die Kriterien zur Aktivierung von Strategien. Auf der taktischen Ebene werden die Vorgaben der strategischen Ebene im täglichen Betrieb des Strassennetzes laufend ausgewertet und gegebenenfalls die Strategien

aktiviert oder deaktiviert. Zudem wird die Erfolgskontrolle durchgeführt, um eine Rückmeldung an die strategische Ebene zu ermöglichen.

An der Umsetzung auf taktischer Ebene brauchen sich nicht viele Stellen zu beteiligen. Es ist möglich, eine Organisation damit zu beauftragen. Dadurch vereinfacht sich die Schnittstelle zu den Navigationsgeräten. Die beauftragte Organisation ist gegenüber den für die strategische Ebene zuständigen Stellen rechenschaftspflichtig.

Zur Umsetzung auf der strategischen Ebene ist die Koordination unter den Strassenbetreibern notwendig. Um die notwendige Akzeptanz für das strategiekonforme Routing zu schaffen, sollten die Strategien, wie auch die Überlegungen, die zu ihrer Formulierung geführt haben, nach aussen völlig transparent sein. Das ist am besten möglich, wenn nach einheitlichen Grundsätzen vorgegangen wird. Zum Festlegen der Grundsätze ist eine übergeordnete Organisation notwendig, an der sich alle betroffenen Stellen beteiligen können. Die Anwendung der Grundsätze zur Erarbeitung der konkreten Strategien erfolgt dann regional und es sind jeweils die Strassenbetreiber aus der entsprechenden Region einzubeziehen.

Die geforderte Transparenz ist dann am besten gegeben, wenn die Interessenvertreter der Verkehrsteilnehmer, also insbesondere die Hersteller von Navigationsgeräten und Betreiber von Navigationsdiensten, die Anbieter von Verkehrsinformationen und die Strassenverkehrsverbände zumindest auf konsultativer Ebene in die gesamte strategische Umsetzung einbezogen werden. Vom entstehenden Diskussionsprozess können beide Seiten profitieren.

7.6 Abstimmung mit Europa

Ein Alleingang der Schweiz bezüglich strategiekonformen Routings ist nicht sinnvoll. Als Transitland mit der besonderen Problematik des Schwerverkehrs ist es zweckdienlicher, wenn sich die Schweiz an gemeinsamen europäischen Initiativen beteiligt und dazu Beiträge liefert. Es geht nicht nur darum, das nachzuvollziehen, was durch die andern Länder vorgegeben wird, sondern an vorderster Front bei der Etablierung des strategiekonformen Routings mitzuwirken. Dadurch können auch besser hierzulande Arbeitsplätze gesichert werden.

Auf europäischer Ebene gibt es bereits passende Institutionen wie das TISA-Forum und das Projekt EASYWAY, welche mit der einheitlichen Umsetzung des strategiekonformen Routings betraut werden können. Es geht nur darum, dass die Schweiz sich an diesen Institutionen beteiligt, in ihnen die Initiativen für das strategiekonforme Routing aktiv durch spezifische Beiträge unterstützt und die eigenen Bedürfnisse als Transitland zum Beispiel bezogen auf den Schwerverkehr, die Abstimmung mit dem öffentlichen Verkehr und die Kompatibilität mit den Strategien der Nachbarländer einbringt.

7.7 Empfehlungen

Empfehlung 1

Mit den Vorbereitungsarbeiten für die Realisierung einer Lösung zur strategiekonformen Beeinflussung der Navigationsgeräte durch das Verkehrsmanagement auf der Basis des Verfahrens mit Portalen und Wegpunkte ist in der Schweiz unter Einbezug aller Betroffenen zügig zu beginnen.

Erläuterungen zum Vorgehen

Es ist zum genannten Zweck eine Arbeitsgruppe zu bilden, welche die Vorbereitungsarbeiten koordiniert. An ihr sind neben dem Bundesamt für Strassen und den kantonalen Strassenbetreibern (z.B. über die interkantonale Kommission für den Strassenverkehr IKST) auch Organisationen der Verkehrsteilnehmer und Vertreter der Privatwirtschaft (Hersteller von Navigationsgeräten, Anbieter von Navigationsdiensten) zu beteiligen.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe sind Grundsätze zum strategiekonformen Routing zu erarbeiten. Über diese Grundsätze sind Konsultationen unter den interessierten Kreisen durchzuführen und sie sind danach auf geeignete Weise als verbindlich zu erklären. Auf ihnen basierend und in Abstimmung mit den vorhandenen oder zu entwickelnden Verkehrsmanagementplänen sind die konkreten Strategien für das strategiekonforme Routing in Abhängigkeit möglicher auslösender Ereignisse zu bestimmen.

