



Projektschlussbericht

OCA e.V.

Projektlaufzeit: 01.04.2005 – 31.12.2009

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 19B5005E gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Version:	01-00-00
Erstelldatum:	11.03.2010

Autoren:
Thomas Heinen
Christian Lüpkes
Reinhold Gebhardt
Hanfried Albrecht

Gesamt-Projektleitung: Landeshauptstadt Düsseldorf Amt für Verkehrsmanagement Auf'm Hennekamp 45 40225 Düsseldorf	Gesamt-Projektleiter Herr Heiko Böhme (Herr Andreas Budde)
--	---

Dokumenten-Informationen

Titel	Partnerspezifischer Projektschlussbericht OCA e.V.
Dokumentenklasse	Bericht
Dateiname	DiM_Projektschlussbericht-OCA_01-00-00.doc
Version	01-00-00
Erstelldatum	11.03.2010
Erstellt von	OCA e.V.
Speicherdatum	
Letzter Bearbeiter	Lüppes
Speicherort BSCW-Server	
Bearbeiter	Heinen, Lüppes, Gebhardt, Albrecht

Änderungsübersicht

Datum	Version	Bearbeiter	Organisation	Beschreibung
24.06.2010	01-00-00	Lüppes	AC	Freigabe

Inhalt

1	Kurzdarstellung der Ergebnisse von Dmotion	11
1.1	Aufgabenstellung	11
	1.1.1 Kurzbeschreibung des Vorhabens	11
	1.1.2 Rolle der OCA	11
1.2	Voraussetzungen.....	12
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	13
	1.3.1 Planung	13
	1.3.2 Ablauf	16
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	17
2	Eingehende Darstellung	19
2.5	Anmerkung zur Strukturierung	19
2.6	AK100 – Föderative Kooperation und Kommunikation, Applikationsarchitektur, Qualitätssicherung, Anwendungsfeld	20
	2.6.1 Übersicht	20
	2.6.2 AP110 – Referenzmodell (Metamodell)	24
	2.6.3 AP120 – Baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifende, föderative Kooperation und Kommunikation	34
	2.6.4 AP130 – OTS-Applikations- und Systemarchitektur städtischer Baulastträger	44
	2.6.5 AP140 – Qualitätssicherung und Tests, Entwicklung von Testtools	58
	2.6.6 AP150 – Einsatz im Anwendungsfeld ViD	65
	2.6.7 Verwertbarkeit und Nutzen des AK 100	66
	2.6.8 Zielerreichung des AK100	66
2.7	AK200 – Baulastträgerübergreifender Verkehrslagebericht	68
	2.7.1 AP200 – Anforderungen und Umsetzungen im Anwendungsfeld ViD	68
2.8	AK300 – Baulastträgerübergreifendes Strategiemangement	81
	2.8.1 AP300 – Anforderungen und Umsetzungen im Anwendungsfeld ViD	81
2.9	AK400 – Strategiemangementabgleich öffentlich – privat	86
	2.9.1 AP410 – Framework für das Strategie- und Wissensmanagement	86
2.10	AK500 – Informationsmanagement.....	89
	2.10.1 AP510 – Framework des Informationsmanagements	89
2.11	AK600 – Feldversuche und Evaluierung des Gesamtsystems	93
	2.11.1 Allgemeines	93
	2.11.2 AP610 – Untersuchungsdesign	94
	2.11.3 AP620 – Felduntersuchungen	95
	2.11.4 AP630 – Technische Wirksamkeitsanalyse	100
	2.11.5 AP670 – Leitfaden für die Übertragung	111
2.12	Veröffentlichungen und Vorträge	120

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dmotion Projektstruktur	13
Abbildung 2: AK100 Roadmap	21
Abbildung 3: Einordnung der Arbeitspakete in die AK100 Roadmap	22
Abbildung 4: OTS-Rahmenwerk.....	23
Abbildung 5: Zwang zur Herstellermischung	25
Abbildung 6: Disziplinen, Phasen, Hauptakteure/Beteiligte, Meilensteine und Q-Artefakte des OCA-Vorgehensmodells	26
Abbildung 7: Kategorisierung der Artefakte des O-Modells, nach Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnis	27
Abbildung 8: VOL/VOB.....	29
Abbildung 9: Notwendigkeit des begrifflichen Konsens.....	31
Abbildung 10: UML-konforme Darstellung des Systems Dmotion mit Zuordnung der Schnittstellen	37
Abbildung 11: Systemüberblick aus Realisierersicht.....	38
Abbildung 12: Systembild mit Bezug zur DiM Teilsystemmatrix.....	40
Abbildung 13: Beispiel einer zu spezifizierenden Systemstruktur	45
Abbildung 14: Modell der Interaktionsmatrix.....	47
Abbildung 15: Interaktionsmatrix im Anwendungsfeld Dmotion.....	48
Abbildung 16: OTS-Systemmodell.....	49
Abbildung 17: OTS-Vision (Lausanne 2005).....	52
Abbildung 18: OTS 1.0 als Erweiterung von OCIT-Instations 1.0.....	53
Abbildung 19: Vergleich zwischen OCIT-Instations/ OTS 1.0 und OTS 2	55
Abbildung 20: OTS 2- Architekturkonzept.....	56
Abbildung 21: OTS 1.0 Schnittstellen in der Dmotion Realisierung.....	59
Abbildung 22: Testblock A zur OTS 1.0-Schnittstelle Stadt-Land	60
Abbildung 23: Testblock B zur OTS 1.0-Schnittstelle Stadt-Land	61
Abbildung 24: OCA-AK Dmotion: Zweck u. Ziel sowie Kernfunktionalitäten Strategiemangement kommunal	63
Abbildung 25: Flussdiagramm Dmotion-DINO	77
Abbildung 26: Grafische Darstellung der Strategieplanung einer baulastträgerübergreifenden Strategie.....	82
Abbildung 27: Werkzeug-Kette zur Realisierung der Testfall-Generierung	90
Abbildung 28: Formaler Input des Bewertungssystems	91
Abbildung 29: Verknüpfung zu Verkehrsinformationssystemen mit entsprechenden Nutzeranforderungen.....	92
Abbildung 30: Rundkurs der ersten Felduntersuchung in der Düsseldorfer Innenstadt.....	96
Abbildung 31: Kursverlauf der zweiten Felduntersuchung in der Düsseldorfer Innenstadt....	97
Abbildung 32: Untersuchungsgebiet AS-Stockum	97
Abbildung 33: Untersuchungsgebiet Übergangsbereich – AS Düsseldorf-Rath.....	98
Abbildung 34: Reisezeitgewinne: Weg-Zeit-Diagramm für Haupt- und Alternativroute.....	100
Abbildung 35: OTS-Systemmodell als Basis für die technische Wirksamkeitsanalyse.....	101
Abbildung 36: Abstrakte Kommunikationssequenz zur Strategieanzeige.....	102
Abbildung 37: Möglichkeit der stichprobenartigen Messung der Latenzzeit	103

<i>Abbildung 38: Konzepte zur technischen Wirksamkeitsanalyse</i>	105
<i>Abbildung 39: Konzept 1: Zeitlicher Vergleich der LOS- Änderungen</i>	106
<i>Abbildung 40: Konzept 1: Ermittlung der Latenzzeit</i>	107
<i>Abbildung 41: Modul „Kantenzustand“</i>	108
<i>Abbildung 42: Konzept 2: Zeitl. Vergleich von Referenz-LOS und der Anforderung einer Maßnahme beim Land</i>	108
<i>Abbildung 43: Konzept 3: Zeitl. Vergleich von Referenz-LOS und der Auslösung einer hoheitl. Strategie</i>	109
<i>Abbildung 44: Black-Box-Testfall für verkehrsabhängige Strategieanzeige</i>	110
<i>Abbildung 45: Titelbild des OTS-Leitfadens</i>	112
<i>Abbildung 46: Hyperlinks in den Aktivitäts-Kopfgrafiken</i>	117
<i>Abbildung 47: Übersicht über das Phasenmodell zum Anwendungsablauf des OTS- Leitfadens</i>	118

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Zuordnung der Phasen des O-Modells zu den Leistungsphasen der HOAI ...</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Identifikation und Deklaration vorgesehener Schnittstellentypen aus Kunden-/Auftraggebersicht</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 3:</i>	<i>Identifikation und Deklaration vorgesehener Schnittstellentypen aus Realisierersicht.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 4:</i>	<i>Beispiel aus dem Testblock A.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabelle 5:</i>	<i>Datenabonnement des Content-Center Verkehrsdaten kommunal bei den Verkehrsmodellen.....</i>	<i>64</i>

Abkürzungen

Sofern Abkürzungen und Akronyme im Kontext des Dokumentes eine Bedeutung haben, werden sie hier eingeführt. Die erstmalige Verwendung wird im Text durch einen vorangestellten Doppelpfeil ⇒(Begriff) markiert.

Abkürzung	Beschreibung
ANPR-Systeme	automatic number plate recognition (System zur Kennzeichenerkennung an Fahrzeugen)
API	application programming interface (Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung)
BAB	Bundesautobahn
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
CSV	Comma-Separated Values (Dateiformat, beschreibt den Aufbau einer Textdatei zur Speicherung oder zum Austausch einfach strukturierter Daten)
DaV	Datenverteiler (Zentrale Komponente der Grundsoftware des Bund-Länder-Arbeitskreises VRZ-Software)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DINO	Dynamischer Netzmonitor – Programm zur Verkehrslageberechnung und Datenvervollständigung, das im Forschungsprojekt MOBINET entwickelt wurde.
dWiSta	Dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen
FCD	Floating Car Data (in (meist) festen Intervallen übertragene Fahrzeug-Positionen)
GIS	Geografisches Informationssystem
GISDB	GIS-Datenbank
GPS	Global Positioning System
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
INVENT	Forschungsinitiative „Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik“
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
IT	Informationstechnik
IV	Individualverkehr
IV-FCD	FCD-Informationen von nicht gewerblich genutzten Fahrzeugen
LCL	Location Code List (Verzeichnis der Straßenabschnitte in RDS-TMC)
LOS	Level Of Service (Definition von Qualitätsstufen zur Beurteilung des Verkehrs)
MAL	Maßnahmaustauschliste (siehe Begriffserläuterung)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOBINET	Forschungsprojekt, das sich mit Verkehrs- und Mobilitätsmanagement im Ballungsraum München befasst
OBN	Onboard Navigation
OCA e.V.	Open Taffic Systems City Association e.V.

Abkürzung	Beschreibung
OCIT	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems / Offene Schnittstellen für die Straßenverkehrstechnik OCIT ist eine Marke der OCIT Developer Group (ODG)
OCIT-I	OCIT-Instations (siehe Begriffserläuterung)
OCIT-O	OCIT-Outstations (siehe Begriffserläuterung)
OPDB	Operative Datenbank – zentrale Datenbank eines GEVAS-VTcenter-Systems
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OTEC	Open Communication for Traffic Engineering Components (Konsortium zur Standardisierung der Kommunikation zwischen Komponenten der Straßenverkehrstechnik)
OTS	Open Traffic System (Schnittstellenerweiterung von OCIT-I)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖV-FCD	FCD-Informationen von ÖV-Fahrzeugen, z.B. über RBL oder Anmeldeinformationen an priorisierten Lichtsignalanlagen
PIR-Detektor	Passiv-Infrarot-Detektor
RDS	Radio Data System
SOAP	Simple Object Access Protocol (Netzwerkprotokoll, mit dessen Hilfe Daten zwischen Systemen ausgetauscht werden können)
SQL	Structured Query Language (Datenbanksprache zur Definition, Abfrage und Manipulation von Daten in relationalen Datenbanken)
Taxi-FCD	FCD-Informationen von Taxi-Fahrzeugen
TCP	Transmission Control Protocol (Übertragungssteuerungsprotokoll)
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol (Familie von Netzwerkprotokollen)
TLS	Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen
TMC	Traffic Message Channel
UML	Unified Modeling Language (Vereinheitlichte Modellierungssprache)
VID	Verkehrssystemmanagement in Düsseldorf
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VOL	Verdingungsordnung für Leistungen
VRZ	Verkehrsrechnerzentrale
XFCD	Extended Floating Car Data (Erweiterung zu FCD)
XML	Extensible Markup Language (erweiterbare Auszeichnungssprache), eingesetzt für den plattform- und implementationsunabhängigen Austausch von Daten zwischen Computersystemen

Begriffsdefinitionen

Sofern Begriffe nur im Kontext des Dokumentes eine Bedeutung haben, werden sie hier eingeführt. Die erstmalige Verwendung wird im Text durch einen vorangestellten Doppelpfeil ⇒(Begriff) markiert.

DATEX II	DATEX II ist ein Satz von Datenaustauschspezifikationen, die einen nahtlosen Austausch von Verkehrsinformationen über geografische und administrative Grenzen hinweg ermöglichen. Die Standardisierung findet derzeit unter CEN TC 278 statt (siehe auch www.datex2.eu).
Java	Java ist eine objektorientierte Programmiersprache und eingetragenes Warenzeichen der Firma Sun Microsystems, welche Ende Januar 2010 von Oracle übernommen wurde.
Maßnahmenaustauschliste (MAL)	Im Sinne des baulasträgerübergreifenden Strategiemangements: Liste, die online zwischen den Baulasträgern ausgetauscht wird und die sämtliche Informationen über die Schaltbarkeit von Maßnahmen beinhaltet.
Middleware	Middleware kann man vereinfacht als Betriebssystem für Kommunikation bezeichnen. Ähnlich wie ein Betriebssystem die Verwendung von CPU-Leistung transparent macht, macht Middleware den Datenaustausch über ein Datennetz transparent. Beispiele für Middleware-Standards sind CORBA, Java RMI, SOAP oder DCOM.
OCIT-Instations	Komponenten mit OCIT-Schnittstellen auf zentraler Ebene, die Dienste auf der zentralen Ebene eines Systems der Straßenverkehrstechnik unter Verwendung von OCIT-Instations-Schnittstellen bereitstellen. Diese bieten eine für den Zweck der Planung, der Steuerung und Überwachung sowie des Verkehrsmanagements günstige und zweckdienliche Sicht, um Funktionalitäten und Daten von Feldgeräten zu nutzen. Der Zugang zu den Feldgeräten kann über die OCIT-Outstations Schnittstelle und/oder über herstellerspezifische Schnittstellen erfolgen.
OCIT-Outstations	OCIT-Outstations (siehe auch www.ocit.org/schnittstellen.htm) sind - aus der Sicht des kommunikativen Verhaltens - betrachtete Teilsysteme der Feldebene. Die TCP/IP-basierte OCIT-Outstations-Schnittstelle dient der Kopplung einer OCIT-fähigen Zentrale mit OCIT-fähigen Steuergeräten. Die über die Schnittstelle ausgetauschten Informationen bestehen aus Betriebs- und Störungsmeldungen, Zustands- und Verkehrsdaten, Programmanforderungen und Versorgungsdaten. Die aktuelle Version OCIT-Outstations 2.0 wurde im März 2008 freigegeben.
Overlay-Netze	Netzwerk, das auf ein bestehendes Netzwerk aufsetzt
Qualitätsartefakt, Q-Artefakt	Ein informationstragendes Produkt (z.B. in Papierform), das Ergebnisse auf der Grundlage von festgelegten Vorlagen enthält und unter Verwendung einheitliche Werkzeuge erstellt wurde. Ferner müssen diverse Attribute deklariert sein, wie z.B. Informationen über die Versionierung. Die Dokumente des O-Modells sind Beispiele für Qualitätsartefakte.
SessionUnits	Begriff Session: eine logische Verbindung zwischen zwei adressierbaren Einheiten in einem Leitungsnetz, um Daten auszutauschen.
TMC Location Codes	Positionscode, der über den Traffic Message Chanel übertragen wird
Variotafel	Verkehrsinformationstafel in LED-Technik
Wrapper	Der Adapter (Wrapper) dient zur Übersetzung einer Schnittstelle in eine andere. Dadurch wird die Kommunikation von Klassen mit zueinander inkompatiblen Schnittstellen ermöglicht.

1 Kurzdarstellung der Ergebnisse von Dmotion

1.1 Aufgabenstellung

1.1.1 Kurzbeschreibung des Vorhabens

Im Rahmen von Dmotion wird durch eine Kooperation, einen Daten- und Informationsverbund zwischen Stadt, Land und privaten Akteuren ein effektives strategisches Verkehrsmanagement für den Ballungsraum Düsseldorf aufgebaut. In der Kooperation bleibt den beteiligten Partnern dabei ihre Hoheit als Betreiber und Systemgestalter erhalten. Das Aufsetzen auf Standards und die Übertragbarkeit aller Teilschritte und Ergebnisse stehen an oberster Stelle, so dass ein unmittelbar auf andere Ballungsräume übertragbares Gesamtsystem geschaffen wird.

Die Grundlage für ein effektives Verkehrsmanagementsystem bildet eine flächendeckende Verkehrslageerfassung für die Region Düsseldorf. Diese Grundlage ist kostengünstig nur durch das Zusammenführen vieler unterschiedlicher Detektionsformen zu schaffen. Ein wesentlicher Forschungsgegenstand des Projektes stellt damit die Fusion von Daten unterschiedlicher Detektionsquellen dar. Die Detektionsquellen unterscheiden sich dabei zum einen in der technischen Ausprägung und zum anderen in der Zuständigkeit verschiedener Baulastträger.

Im Projekt wird ein baulastträgerübergreifendes Strategiemanagement errichtet, innerhalb dessen verschiedenste Maßnahmen zu gemeinsam entwickelten Strategien gebündelt werden. Im gesamten Verfahrensablauf von der Anfrage, über die Genehmigung bis zur Umsetzung und Wirkungskontrolle von Strategien werden dabei die baulastträgerspezifischen Anforderungen und Verantwortlichkeiten berücksichtigt.

Die zwischen Stadt und Land abgeglichenen Strategien werden dynamisch in die Portale privater Dienste-Anbieter integriert um eine Konsistenz zwischen kollektiven und individuellen Informationsangeboten sicherzustellen. Hierzu sind im Rahmen von Dmotion die in \Rightarrow INVENT entwickelten Ideen zum strategiekonformen Routing weiter zu verfolgen.

Alle Systeme, Verfahren und Methoden werden im Forschungsvorhaben einem Bewertungsprozess unterzogen. In Felduntersuchungen werden die einzelnen Systemkomponenten sowie deren Zusammenspiel im Gesamtsystem in Bezug auf ihre technische und verkehrliche Wirksamkeit und ihre Nutzerakzeptanz getestet. Darüber hinaus werden eine wirtschaftliche Bewertung und eine Beurteilung der Übertragbarkeit des Systems auf andere Ballungsräume durchgeführt.

1.1.2 Rolle der OCA

Für die \Rightarrow OCA als Interessensgemeinschaft von Baulastträgern und Betreibern von Systemen für den Verkehrsbereich bietet das Vorhaben eine günstige Gelegenheit, sich im Sinne ihrer Satzung aktiv in die Bewältigung der Aufgabenstellung einzubringen. Dazu zählt nicht nur die Positionierung einer repräsentativen Meinung zur zukünftigen Gestaltung von Systemlandschaften im kommunalen Bereich, sondern auch eine aktive Teilnahme an der

Schaffung oder Veränderung bestehender Rahmenbedingungen zur Gestaltung solcher Systemlandschaften und zur Bildung kooperativer Strukturen auf der technischen Ebene. Die Unabhängigkeit der OCA von Lieferanten und die für das Projekt vorgesehene Kooperation mit der RWTH Aachen/ComNets und AlbrechtConsult erlauben es ihr, dem Gedanken der Übertragung von Ergebnissen nicht nur abstrakt, sondern auch vom Standpunkt konkreten Nutzen zu folgen. Das eigentliche einer wirtschaftlichen und flexiblen Systemgestaltung im Wege stehende Hindernis ist die unzureichende Unterstützung einer Herstellermischbarkeit in Ausschreibungsverfahren von Baulastträgern.

1.2 Voraussetzungen

Das bei Baulastträgern vorherrschende Systemverständnis beruht auf der Evolution von Systemen zur Lichtsignalsteuerung im kommunalen Bereich. Der Bereich der \Rightarrow BAB hat eine vom kommunalen Bereich völlig isolierte Historie.

„Neue“ Funktionalitäten zur Steuerung oder Beeinflussung von Verkehr im kommunalen Bereich, wie z.B. ein Parkleitsystem werden „silartig“ in Systemlandschaften integriert. Die Erkenntnis, dass Informationen einer Funktionalität auch einer anderen nutzen können, wächst mit dem allgemeinen Verständnis der Aufgaben für ein Verkehrsmanagement.

Schnittstellenstandards im Feldbereich, insbesondere bei den Einheiten zur Lichtsignalsteuerung, waren bereits etabliert (\Rightarrow OCIT-Outstations) und in der Anwendung. Der sogenannte \Rightarrow OCIT-Instations-Schnittstellenstandard befindet sich in der Diskussion und repräsentiert das allgemeine Bedürfnis nach einer leichteren Vernetzung von Systemen oder Systemteilen im sogenannten Zentralbereich. Verkehrsingenieurarbeitsplätze repräsentieren in diesem Pfad der Entwicklung einen typischen Informationsbedarf. Die Notwendigkeit einer verbesserten Interaktionsfähigkeit von Systemen mit unterschiedlichen Funktionen oder Aufgaben wird deutlich. Systemlandschaften in der Zielausrichtung als verteilte Systeme zu begreifen und die damit verbundenen Konsequenzen konstruktiv für die Zielausrichtung allgemeiner Gestaltung zu interpretieren fällt mit dem Projektbeginn zusammen.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1 Planung

Der Projektstrukturplan stellt die Bearbeitung der Gesamtaufgabe dar. Das zentrale Anliegen der OCA ist der AK100, der dort als eine Querschnittsaktivität eingetragen ist. Dies entspricht den Vorstellungen der OCA (und auch des Projektträgers) nach weitweichender Übertragbarkeit der Ergebnisse.

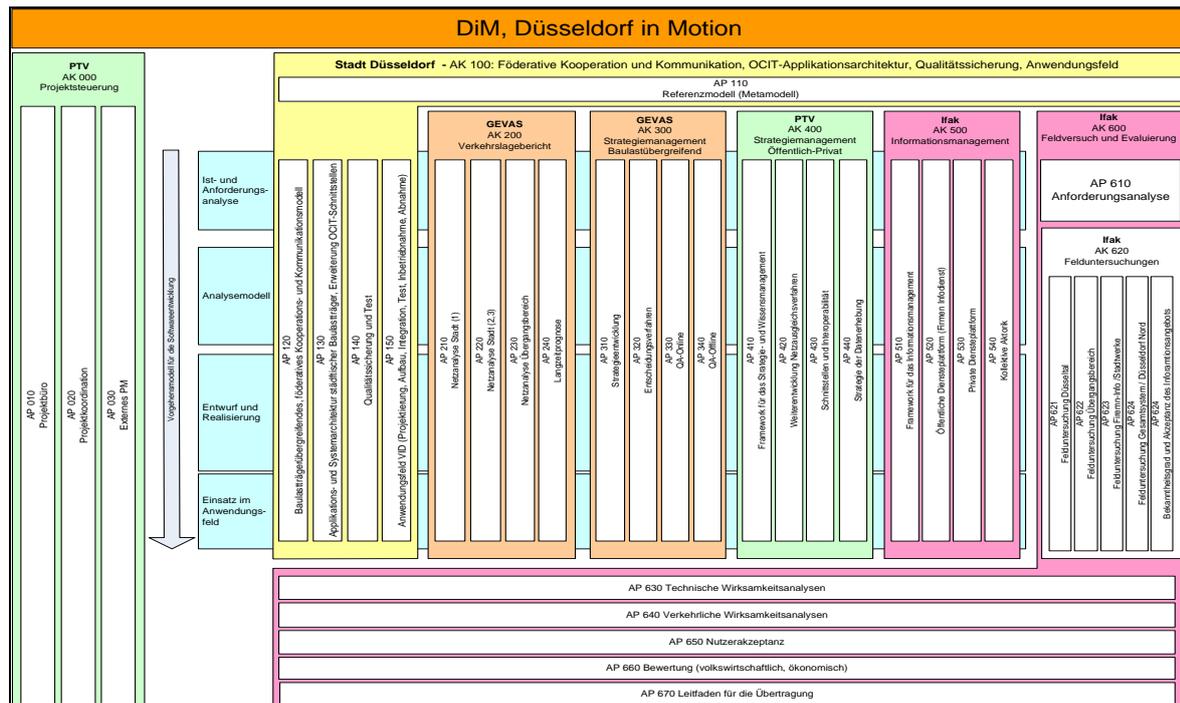


Abbildung 1: Dmotion Projektstruktur

Der **AK100** ist zu allen Phasen und in allen Disziplinen der Lösungserarbeitung präsent und beeinflusst die Bearbeitung in Hinblick auf die Ergebnisbeschreibung in Form von ⇒Qualitätsartefakten. Methodische Aspekte und die Qualität von Ergebnissen stehen dabei im Vordergrund des AK100-Interesses.

Eine gewisse Schwierigkeit stellt die Unterschiedlichkeit in der methodischen Vorbildung dar. Die für das Projekt erforderlichen Grundlagen können erst im Verlauf des Projektes erarbeitet und vermittelt werden.

Die Verzahnung des AK100 mit den anderen AK erfolgt über dessen fünf Arbeitspakete und die konkrete Mitarbeit in den AP der anderen AK. Die fünf AK100 AP lauten:

1. AP110: Referenzmodelle
2. AP120: Baulastträgerübergreifendes und privatwirtschaftsübergreifende Kooperation und Kommunikation
3. AP130: Applikations- und Systemarchitektur städtischer Baulastträger, Erweiterung von OCIT-Schnittstellen
4. AP140: Qualitätssicherung und Tests

5. AP150: Einsatz im Anwendungsfeld ⇒VID

Im **AP110** werden Referenzmodelle und Metamodelle als gemeinsame Verstehensgrundlage bezüglich der Zielarchitektur, der Vorgehensweise und der Qualitätssicherung erarbeitet. Da die Vielzahl der am Projekt „Dmotion“ beteiligten Unternehmen, Organisationen und Personen über unterschiedliche Kompetenzen verfügen und auch individuelle Zielsetzungen verfolgen, muss ein Weg gefunden werden, der geforderten Übertragbarkeit der Ergebnisse zu entsprechen. Ein Referenzmodell zur Verbundarchitektur muss dem Anspruch genügen, dass es nicht nur die aktuelle Verbundkonstellation Dmotion, sondern auch Konstellationen mit einer ähnlich gelagerten übergeordneten Problematik gültig repräsentiert. Es ist eine Aufgabe, dies im aktuellen Projekt zu entwickeln und zu validieren. Die gemeinsame Vorgehensweise stellt sicher, dass die von den Partnern geleisteten Beiträge auch in eine Verbundarchitektur integriert werden können. Das Konzept der Föderation impliziert einen Dienst-orientierten Verbund. Deshalb sind im Projekt Vorgaben zu machen, wie entwickelte oder bereitgestellte Funktionalitäten als Dienst in diesen Verbund integrierbar sind.

