



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**

# **Verkehrsprognosen mit Online-Daten**

## **Pronostics de trafic avec des données en temps réel**

## **Traffic forecast with real-time data**

**B+S AG**  
**Julien Bauer**  
**Walter Schaufelberger**  
**Remo Schwarz**  
**Eva Bechstein**  
**Bernhard Alt**

**Amstein+Walthert Progress AG**  
**Stephen Lingwood**  
**Dominique Morel**  
**David Stokar**

**Forschungsauftrag VSS 2007/905 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute**

**Dezember 2011**

**1363**

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**

# **Verkehrsprognosen mit Online-Daten**

## **Pronostics de trafic avec des données en temps réel**

### **Traffic forecast with real-time data**

**B+S AG**  
**Julien Bauer**  
**Walter Schaufelberger**  
**Remo Schwarz**  
**Eva Bechstein**  
**Bernhard Alt**

**Amstein+Walthert Progress AG**  
**Dominique Morel**  
**David Stokar**

**Forschungsauftrag VSS 2007/905 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute**

## Impressum

### Forschungsstelle und Projektteam

#### Projektleitung

Julien Bauer, B+S AG

#### Mitglieder

Walter Schaufelberger, B+S AG

Bernhard Alt, B+S AG

Eva Bechstein, B+S AG

Remo Schwarz, B+S AG

Dominique Morel, A+W AG

David Stokar, A+W AG

### Federführende Fachkommission

Fachkommission 9: Strassenverkehrstelematik

### Begleitkommission

#### Präsident

Claude Marschal, Rosenthaler & Partner AG

#### Mitglieder

André Arrigoni, AWK Group

Georg Auf der Maur, SRG

Mark Bögli, Viasuisse AG

Hans-Uli Gamper, Trapeze ITS Switzerland GmbH

Patrick Maillard, RGR SA

Franz Mühletaler, PTV SWISS AG

Gerhard Petersen, ASTRA

Peter Matthias Rapp, Carte Blanche Conseil

Alexander Unseld, B+S AG

Daniel Waldvogel, BLS AG

Marc Wijnhoff, ASTRA

### Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

### Bezugsquelle

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

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>8</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Problemstellung</b> .....	<b>11</b>
1.1	Notwendigkeit und Hintergrund .....	11
1.2	Zielsetzung .....	11
1.3	Zweck .....	12
<b>2</b>	<b>Abgrenzung der Arbeit zu bestehenden Forschungen</b> .....	<b>13</b>
2.1	Stand der Forschung .....	13
2.1.1	Qualität und Zuverlässigkeit heutiger Kurzfristprognosen .....	13
2.1.2	Verwendung und Potenzial von Online-Daten .....	14
2.1.3	Datenfusion .....	15
2.1.4	Kurzfristprognose und Online-Daten in der Schweiz .....	18
2.2	Fokus der vorliegenden Arbeit .....	18
<b>3</b>	<b>Verwendung von Online-Daten/Verkehrsprognosen und erwarteter Nutzen</b> .....	<b>20</b>
3.1	Nutzen für Verkehrsteilnehmer .....	20
3.2	Nutzen im Rahmen des Verkehrsmanagements: Verkehrsnetzbetreiber .....	21
3.3	Nutzen für Dienstleister .....	24
3.4	Nutzen für Dritte .....	25
3.5	Fazit: Betreiber- und Kooperationsmodelle .....	26
<b>4</b>	<b>Verkehrsprognosen mit Online-Daten</b> .....	<b>27</b>
4.1	Grundlagen .....	28
4.1.1	Nicht funktionale Daten-Anforderungen .....	28
4.1.2	SIPOC/COPIS .....	31
4.2	Customers .....	33
4.2.1	Anforderungen an Verkehrslageermittlung und Kurzfristprognose .....	33
4.2.2	Endkunden des Systems Verkehrsmanagement .....	34
4.3	Outputs .....	35
4.4	Prozessschritt Verkehrsmanagement .....	36
4.4.1	Bedarf an Variablen zur Beschreibung der Verkehrslage .....	36
4.4.2	Anforderungen an die Variablen zur Beschreibung der Verkehrslage .....	36
4.4.3	Auswahl geeigneter Verkehrsmodelle .....	37
4.5	Inputs .....	38
4.5.1	Ausstattungsdaten .....	38
4.5.2	Lösungsansatz: Einbinden individueller Fahrtwünsche .....	40
4.5.3	Intelligentes Datenmanagement .....	41
4.6	Suppliers .....	41
<b>5</b>	<b>Verwertbarkeit von Online-Daten</b> .....	<b>43</b>
5.1	Vorhandene Erfassungssysteme .....	43
5.2	Vorgehen: Interpretationshilfe zur verwendeten Darstellung .....	44
5.2.1	Aufbau der „Tab. 7 Analyse der Eignung von Erfassungssystemen als Input für Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung“ .....	45
5.2.2	Aufbau des 2 x 2 Quadranten .....	45
5.3	Analyse der Ist-Situation .....	46
5.3.1	Generell .....	50
5.3.2	Analyse aktive FCD .....	50
5.3.3	Analyse FPD .....	54
5.3.4	Analyse Fernerkundung anhand von Luftbilder, F-SAR & SAR .....	58
5.3.5	Analyse LSVA-System Schweiz .....	62
5.3.6	Analyse RBL ÖV .....	65
5.3.7	Analyse Baustellen-Management System (BMS) .....	68
5.4	Trendanalyse: Qualität der Datenquellen für die Verkehrslageberechnung bzw. Prognoseberechnung .....	70
<b>6</b>	<b>Praktische Umsetzung</b> .....	<b>74</b>
6.1	SWOT-Analyse des Dreieckmodells zwischen VM, Dienstleistern und	

	Verkehrsteilnehmern.....	74
6.2	Rechtlicher Rahmen .....	75
<b>7</b>	<b>Fazit und Empfehlung .....</b>	<b>77</b>
7.1	Zielerreichung und Ergebnisse .....	77
7.2	Offene Punkte .....	77
7.3	Empfehlung .....	77
	<b>Anhänge.....</b>	<b>80</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>94</b>
	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>97</b>
	<b>Projektabschluss .....</b>	<b>99</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen .....</b>	<b>102</b>

## Zusammenfassung

Eine frühzeitig verfügbare und möglichst vorausschauende, zuverlässige Entscheidungsgrundlage für den Strassenbetreiber, und daraus resultierende Informationen für die Verkehrsteilnehmer sind eine wichtige Grundlage für eine optimale Bewirtschaftung des Strassennetzes. Kurzfristprognosen basieren grundsätzlich auf aktuellen Verkehrsgrößen (Online-Daten), die aufgrund bekannter Gesetzmässigkeiten (Ganglinien), und optimalerweise auch mit Hilfe zukunftsgerichteter individueller Online-Daten wie Quelle-Ziel-Beziehungen bzw. geplanter Routen, aus der Vergangenheit in die nahe Zukunft hochgerechnet werden. Unter welchen Bedingungen sind die Verkehrsteilnehmer jedoch bereit, ihre Standorte und geplanten Reiserouten in Echtzeit dem Verkehrsmanagement zur Verfügung zu stellen? Die Verkehrsteilnehmer suchen nach schnellen und zuverlässigen Verbindungen, die Verkehrsnetzbetreiber wollen die Infrastruktur effizient einsetzen und die Anbieter von Navigationsdiensten einen Zusatznutzen für die Verkehrsteilnehmer generieren. Diese Ziele lassen sich am effektivsten in Kooperation der drei Beteiligten verwirklichen (Dreieckmodell; Kap. 3). Die Verkehrsteilnehmer stellen in Echtzeit über ihr Navigationssystem mit GPS (Geo Positioning System) und Mobilfunk ausgestattet, den Dienst Anbietern ihre Daten zum aktuellen, lokalen Verkehrsfluss (Floating Car Data; FCD) zur Verfügung. Ergänzt wird diese Information durch die geplanten Ziele bzw. Routen. Die Dienst Anbieter geben diese Online-Daten anonymisiert an die Verkehrsnetzbetreiber bzw. das Verkehrsmanagement weiter. Dieses aktualisiert mit Hilfe der Online-Daten aus stationären Quellen wie Querschnittszählern, Geschwindigkeitsmessungen, usw. und bewegten Quellen wie FCD ein echtzeitfähiges und dynamisches Verkehrsmodell. Das Verkehrsmodell bildet den aktuellen Verkehr schweizweit flächendeckend ab. Bei ausreichender Qualität und Quantität der Eingangsdaten kann zusätzlich zur aktuellen Verkehrslage auch eine Verkehrsprognose geschätzt werden. Bei vorausgesagten oder eingetretenen Engpässen kann das Verkehrsmanagement gezielte Massnahmen ergreifen, um die Verkehrsengpässe zu minimieren. Die Massnahmen bestehen aus dem direkten Lenken der Verkehrsteilnehmer auf zeitsparende Ausweichrouten. Das Lenken erfolgt mittels Routenvorschlägen, die den Verkehrsteilnehmern entweder über geeignete Signalisierung, oder wiederum über die Dienst Anbieter via Navigationsgeräte zur Verfügung gestellt werden.

Ausgehend von den Anforderungen von Verkehrsmanagement, Verkehrsteilnehmern und Dienst Anbietern an eine Kurzfristprognose wird die Auswahl an geeigneten Verkehrsmodellen mit Prognosefunktion für die jeweiligen Einsatzgebiete eingegrenzt (Kap. 4). Es zeigt sich, dass für netzweite Anwendungen Verkehrsmodelle mit dynamischer Umlegung und Lernfähigkeit zielführend sind. Im Detail gibt Kapitel 5 eine Auslegeordnung von Online-Daten hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit für die Verkehrslage- und Prognoseberechnung wieder. Die Bewertungskriterien basieren auf der Norm ISO/TR 21707. Aus technischer Sicht sind als Input-Daten eine Kombination von FCD, stationären Online-Zählern und Ereignismeldungen besonders vielversprechend. Das grösste Potenzial, als Eingangsdaten für eine verbesserte Berechnung der Verkehrslage und -prognose zu dienen, wird in FCD und in auf GPS-Ortung basierten Floating Phone Data gesehen.

Eine wesentliche Erkenntnis der Forschungsarbeit ist, dass die heutigen Möglichkeiten, eine verbesserte Datengrundlage für die Verkehrslageberechnung und -prognose zu erhalten, innerhalb des Verkehrsmanagements noch nicht voll ausgeschöpft sind. Mit dem Vorschlag einer neuen Praxis in Form des Dreieckmodells, wird ein Markt für Online-Daten angeregt. Vor einer schweizweiten Umsetzung des Dreieckmodells sollten zunächst die Interessenskonflikte der Beteiligten reduziert und die Arbeitsprozesse des Verkehrsmanagements und der Dienst Anbieter innerhalb von Pilotprojekten aneinander angeglichen werden. Das Definieren und Einhalten von Datenschutzrichtlinien ist für eine erfolgreiche Umsetzung entscheidend. Es wird vorgeschlagen, in Anlehnung an die Datenüberlassungsverträge aus deutscher Praxis einen eigenen Entwurf zu entwickeln. Die Norm ISO/TR 21707 bildet eine gute Basis für die Prüfung wichtiger Zielsetzungen innerhalb der Datenqualität. Eine Verwendung dieser als Grundlage für weitere Normierungen sollte näher geprüft werden.

## Résumé

Des informations prévisionnelles fiables, accessibles en temps réel et facilitant la prise de décision sont pour les gestionnaires du trafic une base fondamentale pour une gestion optimale du réseau routier et une communication ciblée. Les prévisions à court terme se basent sur des données de trafic actuelles (données "online" ou "en temps réel"), qui, extrapolées à l'aide des courbes de variations (données historiques) calculent les charges de trafic prévisionnelles à court terme. Ces informations pourraient être complétées avantageusement par des informations prévisionnelles contenues dans les itinéraires individuels des systèmes de navigation et dans lesquels les origines/destinations des transports sont connus.

Sous quelles conditions et pour quels intérêts, les usagers de la route sont-ils prêts à fournir aux gestionnaires du trafic, les informations en temps réel en rapport avec leurs emplacements et leurs voyages? Les usagers de la route recherchent des trajets rapides et fiables, les gestionnaires du réseau et du trafic routier veulent optimiser l'utilisation de leurs infrastructures et les fournisseurs de services de navigation souhaitent offrir de la valeur ajoutée à leurs clients (les usagers de la route). Ces objectifs peuvent être atteints en combinant les activités des trois partenaires ("Modèle du triangle", Chap.3): Les usagers de la route communiquent aux fournisseurs de services via leur système de navigation GPS (Geo Positioning System) et/ou équipement de téléphonie mobile leur position et les conditions locales du trafic (Floating Car Data, FCD) en temps réel. Ces informations sont complétées par les données relatives à la destination finale et les itinéraires qui seront empruntés. Les fournisseurs transmettent ensuite ces données anonymisées en temps réel aux exploitants des réseaux routiers, resp. aux centrales de gestion du trafic. Ces organisations actualisent les prévisions du trafic en temps réel, en s'appuyant d'une part sur les informations de source mobiles (FCD) et d'autre part, sur des informations fournies en temps réel par des compteurs fixes (boucles de comptage, mesure de vitesse, etc.). Le modèle calcule ensuite l'évolution du trafic sur tout le réseau (Suisse). Si la qualité des données le permet, des données prévisionnelles peuvent être calculées. En cas de perturbations, le gestionnaire du trafic prend des mesures permettant de limiter leurs effets négatifs, à savoir: par guidage des usagers sur des itinéraires alternatifs plus favorables, soit par une signalisation appropriée et/ou par les systèmes de navigation (en collaboration avec les fournisseurs de services)

En considérant les diverses zones d'application, la palette des modèles de trafic prévisionnels à court terme et conforme aux exigences des trois partenaires (usagers, gestionnaires des routes et fournisseurs de services) est limitée (Chap. 4). Pour des applications étendues à un réseau, les modèles avec transfert de données dynamiques et capacité d'apprentissage semblent être les plus adaptés. Le Chapitre 5 présente en détail un état actuel des données en temps réel en vue de leur utilisation dans ces modèles. Les critères d'évaluation se fondent sur la norme ISO/TR 21707. D'un point de vue technique, la combinaison des données de type FCD avec celles des compteurs stationnaires en ligne et des annonces de perturbations, présente le plus grand potentiel. Les modèles les plus prometteurs permettant une estimation de la situation du trafic de qualité (actuelle et prévisionnelle) sont le FPD avec GPS incorporé et le FCD.

Un constat important de ce travail de recherche réside dans le fait que les modèles de trafic prévisionnels et en temps réel ne sont pas encore suffisamment exploités au sein de la gestion du trafic. Une collaboration entre les différents partenaires devrait stimuler le marché des données en ligne. La concrétisation de ce modèle au niveau suisse n'est envisageable que si les conflits d'intérêts actuels entre les différents intéressés soient réduits et que les processus métiers entre VM et les prestataires de services soient harmonisés, p.ex., dans le cadre de projets pilotes. Les aspects liés à la protection des données et le respect des directives en vigueur sont également décisifs dans ce projet. Nous suggérons de développer un projet de contrat de transfert de données conforme au droit Suisse et sur la base de travaux existants en Allemagne. La norme ISO/TR 21707 peut servir de base pour la vérification des points importants concernant la qualité des données. L'utilisation de celle-ci à des fins normatives doit être analysée plus avant.



## Summary

Information for the road users based on precocious, anticipatory and reliable data provided by a traffic control centre is the essential base for an optimal management of road networks. The methods for short term traffic forecasting are always based on real time traffic data (online data) and its projection to the near future using known regularities from past experiences (variation curves) and in an optimal way individual “future directed” data in addition. These “future directed” data are origin-destination-information resp. planned routes.

Under what conditions are road users willing to provide their origin-destination-information resp. planned routes to the traffic management in real time? Road users want fast and reliable routes, road operators aim to reach an efficient use of their road infrastructure and navigation providers like to generate an additional value for road users. These goals are most likely seen to be achieved within a cooperation of the three stakeholders (business model, chapter 3). Road users provide online data of the real time traffic flow (Floating Car Data; FCD) via their GPS- (Geo Positioning System) navigation system and mobile telephone system to the service provider. The planned destinations resp. routes are additionally added to this information. The service providers transfer these data anonymously to the road operators in charge resp. the traffic management. Within there, the real time and dynamic traffic model is updated by using the online data from stationary sources (such as inductive loops, speed measuring etc.) and section-related traffic data (FCD). The traffic model projects an area wide view of the traffic situation. In case of adequate quality and quantity of input data, there is also the opportunity to include a traffic forecast after the estimation of the traffic state. The traffic management can minimise forecasted or current traffic bottlenecks by implementing specific measures. The measures involve directly routing of the road users to time saving back-up routes. The routing is done via appropriated signalisation or via navigation devices (service providers).

Useful short-term-forecasting methods are selected based on the requirements of the traffic management, the users and the service providers and the specific application area (chapter 4). It is seen that models including dynamic traffic assignment and self-learning (ability) are most effective for area-wide applications. Chapter 5 provides an overview of all online data including their applicability as input data for traffic state estimation and traffic forecasting. The assessment of the data quality is based on the norm ISO/TR 21707. From a technical point of view, a combination of FCD, stationary traffic counters and incident messages is promising as input data. The biggest potential of input data is seen by using FPD with integrated GPS and FCD.

An essential result of this research is the fact that today’s potential of an improved database within the traffic management and its applications of traffic state estimation and traffic forecasting is not fully exploited yet. The proposal of implementing a business model is supposed to encourage cooperativeness while open a market for exchanging online-data. The conflicting interests of the three stakeholders should be reduced prior to Swiss wide realisation. The operating processes of road operators and navigation providers are supposed to be reconciled by conducting pilot projects. It is crucial for a successful realisation to define, implement and observe privacy policies. It is proposed that the German “model contracts” on data-release should serve as a first structure to evolve an own approach. The norm ISO/TR 21707 is a considerable approach for verifying levels of data quality. Its use as a basis for normalisation is open to be proofed.



# 1 Problemstellung

## 1.1 Notwendigkeit und Hintergrund

Eine frühzeitige und möglichst vorausschauende, zuverlässige Entscheidungsgrundlage für den Strassenbetreiber (Übersicht über die aktuelle und in naher Zukunft erwartete Verkehrslage), und daraus resultierend Informationen für die Verkehrsteilnehmer sind eine wichtige Grundlage für eine optimale Bewirtschaftung des Strassennetzes. Die Prognosequalität heute eingesetzter Modelle ist oft noch nicht zuverlässig genug, um sie aus Sicht des Strassennetzbetreibers für eine zeitnahe Entscheidung über Verkehrsmanagementmassnahmen einzusetzen bzw. sie im Interesse des Verkehrsteilnehmers für eine verbesserte Verkehrsinformation bzw. individuelle Navigation zu verwenden.

Die heute eingesetzten Kurzfristprognosen basieren grundsätzlich auf aktuellen Verkehrsgrössen (Online-Daten), die aufgrund bekannter Gesetzmässigkeiten aus der Vergangenheit in die nahe Zukunft hochgerechnet werden (siehe dazu Kapitel 2.1.1). Die Fragestellung dieser Arbeit beruht auf dem Ansatz, dass ein erweiterter Datensatz an verwendeten Online-Daten (Verkehrsdaten in Echtzeit) eine qualitativ hochwertigere Kurzfristprognose bewirken kann. Vor dem Hintergrund, dass jeder Verkehrsteilnehmer in der Regel beim Start seiner Fahrt auch sein Ziel kennt, ist beim Antritt seiner Fahrt somit eine „echte“ Prognose („Zukunftswissen“) vorhanden. Könnte man nun eine grosse Summe der individuellen Quell-Ziel-Beziehungen unmittelbar bei Start der Fahrt erfassen, hätte man als Grundlage für die Prognose echte, in die Zukunft gehende Daten. Dieser Ansatz für eine Verbesserung von Zukunftsprognosen ist bisher nicht untersucht worden.

Darüber hinaus liegen nur unvollständig Informationen über die Existenz, die Qualität und die Verfügbarkeit von der gesamten Breite an Online-Daten über den Strassenverkehr vor (insbesondere im Betrachtungsraum Schweiz). Der heutige Wissensstand ist deswegen um neue Erkenntnisse zu ergänzen. Die vorliegende Untersuchung fokussiert auf die Eignung verfügbarer Online-Daten als Eingangsgrössen für eine verbesserte Kurzfristprognose.

Grundlage dieser Arbeit ist somit die Annahme, dass die Verfügbarkeit von zusätzlichen Online-Daten die Genauigkeit von Kurzfristprognosen verbessert. Bei diesen zusätzlichen Daten handelt es sich in erster Linie um zum Zeitpunkt der Erfassung bereits bekannter Quell-Ziel-Beziehungen bzw. konkret geplanter Fahrrouten. Ausgehend von dieser Hypothese, ist die Zielstellung abgeleitet, die im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, eine optimierte Leistung für das Verkehrsnetz zu bewirken, indem die Aufgaben des Verkehrsmanagements „Lenken, Leiten, Steuern und Informieren“ durch eine qualitativ höhere Datenlage besser ausgeführt werden können. Im Detail sollen folgende Ziele erfüllt werden:

- Definition von Online-Daten, insbesondere zukunftsgerichteter Daten, für eine Kurzfristprognose
- Dynamisierung von Quelle-Ziel-Beziehungen

### **Definition zukunftsgerichteter Daten für eine Kurzfristprognose**

Es gilt, sinnvolle Datenquellen aufzuzeigen und zu definieren, die sichere Erkenntnisse über individuell geplante Routen liefern. Darüber hinaus soll deren Verwendung im System des Verkehrsmanagements geklärt werden. Insbesondere der Kurzfristprognose wird als Anwendungsfeld grosses Gewicht beigemessen. Unter dieser Massgabe ergeben sich im Detail folgende Zielstellungen:

#### a) Thematik Output-Daten:

Definition von Outputdaten einer zukunftsgerichteten Online-Verkehrsprognose (für verschiedene Verwendungszwecke), die gegenüber den herkömmlichen Online-Prognoseverfahren für den Nutzer einen Mehrwert bzw. eine Qualitätsverbesserung darstellt. Als

Output aus diesem Ansatz sind in erster Linie die Fahrzeugmenge  $Q$  (Kfz/h), die Reisegeschwindigkeit auf einer Strecke und evtl. eine aktuelle Darstellung aller geplanten Routen denkbar.

b) **Thematik Online-Daten als Inputdaten:**

Auswahl an geeigneten Online-Daten für eine Kurzfristprognose der Verkehrslage mit paralleler Definition von Qualitätsvorgaben und Anforderungen an diese Eingangsdaten und deren Datenverarbeitung. Gleichzeitig sind die Online-Daten auf Verfügbarkeit (organisatorische und rechtliche Bedingungen) und Qualität zu überprüfen. Es soll eine Übersicht über aktuelle und zukünftig denkbare Online-Daten als Inputgrößen für die Online-Verkehrsprognose erstellt werden.

### **Dynamisierung von Quelle-Ziel-Beziehungen**

Die Berechnung einer Kurzfristprognose generell von historischen Daten zu lösen und zukünftig eine Prognose auf einer alleinigen Basis von Online-Daten aufzubauen, wird vom heutigen Wissensstand aus nicht als realisierbar resp. sinnvoll angesehen. Zu diesem Zeitpunkt ist es deswegen zunächst notwendig, den Input von Online-Daten bei der Dynamisierung statisch bekannter Quelle-Ziel-Beziehungen höher zu gewichten. State-of-the-art Verkehrsnachfragemodelle können die Nachfrage in hoher zeitlicher Auflösung modellieren, sodass Nachfragematrizen zumindest auf Stundenbasis zur Verfügung stehen. Unter dieser Massgabe ergeben sich im Detail folgende Zielstellungen:

c) **Thematik Prognoseverfahren:**

Im Zuge der Einbindung von Online-Daten werden Prognoseverfahren auf ihre Eignung geprüft, Eingangsdaten aus verschiedenen Quellen (vorrangig zukunftsgerichtete Echtzeitdaten) zu einer aussagekräftigen Kurzfristprognose zu verarbeiten. Dazu werden Anforderungen an die Modelle definiert. Insgesamt sollen Methoden untersucht werden, welche aus einer Summe von individuellen Fahrtwünschen und den geplanten Routen (z.B. aus Eingaben in Navigationsgeräte) eine zuverlässige Kurzfristprognose ableiten. Der Fokus der Forschung liegt ausserdem auf einer sinnvollen Verarbeitung von Ereignissen, da die Routenwahl verbessert werden kann, wenn Kapazitätsreduktionen aufgrund planbarer Ereignisse innerhalb eines Prognosehorizontes (Baustellen, Veranstaltungen) und spontaner Ereignisse (Unfälle, aktuelle Verkehrsmeldungen etc.) im jeweiligen Beobachtungsintervall berücksichtigt werden.

d) **Problematik Technische Umsetzung:**

Basierend auf der Verarbeitung der Eingangsdaten für die gewünschte Kurzfristprognose, soll definiert werden, welche Massnahmen bei bestehenden Systemen ergänzt werden müssen, damit ein automatischer, elektronischer und gegen Unbefugte geschützter Datenaustausch möglich ist.

## **1.3 Zweck**

Zusammenfassend sollen die Resultate im Rahmen des Verkehrsmanagements national, regional und lokal verbesserte Kurzfristprognosen ermöglichen. Es soll der Anstoss gegeben werden zu allfällig notwendigen Anpassungen von Gesetzen und Verordnungen betreffend der Verfügbarkeit von Online-Daten bzw. Weiterverwendung von für ursprünglich andere Zwecke erfasste Daten sowie zu möglichen Finanzierungs- und Businessmodellen (win-win-Situation zwischen Datenlieferant und Datennutzer für die Online-Verkehrsprognose). Darauf aufbauend soll eine Grundlage geschaffen werden für eine Norm zu Qualitätsvorgaben und Anforderung an die Online-Daten. Die Systemhersteller/-lieferanten von Online-Daten und Kurzfristprognosen erhalten Informationen über verkehrlich-funktionale Anforderungen an Onlineprognoseverfahren, über die einzusetzende Technologie, über mögliche Einschränkungen in der Infrastruktur, aber auch über die Datenflüsse und Systemschnittstellen.

## 2 Abgrenzung der Arbeit zu bestehenden Forschungen

### 2.1 Stand der Forschung

Zu der Thematik Online-Daten und Verkehrsprognosen gibt es eine Fülle an Informationen, die im folgenden Abschnitt konzentrierend im Sinne der vorliegenden Arbeit vorgestellt werden. Die Analyse des Ist-Zustandes wird aus dem Blickwinkel des Verkehrsmanagements (va. Verkehrslageermittlung und Verkehrsprognose) erläutert:

- Qualität und Zuverlässigkeit heutiger Kurzfristprognosen
- Verwendung und Potenzial von Online-Daten als Eingangsdaten der Prognose
- Datenfusion

#### 2.1.1 Qualität und Zuverlässigkeit heutiger Kurzfristprognosen

##### Ablauf und Hintergrund

Bei Verkehrsprognosen für das Verkehrsmanagement handelt es sich in der Regel um Kurzfristprognosen, bei denen die aktuelle Verkehrslage unter Zuhilfenahme bekannter Entwicklungsmuster für die nahe Zukunft fortgeschrieben wird. Sinnvolle Prognosehorizonte sind 30 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden. Längere Prognosezeiträume sind im operativen Verkehrsmanagement kaum möglich, da das Verkehrsgeschehen in hohem Masse durch nicht vorhersehbare, spontane Ereignisse (z.B. Unfälle) beeinflusst wird. Bei einem längeren Prognosehorizont steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein nicht vorhersehbarer Störfall eintritt, welcher zu einer völlig anderen als der prognostizierten Verkehrslage führt. Im Detail wird vor allem versucht eine zuverlässige Prognose der zu erwartenden Reisezeit zu generieren, da die Reisezeit ein Hauptkriterium bei der individuellen Routenwahl ist. Für jeweilige Strecken wird somit der Reisezeitverlust oder -gewinn prognostiziert.

Für die Prognose von Reisezeiten auf bestimmten Streckenabschnitten werden heute vor allem modellunabhängige Methoden der Regression (Zeitreihenanalyse), Musterwiedererkennung und Kalman-Filtertechnik (alle beruhend auf logischen Verknüpfungen) sowie modellbasierte Verfahren der dynamischen Umlegung und Simulation (Verkehrsfluss- und Gleichgewichtsumlegung) angewendet [36]. Eine dynamische Modellierung arbeitet mit zeitabhängigen Grössen (aufgrund veränderter Umweltbedingungen) und wird auch als Simulation bezeichnet [54]. Langfristige und grossräumige Verkehrsprognosen werden bis heute fast ausschliesslich mit Umlegungsmodellen realisiert. Für zeitlich kurzfristige und räumlich kleinere Einheiten eignen sich Simulationsmodelle. Die modellunabhängigen Verfahren bieten keine zuverlässige netzweite Verkehrslageerfassung und Prognose. Dennoch können die Verfahren dieser Gruppe durchaus einen wertvollen Baustein zur Unterstützung zukünftiger modellbasierter Prognoseverfahren darstellen [61]. Ein detaillierter Überblick zu den Verfahren der Kurzfristprognose folgt im Zuge der definierten Anforderungen an eine Prognose im Rahmen der vorliegenden Forschung (siehe Kapitel 4).

Eine Kurzfristprognose benötigt (unabhängig von der Frage modellbasiert oder messwertbasiert) historische Referenzdaten und aktuelle Daten. Dieser Datenpool umfasst Musterganglinien querschnittsbezogener Grössen (Verkehrsstärke und lokale Geschwindigkeit) und/oder Daten der streckenbezogenen Grössen (Reisegeschwindigkeit, Reisezeit, Zeitverlust, Dichte, etc). Die aktuellen (online) Daten geben Aussage über die Verkehrssituation der Gegenwart, wobei zusätzlich eine Einbindung zukunftsgerichteter Daten angestrebt wird.

##### Qualität

Für die Beurteilung der Qualität eines Prognoseverfahrens vergleicht man das Modellierungsergebnis mit der Wirklichkeit. Eine einheitliche Aussage für alle Modelle ist schwierig zu treffen. Test-Untersuchungen wie diese vom DLR (siehe dazu im Detail Abschnitt

4.4) können aber helfen, einen generellen Eindruck zu bekommen.

## 2.1.2 Verwendung und Potenzial von Online-Daten

Zu der Verwendung von aktuell gemessenen Verkehrsdaten (Online-Daten) als Eingangsdaten für Verkehrsprognosen ist der Stand zusammenfassend wie folgt:

- Online-Daten werden zum einen zur Identifikation zeitlich-räumlicher Verkehrsmuster und somit zur Wiedererkennung historischer Verkehrslagen und zum anderen im Rahmen der dynamischen Umlegungsanpassung zur Korrektur der A priori-Matrizen verwendet. Eine Kurzfristprognose auf Basis Online-Zählstellen (stationäre Zählstellen) erfordert somit eine statistische Auswertung der Messwerte und eine Erzeugung charakteristischer Ganglinien. Diese stellen eine laufend aktualisierte Wissensbasis dar, mit der eine Fortschreibung (Propagierung) aktueller Messwerte für einen Zeitpunkt in der nahen Zukunft möglich ist.
- Die Verwendung von Floating Car Data (streckenbezogenen Online-Daten) wurde bereits in mehreren Projekten erfolgreich realisiert. Die Schätzung einer Gesamtverkehrslage wurde durch eine Fusion von lokalen und streckenbezogenen Verkehrsdaten erreicht (siehe dazu Abschnitt 2.1.3).
- Mit der ständig zunehmenden Erfassung von Verkehr, z.B. durch eine höhere Rate von FCD Fahrzeugen, neuen Sensoren bzw. Datenfusion, kann zukünftig eine netzbezogene Prognose über eine reine Zeitreihenanalyse möglich sein [4].
- Verkehrszentralen haben für städtische Netze und für Autobahnen generell umfassende Verkehrslageinformationen (z.B. flächenhafte oder dynamische Netzsperrungen). Dies schliesst auch Massnahmen der öffentlichen Hand zur temporären Ertüchtigung öffentlicher (Alternativ-)strecken, wie etwa besondere Signalprogramme, ein [30].
- Eine Berücksichtigung von Kapazitätsreduktionen aufgrund von planbaren Ereignissen (Tagesbaustellen und Veranstaltungen) gehören aber zum Umfang nur weniger eingesetzter Verkehrsmodelle.
- Zukunftsgerichtete Daten in Form von Quelle-Ziel- und Routen-Information werden innerhalb von Prognoseverfahren noch kaum verwendet.

### Qualität FCD-Systeme

Ein etwas neuerer Ansatz für die Verkehrsprognose (und aktuelle Verkehrslageerkennung) ist die Einbindung von Reisegeschwindigkeiten erfasst durch FCD-Systeme (Floating Car Data inkl. Floating Phone Data etc.). Diese fahrzeugseitige Datenerfassung übermittelt u.a. die aktuelle Position und Geschwindigkeit. Mit FCD-Systemen kann die Erfassung auf dem gesamten Strassennetz und somit nicht nur an ausgerüsteten Querschnitten erfolgen. Die Bilanz verschiedener Forschungsprojekte ist, dass FCD eine grundsätzlich stabil verfügbare sowie kostengünstige Methode darstellt, um bestehende konventionelle Erfassungsmethoden zu ergänzen. In mehreren Evaluationen der DLR (Institut für Verkehrsforschung) bestätigte sich die Eignung von FCD als Verkehrslagesensoren [9]. Im Rahmen einer weiteren Forschungsstudie des DLR wurde ein Algorithmus für die Kurzfristprognose entwickelt, der Reisezeiten basierend auf einer "partitionierende Clusteranalyse" schätzt. Als Datengrundlagen dienen Taxi-FCD und historisierte Daten. Es zeigt sich, dass eine alleinige Verwendung von FCD-Daten (noch) keine zuverlässige Basis für eine Verkehrsprognose zulässt. Zudem wurde in diesem Projekt eine neue Methode für die Glättung verrauschter Daten erarbeitet („local fit method based on polynomials“ mithilfe einer Singulärwertzerlegung). Testergebnisse zeigten eine hohe Effizienz des Algorithmus und eine vielversprechende Qualität der Prognose auf [53]. Zukünftige Forschungen in diesem Feld versprechen demnach weitere Qualitätsverbesserungen.

Folgende Städte/Regionen haben im Rahmen von Forschungsprojekten wertvolle Erfahrungen mit FCD gesammelt, die eine gute Stossrichtung vorgeben (die Auflistung stellt nur eine Auswahl dar):

- Schätzung der aktuellen und zukünftigen Reisezeit/Verkehrslage (Graz)
- Flächendeckende Verkehrslageerkennung (Düsseldorf)

- Entwicklung von zwei Methoden/Algorithmen für eine Kurzfristprognose mithilfe abschnittsbezogenen Geschwindigkeiten (Italien)
- VM-Zentralen die FCD als Datengrundlage integrieren: Berlin, Hamburg, Wien

#### **Potenzial: Mehrwert durch Einbezug zukunftsgerichteter Daten**

Eine Verkehrslageberechnung und Verkehrsprognose die mithilfe eines Verkehrsmodells durchgeführt wird, bringt nur dann einen Mehrwert, wenn die zwingend notwendigen Grundlagen(-daten) in der erforderlichen Qualität verfügbar sind. Der Einsatz eines Verkehrsmodells setzt ein aktuelles und korrekt attribuiertes digitales Netzmodell sowie aktuelle Quelle-/Zielmatrizen in möglichst hoher zeitlicher Auflösung (stundenfein für jeden Wochentag) voraus. In diesem Zusammenhang der Datengrundlage liegt die Annahme nah, dass die (zusätzliche) Einbindung von zukunftsgerichteten Daten (z.B. Quelle-Ziel-Information aus Navigationsgeräten und planbare Ereignisse) als Eingangsdaten für eine Prognose einen nennenswerten Mehrwert bringen kann. Inwieweit die Verwendung von mehreren unabhängigen Datenquellen problemlos angewendet werden kann, ist allerdings noch nicht vollständig geklärt. Diese Problematik der Datenfusion war auch Fokus einiger Forschungsvorhaben und Pilotprojekte, die zuverlässige Ergebnisse (vorrangig in der Thematik der Verkehrslageerkennung) vorweisen konnten.

### **2.1.3 Datenfusion**

#### **Notwendigkeit**

Für das Verkehrsmanagement ist ein die Wirklichkeit richtig wiedergebendes Verkehrslagebild unabdingbar. Oftmals reicht die Qualität von einzelnen Daten oder Diensten jedoch nur, um die Anforderungen partiell zu erfüllen. In diesem Falle bietet sich die Aggregation oder die Fusion heterogener Daten bzw. Diensten an. Dabei werden z.B. zwei oder mehr nur partiell genügende Datenquellen kombiniert (fusioniert), um gemeinsam die Anforderungen komplett zu erfüllen. Die Datenfusion realisiert somit einen Nutzen, welcher aus einzelnen partiell genügender heterogenen Daten bzw. Diensten sonst nicht möglich ist.

Ein Beispiel für eine solche Datenfusion sei hier kurz zur Verdeutlichung aufgezeigt. Für eine Strasseneinheit kann mittels FCD (Floating Car Data) nicht abschliessend festgestellt werden, ob diese von keinem Fahrzeug befahren wird oder ob der entsprechende Strassenabschnitt gesperrt ist. Deshalb braucht es zusätzlich zu den FCD Daten Informationen über Ereignisse z.B. Streckensperrungen aus einem Baustellenmanagement-tool (BMS). Die Kombination der partiell genügenden Daten des BMS sowie der FCD erhöht die Vollständigkeit. Eine Darstellung dieses Sachverhaltes findet sich in Abb. 1.

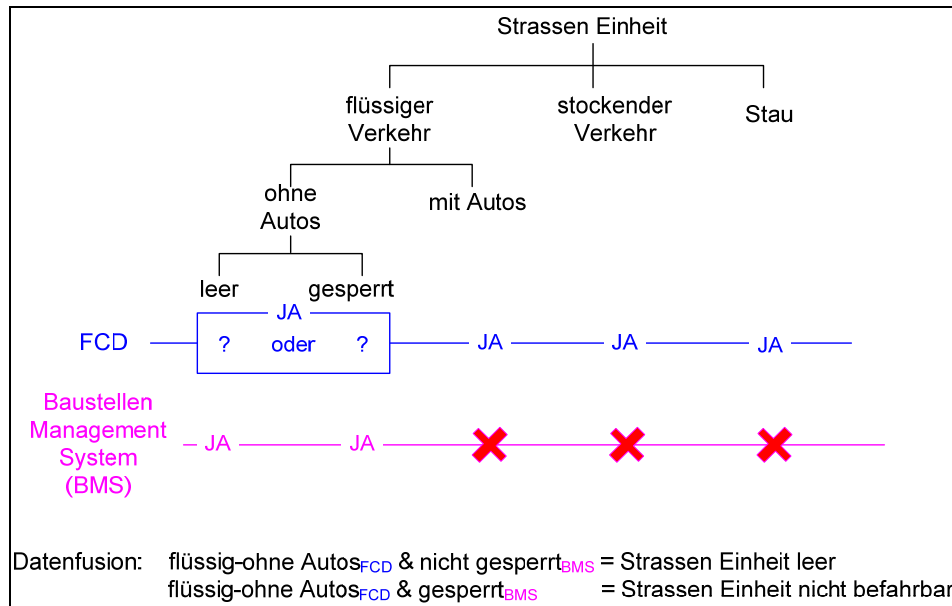


Abb. 1: Fusion von partiell genügenden FCD und BMS-Daten, um gemeinsam eine vollständigere Aussage über den Strassenzustand zu ermöglichen.

Im Zuge einer verbesserten Datengrundlage für die zuverlässige Bestimmung der aktuellen Verkehrslage und der Verkehrsprognose, ist eine Datenfusion (für Strecken, wo mehrere Datenquellen parallel zur Verfügung stehen) und Datenvervollständigung (für Bereiche, bei denen keinerlei Daten vorhanden sind) notwendig. Es wird vorausgesetzt, dass die Detektion, Assoziation, Kombination und Schätzung der Daten aus mehreren Sensoren automatisch erfolgt. Im Ergebnis erhöht sich die Durchdringung und Zusatzinformation wie Knotenströme und Rückstaulängen bilden eine qualitativ verbesserte Basis für Prognosen.

### Technische, gesellschaftliche und rechtliche Hürden

Im Prozess der Datenfusion sind folgende Problematiken zu bedenken:

- unterschiedliche Datenarten
- Daten werden in Vorkomplexen bereits verarbeitet (mit teilweise Interpretation)
- Qualität der Daten und Zuverlässigkeit der Bereitstellung
- Methoden der Datenlücken-Füllung
- Technische Zusammenführung der Daten (Kommunikationswege)
- Synchronisierung der Zeitbasis und unterschiedliche Zeitzyklen
- Notwendigkeit eines einheitlichen Netzmodells mit Georeferenzierungssystem
- rechtliche Probleme/Datenschutz
- finanzieller Aufwand wird als hoch eingeschätzt
- Notwendigkeit einer zentralen Instanz der Datenmodellierung, die die verschiedenen Datenquellen auf eine gemeinsame Basis legt.

### Verfahren

Einen guten Hintergrund zu der Funktionsweise einer Datenfusion gibt die FGSV [26]. Sie beschreibt ein Vorgehen nach Fusionsebenen. Insgesamt entspricht es einem Veredelungsprozess vom Stand der Rohdaten zu einer hochwertigen Information. Komplex ist insbesondere eine Zusammenführung von lokalen und streckenbezogenen Daten (FCD). Dabei werden drei Integrationsansätze von FCD forciert:

- Verkehrszustandsermittlung
- Reisezeitprognose
- Störfallanalyse

Bei der Verkehrszustandsermittlung erfolgt die Integration über den Parameter Geschwindigkeit, wobei eine Gewichtung der FCD in Abhängigkeit des Konfidenzniveaus



(siehe Abschnitt 4.5.1) stattfindet. In Bezug auf die Prognose der Reisegeschwindigkeit ergeben sich Vorteile durch die Integration von FCD, da dieser Parameter direkt durch die sich bewegende Fahrzeuge erhoben wird und nur der Mittelwert der Geschwindigkeiten abgeschätzt wird. Der gesamte Prozess der Datenfusion lässt sich nach dem FGSV-Bericht [26] in vier Ebenen aufteilen:

- Fusionsebene 1: Fehlerkorrektur in einzelnen Quellen (Glättung, Ersatzwerte etc.), Daten haben einen jeweils voneinander unabhängigen Informationsgehalt
- Fusionsebene 2: Nutzung/Verbindung verschiedener Quellen zur weiteren Erhöhung der Datenqualität, Berechnung neuer Kenngrößen, Schliessen von Informationslücken in Raum und Zeit durch Rekonstruktion und Ableiten neuer Informationen (rekonstruierte Verkehrszustände, erkannte Störungen etc.). In dieser Ebene findet die eigentliche Datenfusion statt.
- Fusionsebene 3: Netzbezogene Daten- und Informationsaufbereitung (Anpassung der Verkehrsmodelle an die aktuelle Verkehrslage)
- Fusionsebene 4: Informationsgewinnung zum Zustand des intermodalen Gesamtnetzes

Mögliche Verfahren und Methoden zur Anpassung der Verkehrsmodelle an die aktuelle Verkehrslage (Ebene 3) werden hier kurz vorgestellt. Die eingesetzten Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Eingangsdaten, der Berechnungsalgorithmen und der Ergebnisdaten. Die eingehenden Daten sollen unter der Annahme eines Verkehrsablaufmodells verarbeitet werden, welches sich auf Routen im Netz oder zumindest auf Abbiegebeziehungen an Knoten stützt [27]. Ein Teil der derzeit verwendeten Verfahren werden am Beispiel ausgewählter Projekte vorgestellt.