Es ist in einer **Fortsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit** mit Verkehrssimulationen für konkrete, realistische Szenarien in der Schweiz zu untersuchen, wie weit strategiekonformes Routing individuell und kollektiv bessere Resultate erzeugt als das heute übliche Routing der dynamischen Navigation. Auch ist zu untersuchen, wie weit strategiekonformes Routing in der konkreten Umsetzung diskriminierungsfrei ist. Als Nebeneffekt kann die Wirksamkeit von bereits eingeführten oder vorgesehenen Verkehrsmanagementplänen überprüft werden. Die Arbeitsgruppe kann in dieser Forschungsarbeit als Begleitkommission eingesetzt werden.

Empfehlung 2

Es ist auf dem gesamten für das Verkehrsmanagement in der Schweiz relevanten Strassennetz (einschliesslich möglicher Ausweichrouten) die Einrichtungen für eine flächendeckende Erfassung der Verkehrslage zu schaffen.

Erläuterungen zum Vorgehen

Die Anstrengungen zu Verbesserung der Datenlage sind unter allen für den Betrieb der Strassen zuständigen Stellen zu koordinieren. Die Daten aus allen vorhandenen Quellen sind zusammenzuführen und einheitlich aufzubereiten, um daraus die bestmögliche Sicht auf die Verkehrslage zu erzeugen.

Es sind Methoden zu entwickeln und umzusetzen, welche es erlauben, auf Veränderungen von Reisezeiten bezogene Messgrössen möglichst auf dem gesamten Strassennetz zu bestimmen.

Die vom Verkehrsmanagement verwendeten Grundlagendaten (Kartendaten, Zustandsdaten des Strassennetzes, Verkehrslage) sind denjenigen Anbietern dynamischer Navigation abzugeben, welche das strategiekonforme Routing unterstützen. Dabei kann verlangt werden, dass die Anbieter selbst erhobene Floating Car Daten als Input für die Datenaufbereitung zur Verfügung stellen. Bei den Bedingungen für die Datenabgabe ist zu berücksichtigen, dass ein Anreiz für das strategiekonforme Routing geschaffen werden soll.

Empfehlung 3

Die Schweiz beteiligt sich aktiv an der Erarbeitung und Umsetzung einer europäischen Lösung für das strategiekonforme Routing.

Erläuterungen zum Vorgehen

Es ist ein Monitoring einzurichten, in welchem nationale Aktivitäten in anderen europäischen Ländern wie auch internationale Aktivitäten im Bereich strategiekonformes Routing verfolgt werden. Die Relevanz dieser Aktivitäten für die Schweiz ist abzuklären und wo sinnvoll ist eine Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Stellen im Ausland aufzubauen.

Die Schweiz bemüht sich um eine Beteiligung an europäischen Forschungsprojekten zum strategiekonformen Routing.

Die Schweiz beteiligt sich aktiv an der Diskussion zum strategiekonformen Routing im TISA-Forum und unterstützt die Vorschläge, welche zu dessen Umsetzung förderlich sind. Sie bringt dabei nationale Interessen ein und hilft bei der Suche nach konsensfähigen Lösungen.

Die Schweiz initiiert eine Umsetzung des strategiekonformen Routings auf dem Trans European Road Network (TERN) im Rahmen des europäischen Projekts EASYWAY.

So bald ein entsprechendes Projekt initiiert ist, beteiligt sich die Schweiz an der europäischen/ internationalen Normierung zum strategiekonformen Routing im Rahmen von GEN TC 278/ ISO TC 204.

Das Projekt VM-CH des ASTRA kann in der Abstimmung mit Europa eine Führungsrolle wahrnehmen und die notwendigen Budgets zur Verfügung stellen, um die Aktivitäten im europäischen Rahmen zu unterstützen.

8 Glossar

8.1 Begriffe

Aktorik

Gesamtheit der von einem Verkehrsmanagementsystem eingesetzten Mittel, um gegebene Informationen an die Verkehrsteilnehmer diesen zur Kenntnis zu bringen.