In Verbindung mit dem Verbund-Referenzmodell wird eine Ordnungsstruktur für ein Dokumentensystem begründet, welches die Integration von Ergebnissen vorzeichnet. Damit jedem bekannt ist, wie eine Funktionalität als integrierbarer Dienst zu beschreiben ist, wird eine entsprechende Beschreibungssystematik mit Hilfe von Metamodellen abgestimmt. Ein gemeinsam benutztes Vokabular (Projektwörterbuch) soll Missverständnissen vorbeugen. Auf dieser Grundlage können dann zielgerichtet Prüf- und Testverfahren spezifiziert werden.

Das AP110 soll die formellen Rahmenbedingungen für eine allgemeingültige Lösung mit Blick auf eine spätere Anwendung der Ergebnisse in anderen Einsatzfeldern schaffen.

Im **AP120** erfolgt die Spezifikation der Dienste-Schnittstellen für den baulasträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Verbund im Forschungsvorhaben. Sie beruht auf einer Analyse der kommunikativen Beziehungen zwischen den einzelnen Beteiligten im Datenverbund.

Der Fokus wird in diesem AP auf die Erarbeitung eines abstrahierten Kooperationsmodells gelegt. Es sollen dazu Anforderungen spezifiziert werden, die zur Konzipierung und Realisierung einer föderativen Kooperation notwendig sind. Die Ergebnisse werden in einer mit dem AP110 korrespondierenden zweckdienlichen Form dargestellt bzw. dokumentiert.

Im **AP130** erfolgt die Entwicklung einer Applikationsarchitektur für den Ausbau des städtischen Verkehrsmanagementsystems hinsichtlich der Sicherstellung der OCIT-Konformität durch die Spezifikation und Realisierung der erforderlichen OCIT-Schnittstellen. Hierzu wird ein Modell des OCIT-Systems erarbeitet, das sich auf die Aspekte der Systemarchitektur beschränkt, die für den weiteren OCIT-Standardisierungsprozess bedeutsam sind. Das sind ausschließlich die kommunikativen Aspekte, die über die Schnittstellenbeschreibungen in spezifischen Dokumenten konkretisiert werden müssen.

Grundlage einer OCIT-Schnittstellenerweiterung sind die bereits existierenden Vereinbarungen im Rahmen des OCIT-Standardisierungsprozesses. Diese müssen untersucht werden auf die zusätzlichen Anforderungen, die einerseits sich aus der Integration neuer Funktionalitäten und aus der hoheitsübergreifenden Verbundaufgabe und andererseits aus neuen funktionalen Anforderungen ergeben.

Im **AP140** wird die Durchführung der Maßnahmen der Qualitätssicherung spezifiziert und mit den Beteiligten abgestimmt. Grundlage der Vorgehensweisen und Aktivitäten des AP140 sind dabei die in AP110 getroffenen Vereinbarungen bezüglich der zu erzielenden Qualität und Ergebnisse im Projekt.

Das methodische Ziel ist die Erarbeitung von Testspezifikationen auf der Ebene der in den abstrakten Modellen interoperierenden Objekte und die Definition von Dokumenten, welche auf der gewählten Abstraktionsebene das (kooperierende) Verhalten von Objekten beschreiben.

Im **AP150** erfolgt die Prüfung der erarbeiteten Gesamtsystemlösungen für die föderative Kooperation im Anwendungsfeld Düsseldorf. Auch Spezifikationen und Konzepte werden über- bzw. erarbeitet und auf den Prüfstand gestellt. Die Sicherstellung der Übertragbarkeit ist grundsätzlicher Bestandteil aller Arbeitsschritte. So soll erreicht werden, dass die am Beispiel der Region Düsseldorf gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen auf ähnliche Problemsituationen in anderen Regionen anwendbar sind. Nur wenn ansatzweise sichergestellt wird, dass baulastträger- und privatwirtschaftübergreifendes Verkehrsmanagement im einem realen Umfeld und Anwendungsfall erfolgreich betrieben werden kann, werden potenzielle Anwender die Übertragung in ihr eigenes Umfeld wagen. Dies soll durch die Federführung der OCA/Stadt Düsseldorf für den AK100 sichergestellt werden.

Ausgangspunkt für die Bewertung im AP150 sind die bestehenden Systeme von Stadt (VID), Land (\Rightarrow VRZ) und Privatem Betreiber.

Die Ergebnisse des AK100 sind auch eine wesentliche Grundlage für den im Rahmen der Evaluierung zu entwickelnden Leitfaden, von dem weitere Baulastträger für den Aufbau eines föderativen Verkehrssteuerungs- und Verkehrsmanagements in ihrer eigenen Region und in ihrem eigenem Umfeld profitieren sollen.

Der **AK600** „Feldversuche und Evaluierung“ bildet eine zweite Klammer im Projekt. Der AK100 und der AK600 sind eng korreliert über den AK700 Projektsteuerung. Die im AK 600 verankerten AP sind:

1. AP610: Untersuchungsdesign
2. AP620: Felduntersuchungen
3. AP630: Technische Wirksamkeitsanalyse
4. AP640: Verkehrliche Wirksamkeitsanalyse
5. AP650: Nutzerakzeptanz
6. AP660: Bewertung (volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich)
7. AP670: Leitfaden für die Übertragung

In den AP610 und AP620 nimmt die OCA eher eine begleitende Rolle ein. Sie fungiert in diesen AP als Bindeglied zwischen ihren Experten und Dmotion und achtet auf die Gewährleistung der Übertragbarkeit der erzielten Ergebnisse. In den AP640, AP650 und AP660 ist die OCA nicht vertreten. Daher werden im Folgenden lediglich die von der OCA federführend geleiteten AP630 und AP670 kurz dargestellt.

Im Rahmen des **AP630** erfolgt eine technische Wirksamkeitsanalyse des Gesamtsystems, d.h. eine technische Qualitätsüberprüfung des integrativen Ansatzes. Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Einzelsysteme und -komponenten sowie die Einhaltung der diesbe-

züglichen Zielvorgaben sind primär integriert in den jeweiligen Arbeitskomplexen und ein maßgeblicher Bestandteil der dortigen Eigenevaluierung. Vorgaben hierfür werden auch im AK 100 getroffen. Es geht im AP630 also um ein Qualitätsmanagement im Sinne einer langfristigen, nachhaltigen und übertragbaren Systementwicklung und um das Aufzeigen diesbezüglicher Probleme und Verbesserungspotenziale. Für die technische Wirksamkeitsanalyse des Gesamtsystems steht die Qualitätsüberprüfung der innerhalb der einzelnen (Teil-)Systeme und Prozesse ausgetauschten Daten und Informationen im Vordergrund. Hierzu gehört auch die Analyse der entwickelten verkehrstechnischen Methoden und Modelle im Hinblick auf die ermittelten Nutzeranforderungen wie Aktualität, Konsistenz, Sicherheit und Verfügbarkeit der Informationen. Wichtige Unterstützung kann hierbei u. a. das Informationsmanagement (AK500) liefern.

Nach Implementierung und Inbetriebnahme aller Systeme sind diese in einer abschließenden Felduntersuchung einer technischen Wirksamkeitsanalyse zu unterziehen.

Grundsätzlich ist bei der technischen Wirksamkeitsanalyse eine enge Verzahnung mit dem AP140 „Qualitätssicherung und Test“ zu sehen. Wird sich im AP140 aber der softwaretechnischen Qualitätssicherung gewidmet, so ist mit der technischen Wirksamkeit des Gesamtsystems eine funktionstechnische Überprüfung unter stärkerem Fokus auf verkehrliche Anforderungen zu sehen.

Im **AP670** soll in enger Kooperation mit den anderen Arbeitskomplexen und hier insbesondere mit dem AK100 ein systematischer Leitfaden für die Übertragung der Projektergebnisse in andere Zielräume und -systeme erarbeitet werden. Grundsätzlich sind hier Aspekte der Qualitätssicherung, der Nachhaltigkeit, der Projektergebnisse und der betriebswirtschaftlichen Effizienz zu betrachten.

Der Leitfaden für die Übertragung basiert auf mehreren Säulen:

- ▶ Bezüglich der im Projekt identifizierten Vereinbarungen zu Betriebsformen ist ein Leitfaden für die Kooperation der Akteure miteinander zu erstellen. Neben einer betrieblichen Rahmenarchitektur für die Kooperation der beiden Baulastträger in einem übergreifenden Strategiemanagement ist dabei auch das Rollenverständnis und eine exemplarische Aufgabenverteilung zwischen öffentlicher Hand und privaten Dienstleistern zu beschreiben. Hierbei liefern die AK400 und AK500 wesentliche Inhalte. Hervorzuheben ist der Aspekt der Strategie der Datenerhebung, welcher im originärsten Kooperationsfeld die Möglichkeiten einer verteilten zu einander komplementären Datenerfassung beleuchtet.
- ▶ Die technische Übertragbarkeit der im Projekt entwickelten Ansätze soll durch eine standardtreue Vorgehensmethodik sichergestellt werden. Insbesondere der prozessbegleitende AK100 mit den AP130 und AP140 gibt hierzu maßgebende Vorgaben. Diese geben gemeinsam mit der technischen Wirksamkeitsanalyse der Verfahren (AP630) den Input für den Leitfaden der technischen Übertragbarkeit. Hierbei sind auch Anpassungen und für den Sektor der OCIT-Initiative maßgebende Weiterentwicklungen des Standards beinhaltet.

1.3.2 Ablauf

Es ist das Uranliegen der OCA, ihren Mitgliedern Empfehlungen geben zu können, die auch in dem jeweiligen lokalen Kontext einen Wert darstellen. Das Projekt Dmotion bot die günstige Gelegenheit, zu einem an sich sehr komplexen Zusammenhang diejenigen Handlungsfel-

der zu identifizieren, die in jeder Kommune, wo Verkehrsmanagement eine Bedeutung hat, zu besetzen sind.

Das Handlungsfeld heißt Gestaltung verteilter Systeme. Es konnten die Problembereiche identifiziert werden, welche markante Hindernisse in der flexiblen Gestaltung interoperabler Systemstrukturen mit mehr oder weniger loser Kopplung darstellen. Die Verbindung dieser Problembereiche mit der Spezifikation zu beschaffender Teilsysteme und der Sicherstellung ihrer Integration in bestehende Systemlandschaften wird durch die Koexistenz von „alt“ und „neu“ erschwert.

Es wurde im Kontext Dmotion ein „Standard“ OTS grob definiert, der aktuellen Anforderungen an die Interoperabilität von Teilsystemen entspricht. Es bedarf jedoch begleitender Maßnahmen, damit die Einhaltung dieses Standards von zu liefernden Teilsystemen prüfbar wird. Darüber ist das Nachfolgeprojekt OTS 2 motiviert worden. Der OTS-Leitfaden stellt die Empfehlungen an die Mitglieder der OCA nach dem aktuellen Stand dar.

Aus der retrospektiven Sicht ist festzustellen, dass Planen auch bedeutet: „Ersatz des Zufalls durch den Irrtum“ (Winston Churchill). Es hat sich als Irrtum herausgestellt, in diesem laufenden Projekt Grundlagen erarbeiten zu können, die auch wieder vollständig in die laufenden Arbeiten von Partnern einfließen können. Dies gilt auch für zu entwickelnde Standards.

Anforderungen an die Qualität müssen von vorneherein bereitstehen, damit sie in der anfänglichen Planung berücksichtigt werden können. Alles andere kann aus Gründen von zeitlichen Zwängen, beschränkten oder unzureichenden Ressourcen nur suboptimal berücksichtigt werden. Insofern beschreiben die einzelnen AP idealisierte Ziele. Dies hat im Extremfall aufgrund der normativ faktischen Vorgehensweise auch dazu geführt, dass z.B. der Bewertung der technischen Wirksamkeit die Verifikationsgrundlage entzogen wurde.

Das Projekt Folgeprojekt OTS 2 soll die Lücke zwischen Wünschen nach Interaktionsfähigkeit im Bereich des Verkehrsmanagements und konkret verfügbaren Produkten schließen. Die im Projekt Dmotion gesammelten und dokumentierten Erfahrungen zur Interaktionsfähigkeit von Teilsystemen werden im OTS-Projekt auf solche Maßnahmen abgebildet, die notwendig sind, einen Standard zu initiieren, zu spezifizieren, am Leben zu erhalten und in einen europäischen Raum zu übertragen.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Die im Projekt adressierte Struktur einer Kollaboration (Kooperation) von Systemen in unterschiedlichen Zuständigkeiten ist keine Besonderheit, sondern ist eher als Trend in allen Bereichen unserer Gesellschaft feststellbar.

Der Anwendungsbereich von IT-Leistungen stellt ein großes Potential für Wertschöpfungen dar. Das Zusammenwachsen von \Rightarrow IT und Kommunikation hat zur Folge, dass IT vielfach nicht mehr losgelöst von Kommunikation betrachtet werden darf. Es ist für das Verständnis von Kollaborationsstrukturen hilfreich, wenn man bei deren Beschreibungen von den Netzstrukturen für Transporte von Nachrichten abstrahieren kann. Hier gelangt der Blick der \Rightarrow Overlay-Netze in den Fokus.

Der bislang unter dem Begriff verteiltes System gerichtete Blick auf die physikalischen Vernetzungsstrukturen muss auch auf die logische Netzstruktur gerichtet werden, die

separat darzustellen ist. Die logische Struktur wird in der Regel mit Wertschöpfung auf der Anwenderebene für IT-Leistungen oder über Geschäftsprozesse motiviert.

Prozesse, Dienste und Verteilung sind die fachlich-technischen Einstiegspunkte zur Behandlung der Dmotion-Problematik. Qualität berücksichtigt vornehmlich die projektspezifischen Randbedingungen und das methodische Vorgehen.

2 Eingehende Darstellung

2.5 Anmerkung zur Strukturierung

Grundsätzlich haben die Schlussberichte in \Rightarrow BMW-Forschungsprojekten einer vorgegebenen Gliederung zu folgen. Diese setzt in der Vorhabenbeschreibung mit den Aspekten der

- ▶ Aufgabenstellung,
- ▶ Voraussetzungen und Rahmenbedingungen des Vorhabens,
- ▶ Planung und Ablauf des Vorhabens,
- ▶ wissenschaftlicher Ausgangssituation und
- ▶ Zusammenarbeit mit anderen Stellen

an.

Die Projektergebnisse sollen darauf aufbauend im eigentlichen Schlussbericht beschrieben werden. Hierbei ist auf

- ▶ die erzielten Ergebnisse,
- ▶ den voraussichtlichen Nutzen und die Verwertbarkeit der Ergebnisse,
- ▶ den parallelen Fortschritt sowie
- ▶ erfolgte und geplante Veröffentlichungen

einzuwenden.

Diese Gliederung stellt sich aufgrund der Heterogenität der bearbeiteten Arbeitskomplexe als äußerst schwierig dar. Die Arbeitskomplexe folgten zum Teil vollständig differierenden Aufgabenstellungen und wissenschaftlichen Ausgangssituationen. Deshalb erfolgt die oben beschriebene Gliederung differenziert für die einzelnen Arbeitskomplexe.

In einigen AP (AP200, AP300, AP410, AP510, AP610 und AP620) konzentrierte sich die Rolle der OCA auf folgende Aspekte:

- ▶ Gewährleistung der Übertragbarkeit der erarbeiteten Lösungen in den AP
- ▶ Einbringung der Ergebnisse des AK100
- ▶ Funktion als Bindeglied zwischen dem Forschungsprojekt Dmotion und dem aus OCA-Experten bestehenden Arbeitskreis „AK Dmotion“
 - Weitergabe und Diskussion der Ergebnisse aus den einzelnen AP in den AK Dmotion
 - Rückfluss der Einlassungen des AK Dmotion in die AP des Forschungsprojektes

Daher wurden für diese von der OCA zu begleitenden AP die Ergebnisse nochmals global zusammengefasst dargestellt, auf die Darstellung der Verwertbarkeit und den Nutzen sowie auf die Zielerreichung jedoch verzichtet.

2.6 AK100 – Föderative Kooperation und Kommunikation, Applikationsarchitektur, Qualitätssicherung, Anwendungsfeld

2.6.1 Übersicht

Ziel

Regionen und Ballungsräume, die an einem baulastträgerübergreifenden und herstellergemischtem Systemverbund interessiert sind, sollen von den in Dmotion erarbeiteten Ergebnissen einen Nutzen ziehen. Daher wurde dem Thema Übertragbarkeit eine hohe Aufmerksamkeit beigemessen. Einzelne Applikationen standen hierbei nicht im Vordergrund der Betrachtung, sondern das Vermögen, dass diese in einem Gesamtsystem über standardisierte Schnittstellen miteinander kommunizieren können.

Jedoch nicht nur Baulastträger und Betreiber von Systemen im kommunalen Verkehrsreich, die nach der Errichtung eines kooperativen und strategischen Verkehrsmanagements streben, profitieren von der Forschungsarbeit in Dmotion. Auch jene, welche sich mit der Einführung von Herstellermischung in der Feldebene und Zentralenebene konfrontiert sehen, dürfen mit den Projektergebnissen eine Hilfestellung erwarten.

Voraussetzung dafür war, im Projekt Dmotion den Systemverbund in der Landeshauptstadt Düsseldorf in ein von Teilsystemen geprägtes Systemmodell zu fassen, standardisierte Schnittstellen zu verwenden sowie zu erweitern und ein spezielles Vorgehensmodell für die Errichtung herstellergemischter Systeme des Verkehrsmanagements und der Verkehrssteuerung zu entwickeln. Ein Leitfaden vermittelt dieses Wissen und gibt Schritt für Schritt Handlungsempfehlungen.

Zusammen sind das Systemmodell, die Schnittstellenspezifikationen, das Vorgehensmodell und der Leitfaden Bestandteil des OTS-Konzepts, welches von der OCA (Open Traffic Systems City Association e. V.) – ein Verband deutscher, österreichischer und schweizer öffentlicher Baulastträger – forciert wird.

Roadmap

Die Wege zur Zielerreichung des AK100 orientierten sich daher inhaltlich an der Systemvision „Hoheitsübergreifender Systemverbund = verteiltes, herstellergemischtes System“, die durch das Projektthema selbst einen entsprechenden Stellenwert einnimmt.

Hinsichtlich der Vorgehensweise wurde das OCA-Vorgehensmodell konzipiert, mit dem eine übergreifende, zielorientierte Koordination und Synchronisation des Projektablaufes bei gleichzeitig hoher Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise unterstützt wurde.

Insgesamt wurde die Arbeit des AK100 darauf ausgerichtet, ein gemeinsames Systemverständnis auf der Metamodellebene für das Ausgangs- und Zielsystem zu entwickeln. Dies ist im folgenden Bild (AK100 Roadmap) als \Rightarrow UML-Diagramm dargestellt.

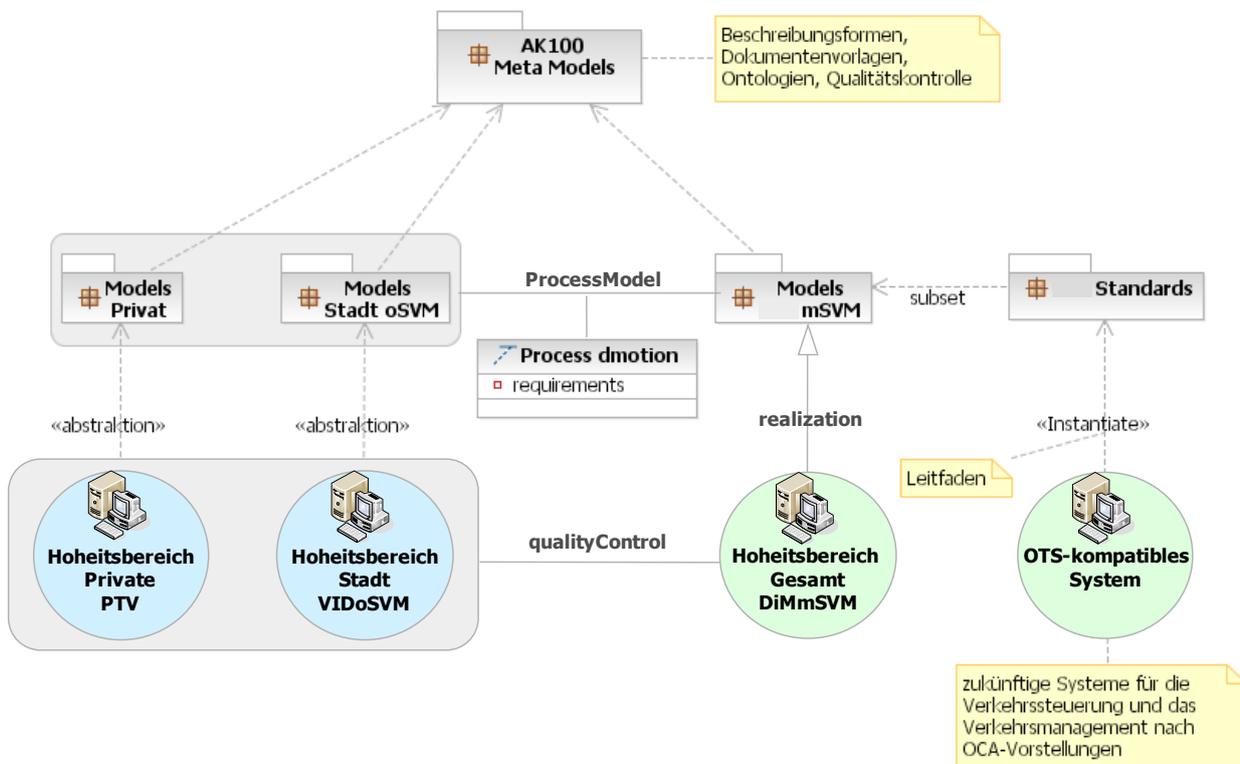


Abbildung 2: AK100 Roadmap

Das Wissen über die derzeit realen Systeme (Hoheitsbereiche Private und Stadt Verkehrssystemmanagement in Düsseldorf ohne strategisches Verkehrsmanagement = ViD oSVM, s. blaue Kreise) wurde dabei aggregiert und modelliert. Diese Modelle wurden dann in Bezug auf die Systemvision „Hoheitsübergreifender Systemverbund = Verteiltes, herstellergemischtes System“ weiter entwickelt und in Hinblick auf die Kommunikation durch den AK100 geprüft. Aus den modifizierten Modellen konnte dann eine System-Realisation (Hoheitsbereich Gesamt Düsseldorf in Motion mit strategischem Verkehrsmanagement = Projektziel, s. linker grüner Kreis) erfolgen und konnten Standards abgeleitet werden. Mit Hilfe dieser Standards können zukünftige Systeme für die Verkehrssteuerung und das Verkehrsmanagement konzipiert werden (OTS-kompatibles System, OTS= Open Traffic Systems, s. rechter grüner Kreis). Der AK100 (AP110) gab dazu als übergeordnete Instanz Metamodelle (Beschreibungsformen, Dokumentenvorlagen, Ontologie usw.) vor.

Der AK100 gliederte sich zur Umsetzung der Systemvision in 5 APs, die sich mit folgenden Themen beschäftigen:

- ▶ AP 110: Referenzmodell (Metamodell)
- ▶ AP 120: Föderatives Kooperations- und Kommunikationssystem
- ▶ AP 130: OTS-Applikations- und Systemarchitektur städtischer Baulastträger
- ▶ AP 140: Qualitätssicherung und Tests, Entwicklung von Testtools
- ▶ AP 150: Einsatz im Anwendungsfeld VID (Verkehrsmanagement in Düsseldorf)

Die Zuordnung der oben beschriebenen Aufgaben und den Arbeitspaketen des AK100 zeigt die nachstehende Übersicht:

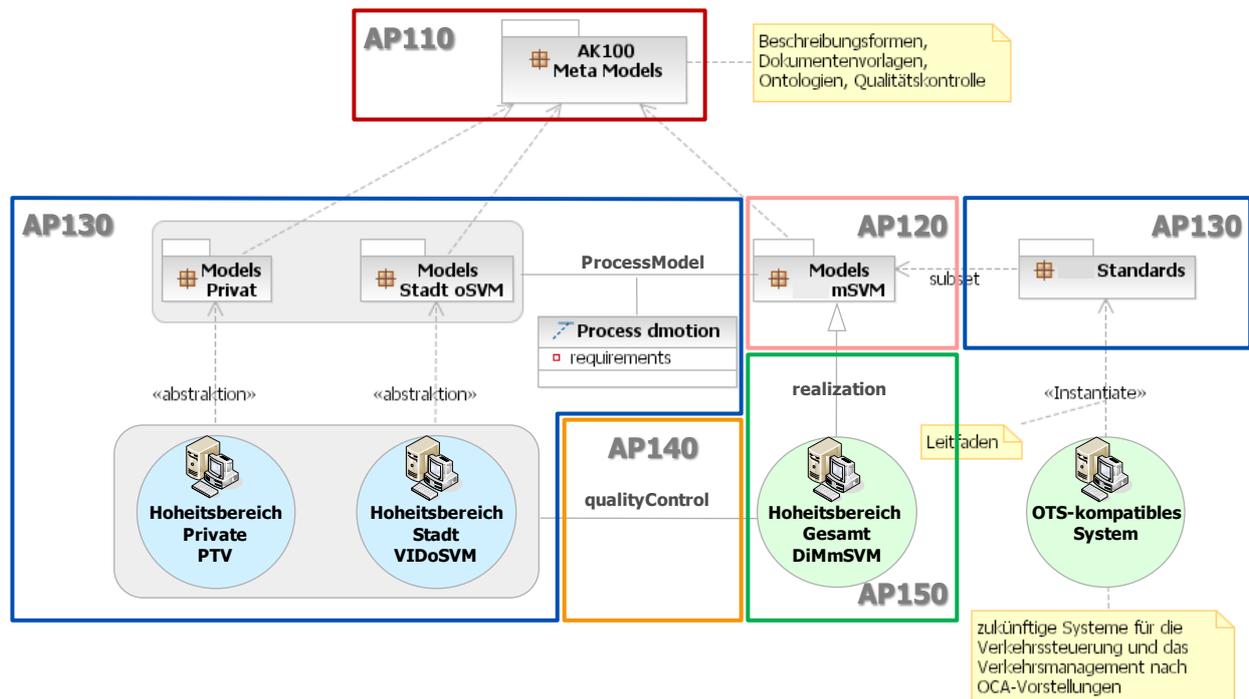


Abbildung 3: Einordnung der Arbeitspakete in die AK100 Roadmap

Einordnung der Arbeiten in das OTS-Rahmenwerk

Das OTS-Rahmenwerk beschreibt die Mittel und Aktivitäten, die notwendig sind, um die eng mit dem OTS Konzept verbundenen Standardisierungserfordernisse in einer der OCA-Zielsetzung entsprechenden Weise umzusetzen und lebendig zu halten. Das OTS-Rahmenwerk wurde im Projekt Dmotion konzipiert. Es ruht auf drei Säulen:

- ▶ Die OTS-Kommunikation repräsentiert eine Säule, mit der sichergestellt werden soll, dass die Kommunikation zwischen Systemen unterschiedlicher Hersteller kein wesentliches Risikopotential bei der Systemrealisierung darstellt.
- ▶ Die OTS-Instrumente bilden eine weitere Säule und sollen die Mittel an die Hand geben, die Nachfrager wie Anbieter benötigen, um eigene Vorstellungen zu Systemstrukturen oder Produktentwicklungen beschreiben zu können.
- ▶ Der OTS-Prozess definiert als dritte Säule Verfahren, wie OTS im Sinne eines „lebendigen“ Standards gepflegt und weiterentwickelt werden kann.