- Regression:
  - gewichtete Regression von Daten aus Taxi-FCD und stationären Detektoren in Graz [16]
  - Zeitreihenanalyse namens „TRANSFUSION“ als ein Spezialfall der Regression im Einsatz bei dem Forschungsprojekt NIV, Fusion von den Ergebnissen der Applikationen zur Ermittlung der Verkehrslage und -prognose (ASDA/FOTO, VISSIM online etc.); Eingangsdaten: XFCD und stationäre Daten; München: Fusion der Verfahren wobei deren spezifische Eigenschaften gleich bleiben, Ergebnis: Erzeugung einer Ganglinie der Geschwindigkeit über die Zeit pro Streckenabschnitt [30]
  - Ganglinienverfahren (Prognosehorizont 1h) [27]
- Neuronale Netze: [38]
  - Neuro-Fuzzy-Modell für erweiterte Verkehrszustandsklassifikation (Zusammenführung lokaler und fahrzeuggenerierter Geschwindigkeiten gemäss ihrer Repräsentanz für die sektorale Reisegeschwindigkeit (ihrer Signifikanz der FCD-Stichprobe), Resultat: 6-stufiger LOS, Lernprozess aus historischen Daten)
  - Fuzzy-Inferenz (Induktionsschleifen, stationäre Sensoren, FCD, DDG Autobahnnetz)
- Messwertpropagierung: [27]
  - VISUM-online im Einsatz bei VMZ Hannover; Projekt MOSAIQUE; Ergebnis: aktuelle und prognostizierte Verkehrslage auf allen Strecken [Q, V, LOS]
  - Siemens-MONET im Einsatz bei VMZ Berlin
- Umlegungsanpassung: [27] [61]
  - Path Flow Estimator im Einsatz bei VMZ Hannover, VMZ Berlin, Steuerungsverfahren Motion
  - DINO im Einsatz bei Forschungsprojekt MOBINET in Düsseldorf, 3DAS-Algorithmus und modifizierter Informationsalgorithmus, stationäre Detektoren und Floating Data (Taxi-, ÖV-, OBN-, X-FCD)
  - POLYDROM im Einsatz in Hessen-Autobahnnetz, Verkehrsmanagement Zürich
  - NEURO-MONET im Einsatz bei Forschungsprojekt INVENT
- makroskopische Warteschlangen: [27]
  - UTA im Einsatz bei Forschungsprojekt INVENT
  - ASDA/FOTO; Projekt MOSAIQUE; Ergebnis: aktuelle Verkehrslage auf Autobahnen allen Strecken [Q, V, LOS]

- Simulation: [27]
  - Zellularautomat im Einsatz bei Autobahnen NRW, Duisburg, diverse Forschungsprojekte

Eine Vielzahl an Forschungen zeigt, dass eine Datenfusion möglich ist, wobei eine Fusionierung verschiedener Datenquellen nur im Rahmen einer übergeordneten Datenvervollständigung möglich ist. Dazugehörige Algorithmen sind im täglichen Einsatz bewährt [23].

#### 2.1.4 Kurzfristprognose und Online-Daten in der Schweiz

Im Betrachtungsraum Schweiz ist die Situation der Kurzfristprognose und Online-Daten wie folgt:

- Ebene Verkehrsmanagement VMZ-CH: Kurzfristprognosen sind bis jetzt nicht Bestandteil
- Ebene Kanton/Stadt: Kurzfristprognosen werden ausgeführt für die Stadt Zürich (Verwendung Polydrom)
- Viasuisse als nationale Verkehrsinformationszentrale bildet einen Funktionsbereich des Verkehrsmanagements ab (im Auftrag des ASTRA VMZ-CH)
- Baustellenmanagement: Auf dem Nationalstrassennetz wird eine Baustelle der Gebietseinheit oder Filiale an VMZ-CH per Mail oder Fax gemeldet. Neu wird seit letztem Jahr das TESI Tool verwendet, das eine Eingabe mittels Webformular ermöglicht. Die VMZ-CH führt einen Baustellenkalender. In manchen Fällen erteilt die VMZ Auflagen hinsichtlich der Verkehrsführung, in seltenen Fällen werden Baustellen abgelehnt. Aus diesen Informationen werden für Baustellen mit verkehrlicher Relevanz Verkehrsmeldungen erzeugt (siehe Baustellenmeldungen in [www.truckinfo.ch](http://www.truckinfo.ch)). Der tatsächliche Anfang und das Ende werden nicht gemeldet. Bei Tagesbaustellen müssen die Gebietseinheiten auch Zeitfenster beachten. Innerhalb dieser Zeitfenster können sie relativ frei nach aktuellem Erfordernis die Arbeiten selber organisieren. Auf den Kantonstrassen sind die kantonalen TBA zuständig, auf den städtischen Strassen das städtische TBA bzw. die jeweils zuständige Behörde. Der Austausch untereinander ist nicht eindeutig definiert resp. unbekannt. In Kapitel 5.3.7 wird diese Thematik näher betrachtet.
- Die erhobenen Daten durch Online-Zähler (ASTRA, Induktionsschlaufentechnik, Marksmann-Zähler) werden vor Ort verarbeitet und als lokale Verkehrszustandserfassung für die verkehrsabhängige Schaltung der Betriebszustände genutzt. Eine zentrale Zusammenführung und Auswertung der Messquerschnitte im Zuge von Verkehrsbeeinflussungsanlagen findet bisher nicht statt [46].
- Im Rahmen von VM-CH wird derzeit ein Online-Datenserver für die schweizweite Verkehrslagedarstellung aufgebaut. Dieser basiert in einer ersten Phase auf den Daten ausgewählter ASTRA-Verkehrszähler, wobei es Ziel ist, zukünftig möglichst alle auf den Nationalstrassen erhobenen Echtzeit-Verkehrsdaten (unabhängig von der Quelle und dem Format der Daten) in diese Datenbank aufzunehmen, sodass die Verkehrslagedarstellung verfeinert wird.

## 2.2 Fokus der vorliegenden Arbeit

Wie bereits im Abschnitt Zielstellung und Zweck erläutert (siehe Abschnitte 1.2 und 1.3), ist der Fokus der Forschungsarbeit auf folgende Punkte ausgerichtet:

### Methodik

- Das verwendete methodische Untersuchungskonzept beruht grösstenteils auf Recherchearbeit von Sekundärliteratur (Forschungsarbeiten, Pilotprojekte, Evaluationsberichte etc.). Anschliessend ist ein Experten-Workshop geplant, der die erarbeiteten Ergebnisse der Forschungsstelle aus praktischer Sicht verifiziert. Als Synthese werden die Resultate des Workshops für eine fundierte Argumentation im Forschungsbericht eingebunden (siehe dazu Informationen im Anhang).

### **Inhalt**

- Als Verkehrsprognose wird auf die Kurzfristprognose im Sinne des operativen Verkehrsmanagements, mit dem Anspruch eines individuellen Routings als Ergebnis fokussiert (kurzfristig 20min bis max. 120min). Über den Prognosehorizont hinaus muss auf historische Daten zurückgegriffen werden.
- Das Verkehrssystem wird verkehrsmittelübergreifend betrachtet (Fokus auf motorisierten Individualverkehr und strassengebundenen Schwerverkehr/Güterverkehr).
- Als Eingangsdaten für die Prognose werden vornehmlich zukunftsgerichtete Online-Daten untersucht.
- Es wird der Anspruch erhoben, eine netzweite Prognose zu ermöglichen (HLS, HVS, städtische Strassen).

## 3 Verwendung von Online-Daten/Verkehrsprognosen und erwarteter Nutzen

### 3.1 Nutzen für Verkehrsteilnehmer

Der Nutzen von Verkehrsinformationen für die Verkehrsteilnehmer kann nach Schwarz et al. [49] in zwei Kategorien eingeteilt werden:

1. nicht verkehrlicher Nutzen und
2. Nutzen aus verkehrlichen Wirkungen

Der nicht verkehrliche Nutzen besteht aus

- einem Ermöglichen von Reaktionen auf geänderte Situationen
- einer erhöhten Zuverlässigkeit in der Zeitplanung
- dem Gefühl einer erhöhten Sicherheit (bzgl. des eigenen Verhaltens und desjenigen Dritter)
- dem Gefühl informiert zu sein
- einem beruhigenden Effekt (aufgrund der vorigen vier Nutzen mit positiver Rückwirkung auf diese)

Der Nutzen aus verkehrlichen Wirkungen besteht aus

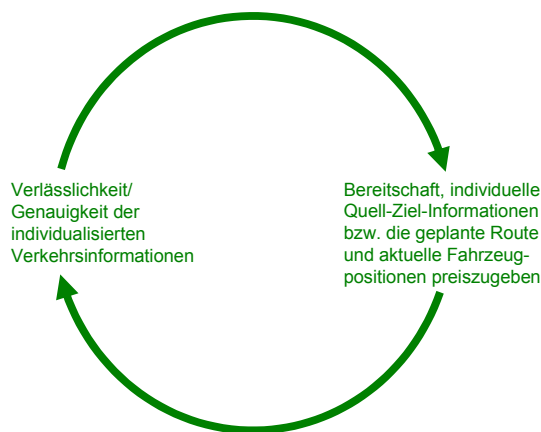
- Weniger Stautunden
- Insgesamt kürzeren Reisezeiten
- Geringerer Unfallhäufigkeit und –schwere

Je genauer, individueller und verlässlicher die Verkehrsinformationen zur Ist-Situation und aus Verkehrsvorhersagen erhältlich sind, desto höher ist deren Nutzen. Je höher der Nutzen, desto grösser ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Informationen aktiv eingeholt werden, bzw. dass im Gegenzug auch Informationen zur Quell-Ziel-Beziehung bzw. zur Routenwahl und zur aktuellen Fahrzeugposition preisgegeben werden, womit die Verkehrsinformationen wiederum präziser erstellt werden können (siehe Abb. 2).

Die Verwendung von Online-Daten und von daraus abgeleiteten Kurzfrist-Verkehrsprognosen haben im Sinne von Abb. 2 ein grosses Potenzial um den Verkehr:

1. sicherer zu machen und
2. zu verstetigen (die zeitliche Verfügbarkeit zu erhöhen, Stautunden zu reduzieren)

Zusätzlich besteht für die Verkehrsteilnehmer die Möglichkeit, multimodale Reiseketten und somit weitere Reisealternativen angeboten zu bekommen. Voraussetzung für den Austausch aktueller und individueller Verkehrsinformationen pre-trip und on-trip in zwei Richtungen ist eine entsprechende Ausrüstung der Verkehrsteilnehmer mit mobilen Geräten, die ihre Position bestimmen und Informationen austauschen können. Die heutige Tendenz, Mobiltelefone, Personal Digital Assistant (PDA) – Geräte, und GPS-Empfänger/Navigationssysteme miteinander zu integrieren, stimmt optimistisch in Hinblick auf die Durchdringung der Verkehrsteilnehmer mit entsprechenden Geräten. Einzig der Informationsaustausch, die Software und der Rechenserver für die Vorhersagen bringen zusätzliche Kosten mit sich. Diese Kosten können zumindest zum Teil von den Verkehrsteilnehmern übernommen werden, da sie auch einen Vorteil von Verkehrsinformationen haben, die speziell auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten sind. Ein Teil der Kosten könnte von Ausbauprojekten der Strasseninfrastruktur kommen, die sich durch ein verbessertes Verkehrsmanagement erübrigen.



#### Verstärkende Einflüsse:

- + Informationen werden als zutreffend erlebt
- + Einfaches/intuitives Abfragen/Eingeben der Informationen
- + es bestehen einige Reaktionsmöglichkeiten

#### Abschwächende Einflüsse:

- Informationen werden als zu ungenau wahrgenommen
- Mühsames/gefährliches Abfragen/Eingeben der Informationen
- es bestehen wenig Reaktionsmöglichkeiten
- die Kosten für die Informationen

Abb. 2: Verkehrsinformationen und Preisgabe der Planungsdaten

Der Nutzen aus Verkehrsinformationen lässt sich, sofern das Mengengerüst bekannt ist, mit anderen Nutzen und Kosten des Verkehrs vergleichen. Für solche Abschätzungen werden Zeitkosten über den Wert der Zeitersparnis mit monetären Kosten ins Verhältnis gesetzt. Zeitkosten werden, wie andere Nutzenkosten auch, individuell verschieden gewichtet. Diese Wichtung hängt u.a. vom Verhältnis zwischen verfügbarem Einkommen und der verfügbaren Zeit ab. Für eine bessere Verkehrsinformation sind beispielsweise Flottenbetreiber im Allgemeinen bereit mehr zu bezahlen als private PKW-Besitzer. Aus Stated-Preference Befragungen sind Werte für die Reisezeitersparnis in der Schweiz bekannt [2]. Neben der Reisezeit ist die Verlässlichkeit eine wichtige Größe. Für eine Variation der geplanten Ankunftszeit sind die negativen Nutzerkosten für die Schweiz ebenfalls ermittelt worden [31]. Die Nutzerkosten bestehen dabei aus einem der Verspätung proportionalen Term multipliziert mit einem Faktor für die Eintrittswahrscheinlichkeit der Verspätung.

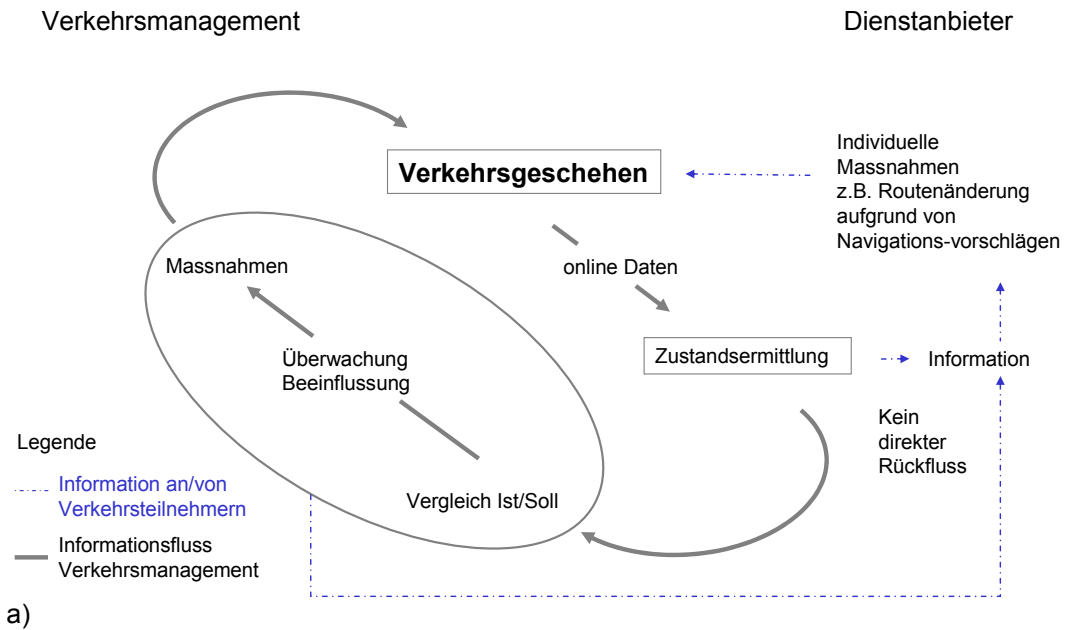
## 3.2 Nutzen im Rahmen des Verkehrsmanagements: Verkehrsnetzbetreiber

Der Nutzen von Online-Daten, einer verlässlichen Verkehrslageermittlung und von Kurzfrist-Verkehrsprognosen für die Verkehrsnetzbetreiber leitet sich aus dem überwiegend politischen Auftrag der Verkehrsnetzbetreiber ab, den Verkehr sicher, effizient und umweltfreundlich abzuwickeln. Eine genaue Kenntnis der Verkehrslage und der Reaktionen auf Massnahmen der Verkehrsbeeinflussung ist eine wichtige Grundlage für eine effiziente Nutzung des Strassenraums. Eine zuverlässige Verkehrsprognose ermöglicht dem Verkehrsmanagement darüber hinaus pro-aktiv auf erwartete Verkehrsüberlastungen zu reagieren, diese durch frühzeitig eingeleitete Verkehrsmanagementmassnahmen zu vermeiden, hinauszuzögern oder zu reduzieren. Die verschiedenen Anwendungsfälle des Verkehrsmanagements werden zu Beginn des Abschnitts 4.2 aufgeführt.

Zwischen Verkehrsmanagement und Verkehrsteilnehmern bestehen gemeinsame Interessen bezüglich dem verkehrlichen Nutzen von Verkehrsinformationen (siehe Abschnitt 3.1). Geringere Unfallhäufigkeit und -schwere, weniger Staustunden und kürzere Reisezeiten sorgen für eine effiziente Nutzung der Verkehrsinfrastruktur. Die Leistungsfähigkeit unterliegt geringeren Schwankungen mit weniger Stau oder stockendem Verkehr.

Als Grundlage für belastbare Verkehrsinformationen braucht es eine umfassende Verkehrslageerhebung. Dem Verkehrsmanagement kommt bei dem für Online-Verkehrslageerhebungen und -Verkehrsprognosen notwendigen Datenaustausch und bei

der Datenverwaltung eine zentrale Rolle zu (siehe Abb.3). Eine Koordination der Massnahmen des Verkehrsmanagements (Abb.3, a) mit den individualisierten Verkehrsinformationen der Dienstanbieter (Abb.5), insbesondere den Routenvorschlägen für die Verkehrsteilnehmer, führt erst zu einer Verkehrsregelung „aus einem Guss“ (Abb.3, b). Die Datengrundlage des Verkehrsmanagements verbessert sich aufgrund von FCD und zukunftsgerichteten Daten beträchtlich und die Massnahmen des Verkehrsmanagements können eine deutlich direktere und grössere Wirkung entfalten.



Verkehrsmanagement in Kooperation mit Dienstanbietern

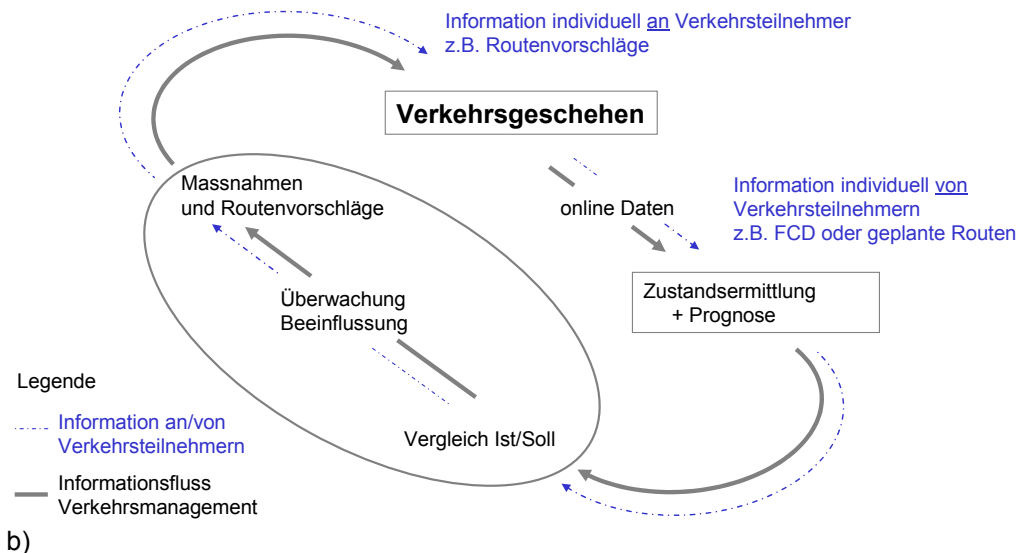


Abb.3 Regelkreis Verkehrsmanagement. a) ist Situation: Verkehrsmanagement wenig kooperierend mit Dienstanbietern, b) Verkehrsmanagement in Kooperation mit Dienstanbietern (vergleiche Abb.5; Informationsfluss individuell von und an Verkehrsteilnehmer ist in den Regelkreis integriert)

Die Datengrundlage des Verkehrsmanagements verbessert sich aufgrund von individuellen online-Daten der Verkehrsteilnehmer wie FCD und zukunftsgerichteten Daten beträchtlich und die Massnahmen des Verkehrsmanagements können eine deutlich direktere und grössere Wirkung entfalten.

Der Regelkreis Verkehrsmanagement (Abb.3 b), wird nachfolgend als Prozess beschrieben. Das Ziel dieses Prozesses ist es, die Verkehrsinfrastruktur effizient zu nutzen.

Schematisch ist der Prozess in Abb. 4 dargestellt.

- Der erste Schritt dieses Prozesses besteht aus der Erfassung von Eigenschaften der physischen, verkehrlich geprägten Umwelt z.B. der aktuellen Verkehrsdichte mittels Sensoren auf der Strasse.
- Im zweiten Schritt wird ein schlüssiges Bild der Verkehrslage basierend auf den Informationen aus Schritt 1 gebildet. Wird die Verkehrslage ausreichend genau und aktuell abgebildet, kann zusätzlich durch eine Prognose die zukünftige Verkehrslage abgeschätzt werden. Verkehrslage und Verkehrsprognose werden verwendet um eine Strategie aus Sicht des VM zu identifizieren, zu realisieren und effiziente Routenvorschläge für die beteiligten Fahrzeuglenker zu identifizieren.
- Der dritte Schritt setzt die VM Massnahmen um und übermittelt den Katalog von Routenvorschlägen, die Reisezeiten sowie weitere Informationen an die einzelnen Fahrzeuglenker entweder über geeignete Signalisierung, oder via Navigationsgeräte. Über die Fahrzeuglenker hinaus können diese Informationen auch für weitere Anwender interessant sein.
- Der vierte und letzte Schritt bezieht sich wie der erste wieder auf die physische Umwelt. Die Fahrzeuglenker passen ihre Streckenwahl dem Katalog der Routenvorschläge und der Signalisierung an. Auf den so angewiesenen durch- bzw. zu umfahrenden Strecken ändert sich die Verkehrsdichte kontrolliert. Aus Sicht des Verkehrsmanagements entsprechen Schritt drei und vier dem "Informieren" und "Lenken" der Verkehrsteilnehmer.

Ein Durchlauf des Prozesses entspricht der Iteration eines Regelkreises zur Verkehrsfluss-Optimierung. Jede Iteration des Regelkreises misst die Ist-Situation des Verkehrsflusses, berechnet eine optimierte Soll-Situation und setzt diese mittels VM Massnahmen, Information sowie Lenkung der Fahrzeuglenker mit Hilfe von Routenvorschlägen und Signalisierung, um.

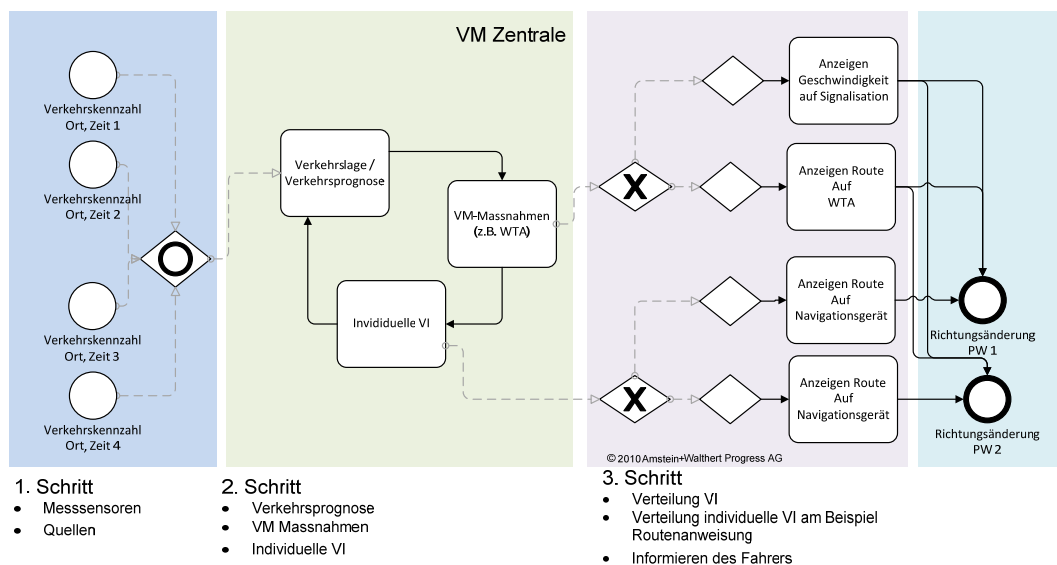


Abb. 4 Prozess des Informierens und Lenkens der Fahrzeuge mittels Verkehrsprognose, VM-Massnahmen und individueller Verkehrsinformationen (VI) am Beispiel Routenvorschläge

FCD und die zukunftsgerichteten Daten auf der einen Seite und das Routing auf der anderen Seite machen es so möglich, bessere Kurzfristprognosen zu erhalten und gleichzeitig den Regelkreis Verkehrsmanagement enger zu schliessen. In diesem Zusammenhang ist besonders auf das Routing einzugehen, mit dem Ziel einer netzseitigen Optimierung. Dies wird zum heutigen Zeitpunkt aufgrund lückenhafter Datenlage und mangelnder Kooperation kaum erreicht. Nur wenige Projekte haben sich dieser Problematik angenommen, wobei das Forschungsprojekt „Netzausgleich Individualverkehr“ (NIV) als besonders erwähnenswert gilt. Dieses ist Teilprojekt der vom BMBF geförderten Forschungsinitiative INVENT (intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik) bei dem der

gesamtverkehrliche Nutzen im Sinne eines Netzoptimums (Systemoptimums) im Vordergrund steht. Als Instrument des Routings wurde im Rahmen dieses Projektes die Umleitungsstrategien bei Störfällen der Öffentlichen Hand und der privaten Dienstleister (Routing-Software der Navigationsgeräte) miteinander verbunden und in Form einer übergeordneten Strategie zusammengeführt. Öffentliche Umleitungsempfehlungen und weitere Informationen aus Verkehrszentralen werden für die individuelle Fahrzeugnaviga-tion verfügbar und verarbeitbar gemacht, indem eine dritte Generation von Navigationsgeräten entwickelt wurde. Somit werden Informationen, die vorher nicht in TMC-Meldungen kodiert werden konnten (wie z.B. flächenhafte oder dynamische Netzsperrungen) nun bei der individuellen Fahrzeugnaviga-tion berücksichtigt. Hierbei werden zusätzlich zur digitalen Strassenkarte zahlreiche dynamische Informationen, sogenannte Netzebenen berücksichtigt [30]. Die Weitergabe der Information an den Verkehrsteilnehmer erfolgt in Form eines dynamischen Routings an die Navigationssysteme durch die beiden unterschiedlichen Übertragungsansätze des Wegepunktverfahrens (GSM) und des Teilnetzverfahrens (DAB). Der Einsatz des Wegepunktverfahrens im Fahrzeug steht für 2008 in Aussicht (ist aber in der heutigen Veröffentlichungen noch nicht zu finden). Versuche in den Städten München und Magdeburg zeigen, dass sich der Verkehr im Ergebnis besser auf den einzelnen Strecken organisiert und auch besser auf das zur Verfügung stehende Hauptstrassennetz verteilt (der Befolgungsgrad kann als hoch eingeschätzt werden). Die Streckenleistungsfähigkeit und die Netzleistungsfähigkeit werden gesteigert und Überlastungsfolgen wie Staus vermindert [17]. Weiterführend kann dazu auch der Forschungsbericht VSS 2006/904 "Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement" [10] hinzugezogen werden, der insbesondere die Übertragbarkeit auf die Schweiz untersucht.

Generell ist auch eine kooperative Verkehrslenkung denkbar, wie sie auch bereits in einem Projekt in Tokio erprobt wurde. In diesem Kreislauf-System übermittelt jedes Fahrzeug Routeninformationen (aktuelle Position, Ziel und Route) zu einem lokalen Routen-Informationen-Server (an jeder Kreuzung), der diese Informationen zur Bestimmung des zukünftigen Verkehrsflusses nutzt und die zukünftigen Flüsse wiederum zurück an jedes Fahrzeug sendet. Der Server sammelt alle Quelle-Ziel-Daten und wichtet die einzelnen Streckenabschnitte für jeden Nutzer (Wichtung nach dem Grad der Genauigkeit und Zuverlässigkeit mit dem der Verkehrsteilnehmer einen Streckenabschnitt in Zukunft passieren kann) [64]. Im Ergebnis liefern die Daten eine fundierte Entscheidungsgrundlage für netzweite strategische Steuerungen. Somit kann mit solch einem System das Ziel eines Strategiemangements für eine verbesserte Reiseplanung umgesetzt werden.

Die Beteiligung an dem Regelsystem seitens der Verkehrsteilnehmer erfolgt auf freiwilliger Basis (vergleiche Abschnitt 3.1), solange kein Bonus-Malus-System betreffend der Befolgung bzw. Nichtbefolgung der Routenvorschläge durch das Verkehrsmanagement eingeführt wird. Politisch käme ein Bonus-Malus-System allerdings dem Road-Pricing sehr nahe, dessen schweizweite Umsetzung eher langfristig zu erwarten ist (2030 oder später; vergleiche [52]). Der technische Zusatzaufwand einer Routenkontrolle würde sich nur zusammen mit einem Road-Pricing-System rechtfertigen. Aus diesen Überlegungen heraus folgt, dass sich Routenvorschläge nahe am Nutzeroptimum zu bewegen haben, damit solch ein Lenkungskonzept von einem Grossteil der Verkehrsteilnehmer angenommen wird und somit eine positive Wirkung entfalten kann.

### 3.3 Nutzen für Dienstleister

Anbieter von Navigationsdiensten nutzen zum Teil bereits Online-Daten (Beispiele: „Live-Service“ von TomTom, „Traffic Live“ von Navigon mit Datenlieferant Inrix) um ihre Kunden über die aktuellen Fahrzeiten zu informieren und um ihnen Routenvorschläge nach aktueller Lage geben zu können. Die Datenlage bezüglich FCD ist (noch) nicht ausreichend, so dass die Dienstleister ihre Daten aus anderen Quellen wie FPD oder Querschnittszählungen ergänzen. Kurzfrist-Verkehrsprognosen werden nach Wissen der Autoren von Dienstleistern noch nicht flächendeckend erstellt.



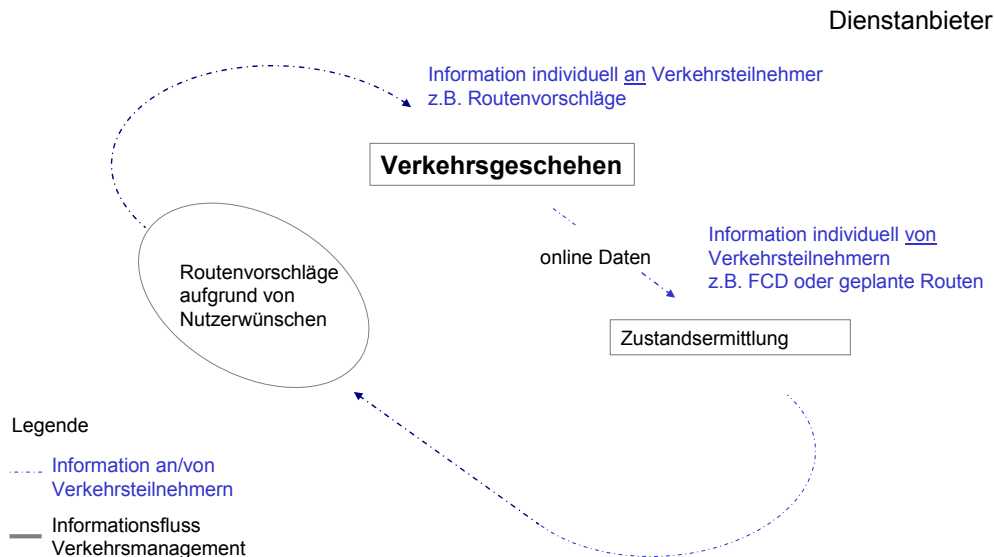


Abb.5 Regelkreis Verkehrsmanagement (vergleiche Abb.3). Die Dienstanbieter sind dabei eigene Regelkreise für Ihre Kunden aufzubauen („Live-Service“).

Für den Informationsaustausch mit den Verkehrsteilnehmern ist eine aufwendige Zwei-Wege-Kommunikation notwendig. Aus Kostengründen ist es wichtig, die Informationen möglichst gezielt und intelligent zu übertragen (siehe [6]). Die Kosten für den regelmässigen Datenaustausch (Beispiel TomTom Schweiz 2011: Aktualisierung alle zwei Minuten) sind in den jährlichen Service-Gebühren enthalten (Beispiel TomTom Schweiz 2011: 75 CHF/Jahr). Verglichen mit den Mobilfunkkosten für Privatkunden ist dieser Wert relativ niedrig. Ein Grosskunde wie bspw. TomTom bekommt deutlich bessere Konditionen von den Mobilfunkbetreibern und zahlt damit einen tieferen Preis je Datenpaket.

Der Nutzen von einer zentralen Zusammenführung von Online-Daten und von einer Erstellung von Kurzfrist-Verkehrsprognosen seitens der Verkehrsnetzbetreiber ist aus Sicht der Dienstanbieter nicht auf den ersten Blick erkennbar. Der Nutzen hängt u.a. davon ab, wie eine allfällige Kooperation mit den Verkehrsnetzbetreibern gestaltet wird. Die Dienstanbieter werden die FCD ihrer Kunden nicht einfach kostenlos abgeben. Wichtig ist, dass sie einen Gegenwert dafür erhalten. Dieser Gegenwert besteht zunächst in einem Zugang zu zusätzlichen Online-Daten und einer möglichst akkuraten und zuverlässigen Kurzfrist-Verkehrsprognose. Da dieser Zugang auch der Konkurrenz offen stünde braucht es noch einen weiteren Anreiz (vergleiche [10]). Dieser Anreiz könnte zum einen aus einer Marktöffnung für neue Kundenkreise bestehen, die bisher noch nicht daran gedacht haben einen „Live-Service“ zu abonnieren. Zum anderen wäre auch ein moderater finanzieller Ausgleich denkbar. Dieser Ausgleich könnte z.B. aus der Einsparung bei anderen Verkehrserhebungsmethoden (ANPR-Kameras, Zählschleifen etc.) generiert werden, bzw. aus aufgrund verbesserter Verkehrsinfos wegfallenden Ausbauprojekten. Das Risiko bezüglich einer Nichtbeteiligung der Dienstanbieter an einem gemeinsamen Datenaustausch und einer Kurzfrist-Verkehrsprognose seitens der Verkehrsnetzbetreiber ist andererseits nicht unerheblich. Könnte doch ein neues System seitens der Verkehrsnetzbetreiber bzw. seitens einer mit diesen kooperierenden Konkurrenz sinkende oder stagnierende Marktanteile bedeuten.

### 3.4 Nutzen für Dritte

Neben den oben aufgeführten Gruppen würde auch dem Notfallmanagement (Rettungskräfteinsatz etc.) eine genaue Kenntnis der Verkehrslage zugute kommen. Eine effizientere Infrastrukturnutzung mit weniger Staus hätte auch verringerte Emissionen zur Folge und damit einen positiven Effekt auf die Umwelt, solange dieser positive Effekt nicht direkt durch Mehrverkehr überkompensiert wird. Eine effizientere Infrastrukturnutzung hilft Neu- und Ausbauprojekte von Strasseninfrastruktur zur Beseitigung von Engpässen teilweise überflüssig zu machen.

### 3.5 Fazit: Betreiber- und Kooperationsmodelle

Aus den vorangegangenen Abschnitten lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- Die **Verkehrsteilnehmer** nehmen individuelle Verkehrsinformationen in Form von Routenvorschlägen gerne entgegen und befolgen diese freiwillig, sofern sie sich daraus einen kurzfristigen individuellen Nutzen versprechen. Persönliche Nachteile werden nur in Grenzen akzeptiert.
- Den **Verkehrsnetzbetreibern** bzw. dem Verkehrsmanagement kommt bei dem für Online-Verkehrslageerhebungen und -Verkehrsprognosen notwendigen Datenaustausch und bei der Datenverwaltung eine zentrale Rolle zu. Die Politik gibt hierbei die Rahmenbedingungen vor. Aus Sicht des Verkehrsmanagements wäre eine Kooperation mit den Dienst Anbietern die eleganteste Lösung, da diese direkt eine Nutzergruppe und erstes Erfahrungswissen betreffend einer Zwei-Wege-Kommunikation mitbringen.
- Die **Dienstanbieter** brauchen zusätzlich zu einer guten Verkehrslage und Prognose (sofern ihnen daraus kein Wettbewerbsvorteil entsteht) noch einen weiteren Anreiz für eine Kooperation mit dem Verkehrsmanagement. Dieser Anreiz könnte zum einen aus einer Markterweiterung bestehen, zum anderen wäre auch ein moderater finanzieller Ausgleich seitens des Verkehrsmanagements denkbar.

Es sind aber auch andere Betreibermodelle möglich. Ein Smartphone mit Touchscreen, Internetzugang (GPRS) und Standortbestimmung (GPS) ist mit entsprechender installierter Software ausreichend für eine Beteiligung der Verkehrsteilnehmer an einem individualisierten Verkehrsinformations- und Navigationssystem. Analog zu dem Projekt „Lausanne Code Sprint 2011“ [37] wäre eine Softwareerstellung und -weiterentwicklung für die Navigation so auch als Open-Source-Lösung denkbar.

Eine zentrale Zusammenführung von Online-Verkehrsdaten, die Ergänzung der erhobenen Daten mit Hilfe eines Verkehrsmodells und die Einrichtung eines Zugangs der entsprechenden Organisationen zu diesen Daten alleine würde, aufgrund der Synergieeffekte bei vergleichbarem Aufwand wie er heute (in der Schweiz) geleistet wird, zu einer deutlich besseren Kenntnis der Verkehrslage und direkteren Eingriffsmöglichkeiten führen. Bei einer guten bis sehr guten Kenntnis der aktuellen Verkehrslage macht es dann Sinn, zusätzlich Kurzfristprognosen zu erstellen, die sowohl den Verkehrsteilnehmern wie auch dem Verkehrsmanagement ein pro-aktives, vorausschauendes Handeln ermöglichen.

## 4 Verkehrsprognosen mit Online-Daten

Ausgehend von den Anforderungen des Verkehrsmanagements bzw. der Verkehrsteilnehmer und Dienstanbieter (siehe Kapitel 3) an eine Verkehrslageermittlung und Kurzfristprognose, wird in diesem Kapitel die Auswahl an geeigneten Verkehrsmodellen mit Prognosefunktion für die jeweiligen Einsatzgebiete genauer eingegrenzt. Anschliessend wird auf die für Verkehrsmodelle notwendigen Eigenschaften der Input-Online-Daten genauer eingegangen. Dazu gehören erste Überlegungen zur Einbindung von zukunftsgerichteten Daten für die Kurzfristprognose und zu einem intelligenten Management der Datenströme. Schliesslich wird ein Überblick über mögliche Datenlieferanten (Suppliers) gegeben.

Diese Vorgehensweise entspricht der Anforderungsrichtung in Abb. 6 (von links nach rechts) bzw. der Methodik „COPIS“ (Suppliers – Inputs – Process – Outputs - Customers (siehe Abb. 7).

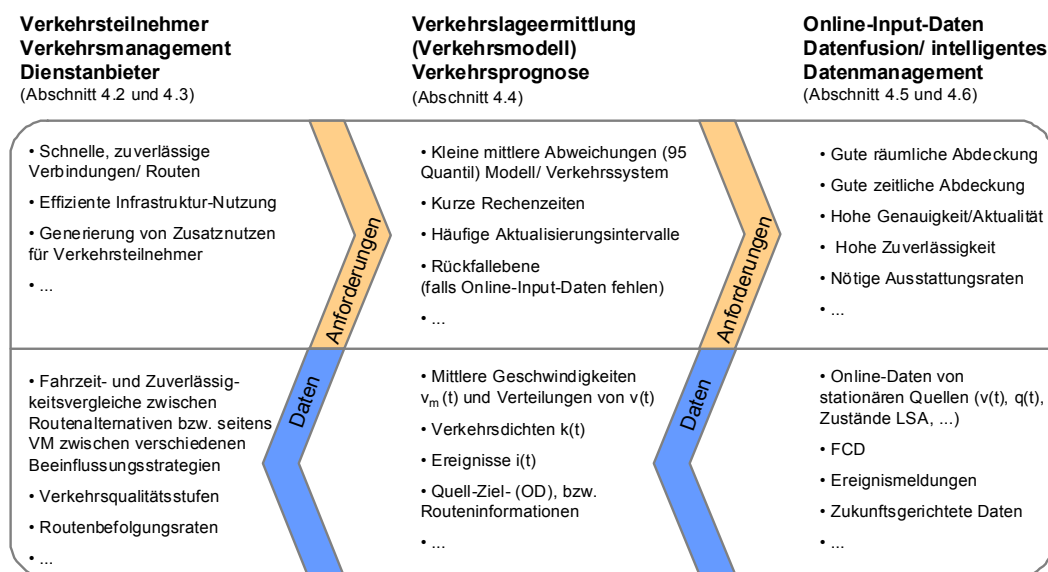


Abb. 6 Anforderungen an Verkehrslageermittlung/-prognose und Input-Daten bzw. der Datenfluss von der Erhebung über die Aufbereitung bis zur Datenverwendung (vergleiche Abschnitt 4.1.2).

Der Ansatz „COPIS“ kann in folgenden Schritten beschrieben werden: (siehe Abb. 7 und Abschnitt 4.1.2).