Dynamische Navigation

Fahrzeugnavigation, bei der zur Bestimmung der Route aktuelle Informationen zur Verkehrslage auf dem Strassennetz einbezogen werden. Änderungen der Verkehrslage können laufend zu einer Anpassung der Route führen.

Lenkstrategie

Gesamtheit der Vorgaben des Verkehrsmanagements für die durch die individuellen Verkehrsteilnehmer zu wählenden Routen.

Offboard-Navigation

Fahrzeugnavigation, bei der die Route in einem Server ausserhalb des Fahrzeugs bestimmt und anschliessend zur Darstellung an das Navigationsgerät im Fahrzeug übermittelt wird.

Onboard-Navigation

Fahrzeugnavigation, bei der die Route im Navigationsgerät im Fahrzeug bestimmt wird. Es können dazu Daten von ausserhalb des Fahrzeugs einbezogen werden.

Routing

Bestimmung der Route für ein Fahrzeug auf dem Strassennetz von einem Start- zu einem Zielpunkt. Bei der Bestimmung wird der Routenverlauf nach vorgegebenen Kriterien optimiert und es können Randbedingungen einbezogen werden.

Statische Navigation

Fahrzeugnavigation, bei der die Route nur auf der Basis einer fest vorgegebenen digitalen Strassenkarte bestimmt wird, ohne die aktuelle Verkehrssituation oder Vorgaben des Verkehrsmanagements zu berücksichtigen.

Strategielayer

Inhaltlich abgegrenzte Schicht, welche Funktionalitäten in einem System zusammenfasst, die es dem Verkehrsmanagement erlauben, für das Routing Vorgaben zu machen.

Strategiekonformes Routing

Routing, bei dem allenfalls zutreffende Vorgaben des Verkehrsmanagements berücksichtigt werden.

Strategisches Routing

Siehe → [strategiekonformes Routing](#)

Wegepunkt

Auf dem Strassennetz vorgegebener Punkt einer Route. Die Route muss so gewählt werden, dass sie alle ihr zugeordneten Wegepunkte in der gegebenen Reihenfolge passiert.

8.2 Abkürzungen

AGORA-C ImplementAtion of Global lOcation Referencing Approach, im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts entwickeltes Verfahren zur Ortsreferenzierung im Strassenverkehr


Aktiv	Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr, Forschungsprojekt in Deutschland
ASTRA	Bundesamt für Strassen
CEN	Comité Européen de Normalisation
CO2	Kohlendioxid
CVIS	Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems, europäisches Forschungsprojekt
DAB	Digital Audio Broadcast, Übertragung von Radiosendern in Form von digitalen Daten
DATEX	Data Exchange, Norm für die Datenübertragung zwischen Verkehrsmanagementzentralen
Dmotion	Düsseldorf in Motion, Forschungsprojekt im Grossraum Düsseldorf
EASYWAY	Europäisches Projekt zur europaweiten, einheitlichen Umsetzung von ITS-Lösungen in den Bereichen Verkehrsinformation, Verkehrsmanagement, Fracht- und Logistikdienste zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und besseren Verkehrsabwicklung
EU	Europäische Union
FCD	Floating Car Data, Fahrzeuge werden als Sensoren zur Erfassung von Verkehrsdaten eingesetzt.
GPS	Global Positioning System, satellitengestütztes Ortungssystem
GSM	Global Standard for Mobile Communication
ID	Identifizier, Daten, welche ein Objekt eindeutig identifizieren
Invent	Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik, Forschungsprojekt in Deutschland
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
LKW	Lastkraftwagen
LSA	Lichtsignalanlage
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MIV	Motorisierter Individualverkehr
OCIT	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PW	Personenwagen
RDS TMC	Radio Data Service – Traffic Message Channel (Verkehrsinformationsdienst über einen speziellen Zusatzkanal der UKW-Radiosender)


SIM	Subscriber Identity Module
SVG	Strassenverkehrsgesetz
TISA	Traveller Information Services Association
TMC	Traffic Message Channel, Verbreitung von Verkehrsinformation über einen Datenkanal auf den Frequenzen der Radiosender
TPEG	Transport Protocol Expert Group, Protokoll für die Übertragung von Verkehrsinformationen in die Fahrzeuge
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VID	Verkehrsmanagement Düsseldorf, entwickelt im Projekt Dmotion
VTS	Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeugen
VMP	Verkehrsmanagementplan
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale Schweiz, Projekt des ASTRA zur Umsetzung des Verkehrsmanagements auf den Nationalstrassen und weiteren relevanten Teilen des Schweizer Strassennetzes.
wiki	Wirkungen von individueller und kollektiver ontrip Verkehrsinformation und -beeinflussung auf den Verkehr in Ballungsräumen, Forschungsprojekt in Deutschland
XFCD	eXtended Floating Car Data, Fahrzeuge werden als Sensoren zur Erfassung von Daten im Umfeld der Strassen eingesetzt (Strassenzustand, Witterung etc.)