Das OTS-Rahmenwerk kann gegenwärtig, wie in folgender Abbildung dargestellt werden:

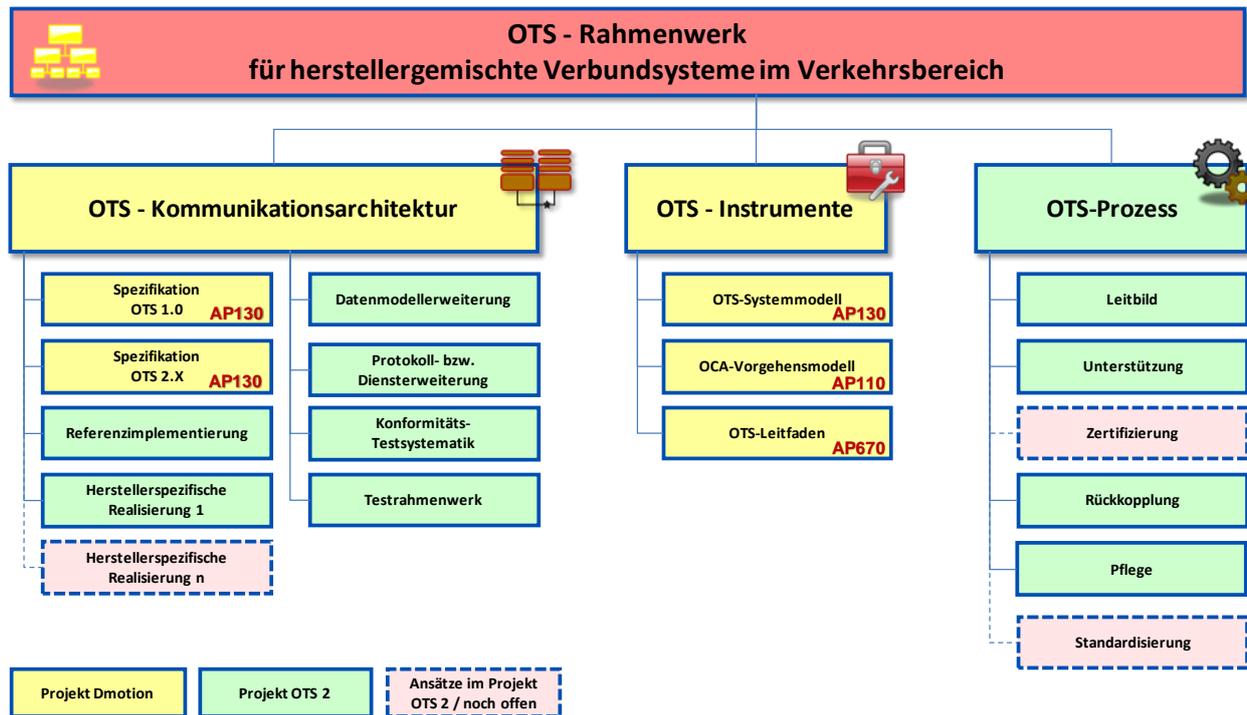


Abbildung 4: OTS-Rahmenwerk

Während alle gelben Bausteine Ergebnisse des Projekts Dmotion sind und hier inhaltlich den Arbeitspaketen 110, 130 und 670 zugeordnet wurden, sind die grünen Elemente im Nachfolgeprojekt „OTS 2“ zu untersuchen. Die zukünftig noch zu behandelnden offenen Themen für die noch kein passender Projektrahmen gegeben ist, wurden rosa gekennzeichnet.

2.6.2 AP110 – Referenzmodell (Metamodell)

2.6.2.1 Allgemeines

Im AP110 wurde die Initialphase genutzt, um ein übergreifendes methodisches Rahmenwerk für Kooperation und Koordination in seinen Grundzügen zu etablieren. Metamodelle als Referenzmodelle für eine zielorientierte Systeminterpretation und für eine dementsprechende methodische Vorgehensweise standen im Mittelpunkt der Arbeiten.

Die Basis des im Rahmen des AP110 entwickelten Dmotion-Vorgehensmodells bildete das Rational Unified Process Model (RUP, Vorgehensmodell zur Software-Entwicklung, entwickelt von dem Unternehmen Rational). Auf dieser Grundlage wurde ein Vorgehensmodell konkretisiert und auf die Belange des Dmotion-Projektes maßgeschneidert. Ihm wurde die Bezeichnung „OCA-Vorgehensmodell“ zugewiesen, um namentlich bereits eine deutliche Abgrenzung zu dem bekannten V-Modell zu haben.

Der Schwerpunkt des AP lag einerseits in den methodischen Arbeiten zur Etablierung dieses Vorgehensmodells und für die darüber hinaus gehende Anwendung in zukünftigen Ausschreibungsprojekten. Andererseits wurde aus dem AP heraus die Notwendigkeit einer Fortentwicklung der bisherigen OCIT-I Schnittstelle erkannt, woraus Arbeiten zur Konzeption und Spezifikation der so genannten OTS-Schnittstelle entstanden (siehe AP130). Beide Punkte fügen sich u.a. im OTS-Rahmenwerk (OTS = Open Traffic Systems) zusammen.

2.6.2.2 Arbeiten und Ergebnisse

OCA-Vorgehensmodell (O-Modell)

Die Erneuerung bzw. Erweiterung bestehender Systeme zur Verkehrssteuerung und zum Verkehrsmanagement sowie der Ausbau zu regionalen und auch überregionalen Verkehrsinformations- und Verkehrsmanagementsystemen stellt für alle daran Beteiligten eine große Herausforderung dar, weil damit neben der Bewältigung der verkehrlichen Aufgabenstellung neuerdings immer öfter das Thema Herstellermischung in den Vordergrund rückt.

Ziel und Zweck des O-Modells ist es, den Beteiligten ein Vorgehensmodell an die Hand zu geben, das bei der Um- bzw. Neugestaltung von Systemlandschaften nicht nur den Beschaffungsprozess von der ersten Systemkonzeption bis hin zur Abnahme unterstützt, sondern darüber hinaus besondere Hilfestellungen anbietet, mit der Problematik der Herstellermischung geordnet und in zielführender Weise umzugehen und daraus im Rahmen des Beschaffungsprozesses möglicherweise resultierende fachliche und rechtliche Konfliktsituationen zu vermeiden.

In seiner grundsätzlichen Zielsetzung der Herstellung von Prozessqualität (\Rightarrow ISO 9000) unterscheidet sich das O-Modell nicht von anderen Vorgehensmodellen, die im Rahmen von Beschaffungsprozessen der öffentlichen Hand eingesetzt werden. Vielmehr orientiert es sich selbst an den bekannten Vorgehensmodellen RUP (Rational Unified Process) und V-Modell XT (Vorgehensmodell des Bundes) und baut auf diesen auf. Zur Ermöglichung von Herstellermischung stellt es jedoch die Kommunikation/Schnittstellen zwischen Teilsystemen eines Systemverbundes in den Mittelpunkt der Betrachtung, weil dort sowohl fachliches als auch rechtliches Konfliktpotential für den Fall angesiedelt ist, wenn Teilsysteme losweise

ausgeschrieben werden und anschließend von unterschiedlichen Herstellern geliefert werden.

Herstellermischung kann in vielen Variationen auftreten. Am schwierigsten ist ihre Handhabung im Rahmen von \Rightarrow VOB/ \Rightarrow VOL-Beschaffungsprozessen, wenn es darum geht, Systembestandteile zur Erzielung des besten PreisLeistungsverhältnisses als eigenständige Lose so zu spezifizieren, dass potentielle Anbieter in die Lage versetzt werden, solche anzubieten, auch wenn das Los eine funktionale Abhängigkeit zu anderen Losen bzw. zu Bestandssystemen aufweist. Wie soll aus Anbietersicht – wie es das öffentliche Vergaberecht verlangt – sicher und auskömmlich kalkuliert, realisiert und abgenommen werden, wenn es keine allgemeinen anerkannten Kommunikationsstandards gibt, die diese Losbildung im Sinne der VOB/VOL unterstützen. Als Konsequenz daraus, so zeigen Erfahrungen aus Projekten, sind bei öffentlichen Ausschreibungen in Bezug auf Herstellermischung unzureichende Spezifikationen von Losen mit dem Risiko von Vergabebeschwerden behaftet. Selbst wenn diese ausbleiben, sind zumindest aufwändige Konsensbildungsprozesse mit Zeitverzug und Nachforderungen der Lieferanten die Folge.

Bei Verkehrsinformations- und Verkehrsmanagementsystemen entsteht der Zwang zur Herstellermischung typischerweise dadurch, dass die beabsichtigten Informations- und Managementdienste nur aufgebaut werden können, wenn es gelingt, bestehende Systeme – meist unterschiedlicher Hersteller – mit neuen Systembestandteilen – oft wiederum anderer Hersteller – in einen Systemverbund zu integrieren. Erschwert wird die Situation dadurch, dass die Teilsysteme des Verbundes ggf. in unterschiedlichen Hoheitsbereichen (öffentlich und privat) angesiedelt sind und mit unterschiedlichen Zielsetzungen (Systemphilosophie, Rahmenbedingungen für den Betrieb etc.) spezifiziert, ausgeschrieben und beschafft wurden bzw. beschafft werden müssen.

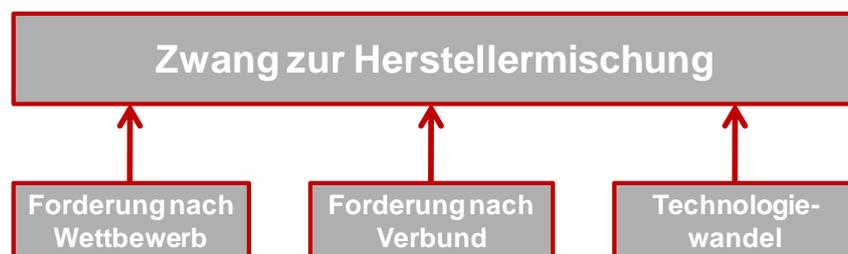


Abbildung 5: Zwang zur Herstellermischung

Herstellermischung resultiert aber auch daraus, dass sich im Rahmen von Erneuerungszyklen die zugrunde gelegten Technologien zur Realisierung von Systemen zum Teil dramatisch ändern. Im Gegensatz zu früher sehen sich zunehmend auch kleinere Unternehmen in der Lage, spezielle, für die Nachfragerseite hochinteressante Funktionalitäten exklusiv oder zu einem günstigeren Preis anzubieten. Hier entsteht die Problematik der Herstellermischung dann, wenn wegen fehlender Standards solche Funktionalitäten nur mit erhöhtem Aufwand integrierbar sind.

Das O-Modell umfasst den gesamten auftraggeberseitigen Prozess von der Anforderungsspezifikation bis hin zur Abnahme, überlässt dem Realisierer bei der Qualitätssicherung seiner eigenen Prozesse aber freie Hand.

Es wendet sich dabei vornehmlich an Mitarbeiter von öffentlichen Verwaltungen die – in ihrer Rolle als Auftraggeber – in unterschiedlicher Weise und mit unterschiedlichen Befugnissen, Qualifikationen und Verantwortungen an der Konzeption, Planung und Umsetzung der

Erneuerung oder Erweiterung bestehender Systeme im Verkehrsbereich betraut sind bzw. an sonstige Personen, die in Stellvertretung des Auftraggebers mit der Wahrnehmung von Auftraggeberaufgaben beauftragt sind.

Im Sinne einer Harmonisierung der im Beschaffungsprozess aufeinandertreffenden Auftraggeber und Bieter- bzw. Auftragnehmerprozesse, wendet sich das O-Modell als für beide Seiten gleiche Wissensgrundlage mit der gleichen Zielsetzung auch an Personen der Auftragnehmer-/Lieferantenseite.

Das folgende Bild illustriert den O-Modell-Prozess von einer Problemstellung mit rudimentärer Lösungsvorstellung (Black-Box-Sicht) zu einem vollständig abgenommenen System (White-Box-Sicht) und die damit verbundenen Disziplinen, Hauptakteure/Beteiligten, Meilensteine und Q-Artefakte.

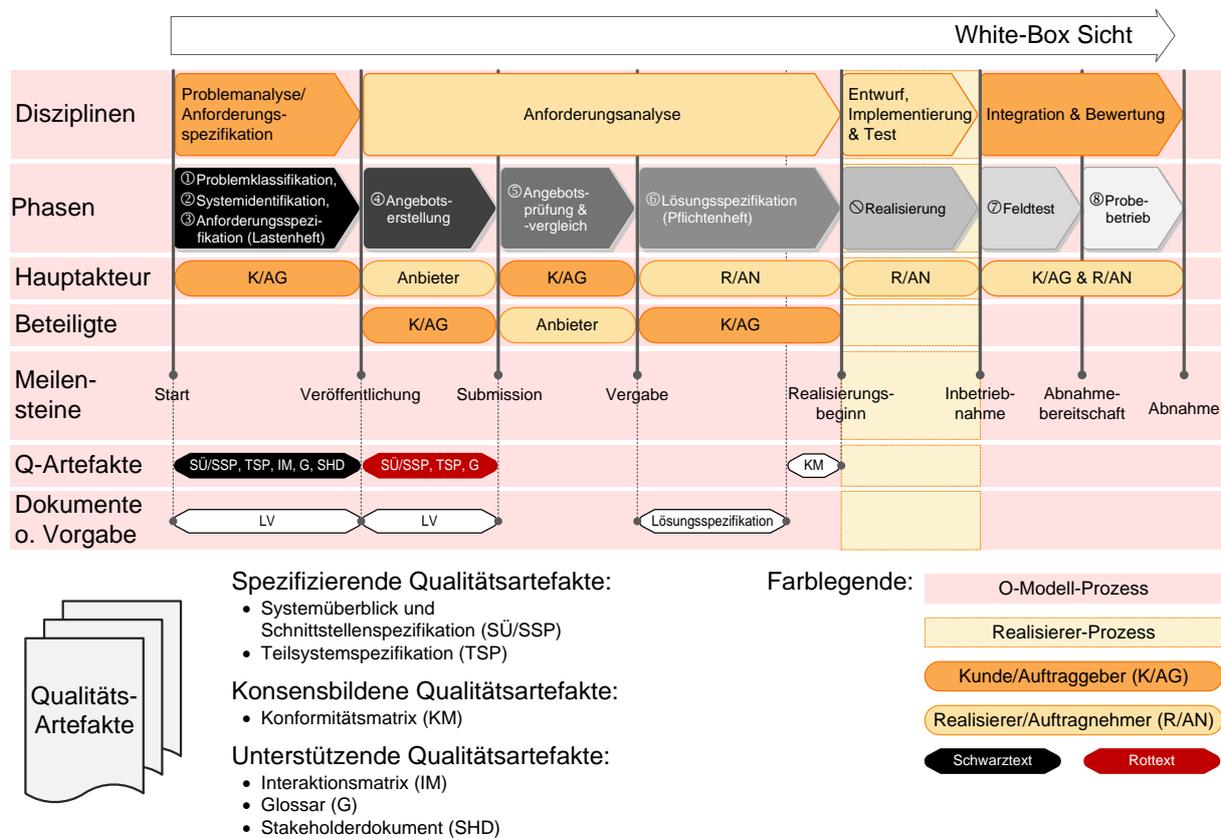


Abbildung 6: Disziplinen, Phasen, Hauptakteure/Beteiligte, Meilensteine und Q-Artefakte des OCA-Vorgehensmodells

Im Einzelnen behandelt werden die Phasen:

- ▶ Problemklassifikation
- ▶ Systemidentifikation
- ▶ Anforderungsspezifikation (Lastenheftphase)
- ▶ Angebotserstellung (Angebotsphase)
- ▶ Angebotsprüfung und -vergleich
- ▶ Lösungsspezifikation (Pflichtenheftphase)
- ▶ Feldtest

► Probetrieb (endet mit der Abnahme)

Begleitend zu den Phasen des O-Modells werden Dokumentvorlagen zur Verfügung gestellt, die in diesem Rahmen auch als Qualitätsartefakte (kurz Q-Artefakte) bezeichnet werden. Einen Überblick über diese Dokumentvorlagen zeigt folgende Abbildung:

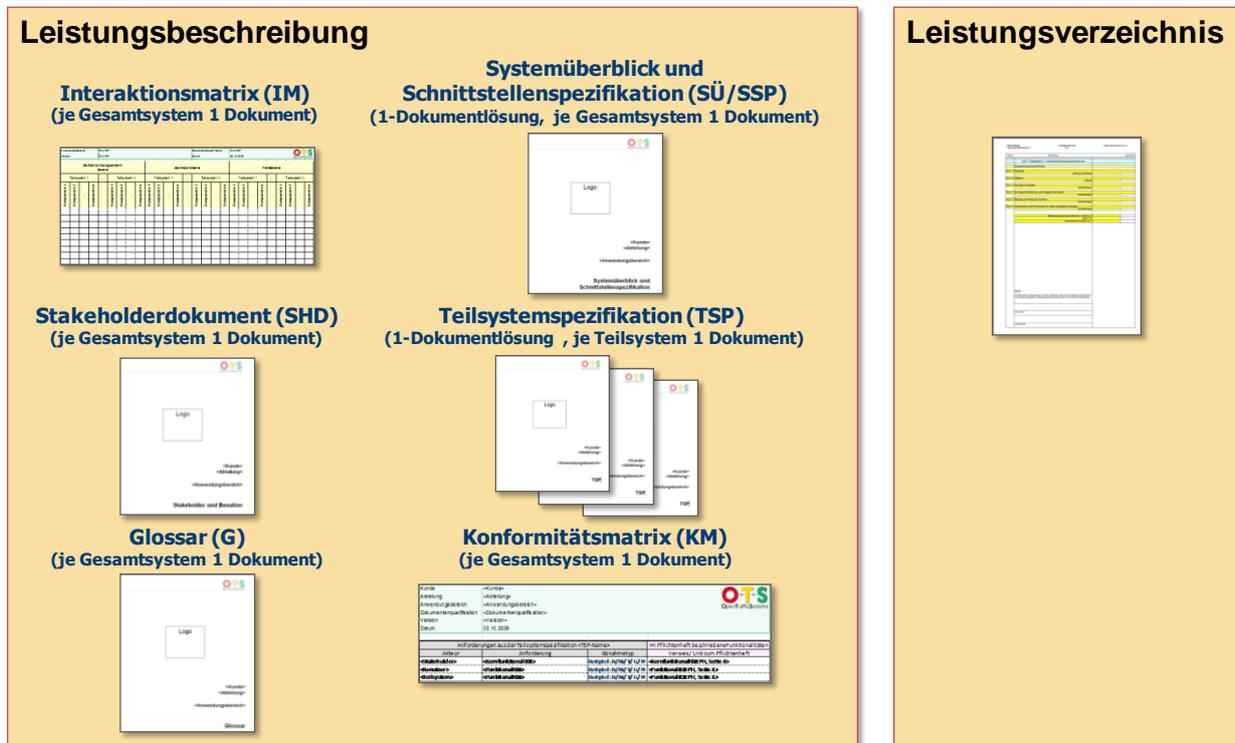


Abbildung 7: Kategorisierung der Artefakte des O-Modells, nach Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnis

Begleitend zu den Phasen des O-Modells werden Dokumentvorlagen zur Verfügung gestellt. Durch die Bearbeitung der Vorlagen wird das O-Modell konkret durchlaufen. Es gibt drei Typen:

► Spezifizierende Q-Artefakte

- Das Q-Artefakt *Systemüberblick und Schnittstellenspezifikation (SÜ/SSP)* gibt das konzeptionelle Systemverständnis im Hinblick auf den Systemaufbau wieder und legt die Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilsystemen fest. Je Gesamtsystem wird das Dokument einmal erstellt.
- Das Q-Artefakt *Teilsystemspezifikation (TSP)* dient dem Zweck, ein Teilsystem als Bestandteil einer Systemlösung vollständig zu spezifizieren. Je Teilsystem eines Gesamtsystems wird dieses das Dokument einmal erstellt.

In Rahmen einer formellen Beschaffung können diese Q-Artefakte als 1-Dokumentlösung als Ausschreibungs- und Vergabedokument sowie als Vorgabe für Realisierung, Test- und Abnahme des Spezifikationsgegenstandes verwendet werden. Nach Freigabe wird es dann für beide Beteiligten – Kunde/Auftraggeber und Realisierer/Auftragnehmer – Bestandteil der Vertragsdokumentation.

Mit dem Prinzip der 1-Dokumentlösung können in einem einzigen Dokument unterscheidbare Beiträge (Blautext/Schwarztext/Rotttext) die unterschiedlichen Rollen und daraus erwachsenden Sichten auf der einen Seite eines Kunden/Auftraggebers und auf der ande-

ren Seite eines Realisierers/Auftragnehmers anforderungsspezifisch nachvollzogen werden. Es kann also im Rahmen einer gemeinsamen Darstellungsstruktur eine gemeinsame Sicht auf ein zu realisierendes System verankert und festgeschrieben werden.

Durch die deutliche Unterscheidung der Textbeiträge werden versteckte Angaben in den Produktschriften ausgeschlossen und die Transparenz und Vergleichbarkeit des Angebots gewährleistet. Deshalb werden Hilfestellungen zur Anwendung und Interpretation der Inhalte als *Blautext* ausgeführt. Zusätzlich erfolgen Beiträge zur Dokumentenstrukturierung und die Spezifikation der Anforderungen aus Kunden/Auftraggebersicht im Sinne einer Leistungsbeschreibung als *Schwarztext*. Im Falle einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm (funktionale Ausschreibung) muss der Realisierer/Auftragnehmer im Rahmen der Angebotserstellung in der Rolle des Bieters *Rotttext* dazu verwenden, um darzulegen, mit welcher Lösung er im Auftragsfalle den Anforderungen des Kunden/Auftraggebers zu entsprechen gedenkt (überzeugender Lösungsweg anstelle von Produktschriften) und kann auch – sofern das formelle Verfahren dies zulässt - auf eine seiner Auffassung nach besonders günstige Alternative hinweisen (Nebenangebot).

► **Konsensbildene Q-Artefakte**

- *Konformitätsmatrix* (kurz KM, Gegenüberstellung aller relevanten Anforderungen aus Sicht des Kunden/Auftraggebers mit Bezug zur TSP und Funktionalitäten eines Teilsystems aus der Sicht des Realisierers/Auftragnehmers mit Bezug zum Pflichtenheft, je Teilsystem 1 Dokument)

► **Unterstützende Q-Artefakte**

- *Interaktionsmatrix* (kurz IM, Matrixdarstellung der kommunikativen Beziehungen zwischen Teilsystemen, je Gesamtsystem 1 Dokument)
- *Stakeholderdokument* (kurz SHD, Profile und Interessenlagen der am System beteiligten Personen, Einrichtungen, Firmen usw., je Gesamtsystem 1 Dokument)
- *Glossar* (kurz G, Erläuterung von Fachtermini, Abkürzungen und Akronymen, je Gesamtsystem 1 Dokument)

Für das oben dargestellte Leistungsverzeichnis werden im O-Modell keine Vorgaben gemacht. Jeder Auftraggeber kann auf eigene Vorlagen (MS Excel, ARRIBA o.ä.) zurückgreifen.

Rechtlich ist das O-Modell innerhalb des Vergaberechts in Bezug auf die 1-Dokumentlösung den folgenden Paragraphen zuzuordnen:

Paragraph	Titel
§9 Nr. 15ff. VOB/A	Beschreibung der Leistung; Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm
§8 Nr. 2 VOL/A	Leistungsbeschreibung

Die VOL/A enthält dabei keine detaillierten Vorschriften zu Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis oder mit Leistungsprogramm wie die VOB/A.

§8 Nr. 2 VOL/A lässt jedoch, wenn eine Leistung oder Teile von ihr durch verkehrsübliche Bezeichnungen nach Art, Beschaffenheit und Umfang nicht hinreichend beschreibbar ist, ausnahmsweise eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm der VOB/A vergleichbare funktionale Leistungsbeschreibung zu [Vergaberecht, Christoph Riese, Springer Verlag, ISBN 3540641831]

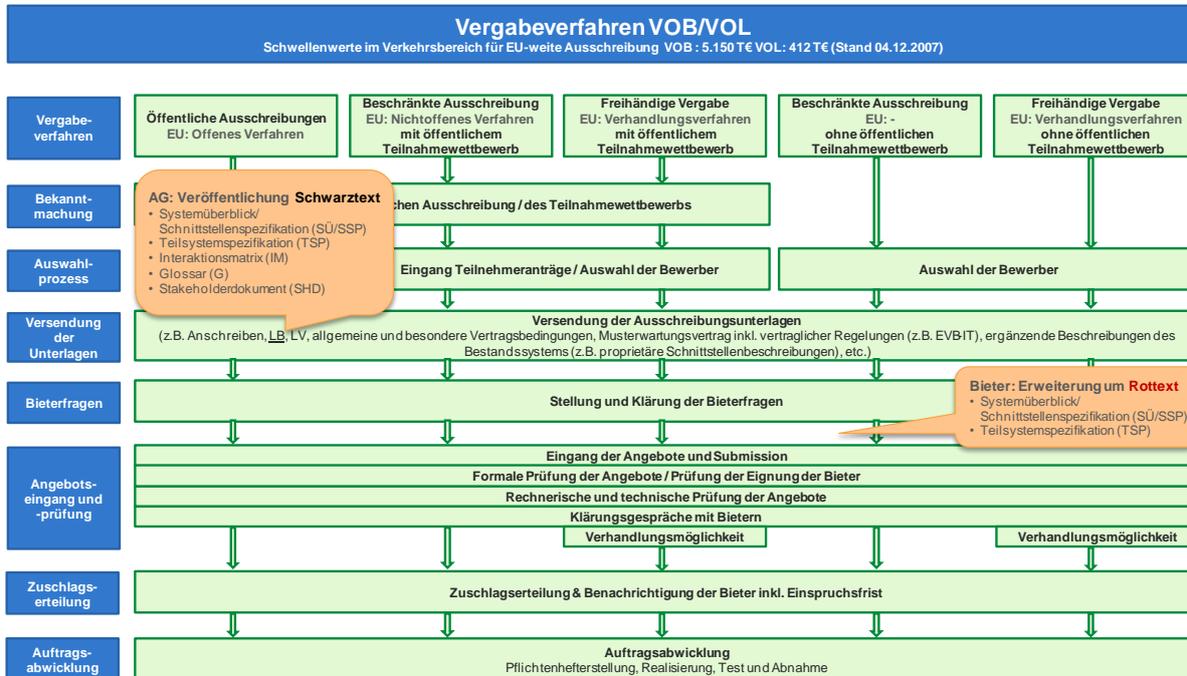


Abbildung 8: VOL/VOB

Des Weiteren ist das O-Modell so konzipiert worden, dass dessen einzelne Phasen und Qualitätsartefakte eine Zuordnung zu den Leistungsphasen der \Rightarrow HOAI §73 Leistungsbild „Technische Ausrüstung“ erlauben.