1. Identifikation der Endkunden des Systems Verkehrsmanagement (SVM; analog zum Regelkreis Verkehrsmanagement siehe Abschnitt 3.2)
2. Festhalten der Endprodukte sowie deren Qualitätskriterien (Service Level Agreements; SLAs)
3. Festhalten der Inputs für das Verkehrsmodell sowie derer geforderten Qualitätskriterien (SLAs)
4. Identifikation möglicher Lieferanten der Inputs

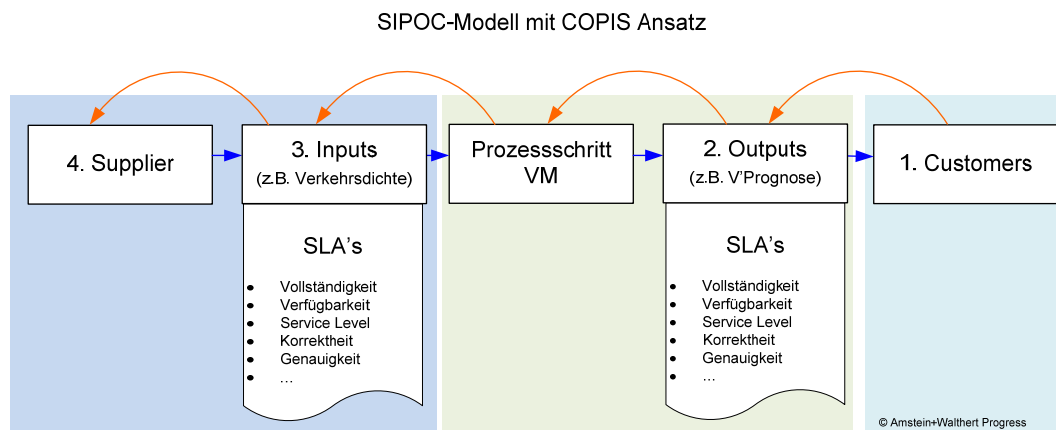


Abb. 7 SIPOC-Modell (siehe Abschnitt 4.1.2) des Systems Verkehrsmanagement mit den SLAs als Gefäß für die nicht funktionalen Anforderungen an die Qualität der Daten sowohl des Inputs und des Outputs.

Als Grundlagen für eine Diskussion werden zunächst die nicht-funktionalen Datenanforderungen beschrieben, die Voraussetzung für einen erfolgreichen Betrieb des SVM sind.

## 4.1 Grundlagen

### 4.1.1 Nicht funktionale Daten-Anforderungen

Die nicht funktionalen Daten-Anforderungen für einen erfolgreichen Betrieb des SVM definieren einen minimalen Standard an die Art und Weise wie die funktionalen Daten-Anforderungen (siehe Abschnitte 4.2 und 4.4) erfüllt werden müssen. Das Vorgehen entspricht der SIPOC/COPIS Methode (siehe Abschnitt 4.1.2, bzw. [19]. **Die nicht funktionalen Daten-Anforderungen beziehen sich auf die Qualität der Resultate (Output) sowie die Einhaltung von nationalen und internationalen Gesetzen (z.B. Datenschutz).** Die Kriterien der Qualität basieren auf den Meta-Daten Anforderungen der Norm ISO/TR 21707:2008 – Data Quality in ITS Systems [29]. Der Anspruch der Norm ist es, eine standardisierte Terminologie für die Definition von Qualitätsanforderungen für Daten im Bereich Verkehr, Verkehrsinformation sowie Verkehrsmanagement und Verkehrsleitsysteme einzuführen. Gerade bei der Vernetzung verschiedener solcher Systeme möchte die Norm durch die Beschreibung von Schnittstellen einen vereinfachenden Beitrag leisten. Eine Übersicht über die Norm ist in Tab. 2 gegeben. Die Hauptkategorien der Norm werden im Folgenden kurz erläutert.

Bei einer allfälligen Realisierung des SVM gilt es die Anforderungen an die Lieferanten der Daten vertraglich zu fixieren. Besonders im Bereich automatisierter Prozesse der Informationstechnologie ist dies heute Standard. Die Art sowie die benötigte Qualität von Daten und Diensten sind vertraglich zu regeln und kontinuierlich zu überwachen. In der Praxis hat sich der Begriff Service Level Agreements für solche Vertragswerke durchgesetzt. Sie enthalten unter anderem Zielbänder für kontinuierlich zu messende Kennzahlen um die Vertragserfüllung zu überprüfen. Diese Kennzahlen basieren unter anderem auf den folgenden Qualitätskriterien.

#### Vollständigkeit des Service

Die Vollständigkeit des Service beschreibt für eine Datenquelle die geografische Abdeckung der Erfassung in ihrem Einsatzbereich. Je nach Art der Quelle werden unterschiedliche Unterkriterien bewertet:

- Geographische Abdeckung der Quelle
- Strassentypen, für welche Ereignisse erfasst werden
- Arten, der erfassten Ereignisse
- Prozentualer Anteil der relevanten Ereignisse, welche korrekt erfasst werden

### Verfügbarkeit

Die Subkriterien der Verfügbarkeit definieren Anforderungen an den Betrieb der Datenquelle.

- Betriebszeiten: Normale Betriebszeiten für die Quelle z.B. wochentags
- Mean time to Repair (MTTR): Mittlere benötigte Zeit zum Beheben eines ungeplanten Ausfalls der Quelle
- Mean time between failures (MTBF): Mittlere Zeit zwischen ungeplanten Ausfällen der Quelle
- Intrinsische Verfügbarkeit: Verfügbarkeit entspricht  $MTBF/(MTBF + MTTR)$

### Servicenote

Die Servicenote entspricht einer Abschätzung der Qualität der Daten insgesamt. Sie hilft schnell zu verstehen, für was diese Daten verwendet werden können. Dafür werden verschiedene sequentielle Qualitätsstufen eingeführt. Die Norm schlägt die folgenden Stufen vor:

Tab. 1 Servicenote: Qualitätsstufen nach der Norm ISO/TR 21707:2008 [29]

Servicenote	Bedeutung
Sicherheitskritisch	Die Daten sind absolut vertrauenswürdig und können verwendet werden für Kontrollsysteme in lebenskritischen Bereichen. Fehler in oder ein Ausfall der Daten dieser Stufe kann zu lebensbedrohlichen Situationen führen.
Hohe Qualität	Die Daten sind sehr vertrauenswürdig. Sie können z.B. für Verkehrssteuerungen eingesetzt werden aber nicht auf den Rückfall-Ebenen.
Normale Qualität	Die Daten sind im Normalfall sehr zuverlässig und vertrauenswürdig. Sie können verwendet werden für Kontroll- sowie Überwachungssysteme in einem nicht-kritischen oder nicht-lebensbedrohlichen Umfeld.
Tiefe Qualität	Die Daten können nur für die Überwachung nicht aber für die Steuerung verwendet werden.
Spezielle/Eingeschränkte Qualität	Eine genügende Qualität hängt von sekundären Faktoren ab (z.B. vom Wetter).

### Korrektheit

Die Angaben zu Korrektheit ermöglicht ein Verständnis über die Wahrhaftigkeit beziehungsweise die Fehlerrate. Die Angaben sind normalerweise statistischer Natur. Sofern eine Detektion von Fehlern mit vertretbarem Aufwand möglich ist, können diese Kennzahlen kontinuierlich gemessen werden:

- Fehlerrate
- Standardabweichung der Fehler vom richtigen Wert
- Durchschnittlicher Fehler etc.

### Präzision

Die Präzision hält fest, welche Granularität die Daten haben müssen. Die Angabe der Präzision ist nach der Norm zweidimensional. Eine Dimension entspricht der Einheit, z.B.

Kilometer, und die andere Dimension entspricht der Granularität, z.B. 3 Nachkommastellen. Bei einer Rundung muss weiter angegeben werden, in welche Richtung diese erfolgt, z.B. auf die volle Stunde.

### **Zeitgerechtigkeit**

Die Zeitgerechtigkeit entspricht den zeitlichen Anforderungen zwischen der Erfassung und der Lieferung der Daten. Die Subkriterien sind die Daten-Latenz, deren Standardabweichung sowie ein allfälliges Verfalldatum.

### **Örtlichkeitsbezug**

Die Qualität von örtlichkeitsbezogenen Daten hängt stark vom zugrunde liegenden Referenzsystem ab. Gemäss Norm gilt es hier zu beschreiben, welcher Referenzierungsstandard für die Daten verwendet wird (z.B. Alert-C, TPEG-Loc, usw.). In diesem Kriterium gilt es weiter auszuweisen, wem die Quelle gehört (z.B. Betreiber der Strasse, Polizei, Flughafen Betreiber, usw.).

### **Sensoreigenschaft**

Die Sensoreigenschaft kategorisiert die minimalen Anforderungen an eine Beschreibung der Messung bzw. Sammlung der Daten. Die verschiedenen Kategorien sind hier aufgelistet:

- Kategorie der Messung/Sammlung:
  - Manuell, d.h. nicht automatisiert
  - Rohdaten, d.h. direkte Ausgabe aus einem Sensor ohne spätere Bearbeitung
  - Berechnet/Hergeleitet, d.h. die Daten sind aus einer oder mehreren Rohdatenquelle zusammengefasst oder berechnet
  - Geschätzt, d.h. die Daten sind an Hand eines mathematischen Modells oder einer Simulation entstanden
- Für Rohdaten sind die Art und Identität des Sensors zu bestimmen.
- Für geschätzte Daten sind verwendete Modelle, mathematische Methoden, Stichprobengrössen sowie Berechnungsintervalle anzugeben.

### **Ownership**

Die Ownership soll über den juristischen Besitzer der Daten Auskunft geben. Im Normalfall ist dies die gleiche Person, welche die Daten erzeugt. Gerade in einem vernetzten System mit vielseitigem Austausch und Kombination von Daten ist es sehr wichtig die Ownership zu klären. Jede Datei sollte dabei jederzeit genau einem Besitzer zugewiesen werden können. Die Beschreibung der Ownership einer Datei besteht aus den folgenden Angaben:

- Identität des Daten-Besitzers
- Restriktionen in der Nutzung der Daten durch den Besitzer oder durch Dritte
- Nachweis des Besitzers tatsächlich der Besitzer der Daten zu sein

Tab. 2 Norm ISO/TR 21707:2008(E) [29]

Data quality object	Meta-data parameters (code)	Instance meta-data	Generic meta-data	How defined
Service completeness	Geographic Coverage (GC)		x	Text
	Physical Coverage (FC)		x	Text
	Percentage Occurrence Coverage (PC)		x	%
	Business Rules Coverage (BC)		x	Text
	Data Type(s) Covered (DT)		x	Text
Service availability	Availability Period (AP)		x	Text
	Mean Time To Repair (TR)		x	hh:mm
	Mean Time Between Failures (TF)		x	hh:mm
Service grade	Service Grade (SG)		x	Enumeration
Veracity	Error Probability (EP)		x	1 in 10 <sup>x</sup>
	Error Standard Deviation (ED)		x	Numeric
	Mean Error (ME)		x	Numeric
	Mean Absolute Error (AE)		x	Numeric
	Data Correctness (DC)	x	x	%
	Reliability (RL)	x		Boolean
	Cross-Verified (CV)	x		Boolean
	Validation Process (VP)		x	Text
Precision	Number of Significant Figures (SF)	x	x	Numeric
	Number of Decimal Places (DP)	x	x	Numeric
	Time Precision (TP)	x	x	Enumeration
Timeliness	Mean Data Latency (ML)		x	Numeric seconds
	Standard Deviation Of Data Latency (DL)		x	Numeric seconds
	Data Update Mode (UM)		x	Enumeration
	Data Update Interval (UI)		x	Numeric seconds
	Data Time Stamping Regime (TS)		x	Text
	Data Validity Period (DV)	x	x	hh:mm
Location Measurement	Location Verification Standard (LV)		x	Text
	Source of Location Information (SL)		x	Text
	Location Referencing Standard Identification (LR)		x	Text
	Spatial Data Set (SS)	x	x	Text
	Location Types (LT)		x	Enumeration
Measurement source	Collection Method (CM)	x	x	Enumeration
	Measurement Source Identity (MS)	x	x	Text
	Equipment Type (ET)	x	x	Text
	Estimation / Simulation Model Identity (EM)		x	Text
	Calculation / Estimation Method (CA)		x	Text
	Number of Data Points (NP)		x	Numeric
	Calculation Period (CP)		x	hh:mm
Ownership	Data Owner (DO)	x	x	Text
	Restricted Use of Data (RU)	x	x	Boolean
	Data Owner's Original Reference (OR)	x	x	Text

#### 4.1.2 SIPOC/COPIS

##### Generelle Anmerkungen

Das VM ist ein Prozessschritt. Der Prozess setzt sich auf der Makro-Stufe aus vier Schritten zusammen. Der Prozess ist in Abb. 4 schematisch dargestellt. Um den Prozess genauer zu analysieren, verwenden wir den SIPOC-Ansatz.

Der SIPOC ist eine Struktur zur Analyse von Prozessschritten. Er stellt einen Prozessschritt in Zusammenhang mit seinen Vorbedingungen, Akteuren sowie Ergebnissen dar. Das Acronym SIPOC steht für Suppliers – Inputs – Process – Outputs - Customers. Eine Darstellung der Elemente des SIPOC findet sich in Abb. 8.

Die Lieferanten (engl. Suppliers) sind Teil der Akteure. In unserem Fall des SVM sind dies die Lieferanten der Inputs z.B. die Firma Swisscom für Floating Phone Data.

Die Inputs sind die nötigen, von den Suppliern zu beschaffenden Daten zur Berechnung der Verkehrslage bzw. zur Schätzung einer Kurzfristprognose. Ein besonderer Fokus liegt in dieser Arbeit auf zukunftsgerichteten Online-Daten. Ein Beispiel sind Quell-Ziel-Informationen aus Navigationsgeräten in Fahrzeugen. Sie werden als zukunftsgerichtet bezeichnet, da sie verraten, wohin die Fahrzeuge in der Zukunft fahren.

Der Prozessschritt des VM besteht aus mehreren Unterschritten. Zuerst gilt es die Online-Daten zu empfangen und zur Verarbeitung vorzubereiten. Die Verkehrsprognose wird dazu verwendet um die Strategien der VMZ zu entwickeln und mittels Massnahmen umzusetzen. Die Outputs sind alle für Dritte bestimmte Ausgaben des VM, unter anderem der Katalog von individuellen Routenvorschlägen sowie die Verkehrsinformationen.

Die Endkunden (engl. Customers) sind die Nutzer der Strasseninfrastruktur, unter anderem die Lenker der Fahrzeuge. Sie werden von den Massnahmen des VM beeinflusst und von den erhaltenen Informationen z.B. den Routenvorschlägen ihres Navigationsgerätes gelenkt. Weiter können die Informationen des VM unter anderem partiell mittels RDS, WTA sowie WWW verteilt werden.

### **Kundenorientierung/COPIS**

Der Ansatz zur Analyse der Anforderungen an das Verkehrsmodell beginnt mit der Feststellung, was der Endkunde in welcher Güte erhalten soll. Der Hauptabnehmer ist primär der Fahrzeuglenker. Dieser erhält vom Verkehrsmodell, wie in den funktionalen Anforderungen (Abschnitt 4.2) aufgezeigt, einen Routenvorschlag. Angenommen, die minimale Qualität der Verkehrsprognose sowie des Routenvorschlags sind für den Endkunden nicht akzeptabel, so wird ein Grossteil der Fahrzeuglenker als Reaktion die Verkehrsprognose sowie die Routenvorschläge ignorieren. Der gewünschte Verkehrsmanagement-Effekt der Information und Lenkung des Verkehrs findet nicht statt. Das SVM erfüllt seine Aufgabe damit nicht.

Um seine Aufgabe zu erfüllen, muss das VM die Akzeptanz durch die Endkunden gewinnen und über die Zeit erhalten. Dies ist nur möglich, wenn der Prozess aus Abb. 4 kontinuierlich, ein aus Sicht der Endkunden, minimales angemessenes Qualitätsniveau für die Outputs der Verkehrsprognose sowie individuelle Routenvorschläge gewährleistet.

Der COPIS-Ansatz hilft das angemessene Qualitätsniveau festzustellen, indem die Analyse und Dokumentation des Prozesses von den Endkunden zu den Lieferanten erfolgt. Der COPIS ist ein umgekehrter SIPOC. In Abb. 8 ist er durch orange-geschwungene Pfeile dargestellt. Die verschiedenen Elemente werden hier kurz beschrieben:

- Customers: Als erstes werden die gewünschten Endkunden identifiziert.
- Outputs: Für die gewünschten Endkunden gilt es die Endprodukte (Outputs) mit den angemessenen Qualitätskriterien zu identifizieren und zu definieren. Dabei wird das minimale zu erreichende Qualitätsniveau für den Prozess beschrieben um die nötige Akzeptanz zu erreichen.
- Process: Es wird analysiert, wie die Endprodukte in der angemessenen Qualität bereit gestellt werden können.
- Inputs: Die Anforderungen an die Endprodukte sind bekannt sowie deren Herstellung. Mit dieser Basis lässt sich zurück verfolgen, welche Inputs in welcher Güte notwendig sind.
- Suppliers: Für die notwendigen Inputs wird analysiert, wer diese in angemessener Qualität zur Verfügung stellen kann.



Das SIPOC Diagramm

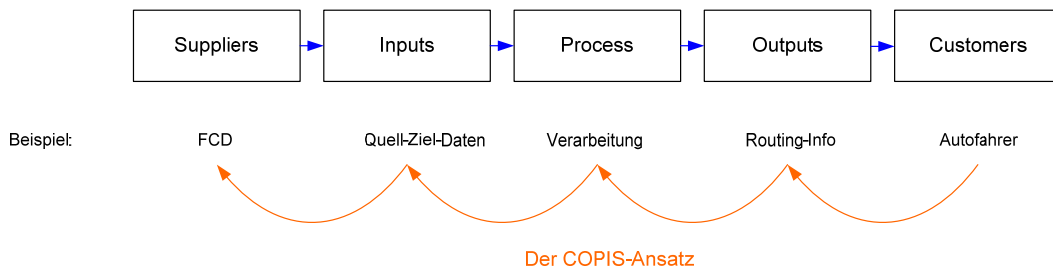


Abb. 8 Der SIPOC/COPIS-Ansatz

## 4.2 Customers

### 4.2.1 Anforderungen an Verkehrslagermittlung und Kurzfristprognose

**Die Verkehrsteilnehmer suchen nach schnellen und zuverlässigen Verbindungen, die Verkehrsnetzbetreiber wollen die Infrastruktur effizient einsetzen und die Dienstanbieter einen Zusatznutzen für die Verkehrsteilnehmer generieren** (vergleiche Kapitel 3). Dies sind die funktionalen Anforderungen an das SVM. Um diese Anforderungen erfüllen zu können benötigen alle eine genaue Kenntnis der aktuellen Verkehrslage und soweit möglich, auch der zukünftigen.

Um die Infrastruktur effizient einzusetzen werden im Verkehrsmanagement verschiedene Strategien verfolgt. Strategien zur Verkehrslenkung sind dabei besonders auf eine frühzeitige (zeitnahe) und möglichst vorausschauende, zuverlässige Kenntnis der Verkehrslage angewiesen. In Buchberger et al. [10] wird als Lenkungsziel aufgeführt „die Gesamtheit der Fahrzeitverluste“ zu minimieren. Hier können weitere Ziele des Verkehrsmanagement wie die ÖV-Bevorzugung in Zentrumsbereichen einfließen, indem beispielsweise Fahrzeitverluste im strassengebundenen ÖV dort höher gewichtet und Anschlussbrüche mit berücksichtigt werden. Eine andere Zielsetzung wäre das Sicherstellen des Verkehrsflusses auf dem übergeordneten Strassennetz.

Auf Seiten des Verkehrsmanagements (Verkehrsnetzbetreiber) existieren neben der Verkehrslenkung noch weitere Anwendungsfälle der Verkehrsbeeinflussung (SN 640 781 [62]) mit leicht variierenden Datenbedürfnissen. Die Anwendungsfälle können dabei auf den Gesamtverkehr, den strassengebundenen ÖV oder auf den Schwerverkehr ausgerichtet sein.

#### 1. Verkehrsüberwachung

- Generelle Verkehrslageübersicht auf einer Karte z.B. in einer Verkehrsleitzentrale
- Detektion von Ereignissen

#### 2. Verkehrssteuerung (punktuell)

- mit LSA an Knotenpunkten (vor allem fokussiert auf städtische Gebiete mit der Möglichkeit der koordinierten Netzsteuerung)
- mittels Zuflussdosierung bzw. Rampenbewirtschaftung an Autobahneinfahrten und -ausfahrten (Schnittstelle HLS/HVS) und Dosierung/Pförtnerung für Einfallachsen in Städten und Siedlungsgebieten.

#### 3. Verkehrsleitung (linienhaft)

- durch Geschwindigkeitsharmonisierung (VBS, VBA) auf freier Strecke (HLS)
- durch Pannestreifenumnutzung (HLS)

#### 4. Verkehrslenkung (netzweit)

- mittels dynamischer Wegweisung (WWW, WTA) an Entscheidungspunkten (netzübergreifend, aber schwerpunktmässig auf HLS und HVS)

- mittels individueller Routinginformation via Navigationsgeräte

#### 5. Verkehrsinformation

- Kollektive Verkehrsinformation mit Routenempfehlungen via Radio (analog oder DAB) via TMC-Kanal (Nutzung auch individualisiert durch Navigationsgeräte)
- Individuelle Routinginformationen via Navigationsgeräte

Für die Beurteilung von VM-Massnahmen des Gesamtverkehrs und für die Weitergabe von individuellen Routenempfehlungen per Navigationssoftware erfordern die Anwendungsfälle eine Messung, Berechnung, Prognose und Darstellung der Verkehrszustände (Verkehrsqualitätsstufen), der Kapazitätsengpässe und der abschnittsbezogenen Reisezeitverluste. Durch die Kombination von Messung und Berechnung soll ein möglichst umfassendes Bild der Verkehrslage entstehen, umfassend sowohl den Raum (HLS, HVS und städtischen Strassen) als auch die Zeit betreffend. Eine gute Verkehrsprognose sollte neben der Vorhersage der zukünftigen Verkehrslage insbesondere die Störungsausbreitung und Staulängen realistisch abbilden. Für einzelne Netzmaschen sollen beispielsweise Reisezeitvergleiche von Normal-/Alternativrouten für den Fall mit/ohne Lenkungsmassnahmen (VMP) durchführbar sein. Die so gewonnenen Reisezeitvergleiche können dann als Entscheidungsgrundlage z.B. für die Aktivierung/Deaktivierung von Wechsel-Text-Anzeigen dienen.

Für den strassengebundenen ÖV sollte vom Verkehrsmanagement die Verkehrsdichte (Warteschlangen) so gering gehalten werden, dass es möglichst selten zu verkehrsbedingten Verspätungen kommt. Informationen über zukünftige Reisezeitverluste im ÖV könnten den Betriebsleitenden beispielsweise helfen, Einsatzkurse zu dirigieren bzw. Anschlussbrüche falls möglich durch Abwarten abzumildern.

Für den Schwerverkehr interessant ist insbesondere eine genaue Kenntnis der Schwerverkehrslage bzw. eine Verkehrsprognose auf HLS, HVS und städtischen Strassen. Interessant sind auch die Wartezeiten an Dosierstellen und am Warencoll.

### 4.2.2 Endkunden des Systems Verkehrsmanagement

Die primären Endkunden des Systems Verkehrsmanagement sind die Nutzer der Strasseninfrastruktur. Aus Sicht des Verkehrsmanagements sollen sie beeinflusst sowie informiert werden (siehe vorheriger Abschnitt). Die Strassennutzer lassen sich in verschiedene Gruppen unterteilen. Die aus unserer Sicht für ein solches System wichtigste Gruppe nennen wir im Rahmen dieser Forschung den selbstbestimmten und erreichbaren motorisierten Individualverkehr (SEMIV). Er kann FCD liefern und ist durch Lenkungsmassnahmen über sein Navigationssystem beeinflussbar. Die Gruppe ist wie folgt zusammengesetzt:

- Private Fahrzeuglenker des MIV mit einem erreichbaren Navigationsgerät
- Lasttransport Fahrzeuglenker mit einem erreichbaren Navigationsgerät

Nicht Teil dieser Gruppe sind die Fahrzeugführer, welche vorgegebene Routen oder Fahrplänen folgen müssen. Sie können nur informiert, aber nicht durch dieses Verkehrsmodell gelenkt werden, da sie ihre vorgegebene Route nicht verlassen dürfen. Das VM kann den ÖV aber durchaus bevorzugen.

Nicht Teil dieser Gruppe sind weiter die Fahrzeugführer **ohne Navigationsgerät**. Sie können keine individuelle VI z.B. Routenvorschläge empfangen und können somit nicht gleich stark partizipieren. Sie gehören als Abnehmer von breiter Verkehrsinformation zu den sekundären Endkunden des Verkehrsmodells.

Für Europa schätzt die Firma TomTom in ihrem Jahresbericht [57], dass 2010 ca. 30% aller Fahrzeuge mit irgendeiner Art von Navigationssystem ausgerüstet sind (vergleiche auch [60]). Dies kann ein eingebautes Navigationsgerät des Fahrzeugherstellers bzw. Dritter oder eine Navigationsapplikation auf einem Smartphone sein.

Bei für den Einzelnen nachteiligen Routen lassen sich hohe Lenkungsraten von 80% und mehr nur über Bonus- und/oder Malussysteme erreichen (eine entsprechende Ausstattung mit Geräten vorausgesetzt; siehe dazu auch Abschnitt 3.2). Als Lenkungsrate verstehen wir, dass diese Teilgruppe aller Fahrzeuge die Routenvorschläge befolgen. Die Fahrer verzichten dabei bewusst unter Umständen auf die für sie optimale Route. Daher ist das Wissen über eine hohe Lenkungsrate bzw. Partizipation von anderen Verkehrsteilnehmern aus unserer Sicht sehr wichtig für die Akzeptanz der Routenvorschläge. Sind die Routen zu 95% und mehr für den Verkehrsteilnehmer von Vorteil oder nur von geringem Nachteil, ist die Lenkungsrate aus Sicht des Verkehrsteilnehmers nicht relevant. In diesem Fall ist eine Beteiligung am Routing eine individuelle Entscheidung. Für den Verkehrsnetzbetreiber muss zumindest der Aufwand des Routings durch dessen Nutzen kompensiert werden. Der minimale Nutzen bzw. die minimal erforderliche Lenkungsrate hängt somit von den entsprechenden Systemkosten ab.

### 4.3 Outputs

Die primären Outputs für den selbstbestimmten und erreichbaren MIV (SEMIV) sind:

- Individuelle Routenvorschläge
- Verkehrsinformationen

Für diese Outputs haben wir hypothetisch ein minimales zu erreichendes Qualitätsniveau bestimmt. Wir nehmen an, dass dieses nicht unterschritten werden darf, damit das Verkehrsmodell durch den SEMIV als nützlich empfunden wird. In einem weiteren Forschungsschritt muss diese Annahme z.B. im Rahmen einer Befragung oder eines Pilotprojektes validiert werden. Dies liegt ausserhalb dieser konzeptionellen Forschungsarbeit.

#### SLA – Individuelle Routenaufforderung

Die individuelle Routenaufforderung muss aus unserer Sicht die folgenden Qualitätsanforderungen erfüllen:

- **Vollständigkeit des Services:** Die Routeninformation muss geographisch die ganze Schweiz abdecken. Sie muss alle Strassentypen in diesem Perimeter umfassen. Das heisst sowohl die Autobahnen, die Einfallstrassen von Städten sowie auch die Quartiersstrassen. Die Routenvorschläge müssen für jeden Strassenabschnitt die folgenden Ereignisse berücksichtigen.
  - Gesperrt oder befahrbar
  - Befahrbarer Strassenabschnitt
    - Freie Fahrt
    - Stockender Verkehr
    - Stau

Der prozentuale Anteil der relevanten Ereignisse, welche korrekt erfasst wird, muss sehr hoch sein. Wir gehen davon aus, dass z.B. eine gesperrte Strasse sowie Stau in über 95% der Fälle richtig erkannt werden muss.

- **Verfügbarkeit:** Das SVM soll voll automatisiert die Inputs verwerten und daraus die Outputs in angemessener Qualität erstellen. Durch diesen hohen Grad der Automatisierung gibt es keine Beschränkung der Betriebszeiten z.B. durch Arbeitsunterbrüche von Mitarbeitern. Das SVM soll daher 24 Stunden am Tag und sieben Tage pro Woche in Betrieb sein. Dennoch gilt aus unserer Sicht keine zwingende sehr hohe Verfügbarkeit wie für kritische Systeme, z.B. Ampelsteuerungen. Falls das System für eine bestimmte Zeit ausfällt, kann jederzeit die "offline"-berechnete Route des Navigationsgeräteherstellers verwendet werden. Wichtig dabei ist, dass deutlich auf den Offline-Betrieb hingewiesen wird.
- **Servicenote:** Die Servicenote schätzt die Qualitätsanforderungen insgesamt ab. Aus unserer Sicht ist die individuelle Routenaufforderung nicht sicherheitskritisch, da ein Ausfall oder Fehler nicht lebensbedrohliche Auswirkungen hat. Gerade deshalb sehen wir eine Servicenote "normale Qualität" vor. Das heisst, dass die Daten im Normalfall sehr zuverlässig sind. Sie können damit auch für Kontroll- sowie Überwachungsfunktionen eingesetzt werden.

### SLA – Verkehrsinformationen

Die Verwendung von Navigationsgeräten als Kommunikationskanal für individuelle Verkehrsinformation im Sinne eines "Informierens" durch das Verkehrsmanagement wurde im Rahmen des VSS untersucht [10].

## 4.4 Prozessschritt Verkehrsmanagement

### 4.4.1 Bedarf an Variablen zur Beschreibung der Verkehrslage

Aus den Anwendungsfällen des Verkehrsmanagements ergeben sich entsprechende Bedürfnisse an die Verkehrsvariablen (bzw. -parameter). Aus diesen Bedürfnissen ergeben sich wiederum die Anforderungen an ein allfälliges Verkehrsmodell. Die wichtigsten Variablen zur Beschreibung der Verkehrslage sind:

- lokale mittlere Geschwindigkeiten  $v_m(t)$  [km/h] und lokale Verteilungen von  $v(t)$
- lokale Verkehrsdichten  $k(t)$  [Fzg/km]
- Quell-Ziel- (OD), bzw. Routeninformationen
- relevante Ereignisse  $i(t)$

Aus den mittleren Geschwindigkeiten und den Verkehrsdichten lassen sich lokale Verkehrsflüsse  $q(t)$  [Fzg/h] und Rückstaulängen  $l(t)$  ableiten. Quell-Ziel- (OD), bzw. Routeninformationen werden in dieser Arbeit als zusätzliche Hilfsgrößen für die Beschreibung der zukünftigen Verkehrslage vorgeschlagen (siehe Abschnitt 4.5.2). Ereignisse sind relevant wenn sie das Verkehrsgeschehen spürbar beeinflussen. Dazu gehören:

Geplante Ereignisse wie

- Baustellen
- Veranstaltungen

prognostizierbare Ereignisse wie

- Wetter
- Staulagen

und spontaner Ereignisse wie

- Unfälle
- Störungen

### 4.4.2 Anforderungen an die Variablen zur Beschreibung der Verkehrslage

An die Genauigkeit und Aktualität der Verkehrsvariablen werden seitens des Verkehrsmanagements und der Verkehrsteilnehmer hohe Anforderungen gestellt.

- Kleine mittlere Abweichungen (95 Quantil) Verkehrsmodell/Verkehrssystem
- Kurze Rechenzeiten
- Häufige Aktualisierungsintervalle
- Langer Prognosehorizont (innerstädtisch ca. 15 min; überland ca. 120 min)
- Gute Raumabdeckung (insbesondere für kritische Zonen)
- Rückfallebene (falls Online-Input-Daten fehlen)

Zur Bestimmung der Übergänge zwischen frei fließendem (stabilem) und teilgebundenem und gebundenem (instabilem) Verkehr dürfen die mittleren Abweichungen nicht zu gross sein. Grössere Abweichungen bei teilgebundenem und gebundenem Verkehr ( $\Delta v_m > 10\%$ ) verringern generell das Vertrauen in die Verkehrslageerhebung, in die Bewertungen von Varianten der Verkehrsbeeinflussung und in individuelle Routenvorschläge.

Es sind kurze Rechenzeiten erforderlich. Optimal sind Rechenzeiten, die kürzer als die Aktualisierungsintervalle sind. Insbesondere für Prognosen sollten die Berechnungen deutlich schneller als der Verkehr in Echtzeit ablaufen.

Für manuelle Beeinflussungsstrategien reicht ein Aktualisierungsintervall der Variablen ca. alle 5 Minuten aus. Einzig die Verkehrsüberwachung erfordert kürzere Aktualisierungsintervalle insbesondere betreffend Ereignismeldungen (unter einer Minute). Für au-

tomatische Beeinflussungsstrategien sind kürzere Intervalle (im Bereich 1 Minute) wünschenswert.

Der Prognosehorizont ist die Zeit in der Zukunft, für die ein Prognoseverfahren im Mittel noch genauere Ergebnisse liefert als ein statistisches Verfahren auf der Basis von historischen Verkehrslagen. Für längere Horizonte liefern historische Verkehrslagen eine erste Abschätzung.

Zur Generierung von Routenvorschlägen muss die Verkehrslage bzw. -prognose für den kompletten Betrachtungsraum bekannt sein. Dies gilt insbesondere für Sperrungen, den teilgebundenen und den gebundenen Verkehr. Aber selbst bei einem Fokus auf bestimmte Alternativrouten ist eine Kenntnis der kompletten Verkehrslage hilfreich.

Sollten die Online-Input-Daten einmal nicht zur Verfügung stehen, ist es wichtig auf historische Daten zurückgreifen zu können, um (eingeschränkt) handlungsfähig zu bleiben.

### 4.4.3 Auswahl geeigneter Verkehrsmodelle

Aufgrund der hohen Anforderungen an Verkehrsmodelle zur Abbildung der aktuellen Verkehrslage und für Kurzfristprognosen, die nicht alle gleichzeitig erfüllt werden können, geht es darum, einen Kompromiss zu finden, der den Bedürfnissen des Verkehrsmanagements bzw. der Verkehrsteilnehmer am besten gerecht wird.

Kriterien für die Beurteilung der Aussagefähigkeit von Verkehrsmodellen sind neben bereits realisierten Modellgenauigkeiten vornehmlich:

1. Art des Umlegungsmodells  
(keins, aggregiert statisch, aggregiert-dynamisch, agentenbasiert-volldynamisch)
2. Auflösung im Raum (Grösse der Fallbeispiele, räumliche Detaillierung)
3. Auflösung in der Zeit (Aktualisierungsintervalle der Input-Daten, Anzahl der Prognosehorizonte)
4. Rechenzeit (je Zustandsaktualisierung, je Modellanpassung)
5. Lernfähigkeit (laufende Adaption der Verfahrensparameter aufgrund von Vergleichen des Modells bzw. der Prognose mit der Realität)
6. Weniger entscheidend sind:
7. Einbezug des Modal-Split (ja, nein)
8. Näherungsmethoden (Regression, Fouriertransformation, Heuristik etc.)

Für Kurzfristprognosen ist ein dynamisches Umlegungsmodell zwingend erforderlich, zumindest wenn es um die Abbildung komplexer Netzstrukturen geht und nicht darum, vornehmlich die momentanen Online-Daten oder gegensätzlich dazu eine ähnliche historische Verkehrslage abzubilden. Ob die Umlegungen besser aggregiert-dynamisch (makroskopisch) oder agentenbasiert-volldynamisch (mikro- bzw. mesoskopisch) durchgeführt werden sollten, lässt sich nicht eindeutig festlegen, da eine genauere Umlegung Nachteile auf Seiten der Rechenzeit mit sich bringt. Bei der Auflösung im Raum und der Auflösung in der Zeit gilt es ebenfalls einen Kompromiss zwischen möglicher Detailgenauigkeit und notwendiger Rechenzeit zu finden. Wichtig für Online-Verkehrsmodelle ist die laufende Adaption der Verfahrensparameter aufgrund von Vergleichen des Modells bzw. der Prognose mit der Realität. Durch diese Lernfähigkeit wird die Qualität der Ergebnisse ständig kontrolliert und soweit möglich verbessert.

Der Einbezug von Modal-Split-Entscheidungen ist für Kurzfristprognosen in der Regel nicht erforderlich und die Art der verwendeten Näherungsmethoden ist mehr eine Frage der Umsetzung als eine des Verfahrens selbst.

Eine Übersicht über heute verwendete Online-Prognoseverfahren mit ihren jeweiligen Berechnungsverfahren findet sich im Anhang. Die räumliche (strassentypabhängige) Anwendung und das Umlegungsmodell erleichtern eine erste Einteilung der Verfahren. Insbesondere für den städtischen Raum existiert eine Vielfalt an Methoden. Generell ist festzuhalten, dass mehrere Verfahren für den vorliegenden Fokus geeignet sind und darüber hinaus auch eine Kombination verschiedener Verfahren als Modellteilkomponenten

denkbar ist. Dies zeigen z.B. auch Forschungsprojekte in Deutschland und Österreich (siehe Abschnitt zur Datenfusion 2.1.3).

### **Vergleich zwischen Mikrosimulation und makroskopischer Abbildung**

Abbildung von Verkehrsflüssen zwischen zwei Netzknoten:

Je nach Netzgröße sind makroskopisch linkbasierte Modelle (z.B. Lighthill-Whitham, Herman, Kerner-Kohnhäuser-Kühne, Cremer etc.) oder mikroskopisch fahrzeuggesteuerte Modelle (z.B. CA Zellularautomatenmodell, Wiedemann etc.) sinnvoll [8]. Darüber hinaus stellen insbesondere mesoskopische Modelle als Zwischenvariante (CONTRAM, DYNAMIT, DYNASMART etc.) eine geeignete Möglichkeit dar. Im Kontext der Online-Vorhersage werden besonders die Modelle DYNASMART und DYNAMIT als günstig bewertet, die über die Komponente der Verkehrsprognose hinaus auch eine Strategieentwicklung des Verkehrsmanagements beinhalten [12]. Es ist aber zu beachten, dass der Grad an Komplexität auch erhöhte Ansprüche an die Modellkomponenten, insbesondere an die Simulationsgeschwindigkeit setzt.

Auf dem Gebiet der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation existiert heute eine sehr große Anzahl an Modellen, die den Verkehrsfluss beschreiben. Dabei fehlt es aber an etablierten Methoden, die mikroskopische Verkehrsmodelle übergreifend testen und quantitativ vergleichen können [8]. Das DLR hat 10 Modelle (CA Zellularautomatenmodell, OVM Optimal Velocity Model, GIPPSLIKE, Aerde aus Software INTEGRATION, IDM Intelligent Driver Model, IDMM Intelligent Driver Model with Memory, SK\_STAR basierend auf Krauss, Newell CA-Variante, FRITZSCHE aus Software PARAMICS, MitSim aus Software MitSim) getestet und evaluiert. Es zeigte sich, dass die untersuchten Modelle sich in ihren Ergebnissen nicht sehr stark unterscheiden. Die Schwankungen des individuellen Fahrerhaltens scheinen wesentlich größer zu sein als die Unterschiede der Modelle. Generell wurde ausserdem festgestellt, dass eine Kalibrierung und Validierung mit nur wenigen Datensätzen zu Parametersätzen führen kann, die nur schwer übertragbar sind [8]. Somit bilden die heute angewendeten Verfahren eine gute Basis für eine Verkehrsprognose. Generell ist dieses Arbeitsfeld des Verkehrsmanagements aber noch in stetiger Entwicklung, sodass neue Erkenntnisse zu erwarten sind.

## **4.5 Inputs**

Querschnittszähler erfassen den vollständigen Verkehrsfluss an einem bestimmten Strassenquerschnitt. Es wird im Netz jedoch nur ein kleiner Teil der Ströme erfasst. Dagegen nimmt momentan nur ein kleiner Anteil der Verkehrsteilnehmer einen „Live-Service“ in Anspruch und kann demnach FCD liefern. Die räumliche Abdeckung der FCD ist jedoch deutlich besser als die der Querschnittszähler und es werden für das Verkehrsmanagement wichtige Geschwindigkeitsinformationen geliefert. Hier wird ersichtlich, dass eine Datenfusion der verschiedenen Quellen in Kombination mit Verkehrsmodellen ein gutes Bild der aktuellen Verkehrslage abgeben kann – genügend Input-Daten vorausgesetzt. Gängige Verfahren der Datenfusion sind in Abschnitt 2.1.3 aufgelistet. Ergänzend dazu wird in diesem Abschnitt auf die nötigen Ausstattungsdaten, auf den Einbezug zukunftsgerichteter Daten und auf intelligentes Datenmanagement eingegangen.

### **4.5.1 Ausstattungsdaten**

Es ist eine Definition des Datenbedürfnisses notwendig, insbesondere betreffend aussagekräftiger Echtzeit-Daten. Können Daten über längere Zeiträume gesammelt werden reichen kleinere Stichproben aus. An aktuelle Online-Daten für die kurzfristige Verkehrslageermittlung bzw. für Kurzfristprognosen sind die Anforderungen betreffend Erfassungsraten um ein Vielfaches höher. Es sind statistische Überlegungen notwendig um die Aussagekraft von Datenstichproben (abschnittsbezogene Geschwindigkeit und Reisezeit) bzw. umgekehrt, notwendige Ausstattungsdaten der Fahrzeuge für aussagekräftige Daten abzuschätzen.

Um Messungen von Ereignissen auf ihren Wahrheitsgehalt prüfen zu können braucht es mindestens zwei unabhängige Messungen. Sind die Aussagen widersprüchlich reichen oft drei Messungen aus. Mit Hilfe der Poisson-Verteilung lässt sich im Falle „seltener Er-

eignisse“, wie sie bei FCD oft vorliegen, die Wahrscheinlichkeit bestimmen, nach der  $n$  oder mehr Messungen in einem Zeitintervall zustande kommen (siehe z.B. Steinauer et al. [11]):

$$P(\Delta t, x \geq n) = 1 - \sum_{x=0}^{n-1} e^{-\mu} \cdot \frac{\mu^x}{x!}$$

und

$$\mu = q_{FC} \cdot \frac{\Delta t}{t}$$

mit:

P	[-]	Eintrittswahrscheinlichkeit
x	[-]	Anzahl erwarteter Floating Cars
$q_{FC}$	[Kfz/h]	Verkehrsstärke der Floating Cars
$\Delta t$	[min]	Messintervall
t	[min/h]	Referenzintervall (60 min)
$\mu$	[Kfz]	Erwartungswert der FCD bei einer Gleichverteilung der Fahrten je Intervall

Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer genügend grossen Anzahl  $n$  von Messungen hängt neben  $n$  selbst von dem Erwartungswert  $\mu$  ab. Je grösser die Verkehrsstärke bzw. der FC-Anteil auf einem Streckenabschnitt oder das Messintervall sind, desto grösser ist die Eintrittswahrscheinlichkeit.