Literaturverzeichnis

1. Internetseite invent-online.de
2. Ergebnisbericht - INVENT „erfahren“ - mobil mit 8 Sinnen (2005)
3. Betriebsaspekte kooperativer Systeme (Hubschneider, Ortgiese)
4. Budde, Andreas, Ganser, Michael, Gieß, Adriane, Hilgers, Torben: Baulastträger-übergreifendes Strategiemangement im Testfeld Düsseldorf in Motion (HEURE-KA 2008)
5. Dmotion, Technischer Bericht (Berichtszeitraum 01.01.2007 - 31.12.2007)
6. AKTIV Projektbericht
7. CVIS Mobility 2.0 - The new cooperative era. CVIS Brochure - update March 2010. http://www.cvisproject.org/en/public_documents/publications/
8. CVIS-Projekt: Cooperative Urban Mobility Handbook. http://www.cvisproject.org/en/public_documents/publications/
9. Internet-Auftritte zu INVENT, Dmotion, AKTIV und CVIS

Projektabschluss

	Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA
FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK		ARAMIS SBT
Formular Nr. 3: Projektabschluss		
erstellt / geändert am:	20. September 2010	
Grunddaten		
Projekt-Nr.:	VSS 2006/904	
Projekttitel:	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	
Enddatum:	13. September 2010	
Texte:		
Zusammenfassung der Projektergebnisse:	<p>Im Forschungsprojekt wurde eine Übersicht erarbeitet über die möglichen Lösungen, wie das Verkehrsmanagement auf die Navigationsgeräte in den Fahrzeugen Einfluss nehmen kann. Es zeigte sich, dass die Funktionalität sowohl der Verkehrsmanagementsysteme als auch der Navigationsgeräte zu erweitern ist, um ein „strategiekonformes“ Routing zu ermöglichen. Die teilweise im Ausland schon entwickelten Lösungen wurden auf ihre wesentlichen Eigenschaften hin untersucht, um einen realistischen Weg zu zeigen, wie sich eine Lösung unter den spezifischen Bedingungen in der Schweiz umsetzen lässt.</p> <p>Um die Anforderungen an eine Schweizer Lösung zu erheben, wurde eine Reihe von Expertengesprächen geführt. Es zeigte sich, dass zwei Fragen im Zentrum stehen: Einerseits was sind die möglichen Lenkstrategien des Verkehrsmanagements und wie kann erreicht werden, dass in der konkreten Situation eine von allen Seiten akzeptierte Strategie vorgegeben wird, und andererseits wie kann die gewählte Strategie passend auf die betroffenen Fahrzeuge abgebildet und an deren Navigationsgeräte übermittelt werden?</p> <p>Um die Machbarkeit der entwickelten technischen Konzepte aufzuzeigen, wurde ein Demonstrator gebaut und in einem konkreten Szenario für ein Pilotgebiet in der Schweiz die Wirkung von durch Lenkstrategien des Verkehrsmanagements beeinflusster Navigation heute üblichen Navigationsmethoden gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass die demonstrierte Lösung nicht nur durchgängig funktionierte,</p>	
ARAMIS SBT: 20100910VIVMFormular3.doc		Seite 1 / 3