Die Zuordnung der Phasen zu den Leistungsphasen der HOAI stellt die nachfolgende Tabelle her. Die je Phase zu verwendenden Dokumentvorlagen des O-Modells werden im weiteren Verlauf des Dokumentes näher erläutert.

Leistungsphase gem. HOAI	Phase des O-Modells	Dokumentvorlagen des O-Modells
Grundlagenermittlung Ermitteln der Voraussetzungen zur Lösung der technischen Aufgabe	Problemklassifikation	Schwarztext Systemüberblick und Schnittstellenspezifikation (Kapitel 1 - 3)
Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung) Erarbeiten der wesentlichen Teile einer Lösung der Planungsaufgabe)	Systemidentifikation	Schwarztext Systemüberblick und Schnittstellenspezifikation (Kapitel 4.1) Interaktionsmatrix Glossar (Anlegen des Dokumentes)
Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung) Erarbeiten der endgültigen Lösung der Planungsaufgabe	Anforderungsspezifikation Teil 1 (Lastenheftphase)	Schwarztext Systemüberblick und Schnittstellenspezifikation (Kapitel 4.2) Teilsystemspezifikation (Kapitel 1 - 3 vollständig, Kapitel 4.1 grobgranular) Glossar (Weiterentwicklung gemäß Stand der übrigen Dokumente) Stakeholder und Benutzer
Genehmigungsplanung Erarbeiten der Vorlagen für die erforderlichen Genehmigungen	Zu dieser Leistungsphase der HOAI gibt es im O-Modell keine expliziten Vorgaben	
Ausführungsplanung Erarbeiten und Darstellen der ausführungsfähigen Planungslösung	Anforderungsspezifikation Teil 2 (Lastenheftphase)	Schwarztext Teilsystemspezifikation (Kapitel 4, 5, 6 feingranular) Glossar (Weiterentwicklung gemäß Stand der übrigen Dokumente)
Vorbereitung der Vergabe Ermitteln der Mengen und Aufstellen von Leistungsverzeichnissen	Anforderungsspezifikation Teil 2 (Lastenheftphase) Erstellung von Leistungsverzeichnissen	An dieses Dokument stellt das O-Modell keine Anforderungen. Der Auftraggeber kann hier eigene Vorlagen verwenden.
Mitwirkung bei der Vergabe Prüfen der Angebote und Mitwirkung bei der Auftragsvergabe	Angebotsprüfung und -vergleich	keine
Objektüberwachung	Lösungsspezifikation	Realisierungspflichtenheft

(Bauüberwachung) Überwachen der Ausführung des Objekts	(Pflichtenheftphase)	Konformitätsmatrix Ggf. Glossar (Weiterentwicklung gemäß Stand der übrigen Doku- mente)
	Feldtest	keine
	Probetrieb	keine
Objektbetreuung und Dokumentation Überwachen der Beseitigung von Mängeln und Doku- mentation des Gesamt- ergebnisses	Zu dieser Leistungsphase der HOAI gibt es im O-Modell keine expliziten Vorgaben	

Tabelle 1: Zuordnung der Phasen des O-Modells zu den Leistungsphasen der HOAI

Handlungsablauf zum O-Modell

In den verschiedenen Phasen des OCA-Vorgehensmodells sind Aktivitäten, Ergebnisse und deren Zusammenhänge verankert, welche der Vorbereitung und Durchführung einer Beschaffungsmaßnahme dienen. Dabei wird dem folgenden Grundsatz bei der Anwendung des O-Modells eine maßgebliche Bedeutung zugemessen, der im ersten Arbeitsschritt der Phasen 1-3 Beachtung findet:

Will jemand seine Gedanken und Wünsche Dritten begreifbar machen oder will sich eine Gemeinschaft über zu realisierende Ziele verständigen, dann bedarf es einer Sprache mit Worten, die das, was inhaltlich vermittelt werden soll, auch eindeutig und unmissverständlich vermitteln.

Immer wieder kann man die Erfahrung machen, dass dies nicht oder nur teilweise gelingt. Die Gründe liegen in den verwendeten Worten oder in der sprachlichen Qualifikation der Zielpersonen. Man kann auch sagen, die Bedeutungsinhalte können mit der verwendeten Begrifflichkeit nicht so vermittelt werden, damit letztendlich Ziele und Vorstellungen durch entsprechendes Handeln realisiert werden. Dies verdeutlicht die folgende Illustration.

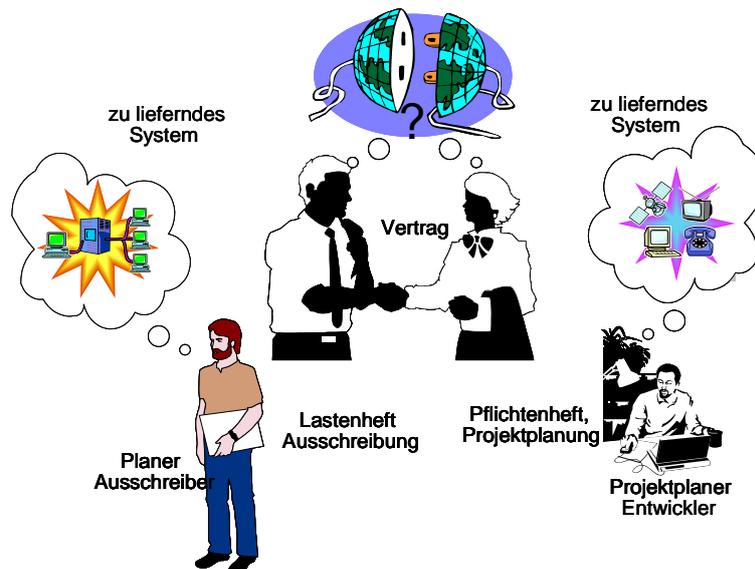


Abbildung 9: Notwendigkeit des begrifflichen Konsens

Konsensbildung ist ein Angleichungsprozess, der darauf abzielt, konsensuelles Handeln zu erreichen: Worte sollen so interpretiert und in Handeln umgesetzt werden, wie sie der Autor gemeint hat.

Der Anwender des O-Modells soll dahingehend sensibilisiert werden, dass Konsensbildung ein notwendiger Prozess ist, wenn heterogen qualifizierte Individuen gemeinsam an einem Problemlöseprozess beteiligt sind. Systemgestaltung ist eine Aufgabe. Deren Lösung ist ein Problemlöseprozess, der unterschiedlich qualifizierte Personen beteiligt.

Für die zuvor erläuterten Phasen des O-Modells folgen eine tabellarische Darstellung der jeweiligen Ausgangslage und der Zielsetzung sowie die zur Erreichung des Ziels erforderlichen Aktivitäten.

► Phase 1: Problemlklassifikation

Ausgangslage	Handlungsdruck
Ziel	Problemlösungsvision
Zu nutzende Vorlagen	SÜ/SSP.dot
Aktivität 1	<u>Qualifizierungsschritt:</u> Schaffung der Begrifflichkeit für Problemlklassifikation
Aktivität 2	<u>Problembewertung:</u> Einordnung des eigenen Problems in Handlungsdrucksituationen
Aktivität 3	<u>Problemlösungsvision:</u> Beschreibung des Problems, der Problemlösungsvision (ggf. Varianten) und der damit verbundenen Wertvorstellung

► Phase 2: Systemidentifikation

Ausgangslage	Problemlösungsvision
Ziel	konkrete Systemvision
Zu nutzende Vorlagen	SÜ/SSP.dot, Interaktionsmatrix.xls
Aktivität 1	<u>Qualifizierungsschritt:</u> Schaffung der Begrifflichkeit für Systemidentifikation
Aktivität 2	<u>Systemmodellierung:</u> Modellierung des vorhandenen Systems anhand bestehender Metamodelle
Aktivität 3	<u>Iterationsschritt Abgrenzung:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Was soll erneuert werden? • Was soll bleiben? • Wo sind die Systemgrenzen? • Ggf. Entwicklung von Varianten
Aktivität 4	<u>Konkretisierungsschritt:</u> Entwicklung einer Interaktionsmatrix zu jeder Variante, Bewertung der Varianten auf hoher „Flughöhe“
Aktivität 5	<u>Systemvision:</u> Dokumentation der konkreten Systemvision

► Phase 3: Anforderungsspezifikation (Lastenheftphase)

Ausgangslage	konkrete Systemvision
Ziel	Veröffentlichung der Vergabeunterlagen
Zu nutzende Vorlagen	SÜ/SSP.dot, TSP.dot, SHD.dot, Glossar.dot
Aktivität 1	<u>Qualifizierungsschritt:</u> Schaffung der Begrifflichkeit für Anforderungsspezifikation

Aktivität 2	<u>Anforderungsspezifikation:</u> Erstellung des Schwarztextes für alle zu erneuernden Teilsysteme
Aktivität 3	<u>Veröffentlichung:</u> Veröffentlichung der Teilsystemspezifikation(en) im Rahmen der Ausschreibung

► **Phase 4: Angebotserstellung (Angebotsphase)**

Ausgangslage	veröffentlichte Vergabeunterlagen
Ziel	Angebotsabgabe/Submission
Zu nutzende Vorlagen	SÜ/SSP.dot, TSP.dot, Glossar.dot
Aktivität 1	<u>Prüfung Schwarztext:</u> Prüfung der Anforderungen des Kunden/Auftraggebers durch den Anbieter und Klärung von entsprechenden Verständnisfragen durch den Kunden/Auftraggeber
Aktivität 2	<u>Erstellung Rotttext:</u> Interpretation der Anforderungen des Kunden/Auftraggebers durch den Anbieter und Beschreibung, wie er mit Hilfe seiner Lösung den Anforderungen entsprechen will

► **Phase 5: Angebotsprüfung und -vergleich**

Ausgangslage	Angebote der Anbieter
Ziel	Vergabe/Zuschlagserteilung
Zu nutzende Vorlagen	keine
Aktivität 1	<u>Angebotsprüfung</u> Überprüfung der Angebote durch den Kunden/Auftraggeber
Aktivität 2	<u>Aufklärungsgespräche:</u> Befragung der Anbieter durch den Kunden/Auftraggeber zur Aufklärung von Verständnisproblemen bezüglich des jeweiligen Angebots
Aktivität 3	<u>Auftragsvergabe:</u> Auftragsvergabe an einen Anbieter, Schwarztext und Rotttext werden Vertragsbestandteil

► **Phase 6: Lösungsspezifikation**

Ausgangslage	erteilter Zuschlag
Ziel	Realisierungsvorgabe
Zu nutzende Vorlagen	KM.xls
Aktivität 1	<u>Lösungsspezifikation:</u> Vertiefende Spezifikation durch den Realisierer/Auftragnehmer, mit der die vereinbarte Lösung konkretisiert wird

► **Phase 7: Feldtest**

Ausgangslage	realisiertes und geliefertes System
Ziel	Abnahmebereitschaft
Zu nutzende Vorlagen	keine
Aktivität 1	<u>Testszenarioszenarien:</u> Erstellung aller Testszenarioszenarien
Aktivität 2	<u>Feldtest:</u> Nachweis des/der anforderungskonformen Verhaltens/Eigenschaften in Bezug auf das realisierte System

► **Phase 8: Probetrieb**

Ausgangslage	Abnahmebereitschaft
Ziel	abgenommenes System
Zu nutzende Vorlagen	keine
Aktivität 1	<u>Probetrieb:</u> Nachweis, dass das abzunehmende System den Anforderungen des realen Betriebs über einen Probetriebszeitraum fehlerfrei genügt
Aktivität 2	<u>Abnahme:</u> Formale Bestätigung der vertragsgemäßen Ausführung/Lieferung

2.6.2.3 Referenzierte Dokumente

- ▶ OTS-Leitfaden
- ▶ OCA-Vorgehensmodell
- ▶ Dokumentvorlagen zum OCA-Vorgehensmodell
 - O-Modell_Vorlage_SÜ-SSP
 - O-Modell_Vorlage_TSP
 - O-Modell_Vorlage_IM
 - O-Modell_Vorlage_KM
 - O-Modell_Vorlage_SHD
 - O-Modell_Vorlage_G

2.6.3 AP120 – Baulasträger- und privatwirtschaftsübergreifende, föderative Kooperation und Kommunikation

Hinweis: Die Arbeitspakete 120 und 130 wurden prinzipiell zeitlich und inhaltlich zusammengefasst, da die thematische Trennung im Projektverlauf nicht mehr zweckdienlich erschien. Trotzdem wurde im Bericht versucht, diese Trennung weitestgehend aufrecht zu erhalten.

2.6.3.1 Arbeiten und Ergebnisse

Ziel des AP120 die Spezifikation zur Stadt-Land- und Stadt-Privat-Kopplung. Hierbei wurde das Strategiemangement in Düsseldorf mit dem in Nordrhein-Westfalen und mit den Navigationsdiensten des Projektpartners PTV gekoppelt, um Strategieinformationen auszutauschen und so eine übergreifende Kommunikation und Kooperation im Verkehrsmanagement zu erreichen.

Dazu wurde im AP120 das Q-Artefakt Systemüberblick und Schnittstellenspezifikation (SÜ/SSP) gemäß O-Modell erstellt. Es gibt das konzeptionelle/modellierte (Schwarztext) und – mit einem gewissen Abstraktionsgrad – das realisierte Systemverständnis (Rotttext) im Hinblick auf den Systemaufbau wieder und legt die Schnittstellen zwischen einzelnen Teilsystemen fest.

Definition der angestrebten Systemlösung

Zweck und Ziel des Systems Dmotion ist die Herstellung eines Daten-, Informations- und Strategieverbands zwischen den Hoheitsträgern Stadt, Land und privaten Akteuren zur Durchführung eines zwischen den Beteiligten abgestimmten, effektiven strategischen

Verkehrsmanagement in Ballungsräumen und dessen beispielhafte Integration in die bestehende Systemlandschaft des Ballungsraumes Düsseldorf.

Mit der Realisierung des Systems Dmotion soll den beteiligten Hoheitsträgern ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, mit dem Sie im Verbund in die Lage versetzt werden, unter Einsatz der insgesamt verfügbaren Detektorik Daten und Informationen untereinander auszutauschen und zu nutzen und unter Anwendung der insgesamt verfügbaren Aktorik gemeinsam verabredete Strategien koordiniert und situationsangepasst für ein baulastträgerübergreifendes Verkehrsmanagement einzusetzen.

Problembeschreibung

Die folgenden Aspekte beschreiben die Problemstellung in Bezug auf Verkehrsmanagement bei den Hoheitsträgern Stadt, Land und Privaten ohne den Einsatz eines baulastträgerübergreifenden Daten-, Informations- und Strategieverbunds:

- ▶ **Fehlender Strategieabgleich zwischen den Baulastträgern Stadt und Land**
Innerhalb zahlreicher Ballungsräume vermaschten sich die Netze der BAB mit denen der Bundesstraßen und städtischer Hauptverkehrsstraßen zu einem strategischen Netz, welches grundsätzlich Alternativrouten für Störfallsituationen sowohl für Fernverkehre als auch für Zielverkehre des Ballungsraums bereitstellt.
Häufig wirken Strategien (z.B. Alternativroutenschaltungen) über den eigenen Hoheitsbereich hinaus und sind mit negativen Konsequenzen beim angrenzenden Baulastträger verbunden. Jeder Baulastträger setzt die aus seiner Sicht optimalen Strategien in seinem Netz um, ohne die verkehrliche Situation im Netz des anderen Baulastträgers in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.
- ▶ **Fehlende Schnittstellen zwischen den Kommunikationssystemen der Hoheitsbereiche Stadt und Land**
Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung der verkehrspolitischen und verkehrstechnischen Historie der Baulastträger Stadt und Land sind zwei unterschiedliche Kommunikationssysteme entstanden:
 - In einer nach den Grundsätzen des Bund-Länder-Arbeitskreises-VRZ aufgebauten Verkehrsrechnerzentrale des Baulastträgers Land (hier Land NRW) ist die Kommunikation zwischen den Teilsystemen weitestgehend einheitlich nach dem Prinzip des Datenverteilers (⇒DaV) geregelt. Schnittstellenprobleme auf Landesebene können als gelöst angesehen werden.
 - Der Baulastträger Stadt (hier Landeshauptstadt Düsseldorf) verfügt im Rahmen des kommunalen Verkehrsmanagements über ein Kommunikationssystem, in dem standardisierte OCIT-Schnittstellen und proprietäre Schnittstellen diverser Hersteller eingesetzt werden.

Für die Kommunikation zwischen kommunalen Baulastträgern und dem Baulastträger Land steht bisher aufgrund der unterschiedlichen Kommunikationsphilosophien kein Schnittstellenstandard zur Verfügung, der für den Aufbau eines baulastträgerübergreifenden Daten-, Informations- und Strategieverbunds herangezogen werden kann.

- ▶ **Fehlende Weitergabe von Strategien an Private Anbieter von Routingdiensten**
Private Anbieter von Routingdiensten sind derzeit nicht an die bestehenden Strategiemanagementsysteme der öffentlichen Hand angebunden. Über die aktuellen Strategien der öffentlichen Hand werden Verkehrsteilnehmer, die diese Routingdienste nutzen, nicht

informiert und erhalten daher zum Teil Verkehrsinformationen, die im Widerspruch zu den kollektiven Informationsgebern auf der Feldebene stehen.

- ▶ **Fehlende Berechnung des Verkehrszustands in den Übergangsbereichen der Straßennetze verschiedener Baulastträger**
Für die Berechnung des Verkehrszustands in den Übergangsbereichen der Straßennetze verschiedener Baulastträger, insbesondere zwischen Autobahnnetz und städtischem Netz, sind bisher keine Modelle oder Algorithmen verfügbar. Da Engpässe im nachgeordneten Netz aber zu massiven Störungen auf den Autobahnen führen können, ist eine qualitativ hochwertige Ermittlung des Verkehrszustands an diesen Stellen eine absolute Notwendigkeit. Aufgrund der speziellen Struktur der Autobahnabfahrten und des unterschiedlichen Verkehrsverhaltens auf der Autobahn im Vergleich zum städtischen Netz ist es nicht ausreichend, sich auf die Ergebnisse einer normalen Datenvervollständigung zu verlassen.

Problemlösung

Mit der Integration des Systems Dmotion in die bestehende Systemlandschaft des Ballungsraums Düsseldorf wird ein Daten-, Informations- und Strategieverbund zwischen den Hoheitsträgern Stadt, Land und privaten Akteuren zur Durchführung eines zwischen den Beteiligten abgestimmten, effektiven strategischen Verkehrsmanagement in Ballungsräumen hergestellt.

Zur Erledigung dieser Verbundaufgabe wirken verschiedene Teilsysteme der jeweils beteiligten Hoheitsträger zusammen und der oben beschriebenen Problemstellung entgegen. Jedes Teilsystem stellt Dienste bereit, die von anderen Teilsystemen über Schnittstellen genutzt werden können. Das im AP130 ausführlich erläuterte OTS-Systemmodell gibt einen Überblick über das System Dmotion mit seinen Teilsystemen.

Um den (ggf. herstellergemischten) Aufbau eines Daten-, Informations- und Strategieverbunds zwischen den Hoheitsträgern Stadt, Land und privaten Akteuren sowie die Interoperabilität zwischen den dazu benötigten Teilsystemen zu koordinieren, müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- ▶ Erstellung eines geeigneten Systemüberblicks
- ▶ Sicherstellung der Kommunikation der im Systemüberblick enthaltenden Teilsysteme durch die Realisierung anforderungsgerechter Schnittstellen auf Basis einer wohldefinierter Schnittstellenspezifikation
- ▶ Gewährleistung der Übertragbarkeit des Systems auf andere Ballungsräume durch die Referenz auf Standards wie OCIT und OTS
- ▶ Berücksichtigung der in der Landeshauptstadt Düsseldorf bereits eingesetzten Schnittstellen in Bezug auf die konkrete Realisierung des Systems

Spezifikation der Lösung

Das OTS-Systemmodell (siehe AP130) gibt einen groben Systemüberblick aus „Blackbox-Sicht“. Es beschreibt die komplexen Zusammenhänge innerhalb des Systems in einer abstrakten und übersichtlichen Weise, die viel Interpretationsspielraum für eine Anforderungsanalyse des Realisierers offen lässt.

Um diesen einzuschränken und das System aus Kunden-/Auftraggebersicht konkreter zu spezifizieren (Greybox-Sicht), wurde die Illustration in die folgende UML-konforme Darstellung überführt:

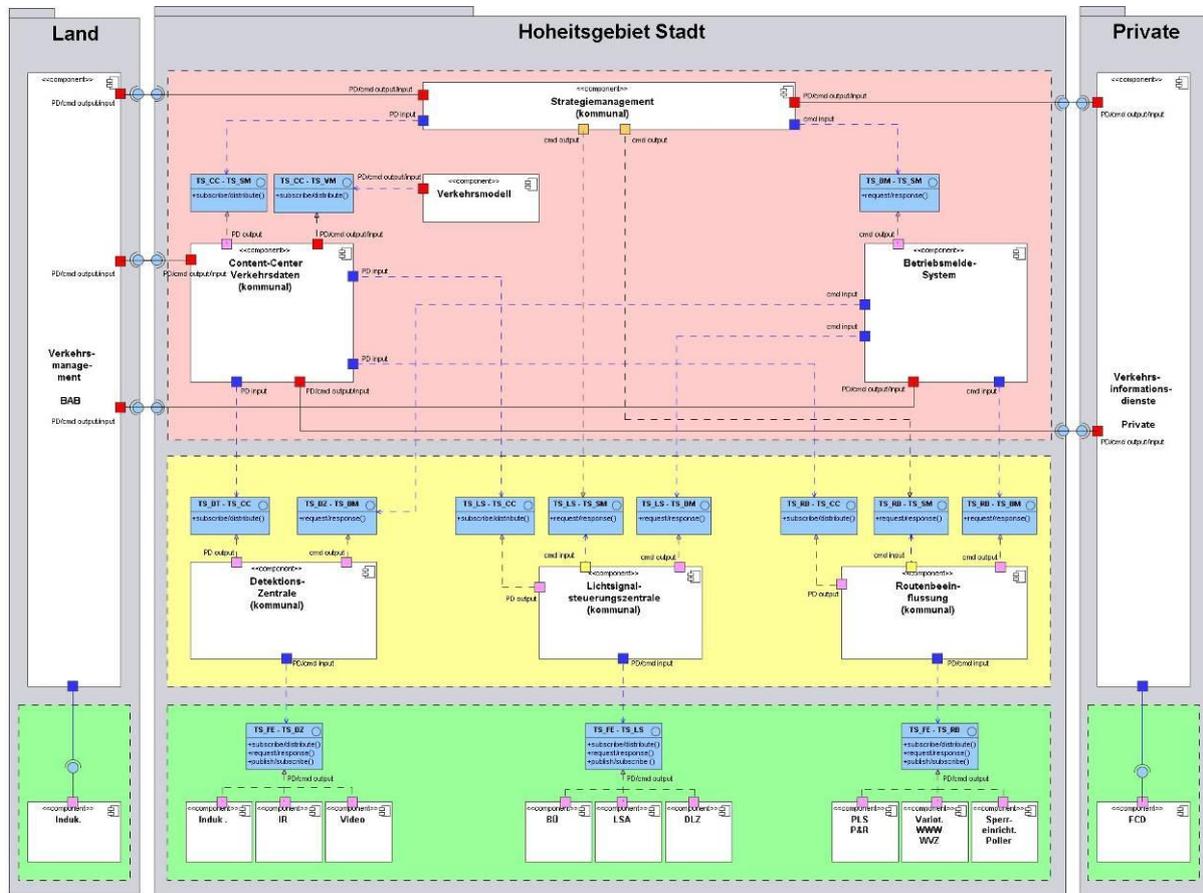


Abbildung 10: UML-konforme Darstellung des Systems Dmotion mit Zuordnung der Schnittstellen

Die einzelnen Hoheitsbereiche Stadt/Land/Private sind als Pakete definiert und umfassen die zugehörigen Teilsysteme des Systems in Form von Komponenten (weiße Kästen). Jedes dieser Teilsysteme ist namentlich benannt (Teilsystem-Namespace) und besitzt einen oder mehrere externe OCIT-Instations PD 1.0 bzw. OTS 1.0 Ports. Mit Hilfe dieser öffentlichen Ports können die Teilsysteme über eine definierte Schnittstelle mit korrespondierenden Teilsystemen kommunizieren.

Die Unterscheidung zwischen Output- und Input-Port liefert Information über das Client-Server Verhältnis:

- ▶ Ein Output-Port ist ein Dienstzugangspunkt einer Komponente, welcher als Bestandteil einer Serverfunktion anderen Dienstzugangspunkten (z.B. Prozessdaten) über die zugehörige Schnittstelle Daten bereitstellt und Befehle übermittelt.
- ▶ Ein Input-Port ist ein Dienstzugangspunkt einer Komponente, welcher als Bestandteil einer Clientfunktion bei anderen Dienstzugangspunkten über die zugehörige Schnittstelle Daten abonniert und Befehle empfängt.

Farblich werden die Ports in der UML-Darstellung wie folgt unterschieden:

- ▶ Violett: OCIT-Instations PD 1.0 Output-Port

- ▶ Blau: OCIT-Instations PD 1.0 Input-Port
- ▶ Rot: OTS 1.0 Output-/Input-Port; wechselseitige „Client-Server“ Rollen
- ▶ Orange: OTS 1.0 Output-Port
- ▶ Gelb: OTS 1.0 Input-Port

Die Schnittstellen werden als Schnittstellenrealisierungsbeziehung bzw. -verwendungsbeziehung dargestellt (blaue Kästen). Sie sind mit einer ID (Schnittstellen-Namespace) versehen, die sich aus den Abkürzungen der Teilsystemnamen ergeben die diese Schnittstelle realisieren bzw. verwenden (z.B. TS_CC – TS_SM; CC = Content-Center Verkehrsdaten kommunal, SM = Strategiemangement kommunal). Die Realisierung einer Schnittstelle wird mit einem geschlossenen violetten Pfeil, die Verwendung einer Schnittstelle mit einem offenen blauen Pfeil visualisiert. In allen realisierten/verwendeten Schnittstellen wird das zu berücksichtigende Protokollmuster (z.B. subscribe/distribute) angegeben.