Tab. 3 Verkehrsstärke der Floating Cars, die vorhanden sein muss, um 3 Messungen zur Ereignisdetektion mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95% durchführen zu können.

P = 95% x = 3	Messintervall [min]							Legende:
	1	2	3	4	5	10	15	
Verkehrsstärke $q_{FC}$ [Fz/h]	378	189	126	95	76	38	25	< 100 100 - 200 > 200

Der notwendige Stichprobenumfang an FCD für eine repräsentative Aussage zu den aktuell realisierten Geschwindigkeiten variiert je nach Verkehrszustand (frei fliessender oder gebundener Verkehr). Die erforderliche Stichprobengrösse lässt sich nach Steinauer et al. [[11] wie folgt annähern:

$$n \geq \frac{t_{\alpha, m}^2 \cdot N \cdot \sigma^2}{t_{\alpha, m}^2 \cdot \sigma^2 + (N - 1) \cdot e_a^2}$$

mit:

$n$	Notwendiger Stichprobenumfang
$t_{\alpha, m}$	Wert der Studentverteilung für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha$ bei $m$ Freiheitsgraden ( $t = 1.96$ für das Konfidenzniveau $S = 1 - \alpha = 0.95$ und $m > 500$ ).
$e_a$	Zulässiger absoluter Fehler der Mittelwertschätzung
$\sigma$	Standardabweichung der Grundgesamtheit
$N$	Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit

Der Zusammenhang zwischen notwendigem Stichprobenumfang (bei  $t = 1.96$ ,  $e_a = 3$  km/h), Verkehrsstärke  $N$  und der Standardabweichung  $\sigma$  ist in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4 Anteil der Fahrzeuge, die bei der Messung erfasst werden müssen, um die gewünschte Genauigkeit der Geschwindigkeitsschätzung zu erreichen (Konfidenzniveau: 0.95, Fehler der mittleren Geschwindigkeit: 3 km/h)

		Standardabweichung $\sigma$ [km/h] (aus Vorerhebung)						
		1	5	10	15	20	25	30
Verkehrsstärke N [Fz/h]	500	0.20%	6.00%	20.40%	36.60%	50.60%	61.60%	69.80%
	1000	0.10%	3.10%	11.40%	22.40%	33.90%	44.50%	53.60%
	1500	0.07%	2.07%	7.87%	16.13%	25.47%	34.80%	43.47%
	2000	0.05%	1.60%	6.00%	12.60%	20.40%	28.60%	36.55%
	2500	0.04%	1.28%	4.88%	10.32%	17.00%	24.24%	31.56%
	3000	0.03%	1.07%	4.10%	8.77%	14.60%	21.07%	27.77%
	3500	0.03%	0.91%	3.54%	7.60%	12.77%	18.63%	24.77%
	4000	0.03%	0.80%	3.10%	6.73%	11.35%	16.68%	22.38%
	4500	0.02%	0.71%	2.78%	6.02%	10.22%	15.11%	20.40%
	5000	0.02%	0.64%	2.50%	5.44%	9.30%	13.80%	18.74%
	5500	0.02%	0.58%	2.27%	4.98%	8.53%	12.71%	17.33%
	6000	0.02%	0.53%	2.08%	4.58%	7.87%	11.77%	16.12%

Legende:

< 10 %
10 - 25 %
> 25 %

#### 4.5.2 Lösungsansatz: Einbinden individueller Fahrtwünsche

Mit Hilfe von Navigationssystemen könnten neben den FCD auch Quell-Ziel-(OD)-Informationen bzw. die geplanten Routen an das Verkehrsmanagement übermittelt werden. Mit einer genügend grossen Anzahl dieser zukunftsgerichteten Daten wäre es möglich, z.B. die zukünftige Querschnittsbelastung abzuschätzen. Dabei bestehen Unsicherheiten sowohl bezüglich des genauen Zeitpunkts der Durchfahrt am jeweiligen Querschnitt, als auch bezüglich der Repräsentativität der Stichproben. Aufgrund dieser Unsicherheiten sind je Querschnitt ca. 20% und mehr erfasste Fahrzeuge für eine Hochrechnung erforderlich. Je geringer die Verkehrsstärke, desto grösser muss die Erfassungsrate zukunftsgerichteter Daten sein (vergleiche Tab. 4).

Die zukunftsgerichteten OD- bzw. Routen-Informationen können in Verkehrsmodelle zur Erfassung der zukünftigen Verkehrslage direkt als Quell-Ziel-Informationen integriert werden. Sie ersetzen ähnliche Fahrten, die im jeweils betrachteten Modell hinterlegt sind. Damit lassen sich in das jeweilige Prognoseverfahren Abweichungen der Quell-Zielmuster von historisch bekannten Routenverbindungen einbeziehen.

Generell ist im Zuge der Betrachtung von zukunftsgerichteten Daten wichtig zu wissen, wann der Verkehrsteilnehmer sein Ziel kennt und wann dieses für die Leitzentrale verfügbar ist. Je nach Wegezweck und Verkehrssystem sind verschiedene Umstände gegeben, die eine detaillierte Betrachtung notwendig machen (siehe dazu Abschnitt 5.2).

##### Inputs

Die primären Inputs für die Verkehrsprognose sind:

- Quelle-Ziel-Information
- Zukunftsgerichtete Online-Daten für die Verkehrsprognose

##### SLA – Quelle-Ziel-Information

Die Quelle-Ziel-Information muss geographisch die ganze Schweiz abdecken. Sie muss alle Strassentypen in diesem Perimeter umfassen. Das heisst sowohl die Autobahnen als auch die Quartierstrassen.

Die Quelle-Ziel-Information muss für jeden selbstbestimmten und erreichbaren Fahrzeuglenker eindeutig erfasst werden. Sowohl die Quelle als auch das Ziel muss ein bestimmter Strassenabschnitt sein.

Der prozentuale Anteil der Strassenabschnitte, welche korrekt erfasst werden, muss sehr hoch sein. Ansonsten wird dem Endkunden eine Route von einem falschen Startpunkt oder zu einem falschen Endpunkt angezeigt.



### 4.5.3 Intelligentes Datenmanagement

Die Kommunikationskosten (vergleiche Abschnitt 3.3), aber auch die Verarbeitbarkeit von Informationen durch den Nutzer, machen es notwendig nur diejenigen Informationen zu übertragen, die für die Erhebung der Verkehrslage, die Schätzung einer Verkehrsprognose oder die Information des Verkehrsmanagements oder der Verkehrsteilnehmer einen Mehrwert bringen. Dieser Wert der Information sollte die jeweiligen Übertragungskosten übersteigen, andernfalls wird das System schnell zu teuer, zu energieaufwendig, oder die Informationen sind uninteressant bzw. führen zu einer Reizüberflutung der Nutzer (vergleiche [66]).

Für die Schätzung der Verkehrslage sind beispielsweise die Änderungen der Verkehrszustände von frei fließendem über gebundenen bis zu stockendem Verkehr besonders interessant. Gelingt es im Navigationssystem solche Zustandsänderungen vor Ort zu erkennen, muss eine Übertragung der Daten nicht so häufig erfolgen. Der regelmässige Datenaustausch kann auf einen Test der Verbindungsqualität beschränkt werden. Ansonsten kann ereignisbasiert übertragen werden. Sind für einen Streckenabschnitt mehr FCD vorhanden, als aufgrund von Abschätzungen zur Ausstattungsrate notwendig, ist es denkbar, nur von einer Stichprobe die abschnittsbezogenen Daten abzufragen.

Verkehrszustände, die ein Eingreifen des Verkehrsmanagements nötig machen, sollten diesem abgestuft nach Relevanz angezeigt werden. Das gleiche gilt auch für Informationen an die Verkehrsteilnehmer, die automatische Informationen nur abgestimmt auf deren aktuelle Bedürfnisse erhalten sollten. Nur wenn z.B. Routenänderungen bedeutend sind, sollte eine Bestätigung des neuen Routenvorschlags vom Verkehrsteilnehmer verlangt werden. Denn jede Information lenkt die Aufmerksamkeit des Verkehrsteilnehmers vom Fahren und der Beobachtung des ihn umgebenden Verkehrs ab.

## 4.6 Suppliers

Einen Überblick über mögliche Suppliers in der Schweiz mit ihren Erfassungssystemen findet sich in Tab. 5. Die Fähigkeit einen Beitrag für das SVM zu leisten ist in Kapitel 5 untersucht.

Tab. 5 Mögliche Suppliers des SVM mit ihren Erfassungssystemen

<b>Bahnbetreiberin</b>
Automatische Fahrgastzählung im öffentlichen Verkehr
Betriebsleitsysteme Bahnverkehr
Rechnergestützte Betriebsleitsysteme ÖV (RBL)
<b>Fährbetreiberin, Bahnbetreiberin</b>
Autoverladung (Fähre, Bahn)
<b>Fahrzeughersteller</b>
Extended Floating Car Data (XFCD, herstellerabhängig)
<b>Flotten-Betreiberin (Spedition, Logistik, Taxi, Ausendienst)</b>
Fleet-FCD (Flottenmanagementsysteme)
<b>Flugzeugbetreiberin (z.B. DLR, Armee)</b>
Fernaufklärung - F-SAR
<b>GPS-Mobilfunkgeräte Applikationshersteller</b>
Floating Phone Data (GPS-Probes)
<b>Mobilnetz-Betreiberin</b>
Floating Phone Data (Mobiltelefone)
<b>Navigationsgerätehersteller (TomTom, Garmin, usw.)</b>
Floating Car Data FCD
<b>Oberzolldirektion</b>
LSVA On Board Unit (TRIPON OBU)
<b>Parkhausbetreiberin, Schwerverkehrsmanagement</b>
Schranken an Parkplätzen/Parkhäuser
Belegungssensoren an Parkplätzen und in Parkhäusern
<b>Polizei, Feuerwehr, Sanität (Gemeinde, Kantone)</b>
Einsatzleitsysteme / Interventionssysteme BORS
Meldung spontane Ereignisse (MSE)
<b>Satellitenbetreiberin (z.B. DLR)</b>
Fernaufklärung - S-SAR
<b>Strassenbetreiberin (Gemeinde, Kantone, Bund)</b>
Automatische Nummernschildwiedererkennung (ANPR)
Ereignisdetektion durch Analyse an einem Messquerschnitt
Induktionsschleifen (Doppelschleifen)
Induktionsschleifen (Einfachscheifen) im Bereich von Lichtsignalanlagen
Infrarotsensoren
Laser
Musterwiedererkennung
Radar- und Mikrowellensensoren
Ultraschallsensor
Verkehrszählung von Hand
Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt
Meldung geplante Ereignisse (MGE)
Wiedererkennung von BluetoothID's
Baustellenmanagement (BMS)

## 5 Verwertbarkeit von Online-Daten

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Online-Daten als Input für das SVM in Frage kommen, d.h. als Grundlage für die Berechnung einer Verkehrslage bzw. Prognose dienen können. In Form einer Evaluation wurde für diese Online-Daten untersucht, inwieweit diese, die nicht funktionalen Anforderungen gemäss Abschnitt 4.1.1 erfüllen. Da viele der untersuchten Daten zum heutigen Zeitpunkt noch nicht verfügbar sind, wird ein Ausblick gegeben, welche Datenquellen dies mittelfristig oder langfristig sein werden.

### 5.1 Vorhandene Erfassungssysteme

Eine Übersicht über die verschiedenen Inputs für das SVM der verschiedenen Kategorien von Erfassungssystemen wird in Tab. 6 gegeben. Erfassungssysteme ohne Input für das SVM sind nicht weiter untersucht worden. Viele statische Erfassungssysteme wie Induktionsschleifen, automatische Nummernschild-Wiedererkennung (ANPR) oder Ultraschallsensoren werden in der Kategorie "stationäre online Zähler" (SOZ) zusammen gefasst und gemeinsam bewertet.

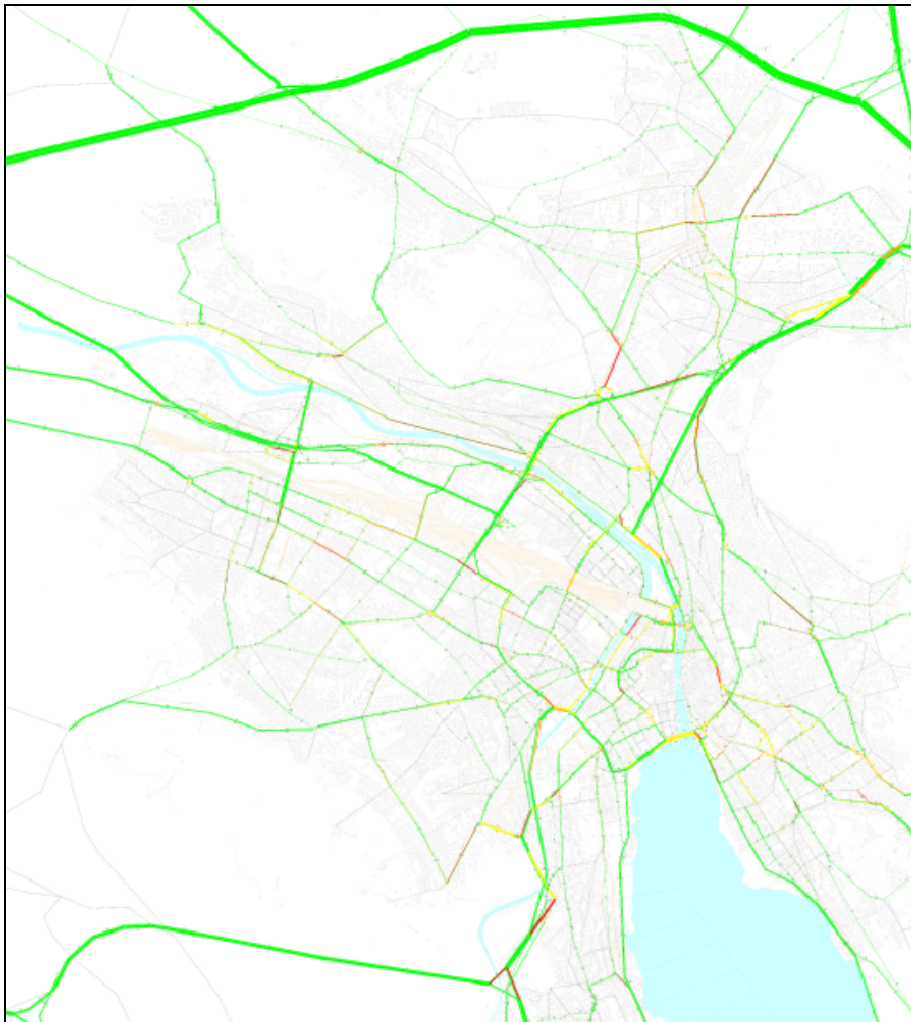


Abb. 9 Verkehrslage basierend auf stationären online Zähler in einer Schweizer Stadt, 2011

Tab. 6 Input für das SVM der verschiedenen Kategorien von Erfassungssysteme

<b>Zukunftsgerichtete Daten (z.B. Reiseziel)</b>
<b>FFCD (Fleet Floating Car Data)</b> z.B. Taxi-FCD (Flottenmanagementsysteme)
<b>FCD (General Floating Car Data)</b> Floating Car Data FCD
<b>RBL ÖV (Rechnergestützte Betriebsleitsysteme des öffentlichen Verkehrs)</b> Rechnergestützte Betriebsleitsysteme ÖV (RBL)
<b>XFCD (eXtended Floating Car Data)</b> Extended Floating Car Data (XFCD, herstellerabhängig)
<b>Jetztgerichtete Daten zur Beschreibung der Verkehrslage</b>
<b>BMS (Baustellenmanagementsystem)</b> Baustellenmanagement (BMS)
<b>FFCD (Fleet Floating Car Data)</b> z.B. Taxi-FCD (Flottenmanagementsysteme)
<b>FPD (Floating Phone Data)</b> Floating Phone Data basierend auf aktiven und passiven Mobiltelefone Floating Phone Data basierend auf GPS-Probes von Smartphones
<b>FVB (Fährverbindungen)</b> Autoverladung (Fähre, Bahn)
<b>F-SAR (Flugzeug Fernaufklärung)</b> Fernaufklärung - F-SAR
<b>FCD (General Floating Car Data)</b> Floating Car Data FCD
<b>LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe)</b> LSVA On Board Unit (TRIPON ÖBU)
<b>MGE (Meldung geplanter Ereignisse)</b> Meldung geplante Ereignisse (Event, Sport, etc.)
<b>MSE (Meldung spontaner Ereignisse)</b> Meldung spontane Ereignisse (Unfall, Tiere auf Fahrbahn, etc.)
<b>PARK (Parkleitsysteme)</b> Schranken an Parkplätzen/Parkhäuser bzw. Warteräumen Belegungssensoren an Parkplätzen, Parkhäusern und Warteräume
<b>RBL ÖV (Rechnergestützte Betriebsleitsysteme des öffentlichen Verkehrs)</b> Extended Floating Car Data (XFCD, herstellerabhängig)
<b>SOZ (Stationäre Online Zähler)</b> Automatische Nummernschild Wiedererkennung (ANPR) Ereignisdetektion durch Analyse an einem Messquerschnitt Induktionsschleifen (Doppelschleifen) Induktionsschleifen (Einfachschleifen) im Bereich von Lichtsignalanlagen Infrarotsensoren Laser Musterwiedererkennung Radar- und Mikrowellensensoren Ultraschallsensor Verkehrszählung von Hand Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt Wiedererkennung von BluetoothID's
<b>S-SAR (Satelliten Fernaufklärung)</b> Fernaufklärung - S-SAR
<b>XFCD (eXtended Floating Car Data)</b> Extended Floating Car Data (XFCD, herstellerabhängig)
<b>Keine Verwertung möglich</b>
<b>BORS (Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit)</b> Einsatzleitsysteme / Interventionssysteme BORS
<b>ÖV Stat.</b> Automatische Fahrgastzählung im öffentlichen Verkehr

## 5.2 Vorgehen: Interpretationshilfe zur verwendeten Darstellung

Die Analyse der Verwertbarkeit von Online-Daten für die Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung basiert für die heutige sowie für zukünftige Situation auf der gleichen Darstellungsweise. Die Tab. 7 ist das zentrale Instrument sowie dessen Visualisierung anhand

von 2 x 2 Quadranten.

### 5.2.1 Aufbau der „Tab. 7 Analyse der Eignung von Erfassungssystemen als Input für Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung“

In der Tab. 7 fassen wir die Verwertbarkeit der verschiedenen Suppliers von Online-Daten anhand eines Teils der Kriterien aus der ISO/TR 21707:2008 [29] zusammen. Der Aufbau der Tabelle besteht aus den folgenden Punkten:

1. Es werden die Online-Daten der verschiedenen Suppliers zum heutigen Zeitpunkt angeschaut. Online-Daten der Suppliers sind z.B. Meldungen geplanter Ereignisse (MGE), Floating Phone Data (FPD) etc.
2. Für die Online-Daten werden die verschiedenen Eingangsgrößen dargestellt. Diese sind z.B. die ermittelte mögliche Verkehrsdichte, Reisegeschwindigkeit etc.
3. Die Online-Daten sind gemäss ihrem Stadium aufgeteilt. Zuerst sind diejenigen Online-Daten aufgelistet, deren Verwertung heute zum Standard gehören. Das Stadium ist aufgeteilt in
  - a. Konzept/Prototyp
  - b. Erste produktive Anwendungen
  - c. Allgemeine produktive Anwendungen
4. Die Gesamtnote wird aus den fünf zugewiesenen Noten berechnet. Dabei wird keine Gewichtung vorgenommen, d.h. sie entspricht dem Durchschnitt.
5. In diesen Spalten wird markiert, ob es sich bei der Eingangsgröße um eine zukunfts- oder jetztgerichtete Angabe handelt. Zukunftsgerichtete Eingangsgrößen dienen ausschliesslich für die Berechnung einer Verkehrslageprognose.
6. In den einzelnen Spalten wird eine Bewertung bezüglich einem Teil der Kriterien aus der ISO/TR 21707:2008 [29] vorgenommen.

Supplier - Heute	3	4	5	6					
Input	Gesamtnote (ungewichtet)	Zukunftsgerichtet	Jetztgerichtet	Stadium [K, ER, AR]	Vollständigkeit, räuml. Abdeckung, Strassentypen	Verfügbarkeit, Betriebszeiten	Servicequalität	Korrektheit, Genauigkeit der Verkehrsdaten	Zeitrechnung, Aktualität der Verkehrsdaten
<b>Allgemeine Anwendungen</b>									
Meldung geplante Ereignisse (MGE)	5.6			AR	6	6	6	5	5
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Unfall)			Vlage						
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage						
<b>Floating Phone Data (FPD)</b>									
GPS-Probes	4.9			ER	4	6	5	4.5	5
passive Geräte	4.4			AR	3	6	5	3	5
aktive Telefonate	4.4			AR	2	6	5	4	5
Zeit Ort (Fahrzeugposition)			Quelle						

Abb. 10 Aufbau der Tab. 4 – Analyse der Eignung von Erfassungssystemen als Input für Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung

### 5.2.2 Aufbau des 2 x 2 Quadranten

Die Abb. 13 visualisiert die verschiedenen Online-Daten aus der Tab. 4 in einem 2 x 2 – Quadrant. Der Aufbau des Quadranten ist in Abb. 11 aufgezeigt. Die Darstellung besteht aus vier Quadranten:

- 1. Quadrant: In diesem Quadrant sind diejenigen Online-Daten dargestellt, welche im Stadium der allgemeinen produktiven Anwendung sind und zukunftsgerichtete Kenngrößen als möglichen Input einer Verkehrsprognose liefern.
- 2. Quadrant: Dieser Quadrant zeigt die Online-Daten, welche im Stadium des Konzeptes sind und zukunftsgerichtete Kenngrößen als möglichen Input einer Verkehrsprognose liefern.

- 3. Quadrant: In diesem Quadranten sind jene Online-Daten dargestellt, welche im Konzeptstadium sind und jetztgerichtete Kenngrössen als möglichen Input einer Verkehrslageberechnung liefern.
- 4. Quadrant: In diesem sind jene Online-Daten dargestellt, welche im Stadium der allgemeinen produktiven Anwendung sind und jetztgerichtete Kenngrössen als möglichen Input einer Verkehrslageberechnung liefern.

Jeder Quadrant ist in drei Sektoren unterteilt. Diese stellen die aktuelle Durchschnittsnote aus der Tab. 4 dar. Ein Beispiel ist der Online-Daten Typ "Floating Phone Data" mit GPS-Probes. Die verkehrsrelevanten Kenngrössen sind z.B. die Reisegeschwindigkeit und damit jetztgerichtete Informationen. Für diesen Online-Daten Typ gibt es bereits erste produktive Anwendungen. Dennoch ist noch keine allgemeine produktive Anwendung in der Schweiz erfolgt. Mit der Einteilung "jetztgerichtet" sowie "erste produktive Anwendungen" wird das GPS-Probes zwischen dem 3. und 4. Quadranten eingezeichnet. Da die Gesamtnote einer 4.9 entspricht, liegt diese am oberen Ende des gelben Bereiches. Die Bereiche sind:

- Grün - Oben: Die Gesamtnote liegt bei mehr oder gleich 5.0.
- Gelb - Mitte: Die Gesamtnote liegt zwischen 4.0 und 5.0.
- Rot - Unten: Die Gesamtnote liegt unter 4.0.

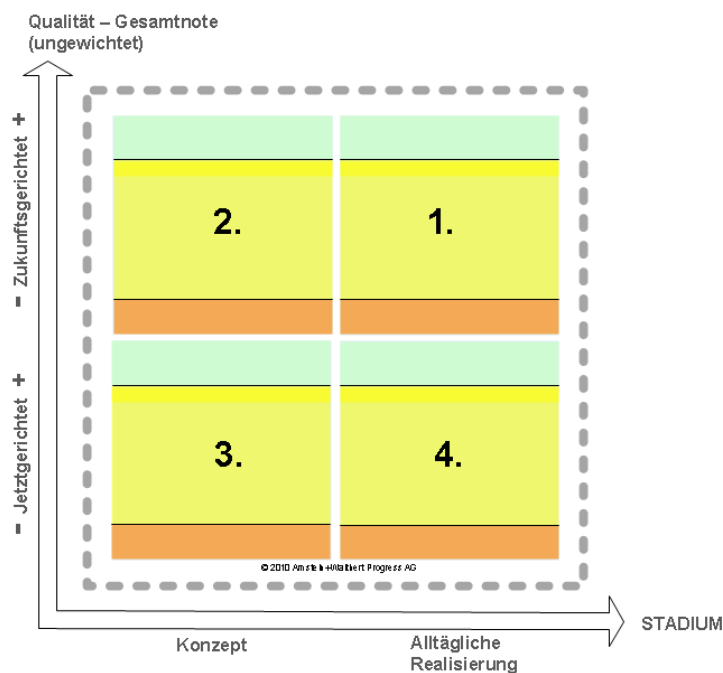


Abb. 11 Schema des 2 x 2 Quadranten aus 1. bis 4. Quadrant

### 5.3 Analyse der Ist-Situation

Die existierenden Online-Daten [46] sind aufgrund ihrer Verwertbarkeit für das System gesichtet worden. Um einen Einfluss für das System zu haben, müssen die erfassten Daten einen Nutzen für das SVM haben und die Qualitätskriterien gemäss Abschnitt 4.1.1 erfüllen.

In der Tab. 6 sind die aus unserer Sicht relevanten Erfassungssysteme und Grössen für die Berechnung der Verkehrsprognose sowie der Verkehrslage durch das SVM aufgelistet. Jede Kategorie wird in Bezug auf die Eignung für das System untersucht und bewertet. Die verschiedenen Bewertungskriterien werden im ersten Teil dieses Kapitels aufgeführt und erläutert. Der Erfüllungsgrad ist folgendermassen definiert und in Tab. 7 dargestellt:

- Erfüllt – Das Kriterium ist erfüllt. Die Schulnote liegt im Bereich von fünf bis sechs. Das Feld ist mit der Farbe Grün eingefärbt.

- Teilweise Erfüllt – Das Kriterium ist nur teilweise erfüllt. Die Schulnote liegt im Bereich zwischen vier und fünf. Das Feld ist mit der Farbe Gelb eingefärbt.
- Nicht Erfüllt – Das Kriterium ist nicht erfüllt. Die Schulnote liegt im Bereich unter vier. Das Feld ist mit Rot eingefärbt.
- Unbekannt – Das Kriterium kann zurzeit nicht bewertet werden. Das Feld ist mit einem Gedankenstrich versehen. Insofern liegt kein gesichertes Forschungsergebnis vor. Bei Inputs aus der konzeptionellen Phase haben wir eine Einschätzung vorgenommen.

Das aktuelle Stadium des Inputs für das Verkehrsmanagement wird in die folgenden Kategorien aufgeteilt:

- Konzept – Für die Verwendung dieses Erfassungssystem als mögliche Quelle von verkehrsrelevanten Daten, sind erste Konzepte im Rahmen von wissenschaftlichen Publikationen bekannt. Es gibt noch keine Prototypen oder längerfristige Pilotversuche. In der Tabelle wird dies mit einem "K" dargestellt und mit der Farbe Rot hinterlegt.
- Erste Produkte/Pilote – Für die Verwendung dieses Erfassungssystem als mögliche Quelle von verkehrsrelevanten Daten sind erste Produkte oder grössere Pilote dokumentiert. Es gibt aber noch keine alltäglichen Produkte. In der Tabelle wird dies mit einem "EP" dargestellt und mit der Farbe Gelb hinterlegt.
- Allgemeine Produkte – Für die Verwendung dieses Erfassungssystem als mögliche Quelle von verkehrsrelevanten Daten sind mehrere Produkte auf dem Markt und werden eingesetzt. In der Tabelle wird dies mit einem "AP" dargestellt und mit der Farbe Grün hinterlegt.

Die Ergebnisse der Tab. 7 sind in Abb. 12 zusammengefasst. In dieser Darstellung sind die, unserer Einschätzung nach, für das SVM relevanten Inputs der Erfassungssystem bezüglich Stadium und Qualität dargestellt. Für jede Kategorie von Erfassungssystemen ist auf der horizontalen Achse das aktuelle Stadium gemäss obigen Kategorien ersichtlich. Je weiter rechts sich ein Erfassungssystem befindet, desto reifer ist das Stadium. In der Vertikalen wird unterschieden, ob ein Erfassungssystem zukunftsgerichtete Daten liefert und so einen Beitrag an die Prognose leistet oder nicht. Je besser die Gesamtnote in Tab. 7 ist, desto höher ist das Erfassungssystem im Diagramm angeordnet.

Für das Verkehrsprognoseverfahren ist der obere rechte Quadrant der interessanteste. Dies sind zukunftsgerichtete Online-Daten, welche aktuell schon verfügbar sind. Für einzelne Erfassungssysteme wie FCD, rechnerbasierte Betriebsleitstellen des öffentlichen Verkehrs oder die LSVAs werden die von uns vorgenommenen Bewertungen detailliert in den folgenden Subkapiteln diskutiert.

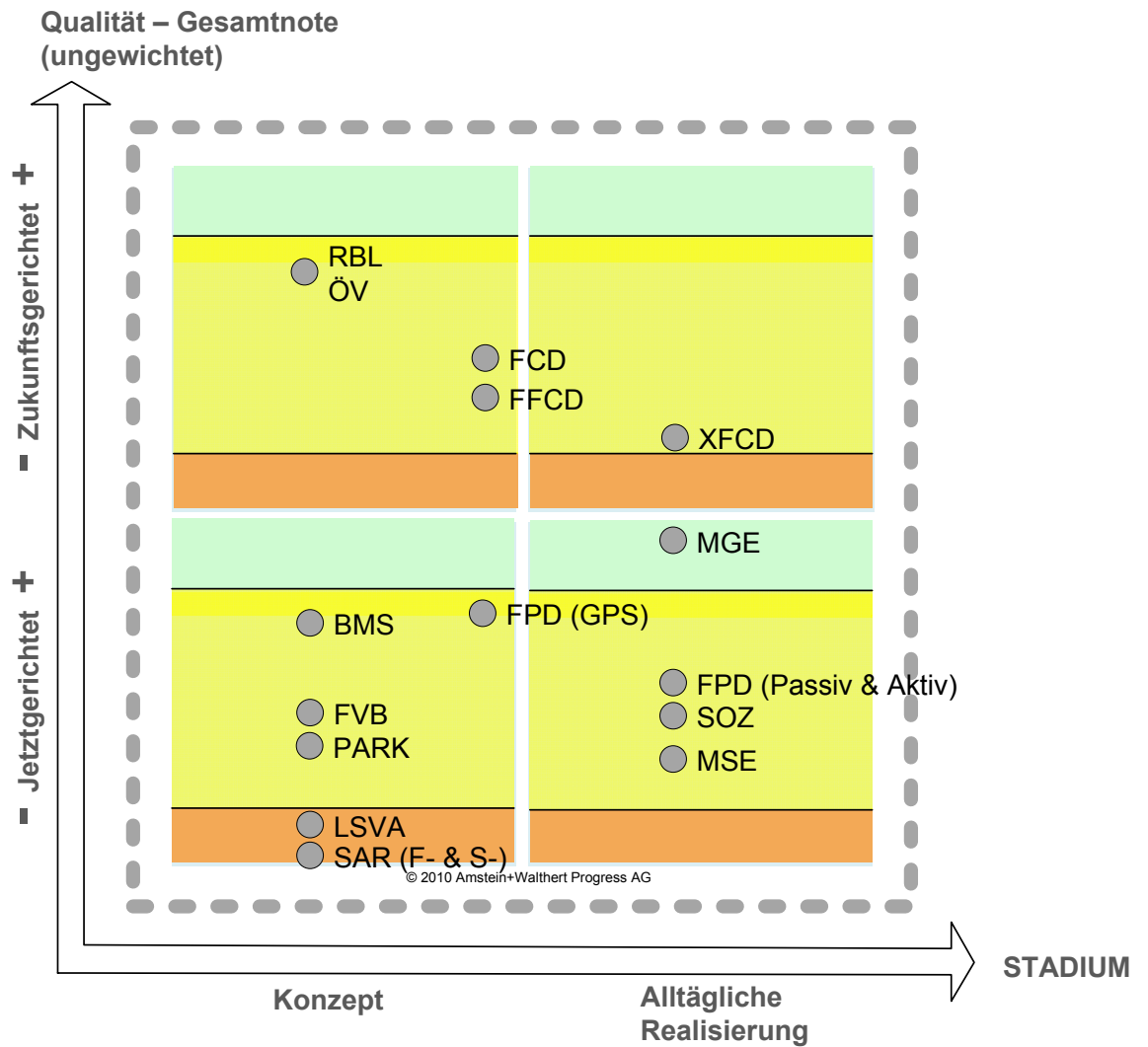


Abb. 12 Einschätzung, der für das SVM relevanten Inputs der Erfassungssystem bezüglich Stadium und Qualität (siehe Tab. 7 Analyse der Eignung von Erfassungssystemen). Glossar der Abkürzungen in Tab. 6 Input für das SVM der verschiedenen Kategorien von Erfassungssystemen.



Tab. 7 Analyse der Eignung von Erfassungssystemen als Input für Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung

Supplier - Heute										
Input	Gesamtnote (ungewichtet)	Zukunftsgerichtet	Jetztgerichtet	Stadium [K, ER, AR]	Vollständigkeit, räuml. Abdeckung, Strassentypen	Verfügbarkeit, Betriebszeiten	Servicezeit	Korrektheit, Genauigkeit der Verkehrsdaten, Zeitrechnung, Aktualität der Verkehrsdaten		
<b>Allgemeine Anwendungen</b>										
Meldung geplante Ereignisse (MGE)	5.6			AR	6	6	6	5	5	
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Unfall)			Vlage							
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage							
Floating Phone Data (FPD)										
GPS-Probes	4.9			ER	4	6	5	4.5	5	
passive Geräte	4.4			AR	3	6	5	3	5	
aktive Telefonate	4.4			AR	2	6	5	4	5	
Zeit Ort (Fahrzeugposition)			Quelle							
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
Stationäre Online Zähler (SOZ)										
Lokale Geschwindigkeit v. Fahrzeugklassen	4.4			AR	3	4.5	5	4.5	5	
Verkehrsdichte			Vlage							
Meldung spontane Ereignisse (MSE)										
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Unfall)	4.2			AR	3	5	4	5	4	
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage							
Extended Floating Car Data (XFCD)										
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.2			AR	1	6	4	5	5	
Ziel			Ziel							
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
<b>Erste Pilote / Anwendungen</b>										
Floating Car Data (FCD)										
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.5			ER	3	6	4	4.5	5	
Ziel			Ziel							
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
Fleet-FCD (FFCD)										
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.3			ER	2	6	4	4.5	5	
Ziel			Ziel							
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
<b>Konzeptionelle Phase</b>										
Baustellenmanagement (BMS)										
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Baustelle)	4.8			K	3	6	5	5	5	
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage							
Rechnergestützte Betriebsleitsysteme ÖV (RBL)										
Wegstrecke	4.8			K	2	5	5	6	6	
Wegstrecke			Ziel							
Reisezeit			Vlage							
Reisegeschwindigkeit			Vlage							
Fahrplanabweichung			Vlage							
Parkplatz Sensorik (PARK)										
Belegungsgrad	4.3			K	1	5	5	4.5	6	
Wartezeit			Vlage							
Autoverladung (FVB)										
Reisegeschwindigkeit (lokal)	4.4			K	1	6	5	5	5	
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
LSVA On Board Unit (LSVA)										
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	3.8			K	1	6	3	6	3	
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage							
Fernaufklärung (F-SAR & S-SAR)										
Fahrzeugabstände	3.3			K	3	2	5	4.5	2	
Verkehrsdichte			Vlage							
Geschwindigkeit			Vlage							

### 5.3.1 Generell

Die Bewertung der Faktoren erfolgt ohne eine Wichtung. Eine sinnvolle Gewichtung kann aber einen bedeutsamen Mehrwert darstellen und ist je nach Verwendungsweise der Tabelle noch zu definieren. Die Bewertung erfolgte durch das Forschungsteam basierend auf wissenschaftlichen Publikationen und durch eigene Erfahrungen. Im Rahmen eines Workshops wurden die Bewertungen durch die Begleitkommission sowie weitere Fachexperten diskutiert, angepasst und damit objektiviert.

Für die stationären Online-Zähler (SOZ) wurde aufgezeigt, dass die räumliche Abdeckung sehr vom Strassentyp sowie von der Örtlichkeit abhängt. So ist die Anzahl von Online-Zählern auf den Nationalstrassen nahezu angemessen für ein Verkehrsmanagement und vorhandene Lücken werden aktiv geschlossen. In der Stadt Zürich bzw. Genf ist auch eine hohe Dichte vorhanden. Dennoch ist die räumliche Abdeckung auf anderen Strassentypen nicht gegeben. Weiter gilt es festzuhalten, dass die Verfügbarkeit sowie die Korrektheit der stationären Online-Zähler noch nicht optimal sind. Beispielsweise sind oft Abweichungen von bis zu 10-15% bei der Messung von Geschwindigkeiten der Fall.

Für die Parkplatz Sensorik (PARK) gilt es mindestens zwei Anwendungsfälle zu unterscheiden. Einerseits kann der Belegungsgrad von Parkhäusern bzw. Parkfeldern erfasst werden, andererseits wird im Rahmen des VMZ-CH ein aktives Management der Warterräume des Schwerverkehrs betrieben (z.B. Rheinfelden und Ripshausen). Die automatische Erfassung der Belegung der Warterräume ist noch nicht von der gewünschten Genauigkeit bzw. Verfügbarkeit. Der heutige Stand ist, dass aber für diese beiden Anwendungsfälle keine Integrationen in die Berechnung einer Verkehrslage bzw. Verkehrsprognose in der Schweiz erfolgt.

### 5.3.2 Analyse aktive FCD

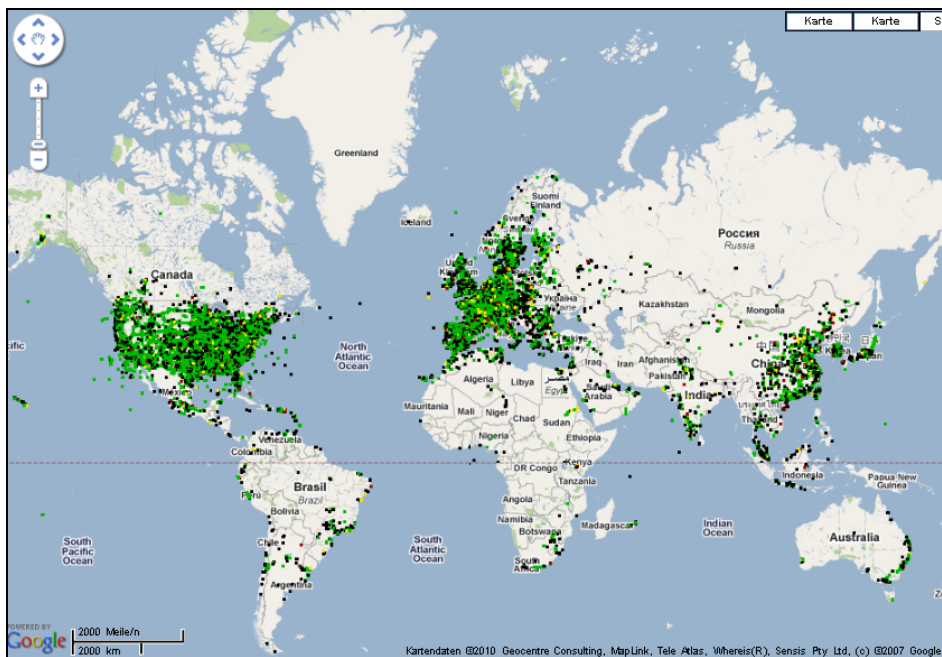


Abb. 13 FCD basierend auf GPS-fähigen mobilen Kommunikationsgeräten mit Tracking-Software (g-lob.com)

#### Definition

Floating Car Data (FCD) sind Verkehrsinformationen über Reisezeit und Reisegeschwindigkeiten für eine Menge von Strassensegmenten. Dabei wird für eine Stichprobe des MIV analysiert, wie diese sich auf den Strassen fortbewegt.

Die Qualität der Floating Car Data hängt unter anderem von der Fähigkeit der Stichprobe ab, die Grundgesamtheit des MIV zu repräsentieren. Dies hängt wiederum direkt von

dem prozentualen Anteil der Stichprobe von der Grundgesamtheit ab.

Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze von FCD. Dies sind passive FCD und aktive FCD [45]. Die passiven FCD werden aus einem stationären Verkehrserfassungssystem gewonnen. Ein mögliches Szenario ist der Einsatz von stationären Baken sowie an den Fahrzeugen der Stichprobe angebrachte Erkennungstags. Bei jedem Baken werden die Fahrzeuge der Stichprobe identifiziert und damit die Routen und die Reisegeschwindigkeit deren Fahrtabschnitte interpoliert. Eine Herausforderung ist die Tatsache, dass das System auf dem Bereich zwischen zwei Baken blind ist. Somit kann nicht festgestellt werden, falls Fahrzeuglenker eine Zusatzschleife gefahren sind.

Die aktiven FCD bestehen aus einem kontinuierlichen Signal der geographischen Position der Fahrzeuge der Stichprobe. So übermitteln die Fahrzeuge z.B. alle 30 Sekunden ihre Position an eine Auswertungsstation. Anhand dieser Position wird für jedes Fahrzeug, die in den letzten 30 Sekunden zurückgelegte Strecke sowie die mittlere Geschwindigkeit errechnet. Daraus lässt sich dann die mittlere Reisezeit sowie die Routenwahl, für die gesamte Stichprobe aggregieren.

Die mit einem Navigationsgerät ausgerüsteten Fahrzeuge sind Teil der Stichprobe des MIV des jeweiligen Gerätelieferanten. Während der Fahrt sammelt das Navigationsgerät die verkehrlichen Daten und übermittelt diese an den Lieferanten.