 <p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p>	<p>Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA</p>
Zielerreichung:	<p>sondern auch ein vergleichsweise gutes Resultat erzielte.</p> <p>Das Projekt hat, wie durch die Projektziele vorgegeben, die Konflikte zwischen individuellen Mobilitätsbedürfnissen, welche sich in der Wahl bestimmter Routen ausdrücken, und den Anforderungen des Strassenbetreibers für eine optimale Bewirtschaftung des Strassennetzes herausgearbeitet. Es hat einen konkreten Lösungsvorschlag zur Koordination der Navigationssysteme mit dem Verkehrsmanagement entwickelt und über die ursprüngliche Zielsetzung hinaus die Umsetzbarkeit sogar in einem Demonstrator aufgezeigt. Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen enthalten wie gefordert ein Vorgehenskonzept zur Umsetzung der vorgeschlagenen Lösung. Es wurde ein Normierungsbedarf primär auf europäischer Ebene festgestellt. Insgesamt wurden die Projektziele weitgehend erreicht und in einigen wichtigen Bereichen sogar übertroffen.</p>
Folgerungen und Empfehlungen:	<p>Aus dem Forschungsprojekt ergeben sich folgende Folgerungen und Empfehlungen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mit den Vorbereitungsarbeiten für die Realisierung einer Lösung zur strategiekonformen Beeinflussung der Navigationsgeräte durch das Verkehrsmanagement auf der Basis des Verfahrens mit Portalen und Wegepunkte ist in der Schweiz unter Einbezug aller Betroffenen zügig zu beginnen. 2. Es ist auf dem gesamten für das Verkehrsmanagement in der Schweiz relevanten Strassennetz (einschliesslich möglicher Ausweichrouten) die Einrichtungen für eine flächendeckende Erfassung der Verkehrslage zu schaffen. 3. Die Schweiz beteiligt sich aktiv an der Erarbeitung und Umsetzung einer europäischen Lösung für das strategiekonforme Routing. <p>Erläuterungen dazu finden sich im Schlussbericht. Ein Normierungsbedarf besteht primär im europäischen Rahmen und die Schweiz sollte sich an den entsprechenden Arbeiten beteiligen.</p>
Publikationen:	<p>Schlussbericht</p>
<p>Beurteilung der Begleitkommission: <i>Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.</i></p>	
Beurteilung:	<p>Das Forschungsprojekt profitierte stark von der Abstimmung mit Projekten zum gleichen Thema vorab in Deutschland. Daraus erklärt sich, dass das Projekt nicht die gleiche Breite der Untersuchung aufwies, wie andere Projekte zu einem neuen Forschungsthema, sondern sich von Anfang an stark auf die Lösungsfindung konzentrierte. Die vorgeschlagene Lösung erscheint plausibel. Sie lässt sich aber nur in einem europäischen Kontext umsetzen. Da sie in enger Abstimmung mit vergleichbaren Forschungstätigkeiten in Deutschland und im europäischen Forschungsprojekt CVIS erarbeitet wurde, bestehen durchaus Realisierungschancen. Entscheidend wird sein, wie weit es gelingt, die Betreiber von Navigationsdiensten vom Nutzen zu überzeugen.</p> <p>Positiv anzumerken ist, dass die Lösung nicht nur als Idee präsentiert, sondern dass ihre Umsetzung unter den spezifischen Gegebenheiten in der Schweiz mit einem Demonstrator gezeigt wurde. Die Vorführung anlässlich einer Sitzung der Begleitkommission unter Nutzung modernster Kommunikationstechniken war sehr anschaulich und hat grossen Anklang gefunden.</p>
Umsetzung:	<p>Da ein Alleingang der Schweiz im angesprochenen Thema nicht sinnvoll ist, hat eine aktive Beteiligung von Schweizer Vertretern an der Erarbeitung einer europäischen Lösung unter anderem im Rahmen des TISA-Forums, des Projekts EASYWAY und der europäischen Normierungsgremien höchste Priorität. Ideal wäre, wenn sich dieses Engagement aus dem Projekt VM-CH des ASTRA ergeben könnte, da hier bezüglich Verkehrsmanagements die umfassendsten Aktivitäten zu verzeichnen und die meisten Mittel verfügbar sind. Dabei darf aber nicht vergessen gehen, dass zu dem Zeitpunkt, an welchem eine europäische Lösung zur Verfügung steht, das Verkehrsmanagement in der Schweiz vorbereitet sein</p>
<p>ARAMIS SBT: 20100910VIVMFormular3.doc Seite 2 / 3</p>	

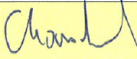
 <p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p>	<p>Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA</p>
---	--

weitergehender Forschungsbedarf:	muss, um diese zu implementieren. Vor allem im Bereich der Verkehrsdatenerfassung und Aufbereitung der Verkehrslage sind dafür noch wesentliche Verbesserungen erforderlich.
Einfluss auf Normenwerk:	Eine eigenständige Schweizer Normierung im angesprochenen Bereich ist wenig sinnvoll. Umso mehr sollte sich die Schweiz an der Erarbeitung europäischer Normen beteiligen und diese ins Schweizer Normenwerk übernehmen.