Die Schnittstellen zwischen den Hoheitsgebieten Stadt/Land und Stadt/Private werden im Gegensatz zu den Schnittstellen innerhalb eines Hoheitsgebiets aus Unterscheidungsgründen als Ball-Notation (Lollipop) dargestellt. Da ein Datenaustausch zwischen den korrespondierenden Hoheitsgebieten auf der Modellebene in beiden Richtungen möglich ist, wird die Kommunikation zwischen den drei Hoheitsgebieten Stadt/Land/Private als Realisierungs- und Verwendungsschnittstellen gekennzeichnet. Protokollmuster werden aus Kunden-/Auftraggebersicht nicht explizit vorgeschrieben.

Die folgende Illustration veranschaulicht die Interpretation des Systems durch den Realisierer. Sie berücksichtigt die Integration des Systems in die bestehende Systemlandschaft der Landeshauptstadt Düsseldorf:

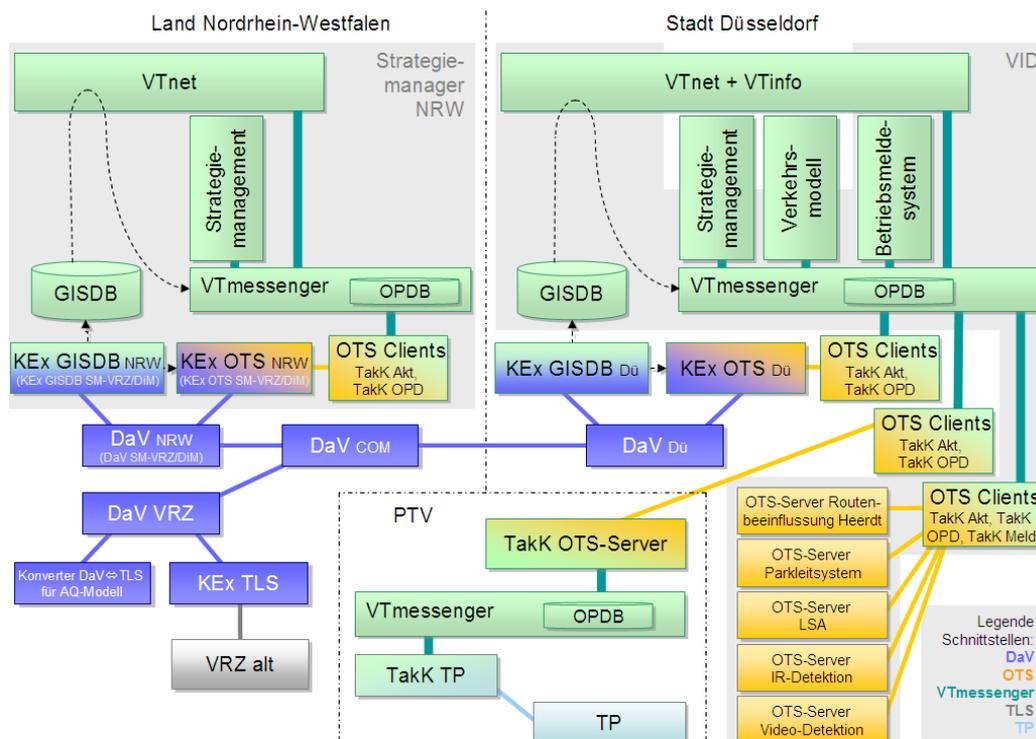


Abbildung 11: Systemüberblick aus Realisierersicht

Die vorangegangene Abbildung zeigt die Hoheitsgebiete Stadt (rechts im Bild), Land (links) und Private (unten). Das System des Landes ist detaillierter dargestellt als in der Systemübersicht. Es wird dort mit dem Projekt Strategiemanager NRW ein System aufgebaut, das viele Komponenten des städtischen Systems spiegelbildlich enthält. Eine Zuordnung der einzelnen Systemkomponenten zu den Teilsystemen aus der Systemübersicht zeigt die folgende Abbildung.

Kern des städtischen Systems (analoges gilt für das System Strategiemanager NRW) ist das Content Center Verkehrsdaten kommunal, welches aus der allgemeinen Bedienoberfläche VTnet, der \Rightarrow Middleware VTmessenger mit zugehöriger Operativer Datenbank (\Rightarrow OPDB) sowie verschiedenen Schnittstellen-Komponenten besteht. Dazu gehören insbesondere die OCIT-I-PD/OTS 1.0-Clients TakK Akt (Taktische Komponente Akteurverwaltung, zuständig für die Weiterleitung und Ausführungsüberwachung von Befehlen über OTS 1.0), TakK OPDB (Taktische Komponente OCIT-I Prozessdaten, zuständig für den Empfang von Prozessdaten aller Art über OCIT-I/OTS 1.0) und TakK Meld (Taktische Komponente Meldungen, zuständig für den Empfang von OTS 1.0 Betriebsmeldungen). Ebenfalls hierher gehört die KEx OTS (OTS 1.0-Server mit Datenverteiler-Connector, zuständig für die Kommunikationsverbindung zwischen einem System mit Datenverteiler (Land) und einem System mit OTS-Clients (VID bzw. Strategiemanager NRW)).

Das Teilsystem Netzversorgung und \Rightarrow GISDB wird über die VTcenter GISDB (mit SDE als Middleware, hier nicht eingezeichnet), die Bedienoberfläche VTnet (diesmal im Versorgungsmodus) sowie über die KEx GISDB (Komponente zur Übertragung von Versorgungsdaten aus dem Datenverteiler in die GISDB) realisiert.

Die weiteren Teilsysteme im Bereich der Stadt entsprechen einzelnen Komponenten oder sind zumindest entsprechend vereinfacht dargestellt.

Bei den Privaten (hier PTV) übernimmt die TakK OTS-Server die Kommunikation zwischen dem dort aufgebauten VTmessenger-System und dem städtischen System mit seinen OTS-Clients. VTmessenger und OPDB bilden wie im städtischen System Middleware und Datenbank. Die TakK TP (Taktische Komponente Traffic Plattform) schließt VTmessenger an die Middleware TP des Privaten Systems an.

Auf Seiten des Landes ist eine Teilmenge der städtischen Komponenten realisiert. Über verschiedenen Datenverteiler-Instanzen wird die Verbindung zum Altsystem, zur Sensorik und Aktorik und zum städtischen System hergestellt.

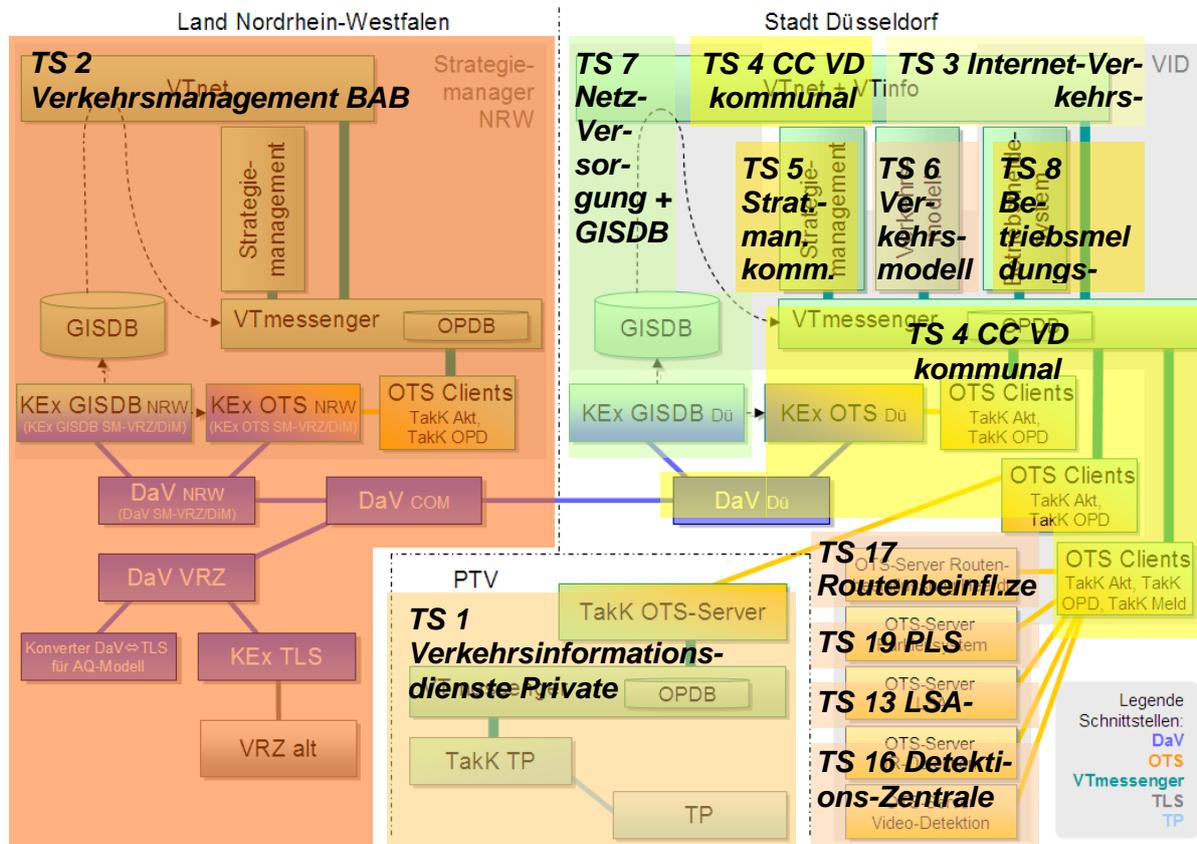


Abbildung 12: Systembild mit Bezug zur DiM Teilsystemmatrix

Für die im OTS-Systemmodell dargestellten Verbindungssymbole werden die aus dem AP130 resultierenden „kunden-/auftraggeberseitigen“ Vorstellungen festgelegt (Schwarztext) und in der folgenden Tabelle aufgeführt. Der Realisierer hatte hier die Möglichkeit, Bemerkungen (Rotttext) zu ergänzen.

Diese sind Grundlage oder Aufforderung zur Interpretation durch den Realisierer. Dieser listet in einer zweiten Tabelle (Rotttext) die zur Abdeckung der Konnektoren erforderlichen Schnittstellentypen auf, auf deren Schnittstellenspezifikation zu referenzieren ist.

Wechselbeziehung		Schnittstellen-Typ	Bemerkung d. Realisierers
Teilsystem 1	Teilsystem 2		
Strategie-management kommunal	Verkehrsmanagement BAB	OTS 1.0	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: DaV COM – DaV Dü – KEx OTS Dü – OTS Clients – VTmessenger – Strategiemanagement)

	Verkehrsinformati- onsdienste Private	OTS 1.0	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: TakK OTS-Server – OTS Clients – VTmessenger – Strategiemanagement)
	Content-Center Verkehrsdaten kommunal	OCIT-Instations PD oder OTS 1.0	VTmessenger (Content Center Verkehrsdaten kommunal)
	Betriebsmelde- System	OCIT-Instations PD	VTmessenger (Content Center Verkehrsdaten kommunal)
	Lichtsignalsteue- rungszentrale kommunal	OTS 1.0	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: OTS-Server LSA – OTS Clients – VTmessenger – Strategiemanagement)
	Routenbeeinflus- sung kommunal	OTS 1.0	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: OTS-Server Routen- beeinflussung Heerdt – OTS Clients – VTmessenger – Strategiemanagement)
Verkehrsmo- delle	Content-Center Verkehrsdaten kommunal	OCIT-Instations PD oder OTS 1.0	VTmessenger (Content Center Verkehrsdaten kommunal)
Content- Center Verkehrsdaten kommunal	Verkehrsmanage- ment BAB	OTS 1.0	OTS 1.0, genauer: DaV COM – DaV Dü – KEx OTS Dü – OTS Clients
	Verkehrsinformati- ons-dienste Private	OTS 1.0	OTS 1.0, genauer: TakK OTS- Server – OTS Clients
	Betriebsmelde- System	OCIT-Instations PD	VTmessenger
	Detektions-Zentrale kommunal	OCIT-Instations PD oder OTS 1.0	OTS 1.0, genauer: OTS-Server IR-Detektion/Video-Detektion – OTS Clients
	Lichtsignalsteue- rungszentrale kommunal	OCIT-Instations PD oder OTS 1.0	OTS 1.0, genauer: OTS-Server LSA – OTS Clients

	Routenbeeinflussung kommunal	OCIT-Instations PD oder OTS 1.0	OTS 1.0, genauer: OTS-Server Routenbeeinflussung Heerdt – OTS Clients
Betriebsmelde-System	Detektions-System kommunal	OCIT-Instations PD	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: OTS-Server IR-Detektion/Video-Detektion – OTS Clients – VTmessenger – Betriebsmelde-System)
	Lichtsignalsteuerungszentrale kommunal	OCIT-Instations PD	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: OTS-Server LSA – OTS Clients – VTmessenger – Betriebsmelde-System)
	Routenbeeinflussung kommunal	OCIT-Instations PD	OTS 1.0 (über Content Center Verkehrsdaten kommunal, genauer: OTS-Server Routenbeeinflussung Heerdt – OTS Clients – VTmessenger – Betriebsmelde-System)

Tabelle 2: Identifikation und Deklaration vorgesehener Schnittstellentypen aus Kunden-/Auftraggebersicht

Typbezeichnung	Kurzbeschreibung	Bemerkung/Referenz
DaV	Datenverteiler-Schnittstelle	<p>Es erfolgt eine Anbindung an eine Instanz des Datenverteilers. Bei den hier betrachteten Schnittstellenkomponenten (KEx) geschieht dies unter Verwendung der zu diesem gehörenden Programm-bibliothek (⇒Java-⇒API der Kernsoftware mit Bibliotheksfunktionen).</p> <p>Dabei werden Richtlinien, Dokumentation und Vorgaben der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes beachtet. Diese sind unter http://zid.almo-traffic.de/ veröffentlicht.</p> <p>Eine detaillierte Spezifikation des Datenaustausches der KEx OTS erfolgt im Papier „DIM_AP120_PH_KEx-OTS+OTS-Server“.</p>

OTS	OTS 1.0-Schnittstelle	<p>Es erfolgt eine Kommunikation gemäß OTS 1.0 Spezifikationen.</p> <p>Dafür gelten die Spezifikationen von OTS 1.0. Diese sind unter http://www.otec-konsortium.de/Download/index.html veröffentlicht.</p> <p>Eine detaillierte Spezifikation des Datenaustausches der KEx OTS und der TakK OTS-Server erfolgt im Papier „DIM_AP120_PH_KEx-OTS+OTS-Server“.</p>
VTmessenger	VTmessenger-Schnittstelle: Anbindung an die Middleware VTmessenger von GEVAS software.	<p>Die Anbindung erfolgt über die Verwendung einer Programmbibliothek (KXW, Kommunikationskomponente ⇒XML-Wrapper), welche die benötigten Funktionen zum Datenaustausch über den VTmessenger (früher: KomK/Kommunikationskomponente) bereitstellt.</p> <p>Diese Schnittstelle bzw. Middleware wurde bereits im System VID implementiert, siehe dazu auch das TP-04_Feinpflichtenheft_01-00-00. Es handelt sich um eine proprietäre Schnittstelle der Firma GEVAS software.</p> <p>Eine detaillierte Spezifikation des Datenaustausches der TakK OTS-Server erfolgt im Papier „DIM_AP120_PH_KEx-OTS+OTS-Server“.</p>
⇒TLS	TLS-Schnittstelle: Kommunikation mit Altgeräten über die TLS-Schnittstelle (Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen).	<p>Die Schnittstelle ist im Dokument „Technische Lieferbedingungen für Streckenstation Ausgabe 2002“ der Bundesanstalt für Straßenwesen (⇒BASt) beschrieben.</p>
TP	TP-Schnittstelle: Anbindung an die Middleware Traffic Plattform von PTV.	<p>Es handelt sich um eine proprietäre Schnittstelle der Firma PTV.</p>

Tabelle 3: Identifikation und Deklaration vorgesehener Schnittstellentypen aus Realisierersicht

Eine detailliertere Spezifikation der Komponenten, die für die Kommunikation zwischen den Teilsystemen

- ▶ Strategiemangement kommunal und Verkehrsmanagement BAB
- ▶ Content-Center Verkehrsdaten kommunal und Verkehrsmanagement BAB

sowie

- ▶ Strategiemangement kommunal und Verkehrsinformationsdienste Private
 - ▶ Content-Center Verkehrsdaten kommunal und Verkehrsinformationsdienste Private
- zuständig sind, enthält die Feinspezifikation „DIM_AP120_PH_KEx-OTS+OTS-Server“.

2.6.3.2 Referenzierte Dokumente

- ▶ OTS-Systemmodell
- ▶ Angewendete O-Modell-Dokumente im AP120
 - DiM_SÜ-SSP
- ▶ Feinspezifikation „DIM_AP120_PH_KEx-OTS+OTS-Server“

2.6.4 AP130 – OTS-Applikations- und Systemarchitektur städtischer Baulastträger

2.6.4.1 Arbeiten und Ergebnisse

Im AP 130 wurden in enger Zusammenarbeit mit dem AP110 im wesentlichen versucht, das Wissen über die derzeit realen Systeme (Hoheitsbereiche Private und Stadt Verkehrssystemmanagement in Düsseldorf ohne strategisches Verkehrsmanagement = ViD oSVM, s. blaue Kreise) zu aggregieren und zu modellieren. Diese Modelle wurden dann in Bezug auf die Systemvision „Hoheitsübergreifender Systemverbund = Verteiltes, herstellergemischtes System“ zum OTS-Systemmodell zusammengefasst.

Allgemeines Systemstrukturierungskonzept

Bezüglich der Semantik der Begriffe „System“, „Teilsystem“ und „verteiltes System“ wurden im Projekt folgende Vereinbarungen getroffen:

Jedes System ist Teilsystem, kann als solches Teil eines übergeordneten Systems interpretiert werden und kann auch selbst Teilsysteme enthalten. Teilsysteme tauschen mit anderen Teilsystemen Nachrichten aus und benötigen dazu Kommunikationsmittel.

Im Verlauf von Analysen muss erkennbar werden, welche der identifizierten Teilsysteme bestehende Realität repräsentiert und welche Teilsysteme Gegenstand von Beschaffung sein sollen.

Wird eine Systemleistung durch einen Verbund von Teilsystemen erbracht, stellt jedes beteiligte Teilsystem Anforderungen an andere Teilsysteme, deren Erfüllung zur Realisierung

des an seiner Schnittstelle initiierten Verhaltens Voraussetzung ist. Sind alle Teilsysteme spezifiziert, muss dann am Ende in einem Iterationsschritt für jedes Teilsystem geprüft werden, welche Anforderungen anderer Teilsysteme es zu erfüllen hat. Sind Teilsysteme bereits bestehende System, dann muss geprüft werden, ob bestehende Teilsysteme den an sie gestellten Anforderungen entsprechen können.

Dieser Prozess ist in folgender Abbildung skizziert:

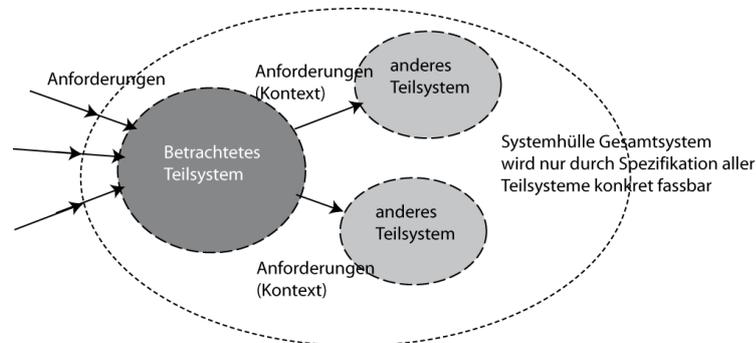


Abbildung 13: Beispiel einer zu spezifizierenden Systemstruktur

Teilsystem als methodisches Element

Der Begriff Teilsystem erweitert das erläuterte Systemverständnis. Der Gedanke, dass Teilsysteme selbst wiederum Teilsysteme enthalten können, heißt Paketierung oder Komposition. Ein Modellelement, welches ein System repräsentiert, und als Teilsystem charakterisiert wird, soll die grundsätzliche Eigenschaft haben, dass es aus Teilsystemen bestehen kann. Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer hierarchischen Komposition eines Systems. Indem grundsätzlich jedes System als Teilsystem modelliert wird, darf es auch als Bestandteil eines übergeordneten, vielleicht bislang noch nicht vorhandenen, Teilsystems verstanden werden.

Damit trägt der Begriff Teilsystem nicht nur die Bedeutung des Begriffes Systems, sondern er vermittelt auch eine grundlegende Strukturierbarkeit eines Systems mit Teilsystemen, was übrigens auch zum Zeitpunkt einer Losbestimmung geschehen muss.

Sollen mehrere Teilsysteme als Paket einem Los zugeordnet werden, dann muss noch darüber befunden werden, ob die „interne“ Kommunikation der Teilsysteme im Los Gegenstand von Spezifikation sein soll oder nicht.

Systemspezifikation und Lose

Eine Beschaffungsmaßnahme, die im Rahmen eines öffentlichen Vergabeverfahrens erfolgt, erfordert die Einhaltung von Regeln und Bedingungen. Diese werden als bekannt vorausgesetzt. Die Leistungsbeschreibung spielt in solchen Verfahren eine wichtige Rolle. Sie beschreibt alle im Rahmen eines Liefergeschäftes zu liefernden Teile und zu erbringenden Leistungen. Es handelt sich hierbei in der Regel um zu liefernde Hardware, zu entwickelnde Software und um Dienstleistungen.

Marktbedingte, terminliche oder andere Gründe können Anlass sein, die Leistungsbeschreibung in Teile zu untergliedern und diese jeweils als eigenes Los oder sogar in separaten

Verfahren zur Ausschreibung zu bringen. Die Granularität der Unterteilung erfolgt nach Gesichtspunkten, die allein der Ausschreibende zu vertreten hat.

Bei einer Aufteilung ist zu beachten, dass damit implizit die Anforderung verbunden ist, dass die von unterschiedlichen Anbietern zu erbringenden Leistungen so zusammengefügt oder kombiniert werden können, dass die Gesamtleistung den Vorstellungen des Ausschreibenden entspricht und auch wirklich in diesem Sinne prüfbar ist. Es kann deshalb erforderlich sein, dass für das Zusammenführen und Prüfen ggf. eine gesonderte Leistung, z.B. Systemintegration ausgeschrieben werden muss.

Systemidentifikation

Die Identifikation und Spezifikation eines Systems (=Teilsystem) beinhaltet die Aufgabe, seine Grenzen zu bestimmen und ihm einen Namen (=Bezeichner) zu geben. Der Name sollte so gewählt werden, dass er wesentliche Bedeutungsinhalte vermittelt (z.B. Parkleitsystem).

Häufig ist man mit der Situation konfrontiert, dass ein zu spezifizierendes System ein bestehendes System ersetzt, erweitert oder verändert. In jedem Falle ist es erforderlich, das zu spezifizierende System so zu identifizieren, dass allen Beteiligten vermittelt werden kann, in welcher Beziehung es zu dem bestehenden System und seiner Umgebung steht.

Dies geschieht in der Regel über die Beschreibung der Wechselbeziehung des zu spezifizierenden Systems mit seiner Umgebung.

Im Rahmen einer Systemidentifikation werden oder können auch Vorstellungen über eine Zergliederung eines Systems in Teilsysteme erfolgen. Wenn man dabei bereits dem Gedanken einer möglichen Losaufteilung folgt, muss auch konsequenterweise beachtet werden, dass das ursprünglich identifizierte System möglicherweise selbst keine ganzheitliche Realisierungsform mehr aufzuweisen braucht. Die Kombination zu realisierender Teilsysteme realisiert dann dieses System. Damit müssen die kommunikativen Beziehungen des ursprünglich identifizierten Systems auf die kommunikativen Beziehungen der Teilsysteme untereinander und der Teilsysteme mit der Systemumgebung abgebildet werden.

Interaktionsmatrix als Hilfsmittel zur Entwicklung einer Systemarchitektur

Um im Rahmen der Spezifikation von Systemen die Interessen, fachlogischen Bedürfnisse und das Wissen verschiedener Anwender zu berücksichtigen und zusammenzuführen, wurde im Forschungsprojekt Dmotion das von der OCA entwickelte Verfahren der Interaktionsmatrix angewendet. Diese stellt einen sich von formalen Zwängen lösenden, fachlogisch motivierten Ansatz zur Identifikation und Differenzierung sog. Anwendungsbereiche und deren Teilsysteme/Komponenten dar. Motiviert ist das Verfahren durch die Zielstellung, auf der einen Seite Herstellermischung zu ermöglichen und auf der anderen Seite durch eine über-geordnete Betrachtung dennoch eine für den Anwender im Rahmen seiner Aufgabe homogene Umgebung in Bezug auf Funktionalität, Datenhaltung, Bedienoberfläche, etc. sicherzustellen.

Die gewählte Matrixform erlaubt es, jeden Anwendungsbereich in Kandidaten von Teilsystemen aufzuteilen und diese in Komponenten zu differenzieren. Unter Nutzung des Matrixfeldes im Schnittpunkt von Zeile und Spalte können anschließend Komponenten durch Festle-

gungen zum Austausch von Informationen und Daten in eine kommunikative Beziehung gesetzt werden.

Mit dem Begriff Teilsystem ist die Vorstellung verbunden, dass dieses einerseits im Anwendungsbereich eine in sich geschlossene Funktionalität abdeckt und andererseits von verschiedenen Herstellern in das geplante Gesamtsystem integriert werden kann (Prinzip der Herstellermischung), sofern es über Standardschnittstellen (z.B. OCIT, OTS) oder offen gelegte, herstellerspezifische bzw. projektspezifische Schnittstellen mit anderen Teilsystemen zu kommunizieren in der Lage ist. Komponenten sind realisierte Bestandteile von Teilsystemen, mit denen der Anwender in der Regel eine spezifische Funktionalität verbindet.