In dieser Auswertung gehen wir auf die aktiven FCD ein. Unterarten der aktiven FCDs sind hier aufgelistet:

- FCD: Generelle FCD - FCD von Fahrzeugen mit einem Navigationsgerät sowie einer angemessen genauen Ortungsfunktionalität (z.B. GPS).
- FFCD: Fleet-FCD [45] - Generelle FCD, aber die Stichprobe des MIV besteht ausschliesslich aus den Fahrzeugen einer Flotte
  - einer Taxiunternehmung in einem bestimmten Perimeter z.B. Grosstadt.
  - einer Speditionsunternehmung
  - einer Aussendienstunternehmung usw.
- XFCD - Extended-FCD [6] - Ähnlich wie generelle FCD, aber die Stichprobe des MIV besteht ausschliesslich aus Fahrzeugen eines bestimmten Fahrzeuglieferanten (z.B. BMW, Mercedes, usw.). Ungleich Navigationssysteme von Drittanbietern, wurde in diese Fahrzeuge vom Fahrzeugbauer ein Navigationssystem direkt in das Fahrzeug integriert und hat so Zugriff auf eine Vielzahl der Sensoren des Fahrzeuges (z.B. CAN-Bus). Diese Integration bietet z.B. den Vorteil, dass gewisse Gefahren auf der Strasse durch das Fahrzeug erfasst werden, wie z.B. Glatteis, und die genaue Position sowie der Zeitpunkt wird als Verkehrsinformation durch den XFCD Kanal verteilt. Das XFCD ermöglicht das gegenseitige Informieren von Fahrzeugen des gleichen Herstellers.

### **Funktionale Anforderungen**

Die funktionalen Anforderungen an ein FCD sind die Ermittlung der folgenden Daten pro Fahrzeug:

- Zeit Ort (Fahrzeugposition) der Fahrzeuge
- Anzufahrendes Ziel der Fahrzeuge
- Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt) der Fahrzeuge
- Berechnete Grösse: Reisezeiten für Strecken
- Berechnete Grösse: Strassenzustand

### **Qualitative Anforderungen**

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch FCD sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services**

Die geographische Abdeckung des Strassennetzes ist davon abhängig, dass die aktuelle Position genügender Fahrzeuge feststellbar und übermittelbar ist (z.B. Satellitenempfang für GPS, Abdeckung durch Mobilefunknetz).

Für generelles FCD ist eine Abdeckung sämtlicher Strassentypen theoretisch möglich. Das bedingt einen kontinuierlich ausreichenden Anteil des MIV als Stichprobe. In der Praxis gibt es unserem Wissen nach, kein entsprechendes produktives System.

- **FFCD:** Für Fleet-FCD ist die geographische Abdeckung beschränkt auf das operationelle Gebiet des Unternehmers sowie auf einen kontinuierlich ausreichenden Anteil der Flotte (z.B. Taxis) auf den zu messenden Strassensegmenten. In der Forschung ist der geographische Perimeter im Normalfall eine Grosstadt sowie deren Hauptstrassen [9]. Grundsätzlich ist anzumerken, dass z.B. für Taxis als Flotte in einer Grosstadt Klärungsbedarf in der Forschung besteht, bezüglich der Stabilität der Vollständigkeit der FFCD. Oftmals nehmen Taxis Schleichwege und umfahren die staugefährdeten Stellen. Gerade deshalb kann es für diese Stau-Situationen vorkommen, dass keine Informationen durch FFCD existieren.
- **XFCD:** Für das produktive XFCD eines grossen Deutschen Automobilherstellers (engl. In-dash) ist dieses auf Autobahnen eingeschränkt [6]. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies für andere Hersteller ähnlich ist. Für andere Strassentypen braucht es eine grössere Anzahl von ausgerüsteten Fahrzeugen sowie auf Grund der Kosten für die Übermittlung der Daten via Mobilefunknetz eventuell neue Kommunikationskanäle wie Car-2-I, Car-2-Car oder Car-2-X.
- **FCD:** Zu FCD gibt es viele unterschiedliche Produkte. Ein sehr bekanntes ist HD Traffic der Firma TomTom. FCD wird dabei als die wichtigste Quelle für die Berechnung einer Echtzeitverkehrslage bezeichnet. TomTom wechselt als Referenzmodell von TMC zu einem von ihnen geprägten offenen Georeferenzierungsstandard OpenLR [39], um mit höheren Auflösungen in Siedlungsgebieten arbeiten zu können. In der Schweiz könnten mit TMC für ca. 16000 km Segmente FCD berechnet werden. Durch den Wechsel auf OpenLR soll sich diese Zahl erhöhen.

- **Verfügbarkeit:**

Die Dienste zur Erfassung von Verkehrsdaten mittels FCD sind im Stadium erster einzelner halb-produktiver Anwendungen. Über die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit ist noch wenig bekannt.

Grundsätzlich gibt es für alle drei Typen der FCD als vollautomatisches Erfassungssystem keine Beschränkung der Betriebszeiten. Die Verfügbarkeit der Informationen in einer minimalen Qualität sind abhängig von der Anzahl und Verteilung der partizipierenden Fahrzeuge. Je stärker die minimale Durchdringungsrate überschritten wird, desto besser kann das System mit einzelnen Ausfällen von partizipierenden Fahrzeugen umgehen.

- **Servicenote:**

Im heutigem Stadium der generellen und extended FCD Dienste ist eine Einstufung "Eingeschränkte Qualität" gerechtfertigt. Die Qualität hängt von noch nicht beherrschten sekundären Faktoren wie z.B. der Durchdringungsrate sowie der Verteilung der Fahrzeuge ab. Für Fleet-FCD werden diese Faktoren als aus unserer Sicht beherrschbar betrachtet. Die Servicenote ist daher „normale Qualität“.

- **Korrektheit:**

Im Rahmen einer Forschungsarbeit wurde für ein Taxi-basiertes Fleet-FCD die Korrektheit der berechneten Verkehrsinformation an bestimmten Stichtagen auf der Hauptverkehrsachsen von Berlin untersucht. Mittels Testfahrten wurde überprüft, ob die auf Basis von den aktuellen, mittels FCD berechneten, Reisezeiten und Verkehrszuständen mit den in der Realität gemessenen, übereinstimmen.

Es wurde für die Reisezeiten ein mittlerer Fehler von ca. 10% Abweichung von der realen Reisezeit berechnet. Der kleinste Fehler lag bei ca. 7% Abweichung und der grösste bei ca. 15% Abweichung. Im Rahmen der Arbeit wurde weiter festgestellt, dass ca. 80% aller Fahrtzeiten der Testfahrten im Bereich der Standardabweichung der Taxi-Fahrtzeiten lagen [9].

Im Rahmen des Workshops mit Experten sowie der Begleitkommission im April 2011 in Bern wurde ein Konsens gefunden, dass die Abweichung bei FCD sowie FFCD im Normalfall bei ca. 20-30% liegen kann. Für XFCD wurde hingegen festgehalten, dass im Normalfall die Korrektheit höher liegt, da mehr Informationen durch den Zugriff auf die Sensoren der Fahrzeuge als Grundlage vorliegen. Von diesen Zahlen wurde in der Tabelle ausgegangen.

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Die FCD Dienste liefern Angaben über den Ort, das anzufahrende Ziel und die Reisegeschwindigkeiten der Fahrzeuge. Daraus werden die Reisezeiten sowie der Strassenzustand für Streckensegmente berechnet.

Zu den Angaben spezifischer Präzision für diese Grössen kann gesagt werden, dass die Georeferenzierung unterschiedlich gehandhabt wird. Einerseits sind Navigationsgeräte auf dem Markt, welche die Koordinaten bezüglich der Position auf der unter Umständen proprietären Strassenkarte mit Kilometrierung und Strassennummer angeben, andererseits geben andere Navigationssysteme die Koordinaten z.B. in Form von GPS Koordinaten an das zentrale System weiter.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der FCD Dienste erfolgt zeitkritisch. Das heisst für die Latenz zwischen der Erfassung in den Fahrzeugen, der Übermittlung an die Zentrale sowie der Berechnung der für den MIV relevanten Kenngrössen, darf nicht zu viel Zeit vergehen.

Die zulässige Latenz ist aus unserer Sicht primär von den fokussierten Strassentypen abhängig. Soll der FCD Dienst primär für Nationalstrassen die Lage anzeigen, so können Detektionszeiten von ca. 10 Minuten als vertretbar betrachtet werden. Dies wird aber heute z.B. von BMW nicht erreicht. Auf einer Hauptstrasse im Stadtverkehr ist eine Detektionszeit von ca. 10 Minuten aus unserer Sicht eher ungenügend, da die Fahrtzeiten sowie Routen oftmals eher kurz sind und daher auf aktuellere Angaben angewiesen sind [9].

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.

- **Sensoreigenschaften:**

Die FCD können auf verschiedene Arten berechnet werden. Oftmals werden FCD später mit anderen Daten fusioniert z.B. mit historischen Ganglinien. Dennoch sind FCD Daten grundsätzlich entweder Rohdaten aus den Navigationsgeräten oder im Rahmen eines mathematischen Modells [1] [5] [21] berechnete Grössen.

- **Ownership:**

Die in den Navigationsgeräten der Fahrzeuge erfassten Daten über das Reiseziel, den aktuellen Ort oder die Geschwindigkeit gehören grundsätzlich dem Fahrzeugführer. Im Rahmen von Verträgen für den Betrieb von Navigationsgeräten zwischen der Betreiberin und den Fahrzeugführern treten diese die Rechte für die Verwertung teilweise an die erstere Partei ab. Im Normalfall gilt es, die Daten vor oder nach der Übermittlung zu anonymisieren, d.h. die Personalien des Fahrzeugführers können nicht mehr aus den Daten festgestellt werden. Die Anonymisierung im Bereich von GPS-Tracking ist ein aktives Forschungsgebiet der Computer Kryptographie, ein Einstiegsbeispiel findet sich in [24]. Die Ownership der anonymisierten FCD Daten liegt im Normalfall bei der Betreiberin des FCD Services. Bei Extended FCD ist es oftmals der Fahrzeuglieferant. Bei Fleet-FCD gehören die Daten dem juristischen Vehikel, welches die Daten vom Flottenbetreiber bezieht.

### 5.3.3 Analyse FPD

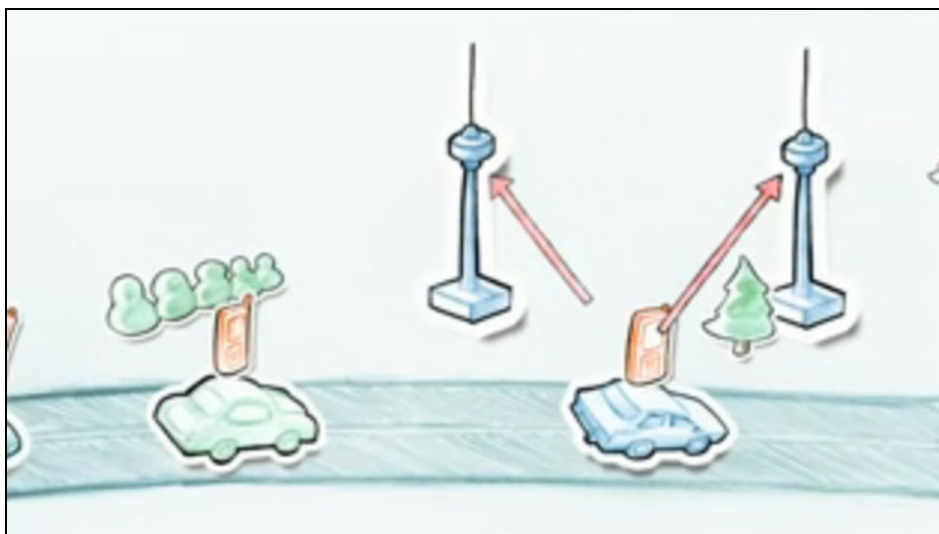


Abb. 14 Floating Phone Data durch Ortung der mobilen Kommunikationsgeräten in Fahrzeugen (c) Navteq Services GmbH, 2009

#### Definition

Floating Phone Data (FPD) auch Net-Floating Car Data [18] genannt, sind Verkehrsinformationen über die Reisezeit und die Reiserouten für Strassensegmente. Dabei wird für eine Stichprobe aller Fahrzeugführer analysiert, wie diese sich auf dem Verkehrsnetz fortbewegen [56].

Die Qualität der Floating Phone Data hängt unter anderem vom Grad der Fähigkeit ab, wie die Stichprobe den MIV repräsentiert. Die Grösse der Stichprobe sowie die Ähnlichkeit der Verhältnisse der Zusammensetzung der verschiedenen Fahrzeugtypen relativ zur Grundgesamtheit sind unter anderen wichtige Qualitätskriterien.

Die Grundlage von Floating Phone Data ist die in zeitlichen Abständen abgeleiteten Positionsangaben von mobilen Telefonendgeräten aus der Mobilfunkkommunikation. Aus diesen werden die Bewegungsrouten der mobilen Geräte rekonstruiert. Die rekonstruierten Routen können mit denen der Fahrzeuge gleichgesetzt werden, wenn sich die Geräte in einem sich aktiv fortbewegenden Fahrzeug des MIV befinden. Die Reisezeiten sowie Reiserouten des gesamten MIV werden auf Basis eines aus solchen hypothetischen Fahrzeugrouten aggregierten Gesamtbildes des Verkehrs berechnet.

Die Bereitstellung von Floating Phone Data umfasst im Überblick die folgenden Schritte [50]:

- Erfassung von anonymisierten Mobilfunkrohdaten (Network Probes) durch die Mobilfunknetzbetreiberin
- Ortung der mobilen Endgeräte durch spezielle Ortungsverfahren [65]
- Testen der Hypothese, ob sich das mobile Kommunikationsgerät in einem Fahrzeug des fließenden MIV befindet (Cluster-, Korrelations- sowie Unschärfeanalysen) [25]
- Ermittlung der wahrscheinlichsten zurückgelegten Wegstrecke im Strassennetz-Modell

Diese Auflistung bietet einen Überblick über die inhärenten Fehlerquellen der FPD. Bei der Bereitstellung von FPD sind diese durch spezifische Massnahmen auf ein angemessenes Niveau zu reduzieren:

- Berechnete vs. reale Position des mobilen Endgerätes [14]
- Berechnete Annahme, dass sich das mobile Endgerät in einem Fahrzeug befindet vs. realer Ort [28]

- Berechnete vs. reale Position des Fahrzeuges mit einem mobilen Endgerät

Gerade weil FPD viele inhärente Unsicherheiten mit sich bringen, entscheidet die Raffinesse der Validation über die Qualität der bereitgestellten Daten.

Floating Phone Data werden zur Detektion der Verkehrslage in mehreren Produkten auf dem Markt eingesetzt. Für mehrere Grossstädte in Europa ist z.B. die Verkehrsinformation in quasi Echtzeit der Firma TomTom [44] oder Google Traffic Info [20] erhältlich. Die Firma TomTom deckt dabei z.B. in Deutschland ca. 26'000 Kilometer Strasse ab. Die Daten-Verwertungskette ist von Datenschutzbeauftragten abgesegnet sowie seit 2009 archiviert [7].

### **Funktionale Anforderungen**

Die funktionalen Anforderungen sind die Ermittlung der folgenden Kennzahlen pro Streckensegment:

- Level of Service (LOS): Stau, Dichter Verkehr, fliessender Verkehr etc.
- Mittlere Routenwahl

### **Qualitative Anforderungen**

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch FPD sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services:**

Um die funktionellen Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt durch FPD erfüllen zu können, braucht es auf allen zu überwachenden Strassen eine ausreichende Anzahl georteter mobiler Kommunikationsgeräte im MIV. Die Geräte bilden die Daten-Stichprobe für die FPD, um eine Aussage über die Gesamtheit des Strassenverkehrs zu erstellen. Eine mathematische Möglichkeit der statistischen Verallgemeinerung ist der Einsatz von Maximum-Likelihood Schätzung.

Die geographische Abdeckung des Strassennetzes ist daher unter anderem davon abhängig, von wie vielen Strassen im zu überwachenden Netz prozentual zu einem bestimmten Zeitpunkt, die kritische Stichprobengrösse erreicht wird. FPD hat eine sehr gute Abdeckung von Autobahnen oder von Ausfallstrassen von Grossstädten. Keine oder eine ungenügende Abdeckung bietet FDP mangels der Grösse der Stichprobe im innerstädtischen Verkehr [47] (siehe Abb. 12). Das Produkt HDTraffic von TomTom verwendet FPD unter anderem in Kombination mit FCD ihrer Navigationsgeräte, um Aussagen auch über weitere Strassen einer Stadt zu ermöglichen [44].

- FPD mit aktiven und passiven Telefonen:

FPD mit aktiven und passiven Telefonen ohne GPS-Ortung basieren primär auf der Technologie Circuit Switched GSM. Die Telefone werden durch Stärke des Signals zu Handymasten-Zellen zugeteilt. Da das Signal von aktiven Telefonen, d.h. während dem Führen eines Gesprächs, stärker ist, kann auch eine genauere Zuweisung zu den Handymasten erfolgen und damit eine höhere Abdeckung als bei Passiven.

- FPD mit GPS-Probes:

Die Technologie Packet Switched durch UMTS oder GPRS in den neuen 3G oder 4G Geräten ist noch wenig diskutiert [58]. In der Tab. 4 haben wir diesen Ansatz als FPD mit GPS-Probes bezeichnet. Es zeichnet sich durch eine höhere Korrektheit der Lokalisierung aus, indem die Ortung durch ein GPS-Signal in Kombination mit Informationen durch die Handymasten verknüpft wird. Daher ist das Potenzial für die Abdeckung weiterer Strassentypen bei einer höheren Durchdringungsrate vorhanden. Ein interessantes Beispiel ist das GPS-basierte Google Info Traffic, welches die exakte Position des mobilen Endgerätes auf der Karte übermittelt.

Zusammenfassend gehen wir im Rahmen dieser Beurteilung davon aus, dass FPD im heutigen Stadium seine Stärken im Bereich Autobahnverkehr hat. Somit ist die geogra-

phische Abdeckung des Agglomerations- bzw. Stadtverkehrs in der Forschung oder Praxis noch nicht nachgewiesen.

- **Verfügbarkeit:**

Die Dienste zur Erfassung von Verkehrsdaten mittels FPD sind im Stadium erster halbproduktiver Anwendungen im Rahmen aktiver Forschung. Für Erfahrungen aus dem Einsatz von FPD durch TomTom liegen unseres Wissens keine öffentlichen Angaben vor. Die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit können heute noch nicht abgeschätzt werden.

Grundsätzlich gibt es für FPD als vollautomatisches Erfassungssystem keine Beschränkung der Betriebszeiten. Die Verfügbarkeit der Informationen in einer minimalen Qualität ist abhängig von der Anzahl und Verteilung der georteten mobilen Kommunikationsgeräte in Fahrzeugen.

- **Servicenote:**

Im heutigen Stadium der FPD Dienste jeglicher Art ist eine Einstufung "normale Qualität" für Autobahnen und Einfallstrassen gerechtfertigt. Die Qualität hängt zwar von sekundären Faktoren wie z.B. der Durchdringungsrate von Fahrzeugen mit einem mobilen Kommunikationsgerät sowie der Verteilung der Fahrzeuge ab, diese erscheinen aber bei hohen LOS des Verkehrs auf diesen Strassentypen beherrschbar.

- **Korrektheit:**

Experimentell wurde in einer Arbeit [28] untersucht, wie sich die Stichprobengrösse zur Qualität der Verkehrsinformation verhält. Die Kernaussage ist, dass für eine Messung pro Minute der Verkehrsgeschwindigkeit auf Strassensegmenten von 250m Länge, die kritische Grösse der Stichprobe bei 40% der Fahrzeuge liegt. Dabei wird eine durchschnittliche Abweichung vom realen Wert von 20% als akzeptabel erachtet. Für eine durchschnittliche Abweichung von ca. 10% bedingt es einer markant grösseren Stichprobe von ca. 70% der Fahrzeuge.

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Die FPD Dienste liefern Angaben über den Ort der mobilen Kommunikationsgeräte, die Reisegeschwindigkeit der Fahrzeuge, die Reisezeiten für Strecken sowie der Strassenzustand für Streckensegmente.

Zu den Angaben spezifischer Einheiten für diese Grössen kann gesagt werden, dass die Georeferenzierung unterschiedlich gehandhabt wird. Je nach zugrunde liegendem Standard wie GSM, GPRS oder UMTS liegen die Daten in anderer Form und Auflösungsgrad vor.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der FPD Dienste erfolgt zeitkritisch. Das heisst für die Latenz zwischen der Erfassung der mobilen Kommunikationsgeräten, der Übermittlung an die Zentrale sowie der Berechnung der Kenngrössen darf nicht zu viel Zeit vergehen.

Die zulässige Latenz ist aus unserer Sicht primär von den fokussierten Strassentypen abhängig. Soll der FPD Dienst primär für Nationalstrassen die Verkehrslage interpolieren, so können Detektionszeiten für Änderungen vom Level of Service von ca. 10 Minuten als vertretbar betrachtet werden. Mit den heutigen Durchdringungsraten von Fahrzeugen mit mobilen Geräten als Anteil des MIV auf Nationalstrassen, wird dies erreicht.

Auf einer Hauptstrasse im Stadtverkehr ist eine Änderungs-Detektionszeit von 10 Minuten aus unserer Sicht ungenügend. Die Fahrtzeiten sowie Routenwahl sind kürzer bzw. variabler. Es braucht daher eine aktuellere Verkehrslage [9]. Eine Detektionszeit im Bereich von Minuten wird als sinnvollere Frequenz betrachtet. Dies wird durch FPD erreicht.

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.



- **Sensoreigenschaften:**

Die FPD können auf verschiedene Arten erhoben werden. Oftmals werden FPD später mit anderen Daten fusioniert z.B. mit historischen Ganglinien oder FCD. Dennoch sind die FPD Daten grundsätzlich entweder die Rohdaten der Bewegung von mobilen Kommunikationsgeräten oder im Rahmen eines mathematischen Modells [18] daraus berechnete Größen.

- **Ownership:**

Die aus dem zugrunde liegenden Standard GSM, GPRS oder UMTS erfassten Daten über den aktuellen Verbindungsstatus des mobilen Kommunikationsgeräts gehören grundsätzlich der Mobilfunknetzbetreiberin.

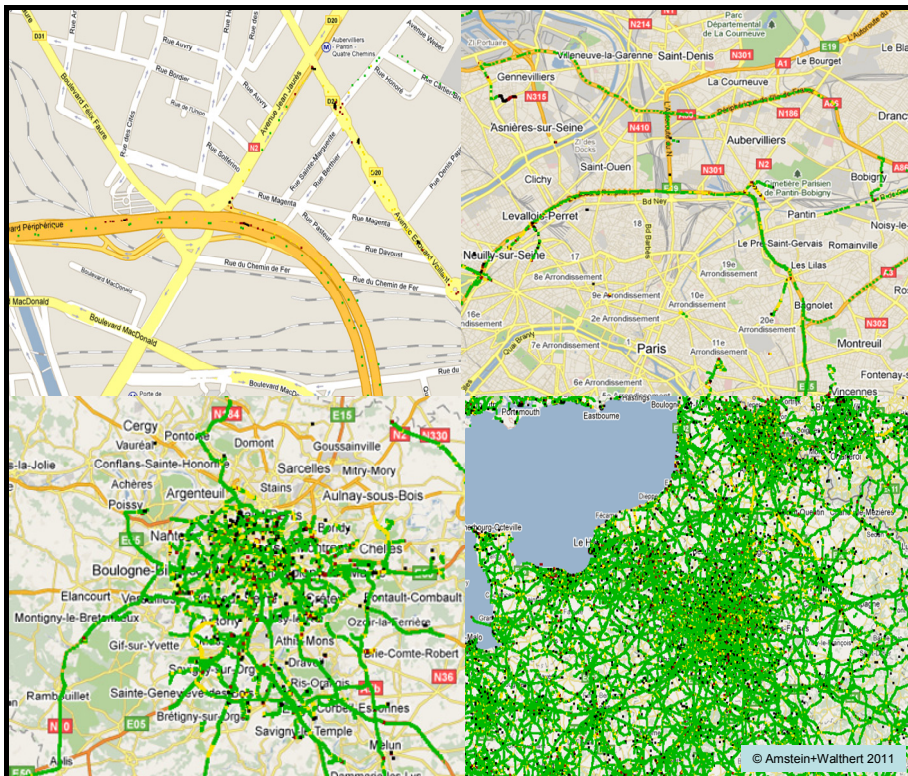


Abb. 15 FPD mit GPS-Probes am Beispiel von Paris. Oben Rechts sind die einzelnen mobilen Endgeräte der Stichprobe des MIV erkennbar. Für jedes Endgerät ist eine Geschwindigkeit mit Rot, Gelb und Grün angegeben.

Vor der Weitergabe solcher Informationen an Dritte durch die Netzbetreiberin, gilt es diese zu anonymisieren. Die Personalien des Besitzers des mobilen Kommunikationsgerätes können danach nicht mehr festgestellt werden.

### 5.3.4 Analyse Fernerkundung anhand von Luftbilder, F-SAR & SAR

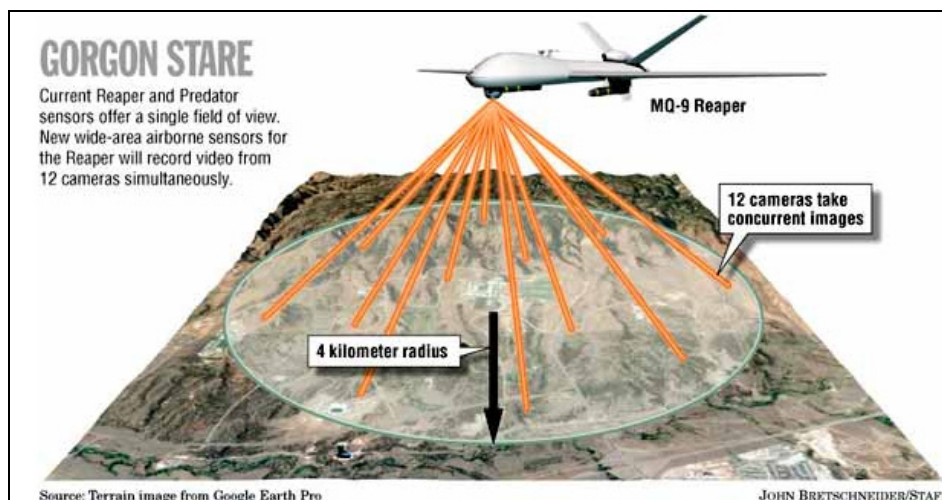


Abb. 16 Fernaufklärung mittels Drohne auf einem Radius von 4 Kilometer aus 3000m erscheint mittelfristig als finanziell machbar (c) J. Bretschinger, 2010

#### Definition

Die Fernerkundung (engl. Remote Sensing) kann definiert werden als die Erfassung von Informationen über ein lokal begrenztes oder unbegrenztes Phänomen, ohne dieses physisch zu berühren, z.B. mit Hilfe eines Flugzeuges, Helikopters oder Satelliten.

Aus Sicht der Erfassung von Verkehrsinformation gibt es zum jetzigen Zeitpunkt zwei Richtungen in der aktuellen Forschung. Einerseits ist dies die Anwendung von Flugzeugen insbesondere von unbemannten Luftfahrzeugen (engl. UAV) und andererseits die Nutzung der Möglichkeiten von Satelliten.

Sowohl Satelliten als auch Flugzeuge erstellen verschiedene Typen von Serien von Luftbildern. Eine Art der Luftbilder ist Synthetic Aperture Radar (SAR). Dieser Radar tastet ein Band der Landschaft mit einer Auflösung im einstelligen Meterbereich ab. Ein SAR kann sowohl an einem Flugzeug (F-SAR) [3], als auch an einem Satelliten (S-SAR) [43] angebracht werden. Die Auflösung der Bilder erlaubt es nicht, einzelne Fahrzeugtypen zu unterscheiden.

Erste Versuche mit Luftbildern wurden in Deutschland durch das German Aerospace Center (DLR) während des Papstbesuches im Jahre 2005 sowie der Weltmeisterschaft im Jahre 2006 [42] betreut. Momentan befasst sich das DLR mit der weiteren Erforschung von SAR [56] als Datenquelle für das Verkehrsmanagement. Ein aktuelles Projekt ist VABENE von 2010 bis 2014. Das Ziel ist die Entwicklung von ersten Software-Tools für das Verkehrsmanagement in Ausnahmesituationen (Katastrophen, Grossereignis, Notfälle, etc.) [41].

Erste Versuche mit Luftbildern wurden in der Schweiz im Rahmen der Euro2008 als Hilfsmittel für die Einsatzkräfte zur verkehrlichen Überwachung von zentralen Autobahnkreuzen bzw. Agglomerationen unternommen. Im Rahmen des VMZ-CH wurde im Jahre 2009 abgeklärt, ob der Einsatz von Luftbildern von Drohnen nützlich, wirtschaftlich und effizient erfolgen kann. Das Synergiepotenzial mit dem evaluierten Partner, der Armee, war aber nicht gegeben, unter anderem da die VMZ-CH die Luftbilder zur Beurteilung von Ereignissen benötigt und solche zu nicht vorhersagbaren Zeitpunkten auftreten. Weiter konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von Kameras als gleichwertig betrachtet wird<sup>1</sup>.

Die Verwendung von Satelliten aus Sicht Verkehrsmanagement ist ein aktives Forschungsgebiet und eine aktive Verwertung findet unserem Wissen nach noch nicht statt.

<sup>1</sup> VMZ-CH, Drohne VMZ-CH, telefonische Auskunft P. Schirato 2011

Die signifikanten Fortschritte in der Entwicklung und dem Einsatz zur Fernerkundung durch UVAs haben zur aktiven Erforschung der potenziellen Nutzung für die Erfassung von Verkehrsinformationen geführt [22]. Der Vorteil des Einsatzes von UAVs ist die hohe Auflösung der Bilder bis in den Bereich von wenigen Zentimeter durch die tiefere Flughöhe als Satelliten. Somit ist es möglich, einzelne Fahrzeugmodelle in den Flugbildern zu identifizieren. Im Rahmen eines Experimentes wurde dem Betreiber des öffentlichen Verkehrs in einer amerikanischen Grossstadt UAVs zur Verfügung gestellt. Diese wurden eingesetzt, um zur Stosszeit die Routen der eingesetzten Busse präventiv nach Hindernissen abzusuchen und allfällige Störungen zu umfahren (z.B. falsch parkierte Fahrzeuge). Mit diesen Bildern konnten korrigierende Massnahmen ausgewählt und umgesetzt werden.

### **Funktionale Anforderungen**

Die funktionalen Anforderungen sind die Ermittlung der folgenden Kennzahlen pro Streckensegment:

- Verkehrsdichte
- Durchschnittliche Geschwindigkeiten
- Zustand der Infrastruktur bei Katastrophen (z.B. Fluten, Brückeneinsturz)
- Strassenzustand: Dichter Verkehr, Stau, fliessender Verkehr

### **Qualitative Anforderungen**

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch die verschiedenen Arten der Fernerkundung sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services**

Um die funktionellen Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt durch Fernerkundung erfüllen zu können, braucht es auf allen zu überwachenden Strassen eine ausreichende Serie von Luftbildern in einer angemessenen Auflösung und Aktualität.

Ein heutiger basierter SAR Satellit tastet einen Landschaftskorridor von ca. 20 km oder mehr ab. Die Auflösung liegt im Bereich von 1m bis 2m [3]. Um Aussagen über die Änderung der Verkehrszustände machen zu können, geht das DLR von der Notwendigkeit von neuen Bildern alle 20 Minuten aus. Heute existiert kein solches Satellitensystem mit diesen Fähigkeiten. Mittelfristig ist ein solches System nicht geplant und wird aus finanziellen Gründen als nicht realistisch betrachtet.

Eine kostengünstigere und als langfristig machbarere betrachtete Alternative ist der Einsatz von UAVs. Je nach Flughöhe können diese höhere Auflösungen bieten. Eine aktive Drohne des amerikanischen Militärs kann mit Hilfe von 16 Kameras ein 360° Bild einer Stadt aus ca. 3000m Höhe mit einer Auflösung im Zentimeterbereich [63] erfassen. Das Fluggerät kann ca. 10-15h in der Luft sein und sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 300km/h fortbewegen.

Was bedeutet dies für die Schweiz? Für ein Rechteck von 350 km Breite und 240km Höhe bräuchte es unter diesen Annahmen ca. 105 solcher Drohnen um jeden Quadratkilometer alle 20 Minuten zu erfassen. Ein solches Rechteck überdeckt gerade die Schweiz (siehe Abb. 14). Die Metropolregion Zürich mit ca. 2100 Quadratkilometer benötigte ca. drei solcher UAVs für eine Erfassungsfrequenz von 20 Minuten für jeden Quadratkilometer. Die UAVs der neuesten Generation sind Helikopter und erfassen ein doppelt so grosses Gebiet [34]. Die nötige Anzahl UAVs für die Überwachung würde sich damit schon um 50% reduzieren. Dieser Trend wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter fortsetzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Potenzial für die geographische Abdeckung sowohl der Autobahnen und Hauptverkehrsachsen als auch weiterer Strecken für uns langfristig als technisch realisierbar erscheint. Natürlich bedingt die Luftaufnahme je nach Art der Abtastung freie Sicht von oben, was nicht überall zu jeder Zeit gegeben ist.

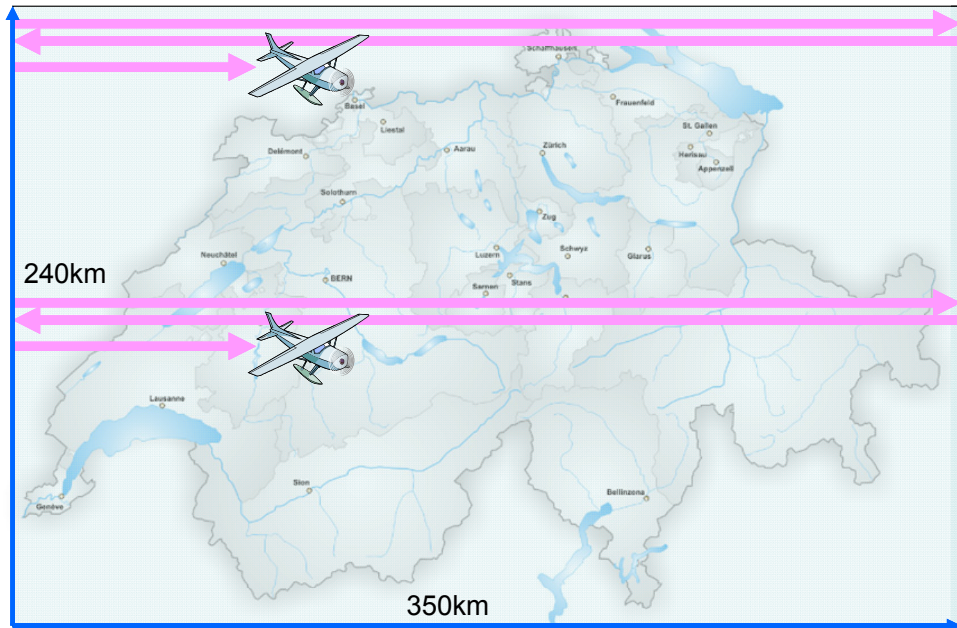


Abb. 17 ca. 100 moderne UAV könnten die Schweiz alle 20 Minuten mit einer Auflösung im Bereich von Zentimetern erfassen

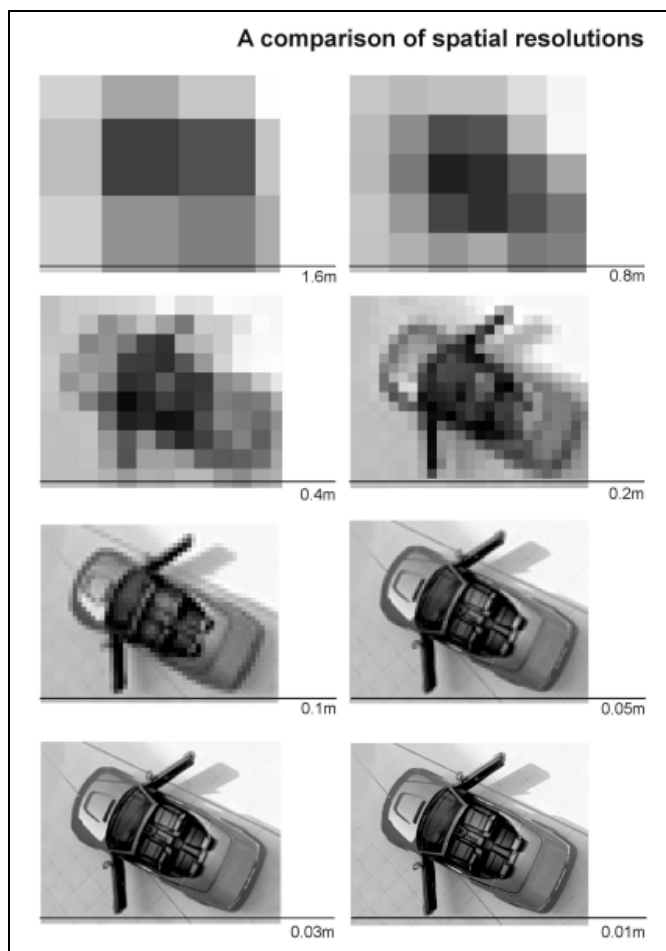


Abb. 18 Verschiedene Auflösungsstufen für Luftaufnahmen (c) Prof. Zdobysław Goraj, 2006

- **Verfügbarkeit:**

Die Dienste zur Erfassung von Verkehrsdaten mittels Fernaufklärung sind im Stadium erster experimenteller Anwendungen im Rahmen der aktiven Forschung. Für den produktiven Einsatz von Fernaufklärungstechnologie aus Sicht Verkehrsinformation liegen unserem Wissen nach zurzeit keine Ergebnisse vor. Die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit können heute somit nicht abgeschätzt werden.

Grundsätzlich gibt es für die Fernaufklärung als semi-manuelles Erfassungssystem möglicherweise Beschränkung der Betriebszeiten. Die Flugzeuge bedürfen z.B. der Wartung sowie der Steuerung durch den Menschen.

- **Servicenote:**

In heutigem Stadium der Fernaufklärung ist eine Einstufung "normale Qualität" gerechtfertigt. Die Qualität hängt im Gegensatz zu FCD nicht von externen Einflussfaktoren ab.

- **Korrektheit:**

Die Entwicklung von Systemen für die Erfassung von Verkehrsinformationen basierend auf Fernaufklärung ist in der experimentellen Phase. Oftmals werden dazu für andere Aufgaben (z.B. Militär) gebaute Systeme verwendet und im Sinne eines Prototyps für das Verkehrsmanagement angepasst.

Der Grad der Korrektheit solcher Sekundärsysteme erscheint uns in diesem Falle als eher schwacher Referenzpunkt für neu zu entwickelnde Verkehrserfassungssysteme. Aus unserer Sicht gilt es erste Resultate aus Experimenten mit noch zu entwickelnden nativen Modellen abzuwarten [3].

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Die Fernaufklärung liefern Bildfolgen über den erfassten Bereich. Diese werden mittels Analysemodellen bezüglich der Reisegeschwindigkeit der Fahrzeuge, der Reisezeit für bestimmte Strecken sowie dem Strassenzustand für Streckensegmente ausgewertet.

Zu den Angaben spezifischer Einheiten für diese Grössen kann zu diesem Zeitpunkt unserem Wissen nach nichts Allgemeingültiges gesagt werden. Dazu benötigt es zuerst erster Anwendungen oder Standardisierungen.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der Fernaufklärung im Sinne des Verkehrsmanagements ist zeitkritisch. Das heisst für die Latenz zwischen der Erfassung der Bilder im Satellit oder Flugzeug, der Übermittlung der Daten an die zentrale Kontrollstation, die automatisierte Auswertung der Bilder durch Analysemodelle sowie der Bestimmung der Verkehrsrelevanten Kenngrössen, darf nicht zuviel Zeit vergehen.

Die zulässige Latenz ist aus unserer Sicht primär von den fokussierten Strassentypen abhängig. Soll die Fernaufklärung für die Gesamtheit der Strassen als alleinige Referenz verwendet werden, dann muss jede Strasse im gleichen zeitlichen Abstand erfasst werden. In einer Grossstadt kann dies einer minütlichen Erfassung von Strassensegmenten von 250m Länge entsprechen. Für eine heutige Drohne und den Metropolitanraum Zürich würde dies den Einsatz von gleichzeitig ca. 60 Drohnen bedeuten.

Für die zulässige Latenz ist zu diesem Zeitpunkt die Übermittlung des hohen Datenvolumens der Bilder vom Flugobjekt zur Bodenstation kritisch [3].

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.

- **Sensoreigenschaften:**

Die Fernaufklärung kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Die verkehrsrelevanten Daten sind aus der Analyse der Rohdaten mit Hilfe von mathematischen Modellen

[18] entstanden. Einen guten Überblick über mögliche Modelle findet sich in den folgenden Berichten [51] [55].

- **Ownership:**

Die Frage der Ownership ist bei der Fernaufklärung sehr relevant. Können doch bei einer genügenden Auflösung im Bereich von Zentimeter einzelne Personen identifiziert werden.

Vor der Weitergabe von Informationen an Dritte durch die Betreiberin der Fernaufklärung gilt es persönliche Merkmale gemäss dem geltenden Personenschutzrecht zu anonymisieren. Für die aus Sicht Verkehrsmanagement relevanten Grössen erscheinen personenbezogene Angaben aus heutiger Sicht als nicht notwendig.

### 5.3.5 Analyse LSVA-System Schweiz



Abb. 19 Baken für die Kontrolle der LSVA (c) dpa, 2006

Die Verrechnung von Mautgebühren für die Nutzung aller oder spezifischen Strassen-segmente ist Realität. In den verschiedenen europäischen Ländern wurden dazu verschiedene Lösungsansätze gewählt.

Die Daten, welche bei der Erfassung der Maut anfallen, haben ein Potenzial für die Verwertung zur Bestimmung der Verkehrslage. Dieses Potenzial ist je nach gewähltem Lösungsansatz unterschiedlich ausgeprägt.

Die produktive Verwertung aus Sicht Verkehrsmanagement geschieht nach unserem Wissen noch nicht. Im Rahmen von Fallstudien werden die Möglichkeiten vertieft untersucht, z.B. Go-Smart [48] in Österreich, INTRO der Europäischen Union [15], Bay Area ETC [33], Europäische Normierung von Mautsystemen [40] oder als weitere potentielle Quelle [56]. Für die Schweiz liegen in diesem Bereich unserem Wissen nach keine Forschungsergebnisse vor.

Das LSVA-System [35] der Schweiz folgt dem Prinzip der Selbstdeklaration. Zur Erfassung der Abgabe wird für inländische Fahrzeuge eine On-Board-Unit (OBU) zur Verfügung gestellt. Dieses misst die gefahrene Distanz sowie verschiedene Fahrzeugparameter auf dem Perimeter der Schweiz. Der Fahrzeughalter übermittelt zurzeit monatlich die im OBU erfassten Maut-Daten an die Betreiberin.