Präsident Begleitkommission:

Name:	Marschal	Vorname:	Claude
Amt, Firma, Institut:	Rosenthaler + Partner AG		
Strasse, Nr.:	Feldrebenweg 16		
PLZ:	4132	Email:	cm@rpag.ch
Ort:	Muttenz	Telefon:	061 467 97 00
Kanton, Land:	BL	Fax:	061 467 97 05

Unterschrift Präsident Begleitkommission:



ARAMIS SBT: 20100910VIVMFormular3.doc Seite 3 / 3

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten <i>Appréciation et critères d'acceptation des risques dus aux actions extraordinaires pour les ouvrages d'art</i> <i>Assessment of residual risks and acceptance criteria for accidental loading for infrastructural facilities</i>	2009
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung <i>Bases d'une méthode pour une appréciation comparative des risques</i> <i>Methodological basis for comparative risk assessment</i>	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen <i>Efficacité et efficience des interventions</i> <i>Effectiveness and efficiency of interventions</i>	2009
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten <i>Sécurité structurale des ouvrages d'art existants</i> <i>Structural safety of existing highway structures</i>	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten <i>Efficacité et efficience des interventions sur les ouvrages d'art</i> <i>Effectiveness and efficiency of interventions on highway structures</i>	2009

626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten <i>Sécurité sur les chantiers d'ouvrages d'art</i> <i>Safety on constructions sites off highway structures</i>	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers <i>Bemessung und Nachweis der Fahrbahnplatten von Strassenbrücken</i> <i>Design and verification of bridge deck slabs for highway bridges</i>	2009
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar <i>Georadar zur Auffindung von Chloriden</i> <i>Detection of chlorides using ground penetrating radar</i>	2009
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagschichten <i>Components durables des couches bitumineux</i> <i>Durable components in bituminous layers</i>	2009
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz <i>Bases pour eCall en Suisse</i> <i>Technical and organisational basis for eCall in Switzerland</i>	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen <i>Bases de dimensionnement pour le renforcement par géosynthétiques</i> <i>Design of reinforcement with geosynthetics</i>	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion: Résultats et analyse de l'enquête en Suisse <i>Stau auf Strassen: Resultate und Analysen von Untersuchungen in der Schweiz</i> <i>Acceptance of road pricing: results and analysis of surveys carried out in Switzerland</i>	2009

1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spur- bildungstests <i>Amélioration des informations fournies par l'essai d'orniérage LCPC</i> <i>Improving information on materials behaviour obtained from the LCPC wheel tracking test</i>	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert <i>Influences et interactions de l'état de surface et de la portance sur la valeur intrinsèque et la valeur d'usage</i> <i>Influences and interactions of the surface quality and the bearing capacity on the intrinsic value and the user value</i>	2009
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen <i>Exigences à l'équipement routier pour l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence</i> <i>Requirements for road side equipment by hard shoulder usage</i>	2009
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen <i>Facteurs d'influence sur la résistance au feu de structures en béton</i> <i>Influences on the fire resistance of concrete struc- tures</i>	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtun- gen (VE) <i>Trafic net des installations générant un trafic im- portant (IGT)</i> <i>Net traffic induction of installations producing high traffic volumes (VE)</i>	2009

1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation <i>Retention der Schadstoffe des Strassenabwassers durch das "über die Schulter Versickerungs-System". In situ Verifikation und Optimierung</i> <i>Road runoff pollutant retention by infiltration through the Roadside Slopes. In Situ verification and optimization</i>	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols <i>Vorfabrizierte, vertikale, thermische Entwässerungsleitungen für die in-situ Konsolidierung von Böden</i> <i>Prefabricated thermal vertical drains for in-situ consolidation of soils</i>	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit <i>Nouvelles méthodes pour reconnaître et faire respecter la vitesse maximale autorisée</i> <i>New methods to identify and enforce the authorized speed limit</i>	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung <i>Exigences de qualité posées au traitement vidéo numérique pour la surveillance du trafic routier</i> <i>Quality requirements for digital video-analysis in traffic surveillance</i>	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen <i>L'influence de l'aménagement de l'espace de la route sur le trafic</i> <i>La résistance de passage du trafic comme instrument de travail pour la conception urbaine de zone routière</i>	2009