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau der in Dmotion verwendeten Interaktionsmatrix:

von \ nach			Verkehrsmanagement-Ebene									Zentrale Ebene									Feldebene								
			Teilsystem 1			...			Teilsystem n			Teilsystem 1			...			Teilsystem n			Teilsystem 1			...			Teilsystem n		
Anwendungsbereich	Teilsystem	Komponente	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n	Komponente 1	Komponente 2	...	Komponente n			
Zentrale Ebene	Verkehrsmanagement-Ebene	Teilsystem 1	Komponente 1																										
		Teilsystem 1	Komponente 2																										
		Teilsystem 1	...																										
		Teilsystem 1	Komponente n																										
																											
		Teilsystem n	Komponente 1																										
	Leit Ebene	Teilsystem n	Komponente 2																										
		Teilsystem n	...																										
		Teilsystem n	Komponente n																										
																											
		Teilsystem 1	Komponente 1																										
		Teilsystem 1	Komponente 2																										
Feldebene	Teilsystem 1	...																											
	Teilsystem 1	Komponente n																											
																											
	Teilsystem n	Komponente 1																											
	Teilsystem n	Komponente 2																											
	Teilsystem n	...																											

Abbildung 14: Modell der Interaktionsmatrix

Im Forschungsprojekt Dmotion wurden mit Hilfe dieser Matrix Teilsysteme und ihre kommunikativen Beziehungen zueinander identifiziert. Einen Auszug aus dem Arbeitsergebnis (ausgefüllte Matrix), gibt die nachstehende Abbildung wieder:

Teilsystemmatrix		Komponenten einblenden																			
Anwendungsbereich	Teilsystem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hohheitsbereich Private	1 Verkehrsinformationsdienste Private																				
Verkehrsmanagement BAB	2 Verkehrsmanagement BAB	BL AK																			
Verkehrsmanagement	3 Internet-Verkehrslageauskunft																				
	4 Content Center Verkehrsdaten kommunal																				
	5 Strategiemangement kommunal																				
	6 Verkehrsmodell (mit Übergreifend)																				
Meldungs- u. Betriebsmanagem.	7 Netz-Versorgung und GIS-DB																				
	8 Betriebsmeldungs-System																				
Lichtsignalsteuerung-Zentrale	9 Verkehrsingenieurs-Arbeitsplatz																				
	10 System zur Qualitätssicherung																				
	11 Adaptive Netzsteuerung																				
	12 Versorgungsdaten-Server																				
Lichtsignalsteuerung-Feldebene	13 Lichtsignalsteuerungszentrale (kommunal)																				
	14 OCIT-LSA (mit ÖV-FCD)																				
Verkehrsdatenerfassung	15 Alt-LSA																				
	16 Detektions-Zentrale (kommunal)																				
Verkehrslenkung	17 Routenbeeinflussungs-Zentrale (kommunal)																				
Verkehrssteuerung	18 Tunnelsteuerungs-Zentrale (kommunal)																				
Parken	19 Parkleitsystem (kommunal)																				
	20 P&R System (kommunal)																				

Abbildung 15: Interaktionsmatrix im Anwendungsfeld Dmotion

Die Entwicklungsrelevanz der Teilsysteme für das Forschungsprojekt Dmotion mit Ihren kommunikativen Beziehungen wurde durch die farbige Hinterlegung (rot, hellblau, grün usw.) und Beschriftung (DiM= Entwicklung im Projekt Dmotion, ViD= offene oder abgeschlossene Entwicklung im Projekt ViD) der Schnittpunkte von Zeilen und Spalten im Rahmen des Arbeitskomplexes 100 festgelegt.

Diese zu Beginn des Forschungsprojektes in der Systemidentifikationsphase erstellte Interaktionsmatrix war der Ursprung für die Entwicklung des OTS-Systemmodells.

OTS-Systemmodell

Um im konkreten Fall den herstellergemischten Aufbau eines Verkehrssteuerungs- und/oder Verkehrsmanagementsystems und die damit verbundene Interoperabilität zwischen den beteiligten Teilsystemen spezifizieren zu können, bedarf es eines geeigneten Systemmodells, um den Fall einordnen sowie die Spezifikation zielgerichtet durchführen zu können.

Da der Aufbau in der Regel nicht „auf der grünen Wiese“ erfolgen kann, muss das Modell in der Lage sein, einen Verbund von bestehenden Teilsystemen mit neuen Teilsystemen modellieren zu können.

Bestandteil des OTS-Systemmodells sind offene Kommunikationsstandards (OCIT, OTS), die eine Umsetzung der Verbundbildung in einer Art und Weise ermöglichen, dass Öffentliche Auftraggeber die Beschaffung der Teilsysteme u.a. durch Losbildung konform zum öffentlichen Vergaberecht durchführen können.

In der Illustration des OTS-Systemmodells sind zehn Teilsysteme der Leit- und der Verkehrsmanagement-Ebene zu erkennen. Neun wurden im Projekt allgemein spezifiziert und von der OCA bestätigt. Eine Ausnahme bildet die Taxizentrale. Als Beispiel für einen kommunalen ⇒FCD Lieferanten, wurden an sie im Projekt keine allgemeinen Anforderungen formuliert.

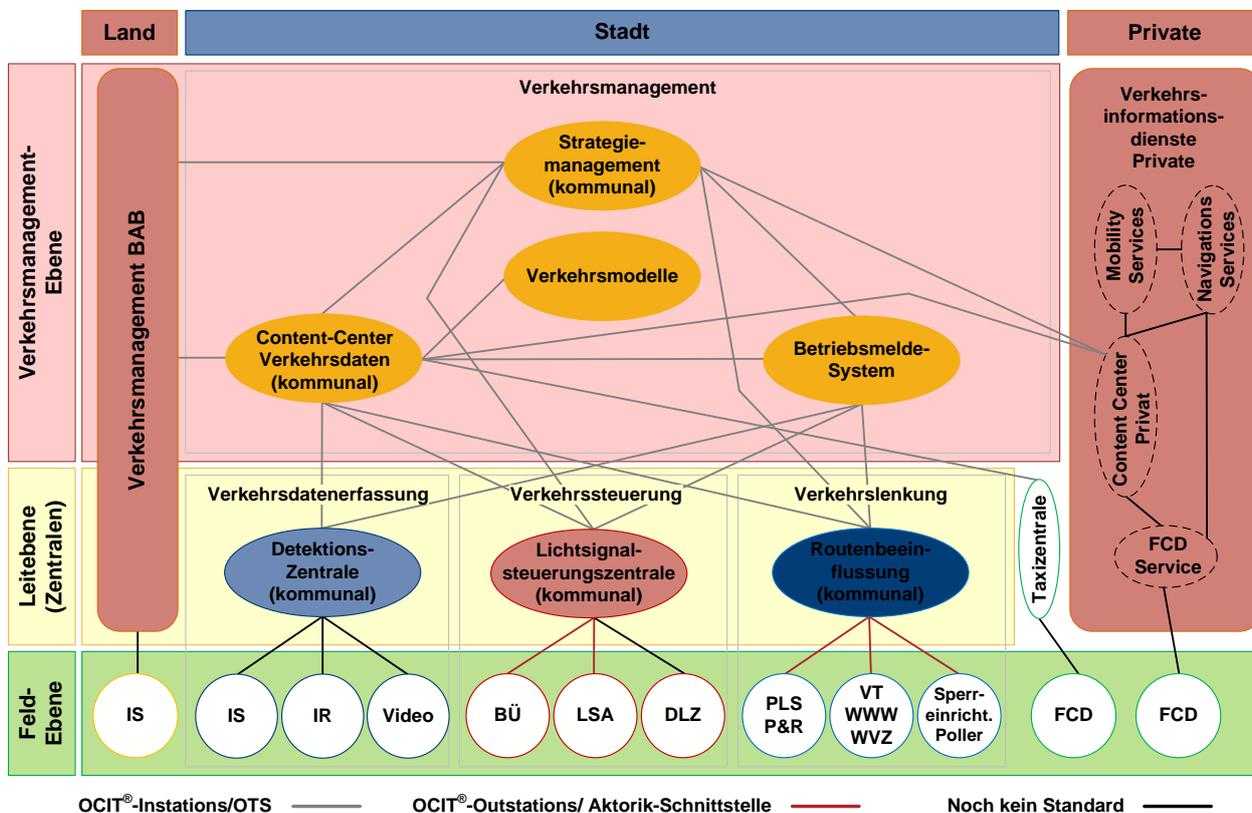


Abbildung 16: OTS-Systemmodell

In der Abbildung sind die nachstehenden neun Teilsysteme der Leit- und der Verkehrsmanagement-Ebene zu erkennen. Die Teilsysteme sind in der Vertikalen den Hoheitsbereichen Land, Stadt und Private zugeordnet und in der Horizontalen nach Verkehrsmanagement-Ebene, Leitebene und Feld-Ebene gegliedert. Die kommunikativen Beziehungen zwischen den Teilsystemen werden durch Linien repräsentiert.

Alle Teilsysteme wurden jeweils nach den Richtlinien des O-Modells in einer Teilsystemspezifikation spezifiziert und bereits hinsichtlich des Qualitätssicherungsprozesses im Projekt auf inhaltlicher und sprachlicher Konsistenz geprüft. Zur Gewährleistung der Übertragbarkeit des Architekturmodells auf andere Regionen wurden die Spezifikationen zusätzlich im OCA-Arbeitskreis Dmotion verifiziert.

Die Teilsystemspezifikationen enthalten jedoch keine vollständige Kundenanforderungsspezifikation, weil der Fokus auf die Kommunikation gerichtet ist. Die sonstigen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen wurden nur soweit skizziert, dass aus der vorliegenden Beschreibung die Bedeutung und die Rolle des Teilsystems im Gesamtsystem erkennbar werden.

Mit der folgenden Auflistung wird verdeutlicht, welche Rolle das jeweilige Teilsystem im Gesamtsystem einnimmt:

► **Verkehrsinformationdienste Private:**

Innerhalb dieses Teilsystems wird der Kernfunktionalität Content Center Private eine zentrale Bedeutung zugeteilt. Stellvertretend für das Teilsystem nimmt sie zwei Rollen ein:

- Im Kontext des privaten Hoheitsbereichs ist sie zentrale Instanz für die Sammlung und Integration von Verkehrsdaten und -Informationen und Lieferant für andere Teilsysteme des Hoheitsbereichs Privat.
- Im Kontext eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Daten- und Informationsverbundes ist sie Bindeglied zu außer-privatwirtschaftlichen Content Centern zum Zwecke des hoheitsübergreifenden Verkehrsdaten- und Informationsaustauschs.

► **Verkehrsmanagement BAB:**

- Im Kontext der Landesebene übernimmt es die Umsetzung einer Alternativroutensteuerung.
- Im Kontext eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Daten- und Informationsverbundes ist es Bindeglied zu Teilsystemen anderer Baulastträger.

► **Strategiemanagement kommunal:**

- Im Kontext der kommunalen Ebene übernimmt es die Umsetzung einer Alternativroutensteuerung.
- Im Kontext eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Daten- und Informationsverbundes ist es ein Bindeglied zu Teilsystemen anderer Baulastträger.

► **Verkehrsmodelle:**

Das Teilsystem Verkehrsmodelle ist im Kontext des kommunalen Verkehrsmanagement für die Weiterverarbeitung der zur Verfügung stehenden Rohdaten aus dem Content-Center zuständig. Diese Daten dienen als Input für die Verkehrsmodellierung zur Ermittlung von \Rightarrow LOS („Level Of Service“), Verkehrsstärke, Reisezeit, Wartezeit, Geschwindigkeit. Im Teilsystem werden Zwischen- und Endergebnisse als Output des Verkehrsmodells im Content-Center abgelegt und so anderen Teilsystemen zugänglich gemacht. Als weiterer Input-Lieferant für das Verkehrsmodell ist das Betriebsmeldesystem zuständig. Dieses liefert aktuelle Betriebszustände für das Verkehrsmodell, damit etwaige Störungen aus den unteren Ebenen auch im Verkehrsmodell berücksichtigt werden können.

► **Content-Center Verkehrsdaten kommunal:**

- Im Kontext des kommunalen Verkehrsmanagements ist es als Stellvertreter für die Datenerfassungssysteme der Leit- und Feldebene zentraler Verkehrsdaten- und Informationslieferant für andere Teilsysteme des Anwendungsbereichs Verkehrsmanagement.
- Im Kontext eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Daten- und Informationsverbundes ist es Bindeglied zu anderen außerkommunalen Content-Centern Verkehrsdaten zum Zwecke des hoheitsübergreifenden Verkehrsdaten- und Informationsaustauschs.

► **Betriebsmelde-System:**

- Im Kontext eines kommunalen Verkehrsmanagements ist es Stellvertreter der übrigen Betriebsmelde-Systeme der Feld-, Leit- und Verkehrsmanagementebene

- Im Kontext eines baulasträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Daten- und Informationsverbunds ist es Bindeglied zu anderen außer-kommunalen Betriebsmelde-Systemen zum Zwecke des hoheitsübergreifenden Austausch von Meldungen und Betriebszuständen.
- **Detektions-Zentrale kommunal:**
- Im Kontext des Hoheitsbereichs Stadt ist die Detektions-Zentrale kommunal das für den Anschluss und Betrieb autarker, LSA-unabhängiger Detektoren verantwortliche Teilsystem der Leitebene. Verbunden damit hat sie die Aufgabe, die aktuell auf der Feldebene erfassten Verkehrsdaten und Videobilder sowie Meldungen und Betriebszustände der angeschlossenen Detektionssysteme zusammenzuführen, zu speichern, zu archivieren, zu visualisieren und an die übergeordneten Teilsysteme des Verkehrsmanagements (Content-Center Verkehrsdaten kommunal, Betriebsmelde-System) weiterzuleiten.
- **Lichtsignalsteuerungszentrale kommunal:**
- Im Kontext des Anwendungsbereichs Lichtsignalsteuerung ist sie als Stellvertreter der Feldebene vor allem verantwortlich für den zentralen Betrieb und die zentrale Überwachung der angeschlossenen Lichtsignalanlagen und für die Konzentration der von der Feldebene gelieferten Verkehrsdaten, Meldungen und Betriebszustände.
 - Im Kontext eines kommunalen und baulasträgerübergreifenden Verkehrsmanagements stellt sie Dienste für die Bestellung und Lieferung von Verkehrsdaten, Meldungen und Betriebszuständen der angeschlossenen Lichtsignalanlagen und für die Entgegennahme und Umsetzung von Schaltwünschen für angeschlossene Lichtsignalanlagen zur Verfügung.
- **Routenbeeinflussung kommunal:**
- Sie realisiert die Anforderungen an den Anwendungsbereich Verkehrslenkung kommunal für verschiedene Verkehrsbeeinflussungsverfahren und ist als Stellvertreter der Feldebene vor allem verantwortlich für den Betrieb der angeschlossenen Aktorik und Sensorik und für die Kommunikationen der Leitebene mit diesen Teilsystemen. Als Bestandteil eines Verkehrsmanagements ist sie in der Lage, die Schaltanforderungen des Teilsystems Strategiemangement entgegenzunehmen und umzusetzen. Die Kommunikation mit der Feldebene und damit der Austausch der erforderlichen Daten erfolgt derzeit über proprietäre Schnittstellen. Ein Entwurf für die Standardisierung dieser Schnittstellen liegt vor.

Das in Dmotion identifizierte Gesamtsystem (Systemverbund zwischen den Systemen der Hoheitsbereiche Stadt, Land und Private) hat keinen Namen erhalten. Dies hat seine Ursache darin, dass die Rolle der Privaten nur Nutzer einer Leistung sind, welche allein durch die Zusammenarbeit von Stadt und Land erbracht wird. In diesem Bild sind mehrere Systeme gleichzeitig repräsentiert. Man tut sich deshalb schwer, der Gesamtdarstellung einen Namen zu geben. Als OTS-Systemmodell stellt es einen weitreichenden funktionalen Verbund von OTS-Teilsystemen (Systemlandschaft) dar. Bei der Spezifikation jedes der abgebildeten Teilsysteme wurde darauf geachtet, deren Wechselbeziehungen genau zu beschreiben.

Zusammen mit dem OTS-Leitfaden werden die Teilsystemspezifikationen, eine im OCA Arbeitskreis Dmotion erarbeitete Stakeholderdeklaration sowie allgemeine Ziele und Wünsche der Stakeholder und Benutzer der Teilsysteme interessierten Baulasträgern und Betreibern über die OCA zur Verfügung gestellt.

Kommunikation zwischen den Teilsystemen auf Basis von OCIT/OTS

Die Forderung nach offenen, standardisierten Schnittstellen, die über die Grenzen der Lichtsignalsteuerung hinaus auch in der Lage sind, andere Teilsysteme im Verkehrsbereich und dort insbesondere im Verkehrsmanagement miteinander zu verbinden, wurde von der OCA (Open Traffic Systems City Association) erstmalig auf der Sitzung des OCIT-Steuerungsremiums 2005 in Lausanne eingebracht. Als Platzhalter für diese gegenüber dem OCIT-Instations Standard umfassendere Schnittstellenspezifikation wählte die OCA den Begriff OTS. Die folgende Abbildung soll die damalige Vision der OCA verdeutlichen.

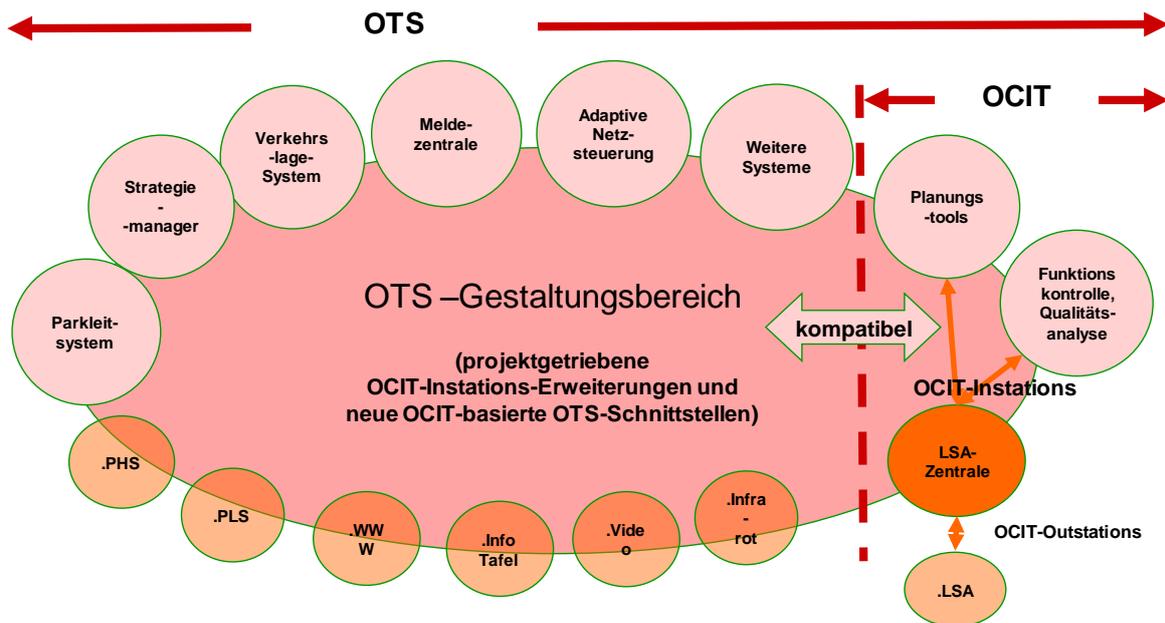


Abbildung 17: OTS-Vision (Lausanne 2005)

Die Abbildung zeigt, dass es nicht die Absicht war, mit OTS eine gegensätzliche Position zu OCIT aufzubauen, sondern vielmehr OCIT zum integralen Bestandteil von OTS zu machen. Aus dieser Interessenlage hat sich die OCA am Forschungsprojekt Dmotion beteiligt, um - unter der Vorgabe der Integration von OCIT - Anforderungen an eine solche Schnittstelle erstmals umfassend zu untersuchen und um darüber den Begriff OTS zu konkretisieren.

Letztendlich konnte im Projekt Dmotion ein schlüssiges Konzept für OTS begründet werden, dass auf den Ergebnissen des OCIT-Prozesses aufsetzt, inhaltlich aber weit mehr als eine reine Schnittstellenspezifikation darstellt. Dieses Konzept bestimmt den OCA-Leitfaden (AP 670) inhaltlich maßgeblich und stellt dar, was OTS bedeutet und welche qualitativen Anforderungen an die Spezifikation von Systemen für das Verkehrsmanagement sowie deren Prüfung z.B. im Rahmen von Beschaffungsprozessen zu stellen sind.

Die Untersuchungen zu OTS haben sich am im Rahmen des AK 100 entwickelten Dmotion-Systemmodell orientiert, für den besonderen Aspekt Kommunikation an den dort angesiedelten kommunikativen Beziehungen zwischen den in Dmotion identifizierten und den das Dmotion-System bildenden Teilsystemen.

In Bezug auf Schnittstellen sieht das OTS-Konzept eine Migration von OCIT nach OTS vor. OCIT wird also nicht ersetzt, sondern in einem geregelten Prozess erfolgt der Übergang von OCIT nach OTS. Diese Migration wird in zwei Schritten vollzogen:

- ▶ Schritt 1: von OCIT-Instations nach OTS 1.0 und nachfolgend
- ▶ Schritt 2: von OTS 1.0 nach OTS 2.

OTS 1.0 – Abgrenzung zu OCIT-Instations 1.0

Es war zunächst das Ziel, OCIT-Instations PD 1.0 so zu erweitern, dass die vollständige, im Projekt Dmotion erforderliche funktionale Abdeckung für den Betrieb eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Informations- und Strategieverbundes ermöglicht wird. Die dazu notwendigen Erweiterungen von OCIT-Instations PD 1.0 (grün dargestellt) zu OTS 1.0 zeigt in vereinfachter Form die nachstehende Abbildung:

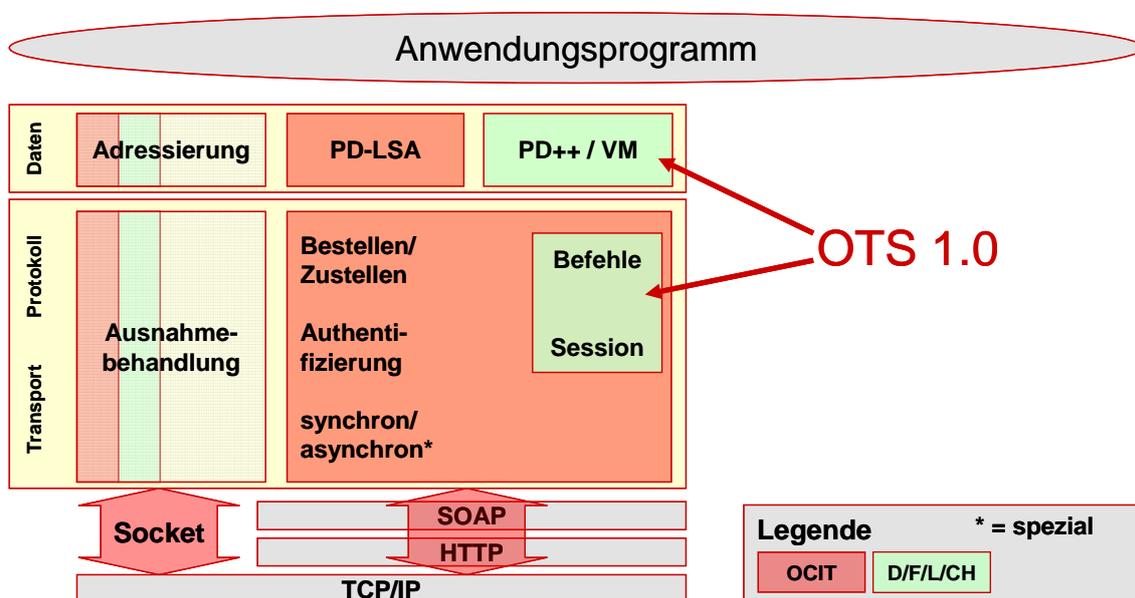


Abbildung 18: OTS 1.0 als Erweiterung von OCIT-Instations 1.0

Im Gegensatz zu OCIT-Instations PD 1.0, das auf den Anwendungsbereich der Lichtsignalsteuerung begrenzt ist, ist OTS 1.0 in der Lage, alle verkehrsmanagementrelevanten Prozessdaten und Befehle zur Schaltung von Aktorik in der Feldebene zu kommunizieren. Darüber hinaus ist es multicient- und multisessionfähig – eine Voraussetzung für Verbundsysteme.

Die OCIT-Instations Spezifikation ist ein Ergebnis der OCIT-Gruppe. Sie umfasst folgende Dokumente:

- ▶ OCIT-I KD Konfigurationsdokument - Versionsübersicht
- ▶ OCIT-I RM Referenzmodell
- ▶ OCIT-I SM Systemmodell
- ▶ OCIT-I VD-DM-LSA: Versorgungsdaten - Datenmodelle und Objekte - Lichtsignalanlagen

- ▶ OCIT-I VD-SP: Versorgungsdaten - Schnittstellen und Protokolle
- ▶ OCIT-I PD-DM: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte
- ▶ OCIT-I PD-DM-LSA: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte - Lichtsignalanlagen
- ▶ OCIT-I PD-SP: Prozessdaten - Schnittstellen und Protokolle

Die ergänzenden Dokumente zum OCIT-Instations Standard sind ein Standard der OCA/⇒OTEC und gewährleisten die funktionale Abdeckung, die für den Betrieb eines baulastträger- und privatwirtschaftsübergreifenden Informations- und Strategieverbundes notwendig ist. Gemäß Vereinbarung zwischen OCA und OTEC werden die OCIT-Instations Dokumente und die ergänzenden Dokumente zum OCIT-Instations Standard als Gesamtspezifikation unter dem Begriff OTS 1.0 zusammengefasst.

- ▶ OCIT-I PD-DM-VM: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte - Verkehrsmanagement
- ▶ OCIT-I PD-SP++: Prozessdaten - Schnittstellen und Protokolle

Aufgrund der reinen funktionalen Erweiterung ist OTS 1.0 abwärts kompatibel zu OCIT-Instations.

Neben dieser funktionalen Erweiterung wurden im Projekt aber noch weitergehende Forderungen formuliert, die mit OTS 1.0 nicht realisiert werden können und welche die Entwicklung des OTS 2 Standards motivieren. Diese Anforderungen sind i.W.:

- ▶ flexible Anpassbarkeit an den veränderten Kommunikationsbedarf im Hinblick auf Quantität und Qualität
- ▶ einheitliche und durchgängige Anwendung eines Strukturierungskonzeptes für Kommunikationssoftware
- ▶ Beachtung von Einflüssen auf die Kommunikation aufgrund limitierender Ressourcen

OTS 2

Die OTS 2-Schnittstellenspezifikation unterstützt die Realisierung herstellergemischter Systeme, indem sie eine offene, erweiterbare Spezifikation für die Realisierung der kommunikativen Beziehungen zwischen den beteiligten Teilsystemen anbietet.