Die Fahrer von ausländischen Fahrzeugen ohne OBU sind aufgefordert am Zoll beim

Eintritt sowie Austritt aus der Schweiz die Fahrroute sowie das Fahrzeugkontrollschild anzugeben. Die Fahrroute besteht aus der Angabe des Eintritt- und des Austrittortes.

Die Fahrzeuge werden an ca. 20 verschiedenen Orten durch stationäre Überwachungsstationen erfasst und bezüglich Einhaltung der LSVa geprüft. Eine solche Überwachungsstation befindet sich als Baken über der Fahrbahn der Autobahn. Bei der Durchfahrt werden das OBU sowie das Fahrzeugkontrollschild ausgelesen. Dabei kommuniziert das OBU mit den Baken im Sinne eines Car-2-Infrastructure (Car-2-I).

### **Funktionale Anforderungen**

Die funktionalen Anforderungen sind die Ermittlung der folgenden Kennzahlen:

- Quelle-Ziel Informationen durch Angaben beim Ein- und Austritt aus der Schweiz durch Fahrzeugführer ausländischer Fahrzeuge.
- Reisegeschwindigkeit sowie Verkehrsdichte des mautpflichtigen Verkehrs an den Kontrollstationen
- Wegstrecke des mautpflichtigen Verkehrs bestehend aus den letzten Zeitpunkten und Orten der Erfassung an den verschiedenen Kontrollstationen

### **Qualitative Anforderungen**

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch die verschiedenen Arten der Fernerkundung sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services:**

Um die funktionellen Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt auf dem Perimeter der Schweiz erfüllen zu können, braucht es auf allen zu überwachenden Strassen eine ausreichende Serie von Kontrollstationen in einer angemessenen Auflösung und Aktualität. Im Moment ist die geographische Abdeckung gegeben durch die ca. 20 verschiedenen stationären Überwachungsstationen sowie die verschiedenen Zollstationen an der Grenze der Schweiz.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Potenzial für die geographische Abdeckung sowohl der Autobahnen, der Hauptverkehrsachsen als auch weiterer Strecken für uns mittelfristig als auch langfristig nicht gegeben ist. Dazu bräuchte es, eine aus Sicht der LSVa Betreiberin unnötige und prohibitive zusätzliche Anzahl stationärer Erfassungsstationen.

Das Potenzial der LSVa-Daten liegt aus unserer Sicht für die Quelle-Ziel Information durch ausländische Kraftfahrer darin, diese für den Bereich von Schwerverkehrsganglinien oder Trends zu verwerten.

- **Verfügbarkeit:**

Die Dienste zur Erfassung von Verkehrsdaten mittels LSVa sind im Stadium erster theoretischer Sondierungen. Die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit können heute aber bereits aus dem produktiven Betrieb des LSVa-Systems abgeschätzt werden. Die intrinsische Verfügbarkeit wird aktiv von der Betreiberin gemessen und als angemessen empfunden.

- **Servicenote:**

Im heutigem Stadium der Fernaufklärung ist eine Einstufung "normale Qualität" gerechtfertigt. Die Qualität hängt unserem Wissen nach nicht von externen Einflussfaktoren ab.

- **Korrektheit:**

Die Entwicklung von Systemen für die Erfassung von Verkehrsinformationen basierend auf dem LSVa System ist heute noch konzeptionell. Dennoch wird heute ein Grossteil der notwendigen zugrunde liegenden Rohdaten mit einer zufriedenstellenden Korrektheit produktiv erfasst [35].

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Das LSVA System liefert an den Überwachungsstationen, für Lastfahrzeuge mit einer OBU ausgerüstet, die Durchgangszeitpunkte. Die Erfassung der Zeitpunkte ist auch für Lastfahrzeuge ohne OBU mittels Identifikation durch Auslesen der Kontrollschilder möglich.

Zu den Angaben spezifischer Einheiten für diese Grössen kann zu diesem Zeitpunkt nach unserem Wissen nichts Allgemeingültiges gesagt werden. Dazu benötigt es zuerst erste Anwendungen.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der LSVA-Daten im Sinne des Verkehrsmanagements ist zeitkritisch. Das heisst für die Latenz zwischen der Erfassung am Zoll oder der Kontrollstation, der Übermittlung der Daten an die zentrale Betreiberin, die automatisierte Auswertung der Daten durch Analysemodelle sowie der Bestimmung der verkehrsrelevanten Kenngrössen darf nicht zuviel Zeit vergehen.

Zu den Angaben spezifischer Ziele für die Zeitrechnung kann zu diesem Zeitpunkt ohne erste Anwendungen unserem Wissen nach nichts Allgemeingültiges gesagt werden.

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.

- **Sensoreigenschaften:**

Die LSVA-Erfassung findet an den Kontrollstationen mit Hilfe von Near Field Communication statt. Es werden die Protokolle für Maut-Systeme CARDME eingesetzt. Die für ein Verkehrsmodell relevanten Daten sind aus der Analyse der Rohdaten mit Hilfe von mathematischen Modellen zu entstehen.

- **Ownership:**

Die Ownership der Daten liegt bei der Betreiberin des LSVA-Systems. Vor der Weitergabe von Daten an Dritte durch die Betreiberin gilt es, persönliche oder firmenspezifische Merkmale zu anonymisieren. Für die aus Sicht Verkehrsmanagement relevanten Grössen sind solche Angaben aus heutiger Sicht nicht notwendig.



### 5.3.6 Analyse RBL ÖV

	Funk	Li / Ku	Fzg. Nr.	TW 2	HSTE	RITG	<ABWEIC
9	Analog	19 / 10	2121ZH		Linie 19		---
0	Analog	54 / 3	211ZH		BALN	GAR6	---
1	VLC	25 / 33	1023		Linie 25		---
2	Analog	62 / 2	526ZH		SCHW + 936m	GAR9	---
3	VLC	25 / 30	1020		Linie 25		---
4	Analog	80 / 11	535ZH		TRIE + 403m	TRIS	-5:20
5	Analog	13 / 12	3032ZH		BSTR + 217m	FRAN	-4:50
6	Analog	4 / 6	3011ZH		GRUN + 35m	WERD	-4:20
7	Analog	72 / 4	141ZH		HSBB + 194m	TRIE	-4:10
8	VLC	7 / 5	2067		BRUN + 369m	WOLL	-3:20
9	Analog	10 / 5	3054ZH		WINK + 93m	GESS	-3:20
0	Analog	7 / 1	2049ZH	2051ZH	PARA + 405m	BSTE	-3:10
1	Analog	11 / 3	3040ZH		BADA + 517m	REHA	-3:10
2	Analog	46 / 3	113ZH		OKEN + 313m	BQUA	-3:10
3	VLC	305 / 2	L2		BSTD + 97m	KIND	-3:00
4	Analog	7 / 13	2073ZH		HEGG + 0m	BSTE	-3:00
5	VLC	760 / 3	281		BAUH + 296m	GFEN	-2:50

Abb. 20 Disponentensystem der VBZ für ihre Fahrzeuge mit aktueller Ortung und zeitlicher Abweichungen vom Fahrplan

Ein rechnergesteuertes Betriebsleitsystem (RBL) ist ein Mittel zur kontinuierlichen Sichtung und Steuerung des öffentlichen Verkehrs. Es bietet einen aktuellen Überblick über die geplanten und sich in Ausführung befindenden Einsätze der Verkehrsmittel (z.B. Busse, Strassenbahn, Eisenbahn) in einem bestimmten Perimeter [13].

In der Praxis sind heute viele verschiedene Arten sowie Ausbaustufen von RBL im produktiven Einsatz. Eine mögliche Ausbaustufe ist, die Verkehrsmittel so auszurüsten, dass diese die Fähigkeit haben ihre Position festzustellen und zeitnah an die RBL zu übermitteln. Diese Informationen können z.B. für die dynamische Fahrgastinformation durch die Anzeige von realen Abfahrtszeiten an Haltestelle verwendet werden [32].

Die Verwertung von Informationen aus RBL Systemen für die Berechnung der Verkehrslage oder Verkehrsprognose für die Strasse ist ein aktives Forschungsgebiet. Eine produktive Anwendung ist uns zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt.

Von Interesse sind aus Sicht des Verkehrsprognoseverfahrens vor allem strassengebundene Busse und Trams ohne eigenen Fahrstreifen. Diese bewegen sich als Teil des fließenden MIV mit [13].

#### Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen sind die Ermittlung der folgenden verkehrsrelevanten Kennzahlen:

- Quelle – Ziel Informationen der sich im Einsatz befindenden strassengebundenen Fahrzeuge ohne eigenen Fahrstreifen des öffentlichen Verkehrs
- Reisegeschwindigkeit, Reisezeit sowie Fahrplanabweichung der eingesetzten strassengebundenen Fahrzeuge ohne eigenen Fahrstreifen des öffentlichen Verkehrs auf der Strasse

#### Qualitative Anforderungen

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch die rechnergesteuerten Betriebsleitsysteme sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services:**

Um die funktionellen Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt auf dem Perimeter der Schweiz erfüllen zu können, braucht es auf allen zu überwachenden Strassen eine ausreichende Serie von geografisch ortbaren und erfassbaren Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs in einer angemessenen Abfolge und Aktualität.

Die geographische Abdeckung des Strassennetzes des Perimeters Schweiz ist hoch. Sie besteht einerseits aus den Fahrlinien der Postautobetriebe zwischen den verschiedenen Gemeinden im eher ländlichen Gebiet, andererseits aus den Bus- bzw. Trambetrieben im eher urbanen Raum.

Die Abdeckung umfasst nicht die Autobahnen, da es in der Schweiz als Spezialfall in Europa kein Fernverkehrsnetz von Autobussen gibt. Die Autobahnen werden im Normalfall vom ÖV in der Schweiz nicht befahren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Potenzial für die geographische Abdeckung der Autobahnen nicht gegeben ist. Für die Hauptverkehrsachsen in der Peripherie ist mit dem Postautobetrieb eine eher schwache Abdeckung vorhanden. Ein Grund liegt darin, dass das Postauto primär Strecken abdeckt, welche nicht durch ein anderes öffentliches Verkehrsmittel (z.B. Eisenbahn) bedient werden. Für den Verkehr im urbanen Raum decken die Routen der Autobusse oftmals die aus Sicht Verkehrsmanagement interessanten Strecken wie Hauptstrassen, Achsen und Querverbindungen ab. In der Schweiz befindet sich aber ein Grossteil der Linien des öffentlichen Verkehrs auf separaten Fahrstreifen [59]. Die tatsächliche Abdeckung muss daher im Einzelfall geprüft werden.

- **Verfügbarkeit:**

Die Dienste zur Erfassung von Verkehrsdaten mittels der Analyse der ÖV RBL Informationen sind im Stadium erster experimenteller Sondierungen. Die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit können daher heute noch nicht abgeschätzt werden.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass im urbanen Raum, der direkte Rückschluss der Fahrplanabweichung auf die Reisezeit und durchschnittliche Geschwindigkeit der Strassenstreckensegmente nur indirekt möglich ist. Ein Hauptgrund sind die Wartezeiten vor Lichtsignalanlagen sowie die Beschleunigungs- und Bremsphasen bei Haltestellen [13]. Dies erscheint z.B. für Zürich eine mögliche Fehlerquelle. Die Abstände zwischen Haltestellen sind kurz und liegen im Normalfall bei 300 - 600m [59].

Ein Trend ist für den ÖV in Städten, wo nicht bereits geschehen, eigene Fahrstreifen zu erstellen. Tendenziell nimmt somit die Abdeckung durch strassengebundenen Fahrzeuge ohne eigenen Fahrstreifen des öffentlichen Verkehrs weiter ab und somit auch die Verfügbarkeit von daraus abgeleiteten verkehrsrelevanten Informationen über den MIV im urbanen Raum.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass die geographische Abdeckung die ländliche als auch die urbane Schweiz nur teilweise und komplett ohne Autobahnen umfasst.

- **Servicenote:**

In heutigem Stadium der Fernaufklärung ist eine Einstufung "normale Qualität" gerechtfertigt. Die Qualität hängt unserem Wissen nach nicht von externen Einflussfaktoren ab.

- **Korrektheit:**

Die Entwicklung von Systemen für die Erfassung von Verkehrsinformationen basierend auf Betriebsleitsystemen des öffentlichen Verkehrs ist ein aktuelles Forschungsthema. Es kann keine Aussage über Erfahrung aus dem produktiven Betrieb gemacht werden. Ein Pilotprojekt läuft in Graz [16].

Grundsätzlich kann die Korrektheit einerseits durch einen partiellen temporären Ausfall von Messwerten erfolgen oder durch eine fehlerhafte Erfassung der Grundinformationen.

Der temporäre Ausfall von Messwerten bedeutet ein Versagen im Prozess von der Erhebung der Rohdaten im Fahrzeug, der Übermittlung an die Zentrale und der Weiterreichung der verkehrsrelevanten Informationen. Die Stabilität dieser Kette wird auf Grund der Erfahrung aus dem produktiven Einsatz von RBL als angemessen betrachtet.

Die Erfassung der Rohdaten Ort, Zeit und Fahrzeit für Trams und Linienbusse gilt als wenig fehleranfällig [32].

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Zu den Angaben spezifischer Einheiten für diese Grössen kann zu diesem Zeitpunkt nach unserem Wissen nichts Allgemeingültiges gesagt werden. Dazu benötigt es zuerst erste Anwendungen.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der Rohdaten des öffentlichen Verkehrs im Sinne des Verkehrsmanagements ist zeitkritisch. Das heisst für die Latenz zwischen der Erfassung im Fahrzeug, der Übermittlung der Daten an die Zentrale, die automatisierte Auswertung der Daten durch Analysemodelle sowie der Bestimmung der verkehrsrelevanten Kenngrössen darf nicht zuviel Zeit vergehen. Die Übertragungszeit wird als sehr kurz betrachtet. In einem Experiment betrug sie zwischen 10 und 20 Sekunden [32].

Die zulässige Latenz ist aus unserer Sicht primär von den fokussierten Strassentypen abhängig. Sollen die verkehrsrelevanten Grössen auf Basis der Rohdaten der RBL als alleinige Referenz verwendet werden, dann muss jede Strasse im gleichen zeitlichen Abstand erfasst werden. Im urbanen Raum entspricht dies einer Erfassung jedes Streckensegmentes im Minutentakt. Im Grossraum Zürich liegt die Taktfrequenz zu den Stosszeiten bei ca. 5-10 Minuten für die Bus- und Tramlinien. Das heisst, in diesem speziellen Fall genügen die Informationen nicht den Anforderungen an die Aktualität. Wir nehmen an, dass im Allgemeinen die Taktfrequenz eher langsamer ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Latenz der Übertragung von den Fahrzeugen in die Zentrale heute die Anforderungen des Verkehrsmanagements übererfüllen. Die Häufigkeit der Datenerhebung ist jedoch abhängig von der Taktfrequenz der Linienfahrzeuge und liegt nach unserem Wissen oftmals im Bereich von mehr als 10 Minuten.

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.

- **Sensoreigenschaften:**

Die Erfassung findet in den Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs mit Hilfe von lokal installierten Sensoren statt. Die Sensoren gehören oftmals zu der Kategorie der GPS-Ortungsmodule, Bewegungssensoren oder Bakensensoren.

Die GPS-Module stellen die Position des Fahrzeuges mit Hilfe des Ortungssignals der GPS-Satelliten fest. Die Bewegungssensoren orten das Fahrzeug durch einen Abgleich der, aus der Zählung der Anzahl Rotationen der Räder gemessenen Distanz sowie der vorbestimmten Fahrspur. Die Bakensensoren verwenden Bewegungssensoren sowie bestimmte Merkmale auf der Strecke, um ihre Position zu bestimmen.

Die verkehrsrelevanten Informationen sind teilweise Sekundärdaten. Die Rohdaten bestehen aus der aktuellen Position des Fahrzeuges, der Geschwindigkeit sowie der vorgesehenen Linienstrecke. Die aktuelle Position kann direkt als Quellen-Information verwendet werden. Mit Hilfe des Linienplans kann die nächste anzufahrende Haltestelle identifiziert und als Ziel verwendet werden. Die Reisegeschwindigkeit, die Reisezeit sowie die Fahrplanabweichung der eingesetzten strassengebundenen Fahrzeuge ohne eigenen Fahrstreifen des öffentlichen Verkehrs, können aus dem Ort, der aktuellen Zeit sowie der vorgesehenen Reiserouten und Zeiten abgeleitet werden.

- **Ownership:**

Die Ownership ist bei der Betreiberin des rechnergesteuerten Betriebsleitsystems.

### 5.3.7 Analyse Baustellen-Management System (BMS)



Abb. 21 Autobahn Baustelle (c) TCS Schweiz, 2010

Das Verkehrsmanagement von Baustellen auf den verschiedenen Strassentypen ist nicht zentralisiert. So liegt die Verantwortung für die Autobahnen beim Bund und für das untergeordnete Netz bei den Kantonen. Jeder Kanton bewirtschaftet diese Strassentypen auf ihrem Perimeter eigenmächtig. In den verschiedenen Kantonen werden dazu verschiedene Lösungsansätze für das Management des Verkehrs im Bereich der Baustellen gewählt. Aus Sicht des Verkehrs stellt eine Baustelle primär eine Veränderung der Normal-situation dar, sei es durch eine Spurreduktion, Umfahrung oder geänderte Signalisation.

Zum besseren Verständnis des Verkehrsverhaltens im Bereich von Baustellen wurde im Auftrag der ASTRA Filiale Estravayer-le-Lac für die Baustelle am Autobahntunnel Glion von 2004 – 2005 und die Baustelle zwischen Morges und Ecublens, das DSAB (détection et signalisation automatique de bouchons) als Baustellenmanagementsystem aus Sicht Verkehrsmanagement eingesetzt.

Das DSAB besteht aus 12 Kameras mit Bildauswertung zur Erkennung der Geschwindigkeit der Fahrzeuge. Dadurch kann im Bereich der Baustelle die durchschnittliche Reisezeit sowie die Staulänge berechnet werden. Im Rahmen des DSAB wurden diese Informationen den Verkehrsteilnehmern angezeigt sowie als automatisierte Verkehrsinformation durch die VMZ-CH an die Viasuisse AG zur Verteilung weitergeleitet.

Dieses System des Baustellenmanagement wird hier beschrieben und basiert auf der

Auskunft von P. Maillard der Firma RGR SA sowie von P. Schirato der ASTRA VMZ-CH<sup>2</sup>.

### **Funktionale Anforderungen**

Die funktionalen Anforderungen sind die Ermittlung der folgenden Kennzahlen:

- Mögliche Verkehrsdichte im Bereich der Baustellen, z.B. totale Sperrung, halbe Kapazität, usw.
- Mögliche Geschwindigkeit im Bereich der Baustellen
- Staulänge und Reisezeit

### **Qualitative Anforderungen**

Die folgenden Abschätzungen des Grades der Erfüllung der Qualitätskriterien durch das Baustellenmanagement sind qualitativ und basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens der Verfasser des Berichtes.

- **Vollständigkeit des Services:**

Um die funktionellen Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt auf dem Perimeter der Schweiz erfüllen zu können, braucht es auf allen zu überwachenden Strassen ein Baustellenmanagement ähnlich dem DSAB in einer angemessenen Vollständigkeit, Auflösung und Aktualität. Im Moment ist die geographische Abdeckung nicht gegeben, da das DSAB bisher noch keine Nachahmer gefunden hat.

Die Integration der Daten des DSAB in die Verkehrslageberechnung bzw. Verkehrsprognose wurde noch nicht versucht. Das DSAB wurde ausschliesslich zur Generierung von VI verwendet.

- **Verfügbarkeit:**

Im Moment steht in der Schweiz kein solcher Dienst für die Verkehrslageberechnung zur Verfügung. Die Komponenten der Verfügbarkeit wie MTTR, MTBF und intrinsische Verfügbarkeit für das DSAB wurden aber als sehr gut beurteilt. So hatten insbesondere das Wetter bzw. die Lichtverhältnisse keinen Einfluss auf die Qualität der erfassten Kennzahlen.

- **Servicenote:**

In heutigem Stadium des Baustellenmanagements ist eine Einstufung "normale Qualität" gerechtfertigt.

- **Korrektheit:**

Die Integration des DSAB oder ähnlicher Systeme in die Verkehrslageberechnung ist heute allenfalls konzeptionell angedacht. Dennoch wird heute ein Grossteil der notwendigen zugrunde liegenden Rohdaten mit einer guten Korrektheit erfasst.

Die Abweichung von der Reisezeit wurde experimentell für das DSAB untersucht und liegt bei stabilem Verkehr zwischen 5% und bei unruhigem Verkehr bei 15%.

- **Genauigkeit der Verkehrsdaten:**

Ein Grossteil der Informationen bezieht sich bei Baustellen auf das TMC-Location Code Referenzsystem. Gerade im Siedlungsgebiet reicht dies von der Genauigkeit in der Schweiz nicht aus. Als angemessen wird TMC-Location-Code auf Stufe Autobahn betrachtet.

- **Zeitrechnung:**

Die Verwertung der Baustellenmanagement-Informationen im Sinne des Verkehrsmana-

---

<sup>2</sup> RGR SA, DSAB Glion, DSAB Morges – Ecublans, telefonische Auskunft P. Maillard 2011, VMZ-CH, DSAB Glion, DSAB Morges – Ecublans, telefonische Auskunft P. Schirato 2011

gements ist zeitkritisch. Das heisst, die Informationen müssen angemessen früh und vollständig dem Verkehrslagemodell bzw. dem Prognoseverfahren vorliegen, wenn eine all-fällige Einschränkung der Verkehrsdichte oder Geschwindigkeit im Bereich von Baustellen gemessen wird.

Zu den Angaben spezifischer Ziele für die Zeitrechnung kann zu diesem Zeitpunkt ohne erste Anwendungen unserem Wissen nach nichts Allgemeingültiges gesagt werden.

Für das Ziel der Verteilung von VI konnte im Rahmen des DSAB festgestellt werden, dass der Vertrauensverlust durch zu späte oder falsche Verkehrsinformation bei den Verkehrsteilnehmern den Erfolg des Projektes gefährden kann. Umso mehr ist ein kritischer Erfolgsfaktor zu gewährleisten, sodass die Zeit zwischen der Erfassung der Daten und dem Erhalten der VI durch den Verkehrsteilnehmer im Bereich von ca. 3 Minuten liegt. Die Erfahrung zeigt, dass eine solche Zeitspanne nur durch eine vollautomatische Verarbeitungskette möglich ist.

- **Örtlichkeitsrechnung:**

Siehe Präzision.

- **Sensoreigenschaften:**

Die Aktualisierung und Vervollständigung des Baustellenmanagements findet heute durch manuelle Eingabe statt. Die für ein Verkehrsmodell relevanten Daten sind in diesen manuellen Daten enthalten.

- **Ownership:**

Die Ownership der Daten liegt bei der Betreiberin des Baustellenmanagementsystems.

## 5.4 Trendanalyse: Qualität der Datenquellen für die Verkehrslageberechnung bzw. Prognoseberechnung

Im Hinblick auf die zukünftigen technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen sind die Veränderungen der Qualität von Online-Daten nach Meinung der Forschungsstelle im Folgenden dargestellt.

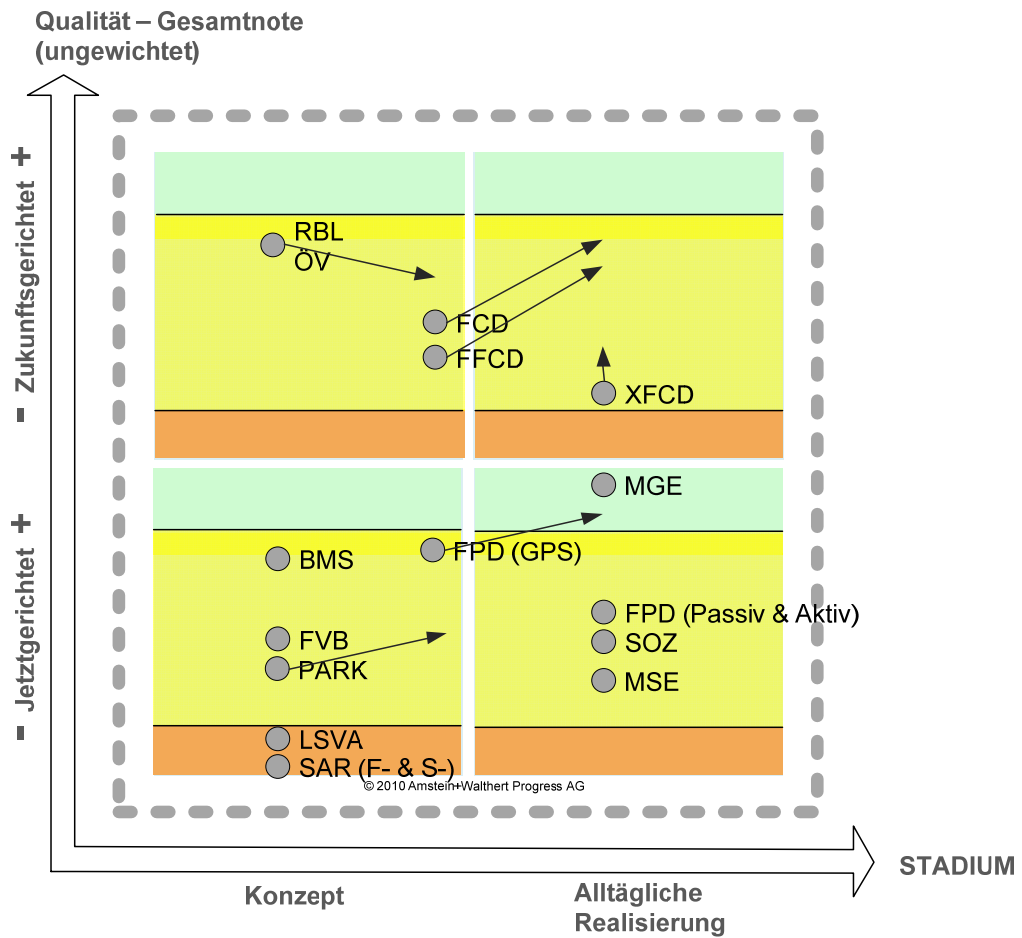


Abb. 22 Aussichten für die Entwicklung des Nutzens der Datenquellen. Glossar der Abkürzungen in Tab. 6 Input für das SVM der verschiedenen Kategorien von Erfassungssystemen.

Tab. 8 Prognose der Eignung von Erfassungssystemen als Input für Verkehrslage- bzw. Prognoseberechnung

Supplier - Zukunft / Trend									
Input	Gesamtnote (ungewichtet)	Zukunftsgerichtet	Jetztgerichtet	Stadium [K, ER, AR]	Vollständigkeit, räuml. Abdeckung, Strassentypen	Verfügbarkeit, Betriebszeiten	Servicezeit	Korrektheit, Genauigkeit der Verkehrsdaten	Zeitrechnung, Aktualität der Verkehrsdaten
<b>Allgemeine Anwendungen</b>									
Meldung geplante Ereignisse (MGE)	5.6			AR	6	6	6	5	5
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Unfall)			Vlage						
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage						
<b>Floating Phone Data (FPD)</b>									
GPS-Probes	5.1			AR	5	6	5	4.5	5
passive Geräte	4.4			AR	3	6	5	3	5
aktive Telefonate	4.4			AR	2	6	5	4	5
Zeit Ort (Fahrzeugposition)			Quelle						
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage						
<b>Stationäre Online Zähler (SOZ)</b>									
Lokale Geschwindigkeit v. Fahrzeugklassen	4.4			AR	3	4.5	5	4.5	5
Verkehrsdichte			Vlage						
<b>Meldung spontane Ereignisse (MSE)</b>									
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Unfall)	4.2			AR	3	5	4	5	4
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage						
<b>Extended Floating Car Data (XFCD)</b>									
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.4			AR	2	6	4	5	5
Ziel			Ziel						
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage						
<b>Erste Piloten / Anwendungen</b>									
<b>Floating Car Data (FCD)</b>									
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.8			AR	3.5	6	5	4.5	5
Ziel			Ziel						
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage						
<b>Fleet-FCD (FFCD)</b>									
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	4.7			AR	3	6	5	4.5	5
Ziel			Ziel						
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage						
<b>Konzeptionelle Phase</b>									
<b>Baustellenmanagement (BMS)</b>									
Mögliche Verkehrsdichte (z.B. Baustelle)	4.8			ER	3	6	5	5	5
Mögliche Reisegeschwindigkeit			Vlage						
<b>Rechnergestützte Betriebsleitsysteme ÖV (RBL)</b>									
Wegstrecke	4.6			ER	1	5	5	6	6
Wegstrecke			Ziel						
Reisezeit			Vlage						
Reisegeschwindigkeit			Vlage						
Fahrplanabweichung			Vlage						
<b>Parkplatz Sensorik (PARK)</b>									
Belegungsgrad	4.4			ER	1	5	5	5	6
Wartezeit			Vlage						
<b>Autoverladung (FVB)</b>									
Reisegeschwindigkeit (lokal)	4.4			K	1	6	5	5	5
<b>LSVA On Board Unit (LSVA)</b>									
Zeit Ort (Fahrzeugposition)	3.8			K	1	6	3	6	3
Reisegeschwindigkeit (zurückgelegt)			Vlage						
<b>Fernaufklärung (F-SAR &amp; S-SAR)</b>									
Fahrzeugabstände	3.6			K	3	2	5	5	3
Verkehrsdichte			Vlage						
Geschwindigkeit			Vlage						

Die obige Tabelle wurde im Rahmen des Workshops mit der Begleitkommission diskutiert, ergänzt und somit validiert. Sie stellt das Pendant zu Tab. 7 dar und zeigt die ange-



nommenen Veränderungen in der Qualität der Online-Daten im Zeitraum der nächsten 5 Jahren.

Mögliche Veränderungen sind:

- FPD mit GPS-Probes: Die Anzahl Smartphones mit einer Art von GPS-Lokalisierung sowie einem Verkehrsinformationssystem nimmt weiter stark zu. Dementsprechend wird eine kritische Masse erreicht und diese kann eine sehr hohe Abdeckung der Strassen aller Typen gewährleisten. Eine Voraussetzung dazu ist, dass die Lokalisierung genau genug wird, um z.B. Quartier- von Hauptstrassen zu unterscheiden. Zusammenfassend führt ein starkes Wachstum der Anzahl Smartphones sowie eine Verbesserung der Lokalisierung zu einer höheren räumlichen Abdeckung sowie einer höheren Genauigkeit der Verkehrsdaten.
- FPD aktiv und passiv: In der Schweiz werden diese Geräte mehr und mehr durch neuere Modelle ersetzt z.B. Smartphones. Eine nötige Verbesserung der Lokalisierung wird nicht erwartet.
- SOZ: Die Anzahl stationärer Online-Zähler wird weiter zunehmen. Dennoch wird der Grossteil der Zähler aus den heutigen Modellen weiterbestehen und somit keine starke durchschnittliche Verbesserung der Korrektheit bzw. der Abdeckung ermöglichen.
- XFCD: Die Anzahl Fahrzeuge der Fahrzeughersteller mit eingebautem, aktuellem XFCD wird weiterhin nicht die kritische Durchsetzungsrate erreichen, um für weitere Strassentypen ausser Autobahnen in Frage zu kommen.
- FCD bzw. FFCD: Die Anzahl Fahrzeuge mit einem Navigationsgerät wird weiter wachsen. Da immer mehr Verkehrsteilnehmer aber auf Navigationssysteme basierend auf Smartphones zurückgreifen, ist das Wachstum schon heute sehr klein. Durch die Erfahrungen in der Berechnung sowie der weiteren Verbesserung der Algorithmen nimmt die Servicenote insgesamt aber weiter zu.
- RBL-ÖV: Der strassengebundene öffentliche Verkehr wird vermehrt auf eigenen Fahrstreifen unterwegs sein. Informationen über den innerstädtischen Fahrzeugverkehr durch Analyse der Verspätungen werden immer mehr versiegen. Somit sinkt die räumliche Abdeckung dieser Quelle.
- PARK: Die Sensoren an Parkhäusern bzw. im Management der Warteräume werden weiter optimiert. Das heisst, dass die Korrektheit der Daten steigen wird. Keine Entwicklung wird im Bereich der räumlichen Abdeckung erwartet. Diese Daten werden in Zukunft keine signifikant grössere Rolle für die Berechnung einer Verkehrslage bzw. Prognose spielen als heute.

## 6 Praktische Umsetzung

Dieser Abschnitt bezieht sich auf das in Kapitel 3 vorgeschlagene Verkehrsmanagement-Modell (Dreieckmodell zwischen VM, Dienst Anbietern und Verkehrsteilnehmern) inklusive den Anforderungen, die in Kapitel 4 beschrieben wurden. Die Diskussionen im Rahmen des Experten-Workshops bilden die Basis für die Schlussfolgerungen hinsichtlich einer praktischen Umsetzung des SVM in der Schweiz.

### 6.1 SWOT-Analyse des Dreieckmodells zwischen VM, Dienst Anbietern und Verkehrsteilnehmern

Die Rolle des Verkehrsmanagements (VM) im vorgeschlagenen Dreieckmodell (vergleiche Kapitel 3) wurde auf dem Expertenworkshop grundsätzlich als korrekt und als gute Stossrichtung eingeschätzt. Neben den Stärken und Chancen dieses Modells sind jedoch auch Schwächen und Risiken vorhanden. In einer SWOT-Analyse (Abb. 23) werden diese einander gegenübergestellt.

<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seitens Verkehrsteilnehmer besteht ein Interesse an genauen individuell zugeschnittenen und verlässlichen Verkehrsinformationen. (Ausstattungsrate der Fahrzeuge mit Navigationssystemen 2011 in der Schweiz ca. 25% [60], Smartphoneanteil steigend)</li> <li>• Nicht alle Verkehrsteilnehmer <u>müssen</u> mitmachen damit die Zusammenarbeit erfolgreich ist</li> <li>• Technische Entwicklung erleichtert Datentransfer</li> <li>• Erfahrungen seitens VM und Dienst Anbietern auf ihrem jeweiligen Gebiet sind vorhanden</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapazitätsreserven der Infrastruktur sind z.T. örtlich, aber auch zeitlich kaum vorhanden (in diesem Fall können keine Alternativrouten vorgeschlagen werden)</li> <li>• Es bestehen Interessenskonflikte zwischen den Beteiligten, insbesondere zwischen VM (Gemeinwohlorientiert) und Dienst Anbietern (Profitorientiert)</li> <li>• Die Arbeits- und Geschäftsprozesse von VM (lokal organisiert) und Dienst Anbietern (globale Unternehmen) unterscheiden sich</li> </ul>
<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Verkehrsteilnehmer fühlen sich besser informiert und dadurch sicherer</li> <li>• Der Regelkreis VM wird enger geschlossen und damit der Strassenraum effizienter genutzt</li> <li>• Die jeweiligen Stärken von VM und Dienst Anbietern generieren innerhalb einer Kooperation einen grossen Synergieeffekt</li> </ul>	<p><b>Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Verkehrsteilnehmer zeigen kein Interesse an einer Kooperation</li> <li>• Die hohen Qualitätsanforderungen werden nicht erfüllt</li> <li>• Missachtung des Datenschutzes führt zu Vertrauensverlusten</li> </ul>

Abb. 23 SWOT-Analyse des Dreieckmodells zwischen VM, Dienst Anbietern und Verkehrsteilnehmern

Seitens Verkehrsteilnehmer besteht ein echtes Interesse an genauen individuell zugeschnittenen und verlässlichen Verkehrsinformationen. Die heutigen technischen Möglichkeiten erlauben es dem VM nun, mit Hilfe von Smartphones, GPS und Navigationssoftware, den Regelkreis Verkehrsmanagement (Abb.3 b) enger zu schliessen. Eine Frage, die sich vor der praktischen Umsetzung solch eines Systems stellt, ist die nach dem Kosten-Nutzen-Verhältnis und nach der Akzeptanz und Kooperationsbereitschaft der Beteiligten.

Bei einem Vergleich des Aufwandes solch eines Systems mit den Kosten der Verkehrsnetzbetreiber auf der einen Seite (Verkehrsinfrastruktur und VM) mit dem Nutzen der Verkehrsteilnehmer auf der anderen Seite, spricht das Kosten-Nutzenverhältnis für eine Umsetzung, vorausgesetzt das System findet eine breite Akzeptanz. Dadurch sinken die Kosten je Teilnehmer und gleichzeitig nimmt die Genauigkeit der ausgetauschten Informationen zu. Ein aktives Routing macht allerdings aus Sicht des VM nur Sinn, solange das betrachtete Netz nicht voll ausgelastet ist, da in diesem Fall keine Ausweichrouten zur Verfügung stehen. In Agglomerationszentren kann das VM den Verkehrsteilnehmern somit oft nur empfehlen, auf den, bezüglich Verkehrsflächenbeanspruchung, effizienteren ÖV umzusteigen.

Die Akzeptanz und Kooperationsbereitschaft der Beteiligten, insbesondere von VM und Dienst Anbietern, ist laut Experten im Moment nur teilweise gegeben. Ein Aspekt, der eine aktive Rolle des VM erschwert, sind die vorherrschenden Interessenskonflikte. Das Interesse der Verkehrsteilnehmer und des VM unterscheiden sich insofern, als der Verkehrsteilnehmer so schnell wie möglich mithilfe individueller Routenanweisungen von A nach B kommen will, wohingegen das VM sein Netzwerk optimiert betreiben möchte. Der Unterschied zwischen Nutzeroptimum und Systemoptimum ist in der Regel allerdings nicht besonders gross. Das Interesse des VM und der Dienstanbieter unterscheidet sich deutlicher. Die Dienstanbieter möchten einen Mehrwert für ihre Kunden generieren (Unterstützung individueller Interessen), um firmeneigene Profite zu erwirtschaften. Das VM verfolgt das Wohl der Allgemeinheit. In der Praxis führen die geschilderten Interessenskonflikte dazu, dass die Kooperation zwischen Dienst Anbietern und Verkehrsteilnehmern eventuell zu Lasten des VM erfolgt. Als Konsequenz sind rechtliche Restriktionen anzudenken, sodass der Verkehrsablauf im Netz kontrolliert durch das VM verfolgt wird (Zwangsverbote wie z.B. Fahrverbot in Quartieren zur Verhinderung von Schleichverkehr).

Aus organisatorischer Sicht bergen auch die verschiedenartigen Geschäftsprozesse des lokal verankerten VM und der „globalen“ Dienstanbieter Schwierigkeiten. Als Basis müssen einheitliche Arbeitsprozesse geschaffen werden. Neben der Umsetzung des SVM auf VM-CH-Ebene, ist dies aus Nutzersicht auch für regionale VM-Zentralen anzustreben. In Perimetern, in denen Online-Zähler die beste Daten-Qualität liefern, haben die Verkehrsnetzbetreiber einen Vorteil. Hier sind die Dienstanbieter am ehesten aufgeschlossen zu kooperieren, da sie auf die Daten angewiesen sind. Demgegenüber steht, dass die Dienstanbieter als globale Firmen z.T. wenig Interesse an innerstädtischen Daten haben, da in den Agglomerationszentren der Aufwand, der nötig ist um die Servicequalität weiter zu verbessern, überproportional steigt. Zudem wird eine Kooperation der global tätigen Unternehmen mit den Verkehrsnetzbetreibern erschwert, wenn die Zuständigkeiten seitens VM auf viele verschiedene Ansprechpersonen verteilt sind bzw. wenn es keine einheitlichen Standards bei der Datenerhebung gibt.

Ein Datenaustausch ist Grundvoraussetzung einer Kooperation zwischen VM und Dienst Anbietern. Eine Open-Book-Strategie seitens des VM ist unter bestimmten Rahmenbedingungen vorstellbar. Die Weitergabe von Daten der öffentlichen Hand (VM) an Dienstanbieter funktioniert bereits. Die Dienstanbieter kaufen Daten ein. Eine bidirektionale Kooperation kann aus Datenschutz-Gründen nicht ohne weiteres erfolgen. Der Datenschutz bleibt problematisch, z.B. wenn die genaue Kenntnis der Verkehrslage seitens der Verkehrsnetzbetreiber dazu genutzt wird, Geschwindigkeitsüberschreitungen verstärkt zu ahnden oder wenn Bewegungsprofile konkreter Personen erstellt und weitergegeben werden. Darüber hinaus sehen die Dienstanbieter nicht unbedingt ein, ihre Daten der Konkurrenz zur Verfügung zu stellen, da sie einen Vorteil für die eigenen Kunden schaffen möchten. Um Manipulationen vorzubeugen werden bevorzugt Rohdaten von Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten und Routen ausgetauscht. Eine Einhaltung des Datenschutzes kann mit Hilfe von entsprechend ausgestalteten Datenüberlassungsverträgen gefördert werden (dazu mehr in Abschnitt 6.2).

Das Umsetzungsmodell des VM (Dreieckmodell) birgt neben den aufgezeigten Stärken, Schwächen und Risiken, die Chancen, dass die Verkehrsteilnehmer besser informiert werden können und dass der Individualverkehr dadurch sicherer und zuverlässiger fließt. Der Strassenraum wird effizienter genutzt. Das Zusammenführen des Kundenstamms der Dienstanbieter, die jeweiligen Erfahrungen und das Wissen von VM und Dienst Anbietern und die Aufgabenteilung (individueller Dienst am Kunden bzw. VM für das Gemeinwohl) setzen Synergieeffekte frei. Kapitel 7 gibt erste Empfehlungen, wie der Umsetzungsprozess gestärkt werden kann.