1258	VSS 2005/802	Kaphaltstellen Anforderungen und Auswirkungen <i>Arrêt en cap - exigences et effets</i> <i>Cape stops - requirements and impacts</i>	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der messdaten des Lötschberg-Basistunnels <i>Test de la méthode "Prédiction indirecte de zones de venue d'eau au moyen de données thermi- ques" à l'aide des données du tunnel de base du Lötschberg</i> <i>Test of the method "indirect prediction ahead of water bearing zones with temperatures data" with the measured data from the Lötschberg- Basisitunnel</i>	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossver- suchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimu- lation auf Strassenbelägen <i>Etude de pilote pour l'évaluation d'une machine mobile à vrai grandeur qui permet de simuler le trafic sur les routes dans une manière accélérée</i> <i>Pilot-study for the evaluation of a mobile full-scale accelerated pavement testing equipment</i>	2009
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche <i>Caractéristiques de bruit de couches de roulement en comparaison avec des couches d'asphalte coulé (Gussasphalt) avec surface construite</i> <i>Comparison of noise characteristics of wearing courses with mastic asphalt (Gussasphalt) with designed surface</i>	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidfindung in der Verkehrsplanung <i>Politique de transport: la prise de décision dans la planification des transports</i> <i>Transport-potry decision-talking in transport plan- ning</i>	2009

1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung) <i>Relation entre les propriétés diélectriques des revêtements routiers et leur condition</i> <i>A relationship between the dielectric properties of asphalt pavements and the present condition of the road</i>	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik <i>Utilisation des standards d'échange de données basés modélisation pour la télématique des transports routiers à l'exemple des données de trafic</i> <i>Use of modal driven data transfer standards in the road transport telematic exemplified by traffic data</i>	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriedspartikeln des Strassenverkehrs (APART) <i>PM10 emission factors of abrasion particles from road traffic</i> <i>Facteurs d'émission des particules d'abrasion dues au trafic routiers</i>	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen <i>Evaluation of road restraint systems in central reserves of motorways</i> <i>évaluation de dispositifs de retenue de véhicule sur le terre-plein central des autoroutes</i>	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung <i>Interaction route - stabilité des versants: Monitoring et calcul à rebours</i> <i>Road-landslide interactions: Monitoring and inverse stability analysis</i>	2009
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen <i>Entretien des écrans antibruit</i> <i>Maintenance of noise reducing devices</i>	2009

1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung <i>Applications des modèles simulations dans le domaine de planification en transport marchandises</i> <i>Application of simulation tools in freight traffic and transport planning</i>	2009
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology <i>Méthodologie pour l'estimation de matrices origine-destination dynamiques en réseau urbain</i> <i>Methode zur Ermittlung dynamischer Quell-Ziel-Matrizen für städtische Netzwerke</i>	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht <i>Influence des systemes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel d'ingénierie de la circulation</i> <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on driver behaviour and road safety</i> <i>Report part of traffic engineering</i>	2009
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel <i>Capacité des giratoires à deux voies de circulation</i> <i>Capacity of two-lane roundabouts</i>	2009
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen <i>Mesures in-situ des propriétés acoustiques des écrans anti-bruit</i> <i>In-situ measurement of the acoustical properties of noise barriers</i>	2009
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren <i>Procédure analytique d'estimation de la capacité et du niveau de service de carrefours sans feux</i>	2009

		<i>complexes</i> <i>Analytic procedure to estimate capacity and level of service at complex uncontrolled intersections</i>	
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos <i>Estimation du risque pour le réseau</i> <i>Estimation of the network risk</i>	2010
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten <i>Appréciation des risques pour les ouvrages d'art</i> <i>Risk assessment for highway structures</i>	2010
945	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat <i>Bases pour l'utilisation du béton de recyclage en granulats de béton</i> <i>Fundamentals for the use of recycled concrete comprised of concrete material</i>	2010
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen <i>Aménagement des feux de signalisation pour les personnes a mobilité réduite ou âgées</i> <i>Traffic control systems - Handicapped and older people at signalized intersections</i>	2010
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie <i>Niveaux de service multimodales de la circulation routière - études préliminaires</i> <i>Multimodal level of service of road traffic - preliminary study</i>	2010
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen <i>Coûts supplémentaires engendrés par l'exécution anticipée ou retardée des mesures d'entretien</i> <i>Additional costs caused by bringing forward or delaying of standard interventions for road maintenance</i>	2010