Zusätzlich zur OTS 1.0-Schnittstellenspezifikation wurde ein einheitliches und durchgängiges Strukturierungskonzept für Kommunikationssoftware etabliert, welches die Vision eines OTS 2-Baukastenprinzips unterstützt. Das Baukastenprinzip ermöglicht eine anforderungs- und standardgerechte Erweiterung der Schnittstelle mittels Bausteinen, da der Standard selbst Referenzmodelle für die Realisierung von Erweiterungen enthalten wird.

Den Unterschied zwischen OCIT-Instations/ OTS 1.0 und OTS 2 verdeutlicht vereinfacht die folgende Grafik:

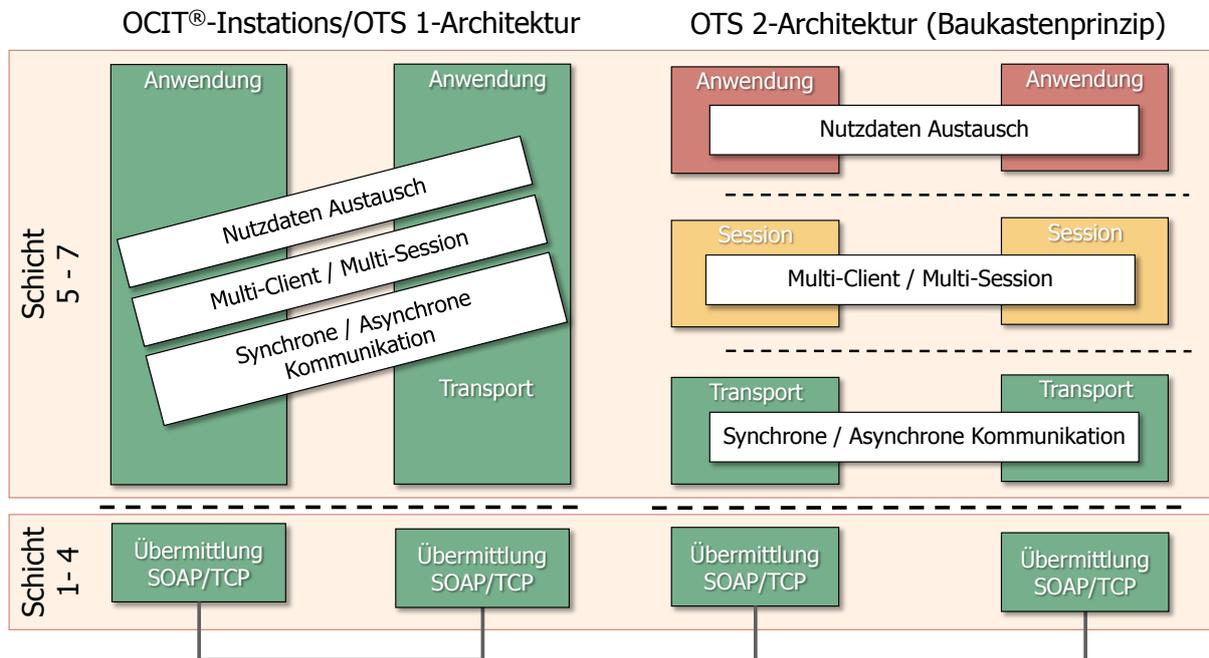


Abbildung 19: Vergleich zwischen OCIT-Instations/ OTS 1.0 und OTS 2

Zur Realisierung des Baukastenprinzips, muss das noch von OCIT stammende monolithische Konzept des Protokollstapels (hier Schicht 5-7) aufgebrochen werden und durch ein Schichtenmodell (vgl. ISO/OSI-Schichtenmodell) mit folgenden getrennt behandelbaren Schichten ersetzt werden:

- ▶ **Übermittlungs-Schicht**
standardisiertes Netzwerkprotokoll, hier ⇒SOAP und Socket-Verbindungen auf ⇒TCP-Basis
- ▶ **Transport-Schicht**
Datenübertragung, Abstraktion der Übermittlungs-Schicht
- ▶ **Session-Schicht**
Sitzungsverwaltung, ggf. erweitert um Codierung
- ▶ **Aktivitäts-Schicht**
anwendungsbezogene Protokolle die typische Kommunikationsmuster der Anwendungsschicht unterstützen
- ▶ **Daten-/Adressierungs-Schicht**
Datenarten und Objektadressierung, betrifft die Inhalte der von den Aktivitäten der Aktivitäts-Schicht ausgetauschte Datenpakete; übernommen von OCIT-Instations PD
- ▶ **Anwendungs-Schicht**
nicht standardisiert, wird aber als Anwender der Aktivitäts-Schicht und der Daten-/ Adressierungs-Schicht betrachtet

Die Schichtentrennung, die Kapselung von Daten und in Bausteine verpackte Funktionen stellen die Wiederverwendung der Schnittstelle sicher und erlauben eine größere Flexibilität

bei der horizontalen Erweiterung der Schichten durch weitere Bausteine. Verglichen mit dem OTS 1.0 Standard, bei dem jede Erweiterung/Änderung des OTS 1.0-Standards zu einer neuen Schnittstellen-Variante führt, wird mit OTS 2 ein Baukastenprinzip verwirklicht, welches anforderungsgerecht und flexibel an verschiedene Kommunikationsbedürfnisse angepasst werden kann, ohne den Standard zu verletzen.

Das folgende Modell bildet das OTS 2- Architekturkonzept ab:

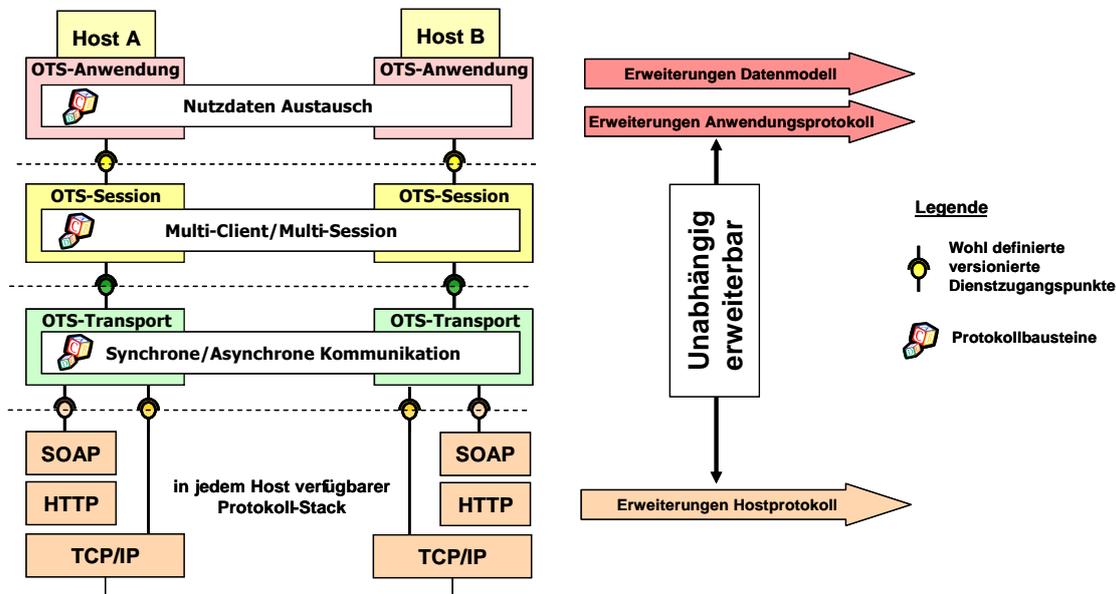


Abbildung 20: OTS 2- Architekturkonzept

Die Vorteile des OTS 2- Architekturkonzepts sind u.a.:

- ▶ Verringerter Spezifikationsumfang durch geregelte Wiederverwendbarkeit (bestehende Bausteine)
- ▶ Flexible Adaptierbarkeit im Rahmen des Regelwerkes des Standards (mit neuen und bestehenden Bausteinen)
- ▶ Erleichterung herstellernerneutraler Erweiterbarkeit des Standards durch Integration neuer Bausteine
- ▶ Klare Bedingungen für Testbarkeit / Zertifizierbarkeit durch die Etablierung von Referenzmodellen für Erweiterungen im Standard

Die strikte Schichtentrennung und das Baukastenprinzip des OTS 2 Standards bewirkt aufgrund der geordneten Umgestaltungen des Schichtenmodells eine Inkompatibilität der Schnittstelle zu OTS 1.0 und OCIT-Instations PD/VD 1.0.

Da jedoch die Datenmodelle und die Funktionalitäten im Vergleich zu OTS 1.0 nicht verändert werden, ist eine Koexistenz beider innerhalb einer Systemarchitektur (z.B. in einem Verkehrsmanagementsystem) möglich.

Während des Forschungsprojektes wurde die prototypische Implementierung auf der Basis von OTS 2 weiterentwickelt. Sie umfasst, wie das OTS 2- Architekturkonzept veranschaulicht, die OTS-Transport und die OTS-Session Schicht. Der Prototyp beherrscht sowohl die Protokollbindung an TCP/IP als auch an SOAP. Eine Multi-Transport Erweiterung ermög-

licht einen dynamischen Wechsel zwischen diesen Protokollbindungen innerhalb einer laufenden Sitzung. Die im Forschungsprojekt entwickelten Konzepte für OTS 2 wurden dadurch validiert.

Die aus der prototypischen Entwicklung gewonnenen Erkenntnisse wurden in einer OTS 2 Spezifikation dokumentiert. Sie umfasst

- ▶ die Spezifikation der OTS-Transport Schicht
- ▶ einen Anhang von Mitschnitten des Nachrichtenaustausch zwischen OTS Kommunikationspartnern
- ▶ die Spezifikation der OTS-Session Schicht
- ▶ die Spezifikation der Multi-Transport Erweiterung.

Des Weiteren wurde eine Demonstrationsanwendung auf der Basis des OTS 2 Prototypen entwickelt, die die Funktionalität von OTS 2 visualisiert und Ende Januar im AK100 vorgestellt wird.

2.6.4.2 Referenzierte Dokumente

- ▶ OCIT Instations Spezifikationen; Quelle www.otec-konsortium.de
 - OCIT-I KD Konfigurationsdokument - Versionsübersicht
 - OCIT-I RM Referenzmodell
 - OCIT-I SM Systemmodell
 - OCIT-I VD-DM-LSA: Versorgungsdaten - Datenmodelle und Objekte - Lichtsignalanlagen
 - OCIT-I VD-SP: Versorgungsdaten - Schnittstellen und Protokolle
 - OCIT-I PD-DM: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte
 - OCIT-I PD-DM-LSA: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte - Lichtsignalanlagen
 - OCIT-I PD-SP: Prozessdaten - Schnittstellen und Protokolle
- ▶ Spezifikationen OTS 1; Quelle www.otec-konsortium.de
 - OCIT-I PD-DM-VM: Prozessdaten - Datenmodelle und Objekte - Verkehrsmanagement
 - OCIT-I PD-SP++: Prozessdaten - Schnittstellen und Protokolle
- ▶ Spezifikation OTS 2
 - OTS 2 SP: OTS 2 Schnittstellen und Protokolle (Stand zum Projektende Version 01-00-00)
Voraussichtlich wird die im Projekt „OTS 2“ vollständig erarbeitete OTS 2 Schnittstellenspezifikation als DIN SPEC (PAS) 1213 ab Oktober 2010 im Beuth-Verlag verfügbar sein
- ▶ Angewendete O-Modell-Dokumente im AP130
 - DiM_Interaktionsmatrix

- DiM_TSP_kurz_Betriebsmelde-System
 - DiM_TSP_kurz_Content-Center_Verkehrsdaten_kommunal
 - DiM_TSP_kurz_Detektions-Zentrale kommunal
 - DiM_TSP_kurz_Lichtsignalsteuerungszentrale
 - DiM_TSP_kurz_Routenbeeinflussung_kommunal
 - DiM_TSP_lang_Strategiemanagement_kommunal
 - DiM_TSP_lang_VerkehrsinformationsdienstePrivate
 - DiM_TSP_lang_Verkehrsmanagement_BAB
 - DIM_TSP_lang_Verkehrsmodelle
 - DiM_Glossar
- Angewendete O-Modell-Dokumente im projektbegleitenden OCA-AK Dmotion
- DiM_Stakeholderdokument
 - OCA-AK-Dmotion_SHB_Ziele_Wünsche

2.6.5 AP140 – Qualitätssicherung und Tests, Entwicklung von Testtools

2.6.5.1 Arbeiten und Ergebnisse

Test der OTS 1.0-Schnittstellen

Im Forschungsprojekt sollten die OTS 1.0-Schnittstellen zwischen den Baulasträgern Stadt und Land sowie Stadt und Privat noch vor den entsprechenden Felduntersuchungen getestet werden.

Der Fokus der Schnittstellentests lag auf der Prüfung des standardkonformen Verhaltens gemäß der im Forschungsprojekt Dmotion erstellten Schnittstellenspezifikation. Diese setzt auf dem OCIT-Standard auf und beinhaltet die in Dmotion definierten Erweiterungen zu OTS 1.0.

Zur Durchführung der Tests wurde im Vorfeld ein Testkonzept abgestimmt, dass die Stimulierbarkeit und Beobachtbarkeit der Kommunikation auf den OTS 1.0 Schnittstellen sicherstellt.

Die Stimulierbarkeit – in den folgenden Grafiken mit dem Symbol „Hand“ dargestellt – wird benötigt, um gezielt für die durchzuführenden Tests die erforderliche Stimulation des Systems durchführen zu können. Die Stimulation muss effektiv erfolgen können, um die zu erzeugenden Testabläufe und Testergebnisse einfach und schnell erzeugen zu können. Des Weiteren muss sie reproduzierbar sein, um im Fehlerfall den Test wiederholen zu können (hieraus ergibt sich die Forderung, dass die Einzeltests so weit wie möglich unabhängig sein sollten).

Um einen Soll-Ist-Vergleich durchführen zu können, muss das Systemverhalten bezogen auf den Einzeltest beobachtet werden können (in den weiteren Illustrationen ist das Symbol

„Auge“ ein Äquivalent für die Beobachtbarkeit). Die Beobachtung sollte möglichst direkt die Ergebnisse des zu testenden Testfalls wiedergeben. Indirekte Beobachtungen sind u.U. fehlerbehaftet und der Aufwand für die Interpretation steigt. Die zu beobachtende Information sollte zumal in einer Form dargestellt werden, die eine fehlerfreie Beurteilung ermöglicht (Klartext). Eine anwendungsgestützte Prüfung der Beobachtungsergebnisse wäre optimal.

Die folgende Abbildung zeigt die beiden zu testenden OTS 1.0-Schnittstellen und die zugehörigen Komponenten:

- ▶ Rot mit schwarzem Rand (Schnittstelle zwischen Stadt und Land)
- ▶ Grün mit schwarzem Rand (Schnittstelle zwischen Stadt und Privat)

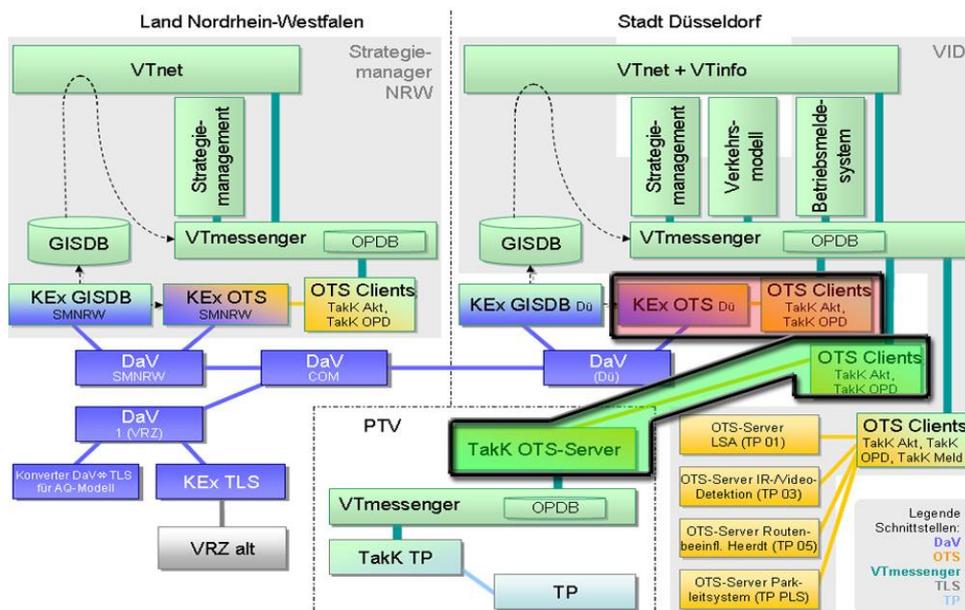


Abbildung 21: OTS 1.0 Schnittstellen in der Dmotion Realisierung

Das Testkonzept sah vor, dass je OTS-Schnittstelle zwei Testblöcke durchlaufen werden, die im Folgenden beschrieben werden.

Im Testblock A wurden Detailtests durchgeführt, die eine Fehlersimulation einschließen, soweit dies die Testumgebung unterstützt. Es wurden alle verwendeten Protokollfunktionen, Aktivitäten und alle Datenarten überprüft, die während der Kommunikation transportiert werden. Dazu war es notwendig, die Komponenten zu kapseln und losgelöst vom „Restsystem“ zu testen.

Die Kapselung ist Grundvoraussetzung für den Ausschluss von Komponenten, die den Testablauf stören, verfälschen oder die Stimulation und Beobachtung erschweren könnten. Dies veranschaulicht die folgende Grafik am Beispiel der Schnittstelle zwischen den Hoheitsbereichen Stadt und Land:

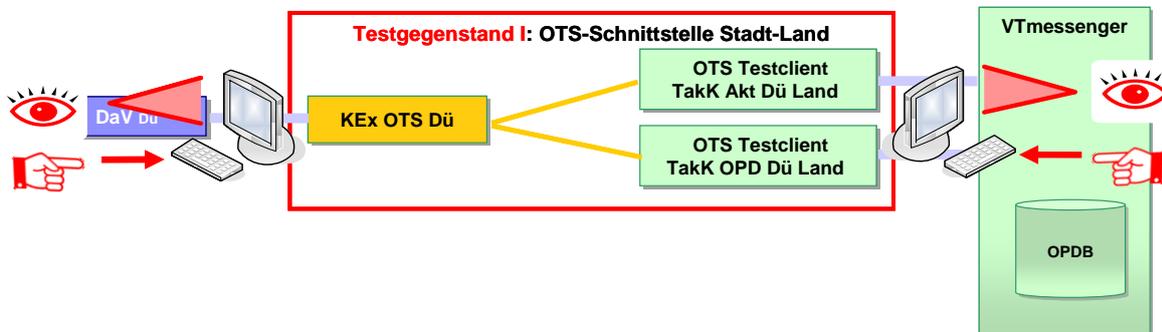


Abbildung 22: Testblock A zur OTS 1.0-Schnittstelle Stadt-Land

Der Testblock A konzentrierte sich somit auf die elementaren Dienste der Schnittstelle insbesondere auf die Übermittlung einzelner Datensätze, wobei die korrekte Übertragung (Inhalte und Zuordnung der Datenfelder) und die Einhaltung des OTS-Protokolls (Snippets, Commands) überprüft wurden. Zusätzlich wurden Verbindungsaufbau und -abbau im OTS-Protokoll (getContentInfo, =>SessionUnits, Bestellung, Abbestellung) inklusive zeitlichem Verhalten und das Verhalten bei Verbindungsabbruch und evtl. weiteren Fehlermöglichkeiten analysiert. Ein Beispiel aus dem Testblock A zeigt die nachstehende Tabelle; getestet wurde in diesem Beispiel die Schnittstelle Stadt-Land:

Nr.	Testschritt	Wert / Testziel	Prüfergebnis		nicht geprüft / nicht relevant
					Bemerkung / Testergebnis
DaV → OTS					
A01	getContentInfo (Client)	Initialisierung, Frage nach den Fähigkeiten des Servers			
A01-1	Message-Format	Prüfung gegen OCIT-I_SP-PD_SOAP.xsd	✓		
A02	getContentInfoResponse (Server)	Mitteilung der Server-Fähigkeiten (Beispiele: Unterstützung von Units, SOAP, Befehle, Objekte, Socket, ...)			
A02-1	Message-Format	Prüfung gegen OCIT-I_SP-PD_SOAP.xsd	✓		Die Nachricht wird vom Client nicht inhaltlich ausgewertet, d.h. die Nachricht wird nur aus formalen Gründen übertragen. Dies ist jedoch nicht als Fehlverhalten zu werten.
A03	SessionUnitsFrage (Client)	Frage nach vom Server unterstützten Units (Bsp: Fahrstreifen, Detektoren, ...)			inquireAll
A03-1	Message-Format	Pr. SessionUnitsFrage.xml gegen OCIT-I_SP-PD_SOAP.xsd	✓		
A04	SessionUnits (Server)	Meldung der vom OTS-Server unterstützten Units			inquireAllResponse

Nr.	Testschritt	Wert / Testziel	Prüfergebnis	
			Prüfung	Bemerkung / Testergebnis
A04-1	Message-Format	Prüfung <code>SessionUnits.xml</code> gegen <code>OCIT-I_SP-PD_SOAP.xsd</code>	<input checked="" type="checkbox"/>	nicht geprüft / nicht relevant

Tabelle 4: Beispiel aus dem Testblock A

Im Testblock B wurden die Schnittstellenkomponenten im Produktivsystem (reales System) stichprobenartig getestet, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse aus Testblock A übertragbar sind. Dies ist erforderlich, da in Testblock A für den Test modifizierte Schnittstellenkomponenten eingesetzt wurden. Die nachstehende Illustration gibt ein Beispiel für die Testkonstellation, wie sie im Testblock B auf der Schnittstelle zwischen Stadt und Land konzipiert wurde.

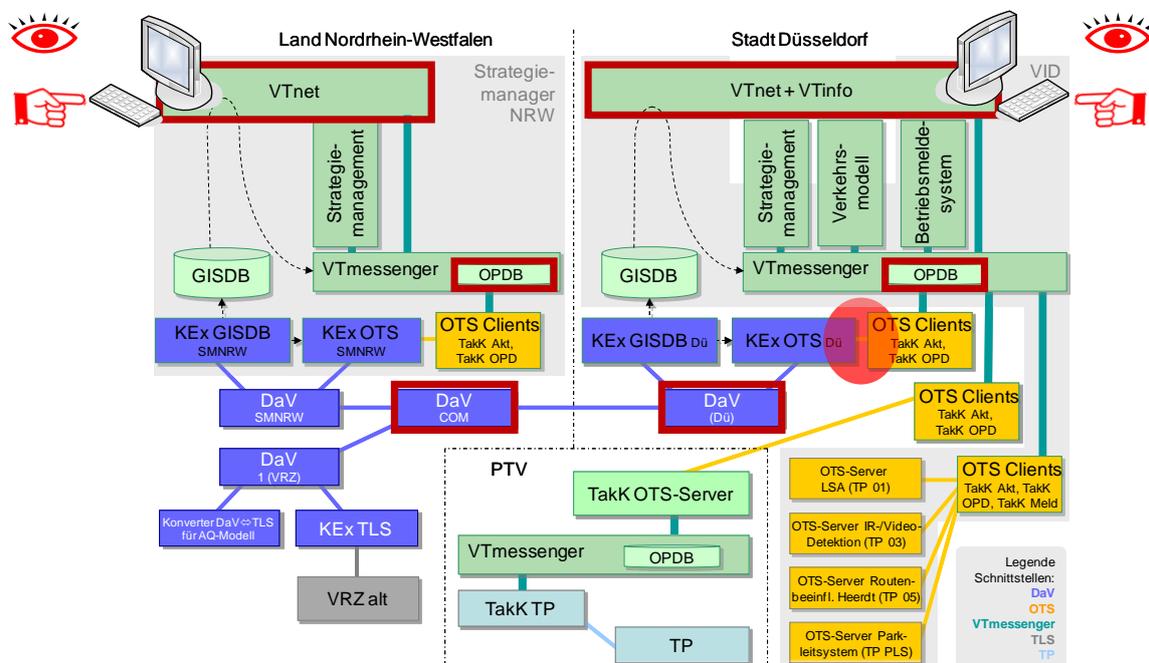


Abbildung 23: Testblock B zur OTS 1.0-Schnittstelle Stadt-Land

Für den Testblock B zur Schnittstelle Stadt-Land wurden z.B. folgende Testszenarien vorgesehen:

- ▶ Auslösen von Maßnahmen im Strategiemanagement
- ▶ Mitschnitt von ⇒XML-Dateien im Produktivclient
- ▶ Mitschrieb von Sensormesswerten und Beobachtung über einen gewissen Zeitraum
- ▶ Stimulation von Maßnahmenauswahlen und Maßnahmenanforderungen
- ▶ Anstoßen der Initialisierungsvorgangs, um die Bestellvorgänge zu beobachten
- ▶ Mitschrieb der Daten über den Testmonitor für den DaV Stadt

Die Tests zur OTS 1.0-Schnittstelle zwischen den Baulastträgern Stadt und Land wurden die Testblöcke A und B erfolgreich durchgeführt.

Wie bereits im Test Stadt – Land wurden auch bei der Schnittstelle zu den Privaten zwei Testblöcke („A“ und „B“) definiert und getestet, wobei A einen vollständigen Schnittstellentest und B einen stichprobenartigen Test im Produktivsystem, d.h. mit vollständiger Versorgung, umfasste.

Folgende Übertragungsketten konnten getestet werden:

- ▶ Übertragungskette Private → Stadt
OPDB-Testclient → TakK OTS-Server → OTS-Clients (TakK-Akt und TakK_OPD)
- ▶ Übertragungskette Stadt → Private
OTS-Testclient → TakK OTS-Server → OPDB Explorer

Auf Seiten der Stadt Düsseldorf konnten mit dem sog. Eventmanager Schaltungen stimuliert werden, auf Seiten der Privaten (PTV) stand ein Testdatengenerator zur Verfügung.

Als Ergebnis konnte festgehalten werden:

- ▶ Beide Testblöcke (Stadt – Private, Block A und B) wurden erfolgreich getestet.
- ▶ Es gab keine grundlegenden Fehler mehr, nur wenige Detailprobleme (z.B. Übereinstimmung mit Feinspezifikation; dieses wurde inzwischen nachgezogen).

Qualitätssicherung der Teilsystemspezifikationen

Parallel zu den Tests der OTS 1.0 Schnittstelle wurden die im AP130 erstellten TSP einem Qualitätssicherungsprozess unterzogen. Ziel war es, eine formale sowie inhaltliche Konsistenz zu gewährleisten und sie als Beispiel für eine Teilsystemspezifikation nach O-Modell dem Leitfaden beizufügen.