## 6.2 Rechtlicher Rahmen

Neben dem technischen Zugang der Online-Datenquellen ist auch die Verfügbarkeit aus juristischer Sicht wichtig. In Kapitel 5 wurde mit der Untersuchung der Ownership der Daten bereits auf einige rechtliche Aspekte eingegangen. Es liegen verschiedene Muster-

verträge für eine rechtliche Rahmgebung der Datenüberlassung vor. Aufgrund der Komplexität des Themas behandeln die meisten Verträge jeweils nur Teilaspekte. Vertragsgegenstand sind vor allem kommerzielle Aspekte, anstatt Einzelheiten der technischen Spezifikation. Im Überblick ist geregelt:

- die Zugriffsmöglichkeit (Leistungen zur Bereitstellung der Schnittstelle)
- die Mindestanforderungen der Daten (Art und Umfang hinsichtlich ihrer Nutzung)
- die Eignung für Massnahmengenerierung (Führung des Verkehrs über das Vorbehaltsstrassen- und das LKW-Vorrangnetz etc.)
- die erforderlichen Genehmigungen und Zustimmungen
- die Entgelte für die Nutzung abhängig von hoheitlicher vs. privater Nutzung (Kostenrahmen)
- die Haftung

Die zwei Verträge, die in Deutschland von Bedeutung sind und vor allem als Grundlage für neuere Verträge dienen, sind:

- Mustervertrag zur Abgabe und dem Verkauf von Verkehrsdaten aus Verkehrsrechnerzentralen des Bundes (in Abstimmung mit den Ländern), initiiert vom BMVBW
- Mustervertrag über die Überlassung verkehrsrelevanter Daten zwischen Kommunen und privaten Dienstleistern, erstellt vom Deutschen Städtetag (wechselseitiger Datenaustausch, Kompensationsgeschäft: kostenfreie Überlassung)

Im Detail bietet die FGSV [11] eine gute Übersicht über die Vertragsinhalte der einzelnen Verträge. In den erwähnten Verträgen ist vor allem die Überlassung von Daten öffentlicher Stellen an private Verkehrstelematikdienstleister geregelt. Neuere Ansätze beinhalten besonders die Datenweitergabe von bewegten Sensoren wie FCD. Die Integration von FCD ist in Form verschiedener Varianten denkbar, jeweilig auch abhängig von der Aufgabenteilung zwischen öffentlicher und privater Hand (hoheitlich vs. kommerziell). In diesem Zusammenhang sind auch Public-Private-Partnerships (PPP) von Bedeutung. Das aufgezeigte Anreizmodell aus Kapitel 3 spielt darin eine zentrale Rolle, wobei die praktische Umsetzung noch schwierig abzuschätzen ist (siehe Ausführungen in Abschnitt 6.1). Als Anschauung ist der „Mustervertrag über die Überlassung verkehrsrelevanter Daten zwischen Kommunen und privaten Dienstleistern“ im Anhang beigelegt.

Die heutige Rechtslage zeigt Entwicklungspotenzial, insbesondere hinsichtlich der Vereinbarungen mit privaten Dienstleistern. Angelehnt an die bisherigen Umsetzungen in Deutschland, könnten in der Schweiz ähnliche Datenüberlassungsverträge erarbeitet werden.

## 7 Fazit und Empfehlung

### 7.1 Zielerreichung und Ergebnisse

Das Ziel dieser Arbeit, die heutige und zukünftige Datenbasis von **Online-Daten** für Entscheidungen des VM zu untersuchen und zu bewerten, wurde erreicht. Eine Prüfung der Qualität sowie der Verfügbarkeit (organisatorische und rechtliche Bedingungen) ergab eine Übersicht über aktuelle und zukünftig denkbare Online-Daten als Eingangsgrößen für die Online-Verkehrsprognose. Die Auslegeordnung und Qualität der Daten ist basierend auf der Norm ISO/TR 21707 [29] definiert. Die Transparenz und Vergleichbarkeit der Datenqualität einzelner Quellen sind in der Praxis aber nicht gegeben. Informationen, die insbesondere die Wirtschaftlichkeit der Daten betreffen, sind in der Literatur kaum zu finden.

Ein herauszustellendes Ergebnis dieser Arbeit ist das aufgezeigte **Umsetzungsmodell des VM (Dreieckmodell)**. Es stellt einen sinnvollen und wichtigen Vorschlag für die Zukunft dar. Vor einer schweizweiten Umsetzung sollten jedoch zunächst die in der SWOT-Analyse (Abb. 23) identifizierten Schwächen reduziert werden. Deshalb wird eine Umsetzung erst mittel- bis längerfristig als realisierbar gesehen. Die heutigen Möglichkeiten, eine verbesserte Datengrundlage für die Verkehrslageberechnung und -prognose zu erhalten, sind innerhalb des VM noch nicht voll ausgeschöpft. Mit dem Vorschlag einer neuen Praxis, in Form des Dreieckmodells, soll der geringen Kooperationsbereitschaft entgegen gewirkt und ein Markt für Online-Daten angeregt werden. Die Aufgaben des Verkehrsmanagements „Lenken, Leiten, Steuern und Informieren“ könnten auf Grundlage der aufgezeigten (und potenziell verfügbaren) qualitativ höheren Datenlage besser ausgeführt werden. Das grösste Potenzial, als Eingangsdaten für eine verbesserte Berechnung der Verkehrslage und -prognose zu dienen, wird in Floating Phone Data und in FCD gesehen. Die Ortung der Floating Phones erfolgt optimalerweise mit Hilfe von GPS.

### 7.2 Offene Punkte

Diese Arbeit gibt einen Überblick über verschiedene Prognoseverfahren und kommt zum Schluss, dass für netzweite Anwendungen Verkehrsmodelle mit dynamischer Umlegung und Lernfähigkeit dem Verfahren zugrunde liegen sollten. Für weitergehende Aussagen wären ein Benchmark und verschiedene Feldversuche durchzuführen. Ein paralleles Anwenden von mehreren Prognoseverfahren kann dann eine fundierte Auswahl und praxisnahe Empfehlungen gewährleisten. Ein solches Vorhaben war im vorgegeben Rahmen des Forschungsauftrages jedoch nicht durchführbar. Der Bund könnte z.B. einen Wettbewerb initiieren, der private und öffentliche Verfahrensentwickler anspricht.

Parallel dazu steht eine quantitative Aussage zur Qualität von Online-Daten aus. Diese sind ebenfalls in Feldversuchen vergleichend einander gegenüberzustellen.

### 7.3 Empfehlung

Ableitend aus den gewonnenen Erkenntnissen sowie den noch offenen Fragen, sollte zukünftig im Sinne einer qualifizierten **Verkehrsprognose** auf folgende Punkte fokussiert werden:

- Förderung einer breit aufgestellten Erhebung, einer Zusammenführung und eines Austauschs von qualitativ hochwertigen Online-Daten, wobei ein Vergleich dieser untereinander gewährleistet sein sollte (u.a. koordiniertes Vorgehen der Kantone)
- Objektivierung von Qualitätskriterien für die Schweiz z.B. unter Zuhilfenahme der in dieser Arbeit schon angewendeten Norm ISO/TR 21707 [29] (Adaption dieser für eine bindende Erhebungsqualität z.B. von ASTRA-Onlinezählern)
- Generelles Ermöglichen der An- und Einbindung von Daten neuerer Technologie und Definition einer einheitlichen Schnittstelle für Online-Daten zur Verwendung für die Berechnung der Verkehrslage und -prognose

- Klärung/Untersuchung der Art und Weise der Verfügbarkeit und Weiterverwendung von Online-Daten mit hohem Wert (Informationsgehalt) wie GPS gestützte FPD und FCD und Klärung eines transparenten Gebrauchs dieser Daten in der Praxis (Methoden der Fehlerbereinigung, Prognosealgorithmus, proaktives Aufrüsten einer standardisierten Schnittstelle)
- Technische Umsetzung: Basierend auf der Verarbeitung der Eingangsdaten für die gewünschte Kurzfristprognose soll definiert werden, welche Elemente bei bestehenden Systemen ergänzt werden müssen, damit ein automatischer und gegen Unbefugte geschützter Datenaustausch möglich ist
- Gewährleistung und Ermöglichen eines transparenten Marktes, indem die rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst werden (durchschaubare Preisentwicklung, öffentliche Information über die Datenqualität)

Die grundsätzlich theoretische Beschreibung der Verwertbarkeit von Online-Daten und der neuen Rolle des VM wurde mit einer Diskussion über die praktische Umsetzung mit Experten untersucht und in Form von (ersten) Empfehlungen festgehalten. Vor einer schweizweiten Umsetzung des **VM-Modells** sollten zunächst die identifizierten Schwächen (Abb. 23) reduziert werden. Herausforderungen sind auch eine Begrenzung der Risiken (Abb. 23). Es lassen sich folgende Empfehlungen für einen strategischen Umsetzungsprozess des VM-Modells treffen:

- Sensibilisierung und Stärkung der Beziehung zwischen den drei Akteuren VM, Dienstanbieter und Verkehrsteilnehmer innerhalb von Pilotprojekten (wobei Restriktionen als letztes Instrument angewendet werden sollten). Dies kann gelingen, indem auf die unterschiedlichen Aufgabenstellungen und die Anforderungen und Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppen Rücksicht genommen wird. Dies schliesst z.B. die Pflicht des VM ein, die Bedürfnisse aller Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen.
- Annäherung von Arbeitsprozessen des VM und der Dienstanbieter: engere Zusammenarbeit und frühzeitige Abstimmung zwischen Systemherstellern und Dienstanbietern (das Tempo der Privaten ist höher und mehr auf Wirtschaftlichkeit ausgerichtet)
- Aktive Begleitung der gesellschaftlichen Debatte zu Datennutzung und Datenschutz seitens VM und Beachtung des politischen Klimas (öffentliche Akzeptanz und Interesse an einem kooperativen System)
- Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen an die Anforderungen und Bedürfnisse eines „Datenmarktes“ und insbesondere Erleichterung der Erfassung von den neuen Datenquellen wie insbesondere GPS gestützte FPD und FCD
- Erstellung von Rahmenverträgen für den Austausch von Online-Daten, „Kauf“/Transfer mit Key Performance Indicators (KPI: Kennzahlen, anhand derer der Fortschritt oder der Erfüllungsgrad hinsichtlich wichtiger Zielsetzungen gemessen wird) z.B. anhand der Norm ISO/TR 21707 [29]
- Der Bund, die öffentliche Hand im Allgemeinen, kann selber die Rolle des Anbieters einnehmen und damit eine veränderte Konkurrenzsituation bewirken (als Erstes könnte der interne Austausch und Abgleich von Daten zwischen den Kantonen und dem Bund angeregt werden)
- Betrachtung des (Sonder-) Falls Schweiz: Welche Vorteile bzw. Chancen bietet die geringe räumliche Ausdehnung, die Unabhängigkeit von der EU etc.?

Insgesamt ist ein Konsens zu forcieren, sodass sich das Dreieck in Form von Kooperationen schliesst. Falls in diesem Sinne eine Realisierung fehlschlägt, verliert das VM am meisten.

### **Normierungsbedarf**

Die gewonnenen Ergebnisse bieten eine gute Grundlage um zukünftige Kurzfristprognosen mit Online-Daten aufzubauen. Für eine einheitliche Umsetzung ist eine konforme Weitergabe und Verwendung der Daten wichtig. Aus Sicht der Autoren empfehlen sich folgende Elemente aus der vorliegenden Arbeit als Grundlagen für eine Normierung zu verwenden:

- Die Norm ISO/TR 21707 [29] bildet eine gute Basis für die Prüfung wichtiger Zielsetzungen innerhalb der Datenqualität. Vorgaben für die Datenqualität von Eingangsdaten für die Prognose (Zeitbezug etc.) und deren Weiterverarbeitung (Plausibilitätsprüfung, Ersatzwertbildung und Glättung) sind flächendeckend festzulegen. Eine Verwendung der Norm als Grundlage für eine Normierung sollte näher geprüft werden.
- Anlehnend an die Datenüberlassungsverträge aus deutscher Praxis soll ein eigener Musterentwurf erstellt werden.
- Eine Normierung sollte hinsichtlich ihrer Durchsetzung auf europäischer Ebene angestrebt werden bzw. an vorhandene Normen angelehnt sein (Abstimmung mit europäischen Normungsorganisationen ETSI, CEN und CENELEC)

Generell ist es für eine stringente Erarbeitung wichtig, sich zwischen den relevanten Interessensgruppen und Betroffenen zu verständigen. Darüber hinaus bietet es sich an, andere Normungsorganisationen und deren Arbeit zu betrachten und erfolgsversprechende Massnahmen auf Schweizer Verhältnisse anzupassen und Interoperabilität zu gewährleisten.

## Anhänge

<b>I</b>	<b>Übersicht über heute verwendete Online-Prognoseverfahren</b> .....	<b>81</b>
<b>II</b>	<b>Muster Datenüberlassungsvertrag</b> .....	<b>82</b>
<b>III</b>	<b>Dokumentation der methodischen Arbeitsschritte</b> .....	<b>93</b>
III.1	Experteninterview .....	93
III.2	Workshop "Verkehrsprognosen mit Online-Daten" .....	93




# I Übersicht über heute verwendete Online-Prognoseverfahren

Methoden der Kurzfristprognose

	Raum, Prognosehorizont	Eingangsdaten (am Praxis-Beispiel)			Verfahren	Ergebnis	Stand/Ausblick
		stationär	mobilität	others			
<b>OLSIM</b>	Nationalstraßen, 2.200 km; 30-60min	- 2.500 Detektoren (minütliche Verfügbarkeit von q und v)	- Verkehrswarndienstes der Polizei über Anschlussteilensperren		- Knotenstrommodell (CA Zellularautomatenmodell) mikroskopisch	k, q, t	Realisierung in NRW
<b>ASDA-FOTO</b>	Nationalstraßen; 1.900km; 60-120min	- 500 Detektoren: q+v für Pw+LW	- FCD (aus Navi und Handy)	- Verkehrsmeldungen + Baustellen	- Kernerschen Drei-Phasen Verkehrstheorie - ganglinienbasiert makroskopisch	k, Verkehrsfluss, Länge Warteschlange, abschnittsbezogene Reisezeit	Realisierung in Hessen
<b>DINO</b>	Stadt/Agglomeration; 20min; Luckenschluss mit Autobahnnetz	- 50 innerstädt. Messquerschnitte - 491 Autobahn-Messquerschnitte - 182 OCIT-LSA, 450 Schließen an OCIT-LSA (Online-Anbindung mit aktuellen Freigabezeitanteile)	- 1.500 Taxien - priorisierte Straßenbahnen, Busse (An- u. Abmeldung) - FCD von privaten Anbietern (BMW, pty)	- Gangliendatenbank 6:00 Uhr – 22:00 Uhr (15 min), 2002-2007	- aggregierte Quell-Ziel-Matrizen - dynamische Verkehrsumlegung (3DAS-Umlegung) - Warteschlangenmodell Kimber/Hollis mesoskopisch	Verkehrslage, Reisezeit, Reisegeschwindigkeit, LOS	- Prototyp in direction (2005-2008), Dusseldorf; - fehlerbehaftete Umsetzung mit 3DAS-Umlegung (Vorschlag: Neuentwicklung mit "Cell Transmission Models" DAGANZO 1994)
<b>POLYDROM</b>	Stadt/Agglomeration; 15-120min	- Detektoren: q, v	- Taxi-FCD, FCD, v	- Stau- und Baustellenmeldungen von Viasuisse	- aggregierte Quell-Ziel-Matrizen - statische Verkehrsumlegung - Cluster - Analyse historischer Daten - lernbasiert makroskopisch	Verkehrslage, LOS	- zürichtrafic-Joos Bernhardt, Hessen
<b>UTA</b>	Stadt/Agglomeration; 30, 60, 120min	- verkehrsgeregelten Netzknoten: einmessende Verkehrsmenge in Abschnitt, in die Warteschlange, und Abschnitt verlassende Verkehrsmenge - Abbiegeraten - LSA mit Knotentopologie			- Knotenstrommodell makroskopisch		prototyp. Anwendung in Hessen
<b>PTV VISUM-Online (ehemals: Siemens "MONET")</b>	Stadt/Agglomeration; 20min	- LSA, VBA - Detektor von q und v (TEU)	- Bus FCD	Baustellen, Verkehrsmeldung, dyn. Parkdaten, Wetter	- aggregierte Quell-Ziel-Matrizen - dynamische Verkehrsumlegung - Anpassung an die aktuelle Verkehrslage durch Messwertpropagierung mesoskopisch	k, q, t	- IQ-mobility; Entwicklung zur Standardsoftware (2009: einsatzfähiger Prototyp); - gewählteste Übertragbarkeit, befriedigende Prognosequalität - Realisierung in Hannover, Berlin, Magdeburg
<b>Musterverfahren Fraunhofer IVI</b>	Stadt/Agglomeration; 20min	- ca. 150 Doppel-Induktionsstreifen (Aggregationsintervall 1 Min.) - Video (2 Kreuzungen, fusioniert, WLAN)	- ca. 500 Taxi-FCD - ÖV-FCD (1 Buslinie)		- Ganglinienbasiertes Raum-Zeit-Muster, gewichtete Fortschreibung (Zusammenhänge innerhalb von Teilnetzen; nicht historische Messstellen-Einzelganglinien, sondern zeitl. Kombination aller vorliegenden Messwerte sind massgebend)	q	- Prototyp in ORINOCO (2004-2008), Nürnberg
<b>Clusterverfahren DLR</b>	Stadt/Agglomeration; 15min	- Detektion	- Taxi-FCD (Glättung dieser mit SYD-Fit Verfahren)		- partitionierende Clusteranalyse (Vergleich Tagesganglinien jeder Karte mit jeder, Zuordnung ähnlicher Tagesgänge zu Clustern, Erzeugung für jeden Wochentag)		- Prototyp in ORINOCO (2004-2008), Nürnberg

## II Muster Datenüberlassungsvertrag



Mobilitäts Daten Marktplatz

### Datenüberlassungsvertrag (Muster)

*Finale und verabschiedete Fassung vom 04.05.2011*

Zwischen

vertreten durch \_\_\_\_\_

nachfolgend „Datenanbieter“ genannt

und

vertreten durch \_\_\_\_\_


nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt.

beide zusammen im Folgenden „Vertragsparteien“ genannt.

über die Überlassung verkehrsrelevanter Daten aus dem Bereich des Individualverkehrs gemäß Anlage 2 zu diesem Vertrag

über den Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM)

an den Datenabnehmer zum Betrieb des Dienstes bzw. zu dem Geschäftszweck gemäß Anlage 3 zu diesem Vertrag.



Mobilitäts Daten Marktplatz

Präambel

Gemeinsam sind die Vertragsparteien bestrebt, durch Optimierung von Verkehrsabläufen die Sicherheit, Flüssigkeit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrs zu erhöhen, Umweltbelastungen zu reduzieren, unnötigen Ziel- und Parksuchverkehr zu vermeiden und einen Beitrag zum Erhalt der allgemeinen Mobilität zu leisten. Sie sind des Weiteren bestrebt, mit präzisen VerkehrsInformationsdiensten den Verkehrsfluss in der Stadt nachhaltig zu verbessern.

Der Datenabnehmer wird die hohelichen Aufgaben und die verkehrspolitischen Belange des Datenanbieters bei der Verwendung der überlassenen Daten angemessen beachten. Über den Umfang und die Inhalte der hohelichen Aufgaben und der verkehrspolitischen Belange wird der Datenanbieter den Datenabnehmer in Kenntnis setzen, sowie über mögliche Änderungen während der Vertragsdauer informieren. Die Anlage 1 zu diesem Vertrag beschreibt hierzu die Ausgangssituation zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses.

Die Vertragsparteien akzeptieren mit Abschluss dieses Vertrages, der die Überlassung von Individualverkehrsdaten über den MDM zum Gegenstand hat, die Nutzungsbedingungen des MDM als Grundsatz für ihre Vertragsbeziehung.

Dies vorausgeschickt, vereinbaren die Vertragsparteien Folgendes:

§.1 Vertragsgegenstand

(1) Gegenstand dieses Vertrages ist die Bereitstellung von Verkehrsdaten zum Individualverkehr über den MDM, welche durch Zusatzinformationen örtlich und zeitlich referenziert werden.

(2) Die Art der Daten und der Datenübertragung werden in der Anlage 2 zu diesem Vertrag beschrieben.

§.2 Pflicht zur Datenüberlassung

(1) Der Datenanbieter verpflichtet sich zur Überlassung der in Anlage 2 näher spezifizierten verkehrsrelevanten Daten aus dem Bereich des Individualverkehrs an den Datenabnehmer, wobei diese über eine Schnittstelle des MDM erfolgen wird.

(2) Der Datenanbieter wird in seinem Verfügungsrecht über die überlassenen Daten in keiner Weise beschränkt, insbesondere kann er weiteren Datenabnehmern entsprechende oder andere Nutzungsrechte einräumen.

(3) Dem Datenanbieter obliegt keine Pflicht der Qualitätssicherung der zu überlassenden Verkehrsdaten.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

1

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

2



Modells Daten Marktplatz

### § 3 Rechte und Pflichten bei der Nutzung der überlassenen Daten

- (1) Der Datenabnehmer erhält das Recht, die in Anlage 2 zu diesem Vertrag beschriebenen Daten zu nutzen. Die Nutzung der Daten darf ausschließlich zu dem in diesem Vertrag vereinbarten Geschäftszweck gemäß Anlage 3, Ziffer 1 erfolgen.
- (2) Der Datenabnehmer verpflichtet sich, die verkehrspolitischen Belange des Datenanbieters, insbesondere den Schutz von Wohngebieten vor Durchgangsverkehr, angemessen zu beachten. Diese Verpflichtung besteht auch bei einer Weitergabe der verarbeiteten Daten an einen Dritten. Die Verpflichtung zur Berücksichtigung der verkehrspolitischen Belange gilt auch für die Nutzung von Verkehrsdaten Dritter.
- (3) Der Datenabnehmer verpflichtet sich, in regelmäßigen Abständen – mindestens alle 6 Monate - über die Verwendbarkeit und Verwendung der überlassenen Daten und der diese Informationspflicht besteht - unabhängig von der vorstehenden Verpflichtung - auch bei konkreten Nachfragen des Datenanbieters.
- (4) Der Datenabnehmer ist nicht befugt, die ihm überlassenen noch unverarbeiteten Verkehrsdaten unmittelbar Dritten zur Verfügung zu stellen, auch nicht, wenn die Weitergabe im Rahmen seines Geschäftszwecks erfolgen soll. Ausgenommen hiervon sind die in Anlage 4 genannten Unternehmen, die nicht Dritte im Sinne dieses Vertrages sind. Eine Änderung der in Anlage 4 genannten Unternehmen ist nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung des Datenanbieters zulässig. Im Falle der Weitergabe der Verkehrsdaten an die in Anlage 4 genannten Unternehmen bleibt der Datenabnehmer verpflichtet, für eine bestimmungsgemäße Verwendung der Verkehrsdaten nach diesem Vertrag durch diese Unternehmen Sorge zu tragen.
- (5) Der Datenabnehmer ist aber berechtigt, die ihm überlassenen Daten zu verarbeiten und auch mit eigenen Daten oder denen Dritter zu verknüpfen und Dritten dieses Gesamtangebot an Dienstleistungen zu übermitteln. Voraussetzung ist allerdings, dass seitens des Datenanbieters eine Verarbeitung der Daten vorgenommen wurde, die eine signifikante Änderung der ursprünglich überlassenen Daten bedeutet. Dies ist insbesondere bei einer Datentfusion oder einer Konvertierung der Fall, nicht aber bei einer bloßen Datenbündelung, wenn hierdurch nicht eine neue Aggregations- oder Qualitätsstufe erreicht wird. Details sind in Anlage 3 zu diesem Vertrag beschrieben. Die in Anlage 3 zu diesem Vertrag beschriebene Verarbeitung stellt eine signifikante Änderung der Verkehrsdaten dar.
- (6) Im Falle der Weitergabe der verarbeiteten Daten an Dritte zur Erstellung der Dienstleistung bleibt der Datenabnehmer verpflichtet, für eine bestimmungsgemäße Verwendung nach diesem Vertrag durch die Dritten Sorge zu tragen. Anlage 3 zu diesem Vertrag enthält eine Auflistung der Partner des Datenanbieters („Dritte“ im Sinne des Vertrages) denen verarbeitete Daten vom Datenabnehmer zur weiteren Bearbeitung überlassen werden.
- (7) Die beabsichtigte Weitergabe der verarbeiteten Daten an einen Dritten, der nicht in der Anlage 3 zu diesem Vertrag aufgeführt ist, kann von einer Erlaubnis bzw. Zustimmung des Datenanbieters abhängig gemacht werden. Sollten Gründe des Allgemeinwohls gegen eine Weitergabe der Daten an diesen Dritten sprechen, wird dem Datenanbieter das Recht eingeräumt, der Datenweitergabe zu widersprechen. Entsprechende Regelungen sind in Anlage 3 zu diesem Vertrag getroffen.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

3

- (8) Eine seitens des Datenanbieters beabsichtigte Veröffentlichung von verarbeiteten Daten oder daraus erzeugter Zusammenstellungen, Statistiken oder Berichte ist dem Datenanbieter vorab mitzuteilen. Sollten überwiegende Gründe des Allgemeinwohls gegen diese Veröffentlichung sprechen, wird dem Datenanbieter das Recht eingeräumt, der Veröffentlichung zu widersprechen.
- (9) Nach Beendigung des Vertrages sind alle überlassenen Daten vom Datenabnehmer zu vernichten bzw. löschen und der Datenanbieter ist hierüber schriftlich zu informieren.

### § 4 Haftung

- (1) Eine Haftung des Datenanbieters, insbesondere wegen nicht vollständiger, fehlerhafter oder fehlerhaft übertragener oder unterblebener Informationen und Datenüberlassungen und daraus resultierenden Nutzungshandlungen aufgrund des technischen Zustandes, Störungen oder des Ausfalls der Messeinrichtungen oder der Datenübertragung, ist ausgeschlossen.
- (2) Eine Haftung des Datenanbieters, insbesondere wegen nicht vollständiger oder fehlerhaft übertragener oder unterblebener Informationen und Datenüberlassungen und daraus resultierender Nutzungshandlungen des Datenanbieters aufgrund von Fehlern bei Datenaufbereitungs- und Datenbewertungsvorgängen, ist ebenfalls ausgeschlossen.
- (3) Die Vertragsparteien stellen einander von allen Ansprüchen frei, die ein Dritter aufgrund von Schäden geltend macht, die im Zusammenhang mit der durch diesen Vertrag geregelten Datenüberlassung stehen.
- (4) Die Absätze 1 bis 3 gelten nicht für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit. Sie gelten weiterhin nicht für Schäden bei Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer vorsätzlichen oder fahrlässigen Pflichtverletzung des jeweiligen Vertragspartners beruhen.
- (5) Sämtliche Regelungen zur Haftung beziehen sich auch auf Pflichtverletzungen der Organe, Vertreter, Verrichtungs- oder Erfüllungsgehilfen der Vertragsparteien.
- (6) Der Datenanbieter bemüht sich, auftretende Störungen im Rahmen seiner üblichen Arbeitszeit und Kapazität sowie im Rahmen seiner organisatorischen und rechtlichen Möglichkeiten möglichst zügig zu beheben, so dass eine vollständige und fehlerfreie Datenüberlassung wieder gewährleistet werden kann.
- (7) Der Datenanbieter wird den Datenabnehmer rechtzeitig über Maßnahmen informieren, die voraussichtlich die vollständige und fehlerfreie Datenüberlassung beeinflussen können.

### § 5 Nutzungsentgelt

- (1) Die im Zusammenhang mit der Datenüberlassung für den Datenanbieter entstehenden Kosten (Verwaltungs- und Sachkosten) können zur Grundlage einer Entgeltregelung für die Datenüberlassung im Rahmen des geltenden Vertrages gemacht werden. Dieses schließt die Erhebung eines Wertausgleichs für die Nutzung der überlassenen Daten mit ein. Entsprechende Regelungen, ob, zu welchem Zeitpunkt, in welchem

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

4



Mediatis Daten-Netzplatz

Umfang und für welche Art von Daten Entgelte erhoben werden, sind in der Anlage 5 zu diesem Vertrag enthalten.

- (2) Die Vertragsparteien haben das Recht, einmal jährlich nach einer mindestens dreimonatigen Vorankündigung eine Anpassung des Nutzungsentgelts und der Entgeltregelung zu beantragen. Kommt es innerhalb einer Dreimonatsfrist nicht zu einer einvernehmlichen Regelung hinsichtlich der Entgeltfrage, hat jede Partei ein außerordentliches Kündigungsrecht. Die Kündigung wird jedoch erst mit Ablauf einer weiteren Dreimonatsfrist wirksam.
- (3) Regelungen zum Nutzungsentgelt (Höhe, Zahlungsweise, Bankverbindung der Vertragsparteien) finden sich in der Anlage 5 zu diesem Vertrag.

#### § 6 Datensicherheit und Geheimhaltung

- (1) Die Vertragsparteien verpflichten sich, alle erforderlichen und üblichen Maßnahmen zur Gewährleistung der Datensicherheit zu treffen.
- (2) Die Vertragsparteien verpflichten sich des Weiteren, über sämtliche aufgrund dieses Vertrages und seiner Durchführung bekanntgewordenen Informationen und Unterlagen der anderen Vertragspartei Geheimhaltung zu wahren. Dies gilt nicht für:

- a. Verkehrsdaten;
- b. Informationen und Unterlagen, die schon zum Zeitpunkt der Überlassung öffentlich bekannt oder öffentlich zugänglich waren oder es zu einem späteren Zeitpunkt werden, ohne dass dies auf einer Verletzung dieses Vertrages beruht;
- c. Informationen und Unterlagen, von denen die empfangende Vertragspartei nachweislich vor ihrer Bekanntgabe durch die andere Vertragspartei Kenntnis hatte;
- d. Informationen und Unterlagen, die von der empfangenden Vertragspartei selbständig und ohne Verstoß gegen diesen Vertrag entwickelt worden sind;
- e. Informationen und Unterlagen, die der empfangenden Vertragspartei von einem Dritten ohne Vorbehalt der Vertraulichkeit und ohne Verstoß gegen eine Vertraulichkeitsvereinbarung zugänglich gemacht werden.

- (3) Beide Vertragsparteien verpflichten sich, diese Geheimhaltungspflichten auch ihren Betriebsangehörigen aufzuerlegen, die Informationen und Unterlagen nach Abs. 2 erlangen können oder tatsächlich erlangt haben.
- (4) Die Geheimhaltungspflicht besteht über die Laufzeit des Vertrages hinaus für weitere 5 Jahre.

#### § 7 Vertragsbeginn, Kündigung

- (1) Dieser Vertrag tritt mit den rechtsverbindlichen Unterschriften durch die Vertragsparteien in Kraft.
- (2) Der Vertrag wird bis zum \_\_\_\_\_/auf unbestimmte Zeit geschlossen.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

5



Mediatis Daten-Netzplatz

(3) Jede Vertragspartei kann diesen Vertrag mit einer Frist von \_\_\_\_\_ Monaten kündigen, jedoch erstmalig zum \_\_\_\_\_.

(4) Jede Vertragspartei kann diesen Vertrag aus wichtigem Grund fristlos kündigen. Ein wichtiger Grund liegt insbesondere dann vor, wenn eine Vertragspartei ihren Verpflichtungen aus diesem Vertrag trotz schriftlicher Aufforderung innerhalb einer ihr gesetzten angemessenen Frist nicht nachkommt.

(5) Die Kündigung bedarf der Schriftform und hat per eingeschriebenem Brief zu erfolgen.

#### § 8 Änderung des Vertrages

- (1) Änderungen und/oder Ergänzungen dieses Vertrages bedürfen zu ihrer Wirksamkeit der Schriftform.
- (2) Die in diesem Vertrag genannten Anlagen sind Bestandteile des Vertrages; Absatz 1 gilt entsprechend.

#### § 9 Übertragung von Rechten und Pflichten

- (1) Eine Vertragspartei kann die Rechte und Pflichten, die sich aus diesem Vertrag ergeben nur mit schriftlicher Erlaubnis bzw. Zustimmung der anderen Vertragspartei auf Dritte übertragen.
- (2) Dies gilt auch im Falle einer Rechtsnachfolge.

#### § 10 Gerichtsstand und anzuwendendes Recht

Gerichtsstand für die Streitigkeiten aus diesem Vertrag ist \_\_\_\_\_.  
Das Vertragsverhältnis unterliegt dem Recht der Bundesrepublik Deutschland.

#### § 11 Kommunikation

Sämtlicher Schriftwechsel zwischen dem Datenanbieter und dem Datenabnehmer sowie dem Datenanbieter und den in der Anlage 4 genannten Unternehmen hat in deutscher Sprache zu erfolgen.

#### § 12 Salvatorische Klausel und Vertragsvorrang

- (1) Sollte eine oder mehrere Bestimmungen dieses Vertrages unwirksam sein oder werden, so bleibt der Vertrag im Übrigen gültig. Die Vertragsparteien werden die unwirksamen oder unwirksam gewordenen Bestimmungen durch solche Bestimmungen ersetzen, die dem angestrebten Vertragszweck am nächsten kommen.
- (2) Bei Lücken oder widersprüchlichen Regelungen zwischen diesem Vertrag und seinen Anlagen gehen die Regelungen in diesem Vertrag denen in den Anlagen vor.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

6



**§.13 Ausfertigungen**

Jede Vertragspartei erhält eine Ausfertigung dieses Vertrages.

**§.14 Anlagen**

Der Vertrag enthält folgende Anlagen:

- A. Anlage 1  
Rahmenbedingungen zur Datenüberlassung und Datennutzung
- B. Anlage 2  
Art der überlassenen Daten und der Datenübertragung
- C. Anlage 3  
Verwendung der überlassenen Daten durch den Datenabnehmer
- D. Anlage 4  
Verbundene Unternehmen
- E. Anlage 5  
Nutzungsentgelt



**Anlage 1  
zum Datenüberlassungsvertrag vom .....**

Zwischen

vertreten durch \_\_\_\_\_  
 nachfolgend „Datenanbieter“ genannt  
 und

vertreten durch \_\_\_\_\_  
 nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt.

**Rahmenbedingungen zur Datenüberlassung und Datennutzung**

(1) Der Datenanbieter verknüpft mit der Überlassung der kommunalen Verkehrsdaten und –informationen die in den nachfolgend genannten vier Kategorien zusammengestellten Bedingungen, die der Datenabnehmer im Sinne einer stadtvorgänglichen Information und Navigation zu beachten und in angemessener Weise zu erfüllen hat. Die Voraussetzungen hierfür sowie die damit verbundenen Pflichten und Nachweise seitens des Datenanbieters und des Datenabnehmers sind in den Anlagen 2 und 3 aufgeführt.

**Kategorie I:** Beachtung der bestehenden Verkehrsregelung

Zu unterbinden ist das

- I.1 Befahren oder die Einfahrt trotz bestehendem Verkehrsverbot
- I.2 Befahren oder Einfahrt entgegen bestehender Verkehrsbeschränkung
- I.3 Wenden oder Abbiegen trotz Verbot
- I.4 Begehen bzw. Betreten trotz bestehendem Verbot

**Kategorie II:** Beachtung anerkannter Regeln stadtvorgänglicher Navigation

Zu vermeiden ist

- II.1 das Durchfahren von verkehrsberühigten Bereichen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m vom verkehrsberühigten Bereich entfernt sind.
- II.2 das Durchfahren von Umweltzonen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m von der Umweltzone entfernt sind
- II.3 das Ein- und Durchfahren von Umweltzonen für Fahrzeuge mit falscher Plakette,

Ort, Datum, Unterschrift des Datenanbieters \_\_\_\_\_

Ort, Datum, Unterschrift des Datenabnehmers \_\_\_\_\_



Mobiles Daten-Marktplatz

- II.4 das Durchfahren von Tempo 30 Zonen und verkehrsberuhigten Geschäftsbe-  
reichen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als  
1000 m von der Tempo 30 Zone entfernt sind;
- II.5 die Stau-Umfahrung durch individuelles Routing auf alternativen Wegen durch  
überlastete Strecken, d. h. Strecken, die keine Leistungsfähigkeitsreserven  
mehr besitzen.

**Kategorie III:** Übernahme aktueller (vorübergehender/dynamischer) straßenverkehrsbe-  
hördlicher Anordnungen

Zu unterstützen

- III.1 ist die dynamische Schaltung von Alternativrouten zur gestörten Hauptroute,
- III.2 sind angeordnete Umleitungsstrecken zu einer Hauptroute bei Sperrungen.

**Kategorie IV:** Präferenz für stadtverträgliche Routen

Vorrang einzuräumen

- IV.1 sind Routen auf dem strategischen Netz,
- IV.2 ist dem Lkw-Vorrangnetz
- IV.3 ist der empfohlenen Zielführung zu POI.

Zu beachten sind

- IV.4 die örtlichen Verkehrslei- und Parkleitsysteme insbesondere bei Zufahrt zu  
Veranstaltungen.

- (2) Der Datenanbieter kann ein Vorrangnetz/strategische Netz seiner Gebietskörperschaft  
zur Verfügung stellen, das der Datenabnehmer zu beachten hat. Das alternative Routing  
mit Durchführung weniger leistungsfähiger Straßen in z. T. sensiblen Gebieten soll ver-  
mieden werden (siehe auch Kategorien II bis IV).
- (3) Ist der Datenabnehmer nicht der direkte Dienstleister gegenüber Endabnehmern (Ver-  
kehrsteilnehmern) trägt der Datenabnehmer dafür Sorge, dass die Verpflichtungen und  
Nachweisführungen auf seine nachgeordneten Vertragspartner übertragen werden.
- (4) Verwendung der überlassenen Daten und Informationen:  
Der Datenabnehmer wird den Datenanbieter in 6-monatigen Zeitabständen über die Ver-  
wendbarkeit und Verwendung der überlassenen Daten und der damit verbundenen Er-  
kenntnisse informieren.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

9



Mobiles Daten-Marktplatz

**Anlage 2**  
**zum Datenüberlassungsvertrag vom .....**

Zwischen

vertreten durch \_\_\_\_\_

nachfolgend „Datenanbieter“ genannt  
und

vertreten durch \_\_\_\_\_

nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt.

**Art der überlassenen Daten und der Datenübertragung**

1. Datenarten und Datenumfang

Folgende Datenarten und Informationen werden zur Überlassung an den Datenabneh-  
mer bereitgestellt:

- Detektionsdaten von freien Detektoren (virtuelle Schleifen) der strategischen De-  
tektion auf der freien Strecke (Überkopfdetektion: Video / Infrarot)
- Verkehrsmeldungen gemäß AlertC (automatisiert / manuell [verortet])
- Informationen zu Parkhäusern/-plätzen
- Strategiekonformes Routing

Details siehe nachfolgende Tabelle (hier: *Beispiel für Düsseldorf*).

2. Datenformat (hier: *Beispiel für Düsseldorf*)

Als Datenformate wird OCIT-1.1 verwendet, eine Umstellung auf OTS 2.0 (auf .....)  
ist vorgesehen. Dieses Format sieht voraussichtlich ab *mm.jj* zur Verfügung.

Details siehe nachfolgende Tabelle (hier: *Beispiel für Düsseldorf*).

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

10



Mobiles Daten Privatplatz

**Landeshauptstadt Düsseldorf: Datenbereitstellung an Private**

Mobiles Daten Privatplatz

Struktur	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten
1. Ebene	...	...	...	...
2. Ebene	...	...	...	...

Level of Service	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten
...	...	...	...	...

Informationen zu Pakettierspielen	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten
...	...	...	...	...

Strategieformel Routing	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten
...	...	...	...	...

Medien	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten	Erreichte Daten
...	...	...	...	...

**3. Datenübertragungsvorgang**

Die Datenübertragung vom Datenbietersystem zum MDM erfolgt folgendermaßen:

< Beschreibung ist individuell/ zu formulieren >

Die Datenübertragung vom MDM zum Datenabnehmersystem erfolgt folgendermaßen:

< Beschreibung ist individuell/ zu formulieren >



Mobilitäts Daten Marktplace

**Kategorie II:** Beachtung anerkannter Regeln stadtrvtrglicher Navigation

	Voraussetzungen	Meldungen
II.1	Das Durchfahren von verkehrsberuhigten Bereichen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m vom verkehrsberuhigten Bereich entfernt sind, ist zu vermeiden Das Durchfahren von Umwelzonen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m von der Umwelzzone entfernt sind, ist zu vermeiden Das Ein- und Durchfahren von Umwelzonen für Fahrzeuge mit falscher Plakette ist zu vermeiden	Nachweis der fehlerhaften Navigation durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Beschilderung als Auszug aus dem Verkehrskataster oder geeigneter Unterlagen  < tbd >
II.2	Das Durchfahren von Umwelzonen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m von der Umwelzzone entfernt sind, ist zu vermeiden Das Ein- und Durchfahren von Umwelzonen für Fahrzeuge mit falscher Plakette ist zu vermeiden	< tbd >
II.3	Das Durchfahren von Umwelzonen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m von der Umwelzzone entfernt sind, ist zu vermeiden Das Ein- und Durchfahren von Umwelzonen für Fahrzeuge mit falscher Plakette ist zu vermeiden	< tbd >
II.4	Das Durchfahren von Tempo 30 Zonen außerhalb der Nahorientierung wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 1000 m von der Tempo 30 Zone entfernt sind, ist zu vermeiden	Nachweis der fehlerhaften Navigation durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Beschilderung als Auszug aus dem Verkehrskataster oder geeigneter Unterlagen
II.5	Die Stau-Umfahrung durch individuelles Routing auf alternativen Wegen durch überlastete Strecken ist zu vermeiden	Darlegung des Sachverhaltes unter Angabe der Örtlichkeit und des Datums und falls bekannt möglicher Ursachen  Gemeinsame Aktivitäten (Datenanbieter/Datenabnehmer) zur Vermeidung der Detektion ggf. Entwicklung von strategischen Routen (s. Kategorie III)



Mobilitäts Daten Marktplace

4. Vom Datenanbieter zu erfüllende Voraussetzungen und zu erbringende Nachweise

Der Datenanbieter hat die nachfolgend unter Kategorie I-IV genannten Voraussetzungen zu erfüllen, die es dem Datenabnehmer ermöglichen, eine stadtrvtrgliche Information und Navigation zu realisieren. Der Datenanbieter hat dem Datenabnehmer dessen Verstöße gegen die genannten Voraussetzungen, mindestens entsprechend der unten beschriebenen Meldungen, nachzuweisen.

Mit Bezug auf Anlage 1 zu diesem Vertrag werden vom Datenanbieter im Zusammenhang mit der Datenüberlassung deshalb folgende Leistungen erbracht:

**Kategorie I:** Beachtung der bestehenden Verkehrsregelung

	Voraussetzungen	Meldungen durch den Datenanbieter
I.1	vorhandene Anordnung / Beschilderung von VZ 250, VZ 251, VZ 260, VZ 237, VZ 238, VZ 239, VZ 240, VZ 241-30/-31, VZ 242, VZ 245	Nachweis der fehlerhaften Navigation durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Beschilderung als Auszug aus dem Verkehrskataster oder geeigneter Unterlagen
I.2	vorhandene Anordnung / Beschilderung von VZ 250 + ZZ, VZ 251 + ZZ, VZ 260 + ZZ, VZ 237, VZ 238, VZ 239, VZ 240, VZ 241-30/-31, VZ 242 + ZZ, VZ 245 + ZZ, VZ 253, VZ 265, VZ 266, VZ 267, andere gesetzliche oder auf Verordnungen beruhende Grundlagen zur Verkehrsbeschränkung	Nachweis der fehlerhaften Navigation durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Beschilderung als Auszug aus dem Verkehrskataster oder geeigneter Unterlagen
I.3	vorhandene Anordnung / Beschilderung von VZ 209-10, VZ 209-20, VZ 209-30, VZ 209-31, VZ 214-10, VZ 214-20, VZ 272, Z 295, Z 297	Nachweis der fehlerhaften Navigation durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Beschilderung als Auszug aus dem Verkehrskataster oder geeigneter Unterlagen
I.4	Begehren bzw. Befehlen trotz bestehendem Verbot ist zu unterbinden	< tbd >

Muster des MCM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

Muster des MCM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011





Mobiles Daten Hub/Plattform

**Kategorie III: Übernahme aktueller (vorübergewendend/dynamischer) straßenverkehrsbehördlicher Anordnungen**

	Voraussetzungen	Meldungen
III.1	Die dynamische Scharlung von Alternativen Haupt- und Alternativrouten ist zu unterstützen -austausch einschl. der Angabe des Grundes	Nachweis der fehlenden Informationen durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung des Schutzstatus zum Zeitpunkt
III.2	Angeordnete Umleitungsstrecken zu einer Haupt- und Alternativroute bei Sperren sind zu unterstützen	Nachweis der fehlenden Informationen durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung des Umleitungs zum Zeitpunkt

**Kategorie IV: Präferenz für stadtradrückige Routen**

	Voraussetzungen	Meldungen
IV.1	Routen auf dem strategischen Netz sind Vorrang einzuräumen	< tbd >
IV.2	Dem Lkw-Vorrangnetz ist Vorrang einzuräumen	< tbd >
IV.3	Der empfohlenen Ziel-führung zu POI ist Vorrang einzuräumen	Nachweis der fehlenden Informationen durch Zugriff auf aktuelles Referenzsystem gem. Vertrag Anlage 3, zu Kap. 3, Abs. 3.1  Lokalisierung und Darlegung der Umleitung zum Zeitpunkt
IV.4	Die örtlichen Verkehrs- und Parkleitsysteme, insbesondere bei Zufahrt zu Veranstaltungen, sind zu beachten	< tbd >

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

15



Mobiles Daten Hub/Plattform

**Anlage 3 zum Datenüberlassungsvertrag vom .....**

Zwischen \_\_\_\_\_  
vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenanbieter“ genannt  
und \_\_\_\_\_  
vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt.

**Verwendung der überlassenen Daten durch den Datenabnehmer**

Beispiel: XYZ GmbH

1. Beschreibung des Dienstes bzw. des Geschäftszwecks  
Erfassung, Entwicklung, Design und Bereitstellung von Verkehrs- und Reiseinformationen und anderen Daten für Verkehrsteilnehmer sowie Werbung und Marketing für Produkte und Dienstleistungen, die der Anwendung solcher Informationen und Daten dienen.  
Diese Verkehrs- und Reiseinformationen sind insbesondere Durchschnittsgeschwindigkeiten aus Straßen, Reisezeiten, Ereignismeldungen und Level-of-Service Informationen. Darüber hinaus wird ausgewählten Endkunden von einem Datenabnehmer nachgelagerter Dienstleister ein Dienst zur externen Routenberechnung (off-board) angeboten. Dabei können die Endkunden eine Fahrtroute außerhalb des Fahrzeugs und mit Hilfe einer im Internet bereitgestellten Software berechnen und anschließend in die Fahrzeugnavigation übertragen. Im Fahrzeug kann der Fahrer dann zwischen der im Fahrzeug berechneten route (on-board) und der extern berechneten Route (off-board) auswählen.  
Bei der Erstellung und Bereitstellung des beschriebenen Dienstes werden Partner des Datenabnehmers bzw. weitere Dienstleister beteiligt, denen der Datenabnehmer verarbeitete Daten, Informationen, Vorprodukte usw. überlässt. Im einzelnen handelt es sich hierfür folgende Daten, Informationen, Vorprodukte vom Datenabnehmer erhalten:  
  - Firma x1, Aufgaben / Leistungen / usw., erhaltene Daten, Informationen, Vorprodukte

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

16



forderlich werden, hat der Datenabnehmer dafür Sorge zu tragen, dass diese Zugriffe ermöglicht werden.

(3.2) Bei festgestellten Abweichungen gegenüber den Festlegungen entsprechend der Anlage 1, Absätze (1) bis (3), ist der Datenabnehmer innerhalb von vier Wochen nach Eingang der Information verpflichtet, Anpassungen der Systeme dergestalt durchzuführen, dass die Festlegungen entsprechend der Anlage 1, Absätze (1) bis (3), erfüllt werden. Bei mehr als 3-maligen durch den Datenanbieter dokumentierten Verstößen und nicht erfolgter fristgemäßer Mängelbeseitigung durch den Datenabnehmer kann der Datenanbieter die Datenüberlassung mit einer Frist von vier Wochen nach Ankündigung so lange einstellen, bis der Datenabnehmer dem Datenanbieter die Mängelbeseitigung nachgewiesen hat.

Soweit die Abweichungen durch Mängel in den Systemen der Partner des Datenabnehmers verursacht werden, hat der Datenabnehmer dafür Sorge zu tragen, dass diese Mängel durch die Partner behoben werden.

(3.3) Der Datenanbieter kann diesen Vertrag ohne Einhaltung von Fristen kündigen, falls die vom Datenanbieter vollzogene Unterbrechung der Datenüberlassung gemäß Absatz (3.2) den Zeitraum von 12 Wochen überschreitet, ohne dass eine Mängelbeseitigung erfolgte.

4. Leistungen im Zusammenhang mit der vertragsgemäßen Nutzung der überlassenen Daten

Mit Bezug auf Anlage 1 werden vom Datenabnehmer im Zusammenhang mit der Datenanwendung folgende Leistungen zur Umsetzung der mit der Datenüberlassung verbundenen Auflagen erbracht:

**Kategorie I: Beachtung der bestehenden Verkehrsregelung**

	Umsetzung der Auflagen
1.1	Befahren oder die Einfahrt trotz bestehendem Verkehrsverbot für Kfz. ist zu unterbinden
1.2	Befahren oder Einfahrt entgegen bestehender Verkehrsbeschränkung ist zu unterbinden
1.3	Wenden oder Abbiegen trotz Verkehrsverbot ist zu unterbinden
1.4	Begehen bzw. Betreten trotz bestehendem Verbot ist zu unterbinden

a.) Weitergabe an Zulieferer der Grundkarten mit Korrektur innerhalb des nächsten Aktualisierungszyklus  
 b.) sofortige vorübergehende Attributierung durch Datenabnehmer zur Verarbeitung (innerhalb von 4 Wochen) durch nachgelagerte Dienstleister  
 < tbd. >



- Firma x2, Aufgaben / Leistungen / usw.; erhaltene Daten, Informationen, Vorprodukte
- usw.

Eine beabsichtigte Weitergabe von verarbeiteten Daten, Informationen, Vorprodukten an andere hier nicht aufgeführte Dritte bedarf der Zustimmung des Datenanbieters.

**2. Umfang des Nutzungsrechtes**

(2.1) Der Datenabnehmer nutzt die ihm überlassenen Daten ausschließlich für die Erzeugung des in Ziffer 1. beschriebenen Dienstes bzw. zur Durchführung des Geschäftszwecks. Vom Datenabnehmer durchgeführte statistische oder andersgestaltete Auswertungen der überlassenen Daten werden ausschließlich Datenabnehmer-intern genutzt, die Veröffentlichung von aus den überlassenen Daten erzeugter Informationen, wie z. B. Zeitreihen oder Auslastungsstatistiken, bedürfen der Zustimmung des Datenanbieters, es sei denn, diese Informationen sehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Dienstleistung oder der Durchführung des Geschäfts des Datenanbieters.

(2.2) Der Datenabnehmer ist nicht befugt, die ihm überlassenen unverarbeiteten Daten unmittelbar an Dritte weiterzugeben. Auf § 3 wird verwiesen.

(2.3) Zur Erzeugung des in Ziffer 1. beschriebenen Dienstes bzw. zur Durchführung des Geschäftszwecks nutzt der Datenabnehmer Leistungen von Partnern, wie in Ziffer 1 beschrieben. Die Weitergabe der überlassenen Daten seitens des Datenanbieters an diese Partner ist im beschriebenen Umfang statthaft.

**3. Nachweis der vertragsgemäßen Nutzung**

(3.1) Der Datenabnehmer ist zum Nachweis der vertragsgemäßen Nutzung der überlassenen Daten einschließlich der Beachtung der Vorgaben des Datenanbieters für ein Vorkanalisierungsnetz/strategisches Netz seiner Gebietskörperschaft verpflichtet, dem Datenanbieter einen kostenfreien internetbasierten Zugang zum Informations-/Navigationssystem bereitzustellen, in dem die überlassenen Daten Verwendung finden. Der Zugang kann ersatzweise auf Systeme, die in ihrer Funktionalität denen des eingesetzten Endgeräts entsprechen, eingerichtet werden. Dem Datenanbieter steht es frei, jederzeit aktuelle Informationen und Routenempfehlungen innerhalb seiner Zuständigkeit und Betroffenheit zu prüfen. Es ist vom Datenabnehmer ein Rückmeldesystem vom Datenanbieter zum Datenabnehmer und ggf. seinen nachgeordneten Vertragspartnern zu installieren, in dem seitens des Datenanbieters Abweichungen von Festlegungen entsprechend der Anlage 1, Absätze (1) bis (3), gemeldet werden können.

Soweit der Datenabnehmer zum Nachweis der vertragsgemäßen Nutzung der überlassenen Daten auf Leistungen von Partnern (z. B. nachgelagerter Dienstleister gegenüber den Endanwendern) zurückgreifen muss, kann er diese in die Nachweiskontrolle einbeziehen. Falls dabei Zugriffe auf die Partnersysteme durch den Datenanbieter er-



Mobiles Daten-Hotspot

**Kategorie II: Beachtung anerkannter Regeln stadtvorgängiger Navigation**

	Umsetzung der Auflagen
II.1	Das Durchfahren von verkehrsberuhigten Bereichen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m vom verkehrsberuhigten Bereich entfernt sind, ist zu vermeiden. Das Durchfahren von Umweltzonen außerhalb der Nahorientierung, wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 500 m von der Umweltzone entfernt sind, ist zu vermeiden. Das Ein- und Durchfahren von Umweltzonen für Fahrzeuge mit falscher Plakette ist zu vermeiden. Das Durchfahren von Tempo 30 Zonen außerhalb der Nahorientierung wenn Quelle und/oder Ziel mehr als 1000 m von der Tempo 30 Zone entfernt sind, ist zu vermeiden. Die Stau-Umfahrung durch individuelles Routing auf alternativen Wegen durch überlastete Strecken ist zu vermeiden.
II.2	a.) Weitergabe an Zulieferer der Grundkarten mit Korrektur innerhalb des nächsten Aktualisierungszyklus b.) sofortige vorübergehende Attributierung durch Datenabnehmer zur Verarbeitung (innerhalb von 4 Wochen) durch nachgelagerte Dienstleister
II.3	Gemeinsame Aktivitäten (Datenanbieter/Datenabnehmer) zur Verdichtung der Delektion und Verbesserung der Routenberechnung
II.4	Die dynamische Schaltung von Alternativrouten zur gestörten Hauptroute ist zu unterstützen Angedrohte Umleitungsstrecken zu einer Hauptroute bei Sperren sind zu unterstützen
II.5	Sicherstellung der Informationsweitergabe durch nachgelagerten Dienstleister (z. B. Navigationsdienstleister)

**Kategorie III: Übernahme aktueller (vorübergehender/dynamischer) straßenverkehrsbehördlicher Anordnungen**

	Umsetzung der Auflagen
III.1	Die dynamische Schaltung von Alternativrouten zur gestörten Hauptroute ist zu unterstützen Angedrohte Umleitungsstrecken zu einer Hauptroute bei Sperren sind zu unterstützen
III.2	Sicherstellung der Informationsweitergabe durch nachgelagerten Dienstleister (z. B. Navigationsdienstleister)

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011



Mobiles Daten-Hotspot


**Kategorie IV: Präferenz für stadtvorgängliche Routen**

	Umsetzung der Auflagen
IV.1	Routen auf dem strategischen Netz sind Vorrang einzuräumen
IV.2	Dem Lkw-Vorrangnetz ist Vorrang einzuräumen
IV.3	Der empfohlenen Zielzuführung zu nachgelagerten Dienstleister (z. B. Navigationsdienstleister)
IV.4	Die örtlichen Verkehrssit- und Parkleitsysteme, insbesondere bei Zufahrt zu Veranstaltungen, sind zu beachten

**5. Übergangsregelungen**

- (5.1) Die Vertragsparteien vereinbaren eine Übergangsregelung von < x > Monaten nach Vertragsschluss, in der die Regelungen der Absätze (3.2) und (3.3) dieser Anlage ausgesetzt sind.  
*Anmerkung: In der Diskussion ist eine Übergangsregelung von 18 Monaten*
- (5.2) Diese Übergangsregelung dient dazu, die vom Datenanbieter zu erfüllenden Voraussetzungen zur Ermöglichung einer durch den Datenabnehmer zu realisierenden stadtvorgänglichen Information und Navigation der Verkehrsteilnehmer sowie die seitens des Datenabnehmers zu erbringenden Nachweise der vertragsgemäßen Nutzung und seine in diesem Zusammenhang vereinbarten Leistungen zu erproben.
- (5.3) Sollte das Ergebnis der Erprobung eine Überarbeitung der Anlagen 2 und 3 dieses Vertrages erforderlich machen, werden sich die Vertragsparteien bemühen, diese Überarbeitung einvernehmlich und zügig durchzuführen. Die überarbeiteten Anlagen werden durch schriftliche übereinstimmende Willenserklärungen der Vertragsparteien Bestandteil des Vertrages und ersetzen die alten Anlagen. Die übrigen Regelungen des Vertrages bleiben von der Änderung der Anlagen 2 und 3 unberührt. Insbesondere die vereinbarten Fristen beginnen nicht erneut zu laufen. Kann zwischen den Vertragsparteien keinen einvernehmlich Regelung hinsichtlich der Anlagen 2 und 3 erlangt werden, hat jede Partei ein außerordentliches Kündigungsrecht. Die Kündigung wird jedoch erst mit Ablauf einer Dreimonatsfrist wirksam.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011



**Anlage 4**  
zum Datenüberlassungsvertrag vom .....

Zwischen \_\_\_\_\_

vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenanbieter“ genannt  
und \_\_\_\_\_


vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt

**Verbundene Unternehmen**

*Beispiel XYZ GmbH:*

Die in der nachfolgende Liste zusammengestellten zur XYZ GmbH verbundenen Unternehmen fallen unter die Regelungen des § 3 Absatz 4 dieses Vertrages.

< Unternehmensliste >



**Anlage 5**  
zum Datenüberlassungsvertrag vom .....

Zwischen \_\_\_\_\_

vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenanbieter“ genannt  
und \_\_\_\_\_

vertreten durch \_\_\_\_\_  
nachfolgend „Datenabnehmer“ genannt.

**Nutzungsentgelt**

Mit Bezug auf die Anlage 3, Kapitel 5, wird für die vereinbarte Übergangszeit von < x > Monaten nach Vertragsbeginn kein Nutzungsentgelt erhoben. Die Datenüberlassung erfolgt entgeltfrei. Diese Übergangszeit dient dazu, die Datenüberlassung und Datenverwendung sowie die Zusammenarbeit der Vertragsparteien zu erproben und zu optimieren.

Rechtzeitig vor Ablauf der Übergangszeit, spätestens aber 12 Monate nach Vertragsbeginn werden sich die Vertragsparteien auf ein Nutzungsentgelt entsprechend der Ausführungen in § 5 verständigen. Entsprechende Regelungen werden vom Datenanbieter eingebracht. Die Anlage 5 wird dementsprechend angepasst.

Der Datenanbieter hat ein außerordentliches Kündigungsrecht, dass frühestens zum Zeitpunkt 18 Monate nach Vertragsbeginn wirksam wird, falls es zu keiner vertraglichen Regelung über Art und Höhe des Nutzungsentgelts zwischen den Vertragsparteien kommen sollte.

Diese Regelungen konkretisieren § 5, Absatz 1.

**Weitere Ausführungen in Anlage 5:**

- Zahlungsweise Nutzungsentgelt
- Bankverbindungen
- usw.

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

21

Muster des MDM-Datenüberlassungsvertrages  
Finale und verabschiedete Fassung, Mai 2011

22

### III Dokumentation der methodischen Arbeitsschritte

#### III.1 Experteninterview

mit Prof. Kay W. Axhausen, ETH Zürich, am 17.01.2011

**Schwerpunkte:**

- Prognosemethoden und jeweilige Datengrundlage
- Bewertung von Kurzfristprognose-Modellen und Einbindung von zukunftsgerichteten Daten (z.B. Quelle-Ziel-Information aus Navigationsgeräten, planbare Ereignisse)

#### III.2 Workshop "Verkehrsprognosen mit Online-Daten"

Bern, am 29.04.2011

Teilnehmerliste:

<b>EK-Mitglieder</b>	<b>Firma</b>
Andre Arrigoni	AWK Group
Mark Boegli	Viasuisse AG
Hans-Ulrich Gamper	Trapeze ITS
Patrick Maillard	RGR SA
Gerhard Petersen	ASTRA
Daniel Waldvogel	BLS
Marc Wijnhoff	ASTRA
Claude Marschal	Rosenthaler & Partner AG

<b>Experten</b>	<b>Firma</b>
Joos Bernhard	Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr
Peter Schirato	Bundesamt für Strassen, VMZ-CH
Werner Müri	Kanton Aargau

<b>Forschungsteam</b>	<b>Firma</b>
Julien Bauer	B+S AG
Bernhard Alt	B+S AG
Eva Bechstein	B+S AG
Dominique Morel	AWP
David Stokar	AWP

**Schwerpunkte:**

- Verkehrsmanagement-Modell und Umsetzung
  - zukünftige Rolle des Verkehrsmanagements (Lenkung durch Routenvorschläge auf Navigationsgerät)
  - Wie könnte eine Kooperation des VM mit Dienst Anbietern aussehen?
- Datenaustausch
  - „open Book“-Strategie
- Systemgrenzen
- Online-Daten
  - Diskussion und Bewertung Ist-Situation und zukünftiger Trend
  - praktische Erfahrungen mit Online-Daten

## Literaturverzeichnis

- [1] Alt, H.; Efrat, H.; Rote, G.; Wenk, C.: J Matching planar maps of Algorithms, 49:262–283, 2003
- [2] Axhausen, K.W., S. Hess, A. König, G. Abay, J.J. Bates; M. Bierlaire: State of the art estimates of the Swiss value of travel time savings, <http://www.ivt.ethz.ch/vpl/publications/reports/ab383.pdf>, Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung, 383, IVT, ETH Zurich, 2006
- [3] Bethe, K.-H.; Baumgartner, S.; Gabele, M.: Airborne Road Traffic Monitoring with Radar, German Aerospace Center, DLR, Microwaves and Radar Institute, 2007
- [4] Bogenberger, K.; Belzner, H.; Kates, R.: Ein hybrides Modell basierend auf einem Neuronalen Netz und einem ARIMA-Zeitreihenmodell zur Prognose lokaler Verkehrskenngrößen, 2001
- [5] Brakatsoulas, S.; Pfoser, D.; Salas, R.; Wenk C.: On map-matching vehicle tracking data; in Proc. 31st VLDB Conference, pages 853–864, 2005
- [6] Breitenberger, S.: Extended floating car data - potenziale für die Verkehrsinformation und notwendige Durchdringungsraten, Strassenverkehrstechnik, 48 (10) 522-531, 2004
- [7] Brennecke, F.: NetFCD – Network Assisted Floating Car Data, Hochwertige Verkehrsinformationen für Deutschland und Europa, OECON GmbH, 2009
- [8] Brockfeld, E.; Wagner, P.: Kalibrierung und Validierung von Mikroskopischen Verkehrsflussmodellen, DLR, 2004
- [9] Brockfeld, E.; Sohr, A.; Ebdndt, R.: Validation of a Taxi-FCD System by GPS-Testdrives, German Aerospace Center, DLR, 2010
- [10] Buchberger, S., Burkert, A.; Mühlethaler, F.; Matthews, W.: Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement, Schlussbericht VSS2006/904, 2011
- [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Steinauer B.; Brake M.; Baier M.; Kathmann T.; Offermann F.; Feldges M.: Integration mobil erfasster Verkehrsdaten (FCD) in die Steuerungsverfahren der kollektiven Verkehrsbeeinflussung (VBA); Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 933; Wirtschaftsverlag NW; Bonn 2006.
- [12] Burghout, W.: Mesoscopic Simulation Models for Short-Term Prediction, PREDIKT Project, 2005
- [13] Busch, F.; Bergmann, E.: Dispositionssysteme als FCD-Quellen für eine verbesserte Verkehrslagerekonstruktion in Städten, Strassen verkehrstechnik, Vol. 9, 437-444, 2004
- [14] Caceres, N.; Wideberg, J. P.; Benitez, F. G.: Deriving origin-destination data from a mobile phone network; IEE IET INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS, VOL 1; NUMB 1, pages 15-26, 2007
- [15] Deuss, M.; Opitz, R.; Winder, A.; Deix, S.; Wright, A.; Chung, E.; Wälivaara, B.; Sjörgen, L.: Intelligent Roads, Final Summary Report, 7th Research Framework Programme of the European Union, 2008
- [16] Donaubaue, A.; Schimandl, F.: Dynamische Verkehrsinformation von der georeferenzierten Datenerfassung bis ins mobile Endgerät: Fallbeispiel Graz, 2009
- [17] Fischer, P.; Hecht, C.; Kessler, D.; Stadler, M.: Kooperation von Verkehrsmanagement und Routing. Interaktion kollektiver Lenkungsstrategien und individueller Telematikdienste im Fahrzeug - Internationales Verkehrswesen, 10, 2004
- [18] Friedrich, M.; Jehlicka, P.; Otterstätter, T.; Schlaich, J.: Mobile Phone Data for Telematic Applications, Department for Transport Planning and Traffic Engineering, Universität Stuttgart, 2008
- [19] George M.L.: Lean Six Sigma for Service, New York, McGraw-Hill, 2003
- [20] Google: The bright side of sitting in traffic: Crowdsourcing road congestion data, 2009
- [21] Greenfeld, J.: Matching GPS observations to locations on a digital map; in Proc. 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 2002
- [22] Harman, L.; Shama, U.; Dand, K.: Remote Sensing and Spatial Incorporation for Transportation Demand Management (TDM) Assessment, 2003

- [23] Herwig W.: Optimale Ausnutzung der Datenerfassungs- Infrastruktur durch Datenfusion, Fachkonferenz „Verkehrsmanagement und Verkehrstechnologien“ Halle, 2008
- [24] Hoh, B.; Gruteser, M.; Xiong, H.; Alrabady, A.: Preserving privacy in gps traces via uncertainty-aware path cloaking; in ACM CCS, 2007
- [25] Höpfner, M.: Cellular Data for Traffic Management, 6th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport System and Services, 2007
- [26] Hoyer, R. et al.: Hinweise zur Datenvervollständigung und Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen, Heft 382, FGSV-Verlag, Köln, 2003
- [27] Hoyer, R.: Eine Datenfusionshierarchie für verkehrstechnische Anwendungen-Strassenverkehrstechnik, 3, 2004
- [28] Hsiao, M.; Chang, J.: Segment based Traffic Information Estimation Method Using Cellular Network Data, IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2005
- [29] Intelligent transport systems -- Integrated transport information, management and control -- Data quality in ITS systems, ISO/TR 21707:2008, ICS: 35.240.60; 03.220.20, Stage: 60.60 (2008-05-19), TC/SC: TC 204
- [30] INVENT: INVENT „erfahren“ – mobil mit 8 Sinnen, Ergebnisbericht – Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik, 2005
- [31] König, A. und Axhausen, K.W.: Bewertung der Verlässlichkeit: Neue Schweizer Ergebnisse, Internationales Verkehrswesen, 57 (10) 424–429, 2005
- [32] Krampe, S.: Nutzung von Floating Traveller Data (FTD) für mobile Lotsendienste im Verkehr, TU Darmstadt, Doktorarbeit, 2007
- [33] Kwon, J.; Varaiya, P.: Real-Time Estimation of Origin-Destination Matrices with Partial Trajectories from Electronic Toll Collection Tag Data, UCB, 2005
- [34] Leininger, B.: Autonomous Real-time Ground Ubiquitous Surveillance - Imaging System (ARGUS-IS), DARPA, 2009
- [35] Lingwood, S.; Thomann, H.; Stokar, D.; Mellert, L.: Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr, VSS2009/903, to appear 2011
- [36] Miwa, T.; Tawada, Y.; Yamamoto, T.; Morikawa, T.: En-Route Updating Methodology of Travel Time Prediction Using Accumulated Probe-Car Data, Proceedings of the 11th ITS World Congress, Nagoya, Japan, 2004
- [37] Moullet, C., Philipona, C. et al.: [http://wiki.osgeo.org/wiki/Lausanne\\_Code\\_Sprint\\_2011](http://wiki.osgeo.org/wiki/Lausanne_Code_Sprint_2011), Swisstopo und Camp-to-camp u.a., 2011
- [38] Offermann, F.: Ein Neuro-Fuzzy-Modell zur Reisegeschwindigkeitsabschätzung auf Richtungsfahrbahnen basierend auf einer Fusion lokaler und fahrzeuggenerierter Verkehrsdaten, 2001
- [39] Open LR: "The OpenLR Initiative – Open standard for universal encoding, transmitting and decoding of location information for ITS and location based content", [www.openlr.org/data/docs/OpenLR-Introduction.pdf](http://www.openlr.org/data/docs/OpenLR-Introduction.pdf), 2009
- [40] prCEN TR 278259 Electronic fee collection – Value added services based on EFC on-board equipment, stage 32 draft, CEN/TC 278, Work item 0027859, 2010
- [41] Projekt VABENE, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, 2010 – 2014
- [42] Ruhé, M.: Flächige Verkehrsdatenerfassung aus der Luft – technische und wirtschaftliche Betrachtung einzelner Ergebnisse des Projektes Soccer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2008
- [43] Runge, H.; Suchandt, S.; Kontenkov, A.; Palubinskas, G.; Steinbrecher, U.; Wehling, D.: Traffic Monitoring with TerraSAR-X, 2009
- [44] Schäfer, R.-P.: IQ routes and HD traffic: technology insights about tomtom's time-dynamic navigation concept, in Proc. of the 7th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on the foundations of software engineering (ESEC/FSE '09). ACM, New York, NY, USA, 171-172, 2009
- [45] Schäfer, R.-P.; Thiessenhusen, K.-U.; Wagner, P.: A Traffic Information System by Means of Real-time Floating-car Data; In Proc. ITS World Congress, Chicago USA, 2002
- [46] Schaufelberger, W.; Unseld, A.; von Moos, M.: Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement, VSS 2006-905, 2010
- [47] Schlaich J.: Nutzung von Mobilfunkdaten für die Analyse der Routenwahl, Dissertation Universität Stuttgart, 2009

- [48] Schneider, M.; Linauer, M. et al.: Traveller information service based on real-time toll data in Austriaarsenal research - Oesterreichisches Forschungs-und Pruefzentrum Arsenal Ges.m.b.H., Transportation Infrastructure Technologies, Austria, 2009
- [49] Schwarz R., Schaufelberger W., Raymann L., Merz H., Zaugg F., Kloth Th., Farago P. Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation; B+S AG, EBP AG, LFP; Forschungsauftrag SVI 2000/386, 2004
- [50] Schweiger V.: Generierung von Verkehrsdaten auf Basis von verfügbaren Mobilfunkdaten innerhalb der GSM-Netinfrastruktur, Fachvorträge Verkehrsmanagement und Verkehrstechnologien, BMWi, 2008
- [51] Sikaneta, I.; Gierull, C.: Two-Channel SAR Ground Moving Target Indication for Traffic Monitoring in Urban Terrain, Proc. Of CMRT05, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 36, 3/W24, 95-101, 2005
- [52] Slater, J.; Berthoud J.-M.: Mit teurerem Benzin und Road Pricing gegen Stau, swissinfo.ch, 08. Januar 2010
- [53] Sohr, A.; Wagner, P.: Short Term Travel Time Prediction Using Floating Car Data Based On Cluster Analysis. 15th World Congress on ITS 2008, New York City, NY (USA), November 16-20, 2008
- [54] SVI (Hrsg.); Leitfaden 2010/01 Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung, 2010
- [55] Suchandt, S.; Eineder, M. et al.: Development of a GMTI Processing System for the Extraction of Traffic Information from TerraSAR-X Data, 2006
- [56] Tcheumadjeu, T; Calvin, L.; Brockfeld, E.; Ruppe, S.: Traffic Data Platform as ITS Infrastructure for Intelligent Traffic Data Management, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2010
- [57] TomTom Annual Report and Accounts 2010: Delivering the TomTom advantage to a wider market, TomTom, 2010
- [58] Valerio, D.; D'Alconzo, A.; Wiedermann, W.: Exploiting cellular networks for road traffic estimation: A Survey and A Research Roadmap, Telecommun. Res. Center Vienna, Vehicular Technology Conference, VTC Spring 2009. IEEE 69th, 2009
- [59] Verkehrsbetriebe Zürich: Empfehlungen für die Planung von Strassenbahnanlagen auf dem Netz der Verkehrsbetriebe Zürich, 2008
- [60] Viasuisse, <http://www.viasuisse.ch/Angebot/Navigationssysteme.aspx>, Juli 2011
- [61] Von der Ruhren S.: Kurzfristprognosen von Verkehrszuständen auf Basis von Verfahren der Mustererkennung und von dynamischen Routensuch- und Umlegungsverfahren, Dissertation Rheinisch-Westfälische Technischen Hochschule Aachen, 2006
- [62] VSS, SN 640 781 Verkehrsmanagement; Begriffssystematik, 2006
- [63] Whittle, R.: Gorgon Stare broadens UAV Surveillance, Aviation Weekly, 2010
- [64] Yamashita T.: Smooth Traffic Flow with a Cooperative Car Navigation System, AAMAS'05, Juli 25-29, 2005, Utrecht, Niederlande, 2005
- [65] Zhao, Y.: Mobile phone location determination and its impact on intelligent transport systems, IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., vol. 1, pp. 55–64, 2000
- [66] Zöllner, S. Reinhardt, A.; Meyer, M.; Steinmetz, R.: A Concept for Cross-Layer Optimization of Wireless Sensor Networks in the Logistics Domain by Exploiting Business Knowledge. 35. IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), Denver, S. 951-953, 2010



## Abkürzungen

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BMS	Baustellenmanagementsystem
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (umbenannt in 2005: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, BMVBS)
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
COPIIS	Customers – Outputs - Process - Inputs - Suppliers
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
FPD	Floating Phone Data
FCD	Floating Car Data
FVB	Autoverladung
FFCD	Fleet Floating Car Data
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.
F-SAR	Fernaufklärung mit Flugzeug
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
ISO/TR	International Organization for Standardization/Technical Report
IV	Individualverkehr
KPI	Key Performance Indicator
LSA	Lichtsignalanlage
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (on board unit)
LW	Lastwagen
MGE	Meldung geplante Ereignisse (Eventmanagement)
MSE	Meldung spontane Ereignisse (Telefon, Polizei, etc.)
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
öV	Öffentlicher Verkehr
PARK	Parkplatz Sensorik bzw. Warteraum Sensorik des Schwerverkehrsmanagements
PW	Personenwagen
RBL öV	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem Öffentlicher Verkehr
SEMIV	Selbstbestimmter und erreichbarer motorisierter Individualverkehr

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
SIPOC	Suppliers - Inputs - Process - Outputs - Customers
SLA	Service Level Agreement
SOZ	Stationäre Online Zähler
SVM	System Verkehrsmanagement
S-SAR	Fernaufklärung mit Satellit
SWOT	Strengths – Weaknesses – Opportunities - Threats
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VI	Verkehrsinformation
VLage	Verkehrslage
VM	Verkehrsmanagement
VM-CH	Verkehrsmanagement Schweiz
VMP	Verkehrsmanagementplan
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale Schweiz (ASTRA)
XFCD	Extended Floating Car Data

# 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: 23.06.2011

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2007 / 905

Projekttitel: Verkehrsprognosen mit Online-Daten

Enddatum: 31.08.2011

#### Texte:

Zusammenfassung der  
Projektresultate:

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrags wird die heutige und zukünftige Datenbasis von Online-Daten für Entscheidungen des Verkehrsmanagements VM untersucht und bewertet. Daraufhin erfolgt die theoretische Untersuchung von verschiedenen Verkehrsmodellen mit Prognosefunktion auf ihre Eignung für die Erstellung aussagekräftiger Kurzfristprognosen unter Verarbeitung sinnvoller Online-Daten.

Hinsichtlich der praktischen Umsetzung eines verbesserten Daten- und Informationsflusses wird ein kooperierendes System des VM diskutiert (Dreieck-Modell bestehend aus den Akteuren VM, Dienstanbieter und Verkehrsteilnehmer). Dieser Vorschlag stellt einen sinnvollen und wichtigen Schritt dar, wobei eine Umsetzung erst mittel- bis längerfristig als realisierbar gesehen wird. In Kapitel 3 und 4 wird der erwartete Nutzen einer Verwendung von Online-Daten/Verkehrsprognosen für die drei Akteure aufgezeigt und im Ergebnis als System erörtert. In der weiteren Diskussion werden in Kapitel 4 mögliche Verfahren der Kurzfristprognose genauer untersucht und anhand ausgewählter Anwendungsfälle des VM bewertet. Darauf aufbauend werden Anforderungen an die Modelleingangsdaten, im Speziellen an Online-Daten, definiert. Im Detail gibt Kapitel 5 eine Auslegeordnung von Online-Daten hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit für die Verkehrslage- und Prognoseberechnung wider. Anknüpfend an das Kooperationsmodell diskutiert Kapitel 6 die praktische Umsetzung und die neu definierte Rolle des VM.

Zielerreichung: Ein wichtiges Ziel der Forschungsarbeit war die Definition des theoretischen Bedarfs an Eingangsdaten

ARAMIS SBT: VSS\_2007-905\_Formular3\_20110927.doc

Seite 1 / 3



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Strassen ASTRA**

(Variablen) für die Online-Verkehrsprognose. Dieses Ziel wurde erreicht. Kritischer war die Bestimmung der Qualität, in der Online-Daten in der Praxis verfügbar und einsetzbar sind. Die Auslegeordnung und Qualität der Daten ist basierend auf der Norm ISO/TR 21707 definiert. Eine Transparenz und Vergleichbarkeit von der Datenqualität einzelner Quellen sind in der Praxis aber nicht gegeben.

Diese Arbeit gibt einen Überblick über verschiedene Prognoseverfahren und kommt zum Schluss, dass für netzweite Anwendungen Verkehrsmodelle mit dynamischer Umlegung und Lernfähigkeit dem Verfahren zugrunde liegen sollten. Für weitergehende Aussagen wären ein Benchmark und verschiedene Feldversuche durchzuführen. Ein paralleles Anwenden von mehreren Prognoseverfahren kann dann eine fundierte Auswahl und praxisnahe Empfehlungen gewährleisten. Ein solches Vorhaben war im vorgegeben Rahmen des Forschungsauftrages jedoch nicht durchführbar. Parallel dazu steht eine quantitative Aussage zur Qualität von Online-Daten aus. Diese sind ebenfalls in Feldversuchen vergleichend einander gegenüberzustellen.

Folgerungen und  
Empfehlungen:

Eine wesentliche Erkenntnis der Forschungsarbeit ist, dass die heutigen Möglichkeiten eine verbesserte Datengrundlage für die Verkehrslageberechnung und -prognose zu erhalten innerhalb des Verkehrsmanagements noch nicht voll ausgeschöpft sind. Mit dem Vorschlag einer neuen Praxis in Form des Dreieck-Modells, wird ein Markt für Online-Daten angeregt. Das grösste Potenzial als Eingangsdaten für eine verbesserte Berechnung der Verkehrslage und -prognose zu dienen wird in Floating Phone Data und in FCD gesehen. Die Ortung der Floating Phones erfolgt optimalerweise mit Hilfe von GPS.

Es wird vorgeschlagen, anlehnend an die Datenüberlassungsverträge aus deutscher Praxis einen eigenen Entwurf zu entwickeln. Die Norm ISO/TR 21707 bildet eine gute Basis für die Prüfung wichtiger Zielsetzungen innerhalb der Datenqualität. Eine Verwendung dieser als Grundlage für weitere Normierungen sollte näher geprüft werden.

Publikationen:

Forschungsbericht: VSS 2007 / 905 Verkehrsprognosen mit Online-Daten



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA

**Beurteilung der Begleitkommission:**

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:	<p><b>Ziele</b> wurden, bis auf die Massnahmen an technischen Systemen, umfassend erfüllt.</p> <p><b>Methode und Vorgehen</b> sind zweckmässig und praxisbezogen. Der Expertenworkshop hätte im Ablauf früher angesetzt werden sollen. Die Resultate daraus waren aber wertvoll für die Überprüfung der theoretischen Ansätze, insbesondere der Kooperationsmodelle.</p> <p><b>Resultate</b> sind für den verkehrsplanerischer Teil, den technischen Teil und den organisatorischen Teil verständlich dargestellt.</p>
Umsetzung:	<p>Die Darstellung der Online-Daten als Input für das Verkehrsmanagementsystem liefert sinnvolle Lösungsansätze für die Verbesserung der Datenlage. Allerdings stellen die Verfügbarkeit und die Datenqualität einzelner Quellen noch Herausforderungen für die Umsetzung im Verkehrsmanagement und bei den Dienstanbieter dar.</p> <p>Die Erkenntnis, dass für netzweite Anwendungen Verkehrsmodelle mit dynamischer Umlegung und Lernfähigkeit zielführend sind ist für zukünftige Investitionen im Verkehrsmanagement eine wertvolle Aussage.</p> <p>Die Umsetzung der theoretischen Ansätze bezogen auf das Dreieckmodell „Verkehrsmanagement – Verkehrsteilnehmer – Dienstanbieter“ im Kapitel 3 ist, aufgrund der unterschiedlichen Interessen der Beteiligten, noch nicht gegeben.</p>
weitergehender Forschungsbedarf:	<p>Die Nutzung weiterer Datenquellen für Online-Verkehrsprognosen steigert nochmals das Bedürfnis an abgestimmte Regelwerke für die Datenqualität. Dieses Thema soll Gegenstand einer zukünftigen Forschungsarbeit werden. Zusätzlich sollte das in den Empfehlungen identifizierte Bedürfnis einer einheitlichen Schnittstelle für Online-Daten als Thema eines zukünftigen Forschungsprojekts geprüft werden.</p> <p>Die weiteren Themen aus den Empfehlungen, sollten in laufenden Projekten des Verkehrsmanagements vorangetrieben werden. Dies betrifft zum Beispiel die Feldversuche zur Prüfung der unterschiedlichen Prognoseverfahren oder die Stärkung der Beziehungen zwischen den drei Beteiligten Rollen.</p>
Einfluss auf Normenwerk:	Keine.

**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:**

## Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen <i>Functional requirements for traffic collection systems relating to traffic lights</i> <i>Exigences fonctionnelles en matière de systèmes de détection du trafic en rapport avec les installations de feux de circulation</i>	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen <i>Profil géométrique type pour tous les types de véhicules</i> <i>Standard profile of cross sections for all vehicle types</i>	2010
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts <i>Validierung des CRS-Oedometers mittels intakter Proben</i> <i>Validation of Constant Rate of Strain oedometer on intact samples</i>	2010
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit <i>Coûts horaires du trafic des personnes: Dépendance de la perception et de la distance</i> <i>Willingness to pay in passenger transportation: Perception and distance dependence</i>	2008
1286	VSS 2000/338	Verkehrsrqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung <i>Niveau de service et capacité pour les routes à deux voies sans séparation des sens de circulation</i> <i>Level of Service and capacity for undivided two-lane streets</i>	2010
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure: ponts à culées intégrales <i>Tragwerk-Baugrund Interaktion: Brücken mit Integralen Widerlagern</i> <i>Soil-Structure interaction: bridges with integral abutments</i>	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz <i>La circulation du point de vue des enfants: Les trajets scolaires des élèves du primaire en Suisse</i> <i>Traffic and children: Primary school children's routes to school in Switzerland</i>	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement <i>Coordination entre information de trafic individuelle et gestion de trafic</i> <i>Coordination between individual traffic information and traffic management</i>	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen <i>Essais de gonflement de longue durée sur roches anhydrites</i> <i>Long-term swelling tests on anhydritic rock</i>	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet <i>Entretien des infrastructures routières dans les zones bâties: caractéristiques et conséquences</i> <i>Special features and consequences of road facility maintenance in built-over areas</i>	2009
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme <i>Control of effectiveness of road restraint systems</i> <i>Contrôle de l'efficacité des dispositifs de retenue de véhicules</i>	2011
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel <i>Détection d'incidents dans les tunnels routiers</i> <i>Incident Detection in Road Tunnels</i>	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen <i>Prévision de gel et de brouillard pour les routes</i> <i>Prediction of frost and fog for roads</i>	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten <i>Principes pour la quantification des effets des déficits de la sécurité</i> <i>Basis for the quantification of the effects of safety deficits</i>	2011
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen <i>Alternatives aux passages pour piétons dans les zones 30</i> <i>Alternatives to zebra crossings in 30km/h zones</i>	2010
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln; Systemevaluation <i>Energy extraction from urban tunnels, evaluation of systems</i> <i>Extraction d'énergie géothermique de tunnels urbains; évaluation de systèmes</i>	2010
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau <i>Analyse inverse pour la construction routière</i> <i>Inverse analysis in Road Geotechnics</i>	2011
1311	VSS 2000/543	Viabilité des projets et des Installations annexes <i>Kontrolle der Befahrbarkeit von Strassen und Nebenanlagen</i> <i>Viability of road projects and secondary facilities</i>	2010
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement <i>Standardisation des données de trafic pour gestion intermodale du trafic</i> <i>Standardised traffic data for intermodal traffic management</i>	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum <i>Standards for mobility supply in peripheral regions</i> <i>Standards pour l'offre de mobilité dans l'espace périphérique</i>	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an ? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen <i>Transports de l'avenir ?</i> <i>Moteurs et carburants pour la mobilité de demain</i> <i>What drives us on ?</i> <i>Drives and fuels for the mobility of tomorrow</i>	2011
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im labormasstab <i>Désenrobage des enrobés peu bruyants des couches de roulement sous sollicitation de roulement en laboratoire</i> <i>Stripping of Low Noise Surface Courses during Laboratory Scaled Wheel Tracking</i>	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-Vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011



Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011