Die folgenden sieben Qualitätssicherungsmaßnahmen wurden durchgeführt:

- ▶ Anpassung der erläuternden Blautexte und allgemeinen Schwarztexthe anhand der (Beispiel-)Teilsystemspezifikation des *Content-Centers Verkehrsdaten kommunal*
 - ▶ Einarbeitung der im OCA-AK Dmotion mit OCA-Experten erarbeiteten Ergebnisse zu Zweck und Ziel sowie Kernfunktionalitäten der im Projekt identifizierten Teilsysteme zur Unterstützung der Übertragbarkeit auf andere Regionen
- Die anschließende Grafik zeigt die Arbeitsergebnisse des OCA-AK Dmotion am Beispiel des Teilsystems *Strategiemanagement kommunal*:

OCA - Open Traffic System City Association e.V.


Dmotion-Teilsystem Strategiemanagement kommunal – Ergebnis OCA-AK Dmotion

- Zweck und Ziel
 - Bereitstellung von Kernfunktionalitäten zur Umsetzung gemeinsam vereinbarter Verkehrsmanagementstrategien mit Wirkung im kommunalen Netzbereich
- Kernfunktionalität
 - **Strategiemanagement vorhersehbarer Ereignisse**
Aktivierung von vordefinierten Strategien (z.B. schalten von LSA und dynamischen Anzeigesystemen) als Reaktion auf vorhersehbare und damit qualifizierbare Ereignisse (z.B. Stau auf einem Streckenabschnitt)
 - **Management unvorhersehbarer Ereignisse**
Manuelles Schalten von Aktoren (z.B. LSA und dynamische Anzeigesystemen) als Reaktion auf unvorhersehbare Ereignisse
 - **Baulasträgerübergreifende Kooperation**
 - Anforderung von gemeinsam vereinbarten Schaltungen im Netz des jeweils anderen Baulasträgers. Strategieabgleich zwischen Baulasträgern auf Basis vordefinierten Strategien.
 - Austausch von Betriebszuständen und Meldungen
 - Austausch von Verkehrsdaten (LOS, Q, V usw.) für das gesamte Netz oder auch nur für den Netzübergangsbereich
 - **Kooperation mit Privaten**
 - Übermittlung von Routenempfehlungen an Private Dienstleister

© OCA e.V 2007 - www.OCA-eV.org 9

Abbildung 24: OCA-AK Dmotion: Zweck u. Ziel sowie Kernfunktionalitäten Strategiemanagement kommunal

- ▶ Deklaration der Stakeholder und Benutzer für jedes Teilsystem sowie Dokumentation ihrer Ziele und Wünsche
 - ▶ Integration der im Projekt und im Konsens erarbeiteten Datentabellen in den Text, welche alle zwischen den Teilsystemen auszutauschenden Daten beinhalten und spezifizieren
- Einen beispielhaften Ausschnitt zeigt die folgende Tabelle. Die beinhalteten Prozessdaten werden vom Teilsystem *Content-Center Verkehrsdaten kommunal* beim Teilsystem *Verkehrsmodelle* abonniert. Ein Beispiel zeigt die folgende Tabelle:

Prozessdaten	Datenart	Einheit	Datenursprung	Info	Übermittlungszyklus	Wertebereich	Genauigkeit (Nachkommastellen)
Verkehrsdaten (berechnete Werte)	Verkehrsstärke	Fz/h	Verkehrsmodelle	Berechnete Verkehrsstärke	10 min	integer	-
	Reisezeit	sek	Verkehrsmodelle	Berechnete Reisezeit	10 min	integer	-
	Kante-LOS	-	Verkehrsmodelle	Level of Service	1 min max 5 min	[1..6]	-
	Kante-LOS-Qualität	%	Verkehrsmodelle	LOS-Qualität	1 min max 5 min	[0..100]	-
	Kartenversion	-	Verkehrsmodelle	Version der verwendeten Karte	1 min max 5 min	-	-
	⇒TMC-Location Start	-	Verkehrsmodelle	TMC-Startpunkt des Links	1 min max 5 min	-	-
	TMC-Location Ziel	-	Verkehrsmodelle	TMC-Endpunkt des Links	1 min max 5 min	-	-
	Kante-Reisegeschwindigkeit	km/h	Verkehrsmodelle	Reisegeschwindigkeit auf einer Kante	1 min max 5 min	integer	-
	Kante-Reisegeschwindigkeit-Qualität	%	Verkehrsmodelle	Güte der Geschwindigkeit	1 min max 5 min	[0..100]	-
	Startzeitpunkt des Datenintervalls	s	Verkehrsmodelle	Startzeitpunkt des Datenintervalls (s seit 1.1.1970)	1 min max 5 min	integer	-
	Dauer des Datenintervalls	s	Verkehrsmodelle	Dauer des Datenintervalls	1 min max 5 min	integer	-

Tabelle 5: Datenabonnement des Content-Center Verkehrsdaten kommunal bei den Verkehrsmodellen

- ▶ Referenzierung der Feinspezifikationen in den Teilsystemspezifikationen (siehe hierzu die Vereinbarungen im AP150)
- ▶ Markierung aller Fachbegriffe, die im übergeordneten Dmotion Glossar verankert werden sollen
- ▶ Abschließende interne Qualitätssicherung

Im Anschluss daran erhielten die Teilsystemspezifikationen die Projektfreigabe. Sie werden voraussichtlich im Angang des OTS-Leitfadens als Teilsystemspezifikations-Beispiele veröffentlicht.

2.6.5.2 Referenzierte Dokumente

- ▶ DiM_AP140_Test_Stadt-Land
- ▶ DiM_AP140_Test_Stadt-Private

2.6.6 AP150 – Einsatz im Anwendungsfeld ViD

2.6.6.1 Arbeiten und Ergebnisse

Das AP150 beschäftigte sich mit der Übertragung der im AK100 erarbeiteten Modelle auf das Anwendungsfeld ViD und der Übertragbarkeit der gesammelten Erkenntnisse auf andere Regionen.

Der Beschluss zur Integration von Teilsystemspezifikationen und Feinspezifikationen (Referenzierung) als Gesamtdokumentation des Dmotion-Systems leistete dazu einen wesentlichen Beitrag.

Es wurde festgelegt, dass in den Teilsystemspezifikationen Referenzen/Verweise (vorzugsweise in den Überschriften, notfalls auch im Text) zu verankern sind, die auf die übrigen im Projekt erstellten Dokumente verweisen. Dies sind zum einen die für den Anwendungsfall Dmotion ausgerichteten Feinspezifikationen und Testdokumente, als auch die übergeordneten Dokumente, wie das Dmotion Glossar, die Dmotion Stakeholder und Benutzer sowie das Dokument Dmotion SÜ/SSP, das die Einordnung der Teilsysteme in einem übergeordneten Zusammenhang zeigt und die Schnittstellen erläutert.

Es wurde die Annahme getroffen, dass die Referenzierung vornehmlich im Kapitel 4 der Teilsystemspezifikation erfolgen kann. Da die Feinspezifikationen aber auch übergeordnete Textpassagen wie z.B. zum „Zweck und Ziel“ enthalten, war auch eine Referenzierung im Kapitel 2 und 3 der Teilsystemspezifikation denkbar.

Diese Vorgehensweise gewährleistete einerseits die Übertragbarkeit auf andere Regionen durch die allgemein formulierten und durch den OCA-AK Dmotion geprüften Teilsystemspezifikationen (Schwarztext). Andererseits wird durch die Referenzierung auf die erstellten Feinspezifikationen, der Bezug zum Einsatzfeld ViD und dem damit in Düsseldorf realisierten System hergestellt. Teilsystemspezifikationen und referenzierte Dokumente zusammen bilden die Gesamtdokumentation des Dmotion-Systems.

2.6.6.2 Referenzierte Dokumente

- ▶ Im AP 150 überarbeitete O-Modell-Dokumente des AP130
 - DiM_TSP_kurz_Betriebsmelde-System
 - DiM_TSP_kurz_Content-Center_Verkehrsdaten_kommunal
 - DiM_TSP_kurz_Detektions-Zentrale kommunal
 - DiM_TSP_kurz_Lichtsignalsteuerungszentrale

- DiM_TSP_kurz_Routenbeeinflussung_kommunal
- DiM_TSP_lang_Strategiemanagement_kommunal
- DiM_TSP_lang_VerkehrsinformationsdienstePrivate
- DiM_TSP_lang_Verkehrsmanagement_BAB
- DIM_TSP_lang_Verkehrsmodelle

2.6.7 Verwertbarkeit und Nutzen des AK 100

Der Nutzen der im AK 100 erarbeiteten Ergebnisse und damit im wesentlichen der Nutzen des O-Modells mit seinen Dokumentvorlagen und Beispielen liegt für alle Beteiligten darin, dass mit seiner Anwendung die mit der Erneuerung und Erweiterung der Systeme zwangsläufig immer verbundenen Gestaltungs- bzw. Umgestaltungsprozesse so geordnet und damit beherrscht werden können, dass am Ende der Nachweis erbracht werden kann, dass die an die Kommunikationsarchitektur der Systeme gestellten Anforderungen auch zur Zufriedenheit aller umgesetzt wurden.

Darüber hinaus liegt für die Auftragnehmer-/Lieferantenseite der Nutzen in der Gleichartigkeit und Exaktheit von Spezifikationen im Rahmen von Beschaffungsverfahren bzw. Ausschreibungen und in dem Umgang damit.

Im Einzelnen soll mit der Anwendung des O-Modells folgendes erreicht werden:

- ▶ Vereinheitlichung und Erleichterung der Gestaltung der Systembeschaffungsprozesse, ausgehend von der Systemspezifikation bis hin zum Test und zur Abnahme, insbesondere dann, wenn die im Prozess verankerte Vergabe an das öffentliche Vergaberecht gebunden ist.
- ▶ Vereinheitlichung der Systemspezifikation (in Bezug auf die verwendete Inhaltsstruktur und die benutzen Begrifflichkeiten) inkl. Unterstützung von Konsensbildung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, gerade dann, wenn die Spezifikationsdokumente im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen Verwendung finden sollen.
- ▶ Erleichterung der Realisierung herstellergemischter Systeme mittels Flexibilisierung der Partitionierung von Systemen (z.B. zur Los-Bildung) durch Verwendung von offenen Kommunikationsstandards für Schnittstellen (OCIT/OTS). Dadurch ergibt sich:
 - die Senkung von Preisen durch mehr Wettbewerb,
 - ein größeres Spektrum möglicher Anbieter,
 - die Möglichkeit, an jeder Stelle im System das leistungsfähigste Teilsystem einsetzen zu können.
- ▶ Nutzung von Modellen (OTS-Systemmodell, OCIT-Instations Systemmodell), die vom Nutzer im Rahmen der Systembeschaffung verwendet werden können.

2.6.8 Zielerreichung des AK100

Ein wesentliches Ziel des AK100 war es übertragbare Modelle zu erarbeiten und Ihre Anwendbarkeit im Projekt unter Beweis zu stellen.

Durch die Entwicklung des umfassenden OCA-Vorgehensmodells, des OTS-Systemmodells und die OTS Schnittstellenspezifikationen sowie die Verankerung in das „OTS-Rahmenwerks“ wurde das Ziel vollkommen erreicht.

Bereits zur Laufzeit des Projekts Dmotion konnte das O-Modell in 2 Verkehrsrechner-Projekten eingesetzt und evaluiert werden. Erfahrungen aus diesen Projekten, wie z.B. Anwendungs- und Interpretationsschwierigkeiten führten zur Überarbeitung des Vorgehensmodells.

Das O-Modell wurde in Bezug auf die Vergabe juristisch geprüft und wird im Rahmen des OTS-Prozesses unterstützt sowie von der OCA (Open Traffic Systems City Association) mitgetragen.

Die in Dmotion begonnene OTS 2 Schnittstellenspezifikation wird im Folgeprojekt „OTS 2“ vervollständig und offiziell bei dem Deutschen Institut für Normung e.V. unter der Bezeichnung DIN SPEC (PAS) 1213 standardisiert.

Aufgrund der flexiblen Eigenschaften des Protokolls und der Kombination mit dem angehenden europäischen Standard ⇒DATEX II werden auch große Chancen gesehen, OTS 2 auch in die europäische Standardisierung einzubringen und eine feste Position auf dem deutschen Markt zu beziehen.

2.7 AK200 – Baulastträgerübergreifender Verkehrslagebericht

2.7.1 AP200 – Anforderungen und Umsetzungen im Anwendungsfeld ViD

Da AlbrechtConsult in diesem Teil des Forschungsprojektes ausschließlich an den übergeordneten AP200-Sitzungen teilgenommen an der Übertragbarkeit der Lösungen mitgewirkt hat, erfolgt hier eine Beschreibung der Arbeiten und Ergebnisse in der entsprechenden Flughöhe dieses AP. Auf eine differenziertere Betrachtung in der Ebene der weiteren AP wird aus diesem Grund verzichtet.

2.7.1.1 Arbeiten und Ergebnisse

Der AK200 hatte das Ziel, auf dem gesamten Hauptstraßennetz eines städtischen Ballungsraums unter Einbeziehung aller verfügbaren Datenquellen eine präzise, validierte und aussagekräftige Verkehrslage zu errechnen. Die Umsetzung wurde auf Basis des folgenden Konzeptes realisiert:

1. Mit lokalen Modellen sollte für jeweils eine Datenquelle eine optimale Verkehrslageberechnung für eben diese Quelle entwickelt werden.
2. Mit übergreifenden Verkehrsmodellen sollten diese lokalen Verkehrsinformationen dann fusioniert und ergänzt werden, so dass für jede innerstädtische Hauptverkehrsstraße verlässliche Verkehrslagedaten zur Verfügung stehen.
3. An den Übergängen des Hauptverkehrsstraßennetzes zum Bundesautobahnnetz sollte ein eigenes, spezialisiertes Modell für die Verkehrszustandsberechnung entwickelt werden, um auch diese zwischen den Baulastträgern liegenden und oftmals kritischen Netzbereiche abdecken zu können.

Als Basis für die Verkehrslageberechnung diente die bereits durch das VID realisierte Verkehrsmanagementzentrale. Diese wurde für Dmotion um mehrere Komponenten zur kleinräumigen Verkehrsmodellierung, um FCD-basierte Modelle und schließlich um die Komponente ⇒DINO zur umfassenden Datenvervollständigung und Datenfusion erweitert.

Hierbei wurde so weit wie möglich auf bestehende Komponenten zurückgegriffen (Rückstauschätzer, ⇒Taxi-FCD, ⇒IV-FCD, Datenverteiler, DINO), die für das Projekt entsprechend erweitert und eingebettet werden mussten. Dadurch bestanden erhebliche Integrationszwänge, einerseits beim Austausch dynamischer Daten, andererseits bei der Erstellung einer einheitlichen Versorgung. Während der erste Punkt vor allem durch die Verwendung von Standardschnittstellen erreicht werden konnte, stand im zweiten Punkt insbesondere die Frage nach der Beherrschbarkeit und Wartbarkeit der Versorgungswerkzeuge für den letztendlichen Betreiber im Vordergrund. Für diesen ist es von sehr großer Wichtigkeit, dass Änderungen der Netzgeometrie oder der verkehrstechnischen Versorgungsungen nur an einer Stelle in das System eingepflegt werden müssen.

Zentrale Versorgung

Eine zentrale, qualitätsgesicherte Versorgung dieses komplexen Softwaresystems wurde von allen Projektpartnern des AK 200 als äußerst wichtiger Aspekt erachtet. Zudem ist eine hohe Qualität der Versorgung die erforderliche Voraussetzung dafür, dass die Komponenten zur Verkehrslageberechnung in der Lage sind, vertrauenswürdige Ergebnisse zu liefern.

Alle Komponenten sind auf Versorgungsdaten angewiesen, aber nicht alle Komponenten erwarten die Versorgung in der gleichen Form. Der Datenkatalog für DINO wurde beispielsweise im Leitprojekt \Rightarrow MOBINET entwickelt und besitzt eine andere Struktur als die Datenhaltung, die von der Komponente „Rückstauschätzer / Kantenzustand“ verwendet wird. Außerdem erwartet DINO seine Versorgungsdaten in der zugehörigen MySQL-Datenbank. Das Softwaremodul, welches die Taxi-FCD Komponente realisiert, war zu Beginn des Projektes ebenfalls eine bereits existierende Applikation mit einer eigenen Datenhaltung und einem eigenen Datenkatalog. Da die verschiedenen Komponenten wenigstens teilweise die gleichen Versorgungsdaten benötigen, wäre die Alternative zu einer zentralen Versorgung, dass man die entsprechenden Informationen an unterschiedlichen Stellen im System versorgt.

Es wurde es jedoch für sehr wichtig erachtet, eine zentrale Versorgung aufzubauen, die einerseits als Datengrundlage für alle Modelle dient und andererseits eine übersichtliche Versorgung und Qualitätssicherung erlaubt. Folgende Gründe sprechen gegen die Realisierungsvariante einer dezentralen Versorgung:

- ▶ Jede Änderung muss an mehreren Stellen im System durchgeführt werden. Insbesondere muss die zuständige Person auch wissen, an wie vielen und welchen Stellen im System etwas geändert werden muss.
- ▶ Es besteht die Gefahr, dass inkonsistente Zustände entstehen, weil die Änderungen für manche Komponenten durchgeführt wurden und für andere nicht.
- ▶ Versorgungsdaten sind komplex, weil zwischen den Daten sehr viele Beziehungen bestehen. Dies erfordert einerseits eine gründliche Vorgehensweise bei der Versorgung (möglichst in Kombination mit einer Qualitätssicherung) und andererseits ein sehr detailliertes Wissen über die Datenstrukturen. Muss an mehreren Stellen die gleiche Information versorgt werden, so bedeutet dies erheblichen Mehraufwand, eine deutlich erhöhte Gefahr von Fehlversorgungen und die Notwendigkeit von Personal, welches über entsprechende Kenntnisse verfügt.
- ▶ Für die Versorgung der meisten Komponenten existieren keine adäquaten Versorgungsoberflächen. Typischerweise müssen die Daten per \Rightarrow SQL in eine Datenbank oder mit einem Texteditor in \Rightarrow CSV- oder XML-Dateien eingepflegt werden. Dies erhöht die Gefahr von Fehlversorgungen und erlaubt kaum eine Qualitätssicherung per Augenschein.

Durch die Realisierung einer \Rightarrow GIS-Datenbank und entsprechender GIS-Versorgungsoberflächen als zentrale Versorgung des Systems wurde einerseits eine komfortable Bearbeitungsoberfläche zur Verfügung gestellt, andererseits eine Möglichkeit der Qualitätssicherung per Augenschein geschaffen.

Für die spurfeine Versorgung von Abbiegebeziehungen sowie von Lichtsignalanlagen wurde die existierende Versorgungsoberfläche von VTnet (Applikation von GEVAS software, die der Bedienung und Visualisierung des VID-Systems dient) derart erweitert, dass die zugrunde liegenden Daten direkt aus der GIS-Datenbank gelesen werden. Nach erfolgter Bearbeitung werden die Daten dann wieder in der GIS-Datenbank gespeichert.

Sowohl DINO als auch Taxi-FCD besitzen eine eigene Versorgungsdatenhaltung. Aus dem Programm VTnet heraus können Exportoperationen gestartet werden, welche die entsprechenden Versorgungsdaten automatisch aus der GIS-Datenbank heraus generieren. Dafür werden die benötigten Daten aus der GIS-Datenbank gelesen, in das jeweilige Datenmodell konvertiert und in die DINO-Datenbank bzw. die Shape-Dateien des Taxi-FCD Modells geschrieben.

Rückstauschätzer und Kantenzustand

Mit Hilfe kleinräumiger Verkehrsmodelle sollte ein plausibler, nachvollziehbarer und aktueller Verkehrszustand auf lokaler Ebene ermittelt werden. Das Modul „Rückstauschätzer“ wurde diesbezüglich zur Ermittlung des aktuellen und prognostizierten Verkehrszustandes auf detektierten Kanten unmittelbar vor Lichtsignalanlagen eingesetzt.

Die Detektoren befinden sich halteliniennah in einem Abstand von maximal 70 Metern. Mit Hilfe des Moduls „Störfallerkennung“ werden zusätzlich auf den detektierten Kanten mögliche Störfälle erkannt. Das Ergebnis aus diesem Modul fließt in die Verkehrslageermittlung des Rückstauschätzers mit ein.

Durch den starken Einfluss der Signalisierung auf die dynamischen Verkehrsdaten von halteliniennahen Detektoren ist die Berechnung des Verkehrszustandes und der Rückstaulänge über die Entfernung des Detektors hinaus schwierig. Die Grünzeiten im Zusammenhang mit den Detektorwerten werden im Rückstauschätzer berücksichtigt und mit einem Algorithmus alle relevanten Größen ermittelt.

Aus den zur Verfügung stehenden disaggregierten Detektordaten von halteliniennahen Detektoren und den zugehörigen Grünzeiten der Signalgruppen kann das Modell einen Zusammenhang zwischen der sogenannten Füllzeit und der Rückstaulänge herstellen. Die Füllzeit ist die Zeit, die vom Beginn der Sperrzeit einer Signalgruppe bis zur Dauerbelegung des zugehörigen Detektors vergeht. Aus der Häufigkeit, wie oft die ermittelte Füllzeit einen Grenzwert unterschreitet, wurde aus empirischen Untersuchungen ein Zusammenhang zur Rückstaulänge hergestellt, welcher zur Berechnung derselben verwendet wird. Die Sichtweite, bis zu der Rückstaulängen berechnet werden können, ist abhängig von dem Abstand Detektor zur Haltelinie.

Für Kanten hingegen, auf denen freie Detektoren (nicht im Einflussbereich eines LSA-gesteuerten Knotenpunktes) liegen, wird der aktuelle Verkehrszustand durch das Modul „Kantenzustand“ aus aggregierten Detektordaten ermittelt. Als Eingangsgrößen werden gemessene Verkehrsstärke und Geschwindigkeit benötigt. Außerdem wird eine sogenannte LOS-Matrix für jeden Messquerschnitt benötigt, welche den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und LOS herstellt. Der LOS zur Beschreibung des Verkehrszustandes ist die Ausgabegröße des Moduls Kantenzustand.

ÖV-FCD

Ziel des Moduls \Rightarrow ÖV-FCD ist die Berechnung des Level Of Service auf Zufahrten von LSA, aufbauend auf Floating-Car-Daten des straßengebundenen \Rightarrow ÖPNV (Busse und Straßenbahnen). Aus den Ergebnissen dieser Daten soll auf den Zustand des motorisierten Individualverkehrs auf den betroffenen Kanten geschlossen werden. In Düsseldorf kommen für

das Modell nur Straßenbahnen in Frage, da der Busverkehr nicht ausreichend stark priorisiert ist. Ferner werden nur solche Kanten betrachtet, auf denen die ÖPNV-Fahrzeuge über keine eigene Spur bzw. Trasse verfügen, sodass sie sich dem PKW-Verkehr anpassen müssen, da nur in diesem Fall aus den ÖPNV-Reisezeiten auf die des \Rightarrow MIV geschlossen werden kann.

Die betrachtete Größe ist die Reisezeit des ÖPNV, die sich aus den An- und Abmeldezeiten an den Meldepunkten einer Lichtsignalanlage ergeben. Im Allgemeinen verfügt eine LSA mit ÖPNV-Priorisierung über ein bis drei Anmelder und einen Abmelder. Das Modell ÖV-FCD verwendet grundsätzlich das Meldepunkt-Paar „Anmeldepunkt 1 (Hauptanmelder / Abmeldepunkt)“. Lediglich wenn diese Distanz sehr kurz ist (<100 m), wird die Strecke Anmeldepunkt 2 (Voranmelder) zu Abmeldepunkt betrachtet. Voraussetzung zur Verwendung der Meldepunkte ist, dass sich auf der „Anmelde-Strecke“ (zwischen An- und Abmelder) keine weitere LSA befindet und auch keine Straße mit hoher Verkehrsbelastung einmündet. Aus der Zeit, die das \Rightarrow ÖV-Fahrzeug für die Strecke benötigt, wird auf die Verkehrssituation bzw. den LOS geschlossen.

Aufgrund der begrenzten Präzision des ÖV-FCD-Modells werden die sechs LOS-Stufen zu drei Levels zusammengefasst, nämlich zu den Aggregationen A-B, C-E und F. Die Zuteilung der verschiedenen Level Of Service zu den einzelnen Straßenbahnfahrten erfolgt gemäß der Abweichung der gemessenen von der so genannten idealen Reisezeit. Diese stellt die typische Zeitdauer dar, die eine Straßenbahn ohne jegliche Behinderung für die Distanz Anmelder-Abmelder benötigt. Als Obergrenze für LOS A-B werden 120% der idealen Reisezeit verwendet. Die Untergrenze für LOS F wurde für die Komponente ÖV-FCD eine Wartezeit von mindestens einem Umlauf der LSA definiert, bedingt durch den Rückstau vor der Kreuzung. Level C-E ergibt sich als der Bereich, der keiner der beiden vorherigen Anforderungen genügt. Der Sonderfall, dass an einer LSA ein ÖV-Fahrzeug einer anderen Linie kreuzt und dadurch Wartezeiten ohne entsprechenden Rückstau entstehen, wird durch Reduzierung der Güte berücksichtigt.

Die benötigten Eingangsdaten sind:

- ▶ Meldepunkt-Daten (gelangen über Schnittstelle OCIT-I SP-PD bei „Überfahung“ eines Meldepunkts in das Verkehrsrechnersystem)
- ▶ Umlaufdauer der LSA
- ▶ Grünzeit der relevanten Signalgruppe

Ausgegeben werden:

- ▶ Dreistufiger LOS vor jeder geeigneten LSA (für alle Links identisch)
- ▶ Durchschnittsgeschwindigkeit auf jedem Link der betrachteten Strecke
- ▶ Wartezeit auf jedem Link der betrachteten Strecke
- ▶ Geschätzte Staulänge auf jedem Link der betrachteten Strecke

IV-FCD

Grundsätzliches Ziel war es, möglichst viele Datenquellen mit Verkehrsinformationen einzubinden, um damit ein präzises und aktuelles Bild der Verkehrslage in einem städtischen Ballungsraum zu gewinnen. Einen nicht geringen Anteil daran können auch private

Diensteanbieter leisten, die potentiell große Flotten von mit FCD-Systemen ausgestatteten Fahrzeugen auswerten und liefern. Die Bereitstellung und Nutzung dieser Datenquellen ist die Aufgabe der Komponente „IV-FCD“.

Für das Forschungsprojekt Dmotion sollte die Anbindung zweier Datenquellen privater Anbieter demonstriert werden:

Der ⇒OBN-Server der Firma PTV generiert Verkehrslageinformationen anhand von Meldungen von ⇒GPS-Handys, die in ⇒IV-Fahrzeugen stationiert sind. Diese Meldungen kommen regelmäßig oder auch ereignisgesteuert, z.B. bei Stau-einfahrt oder -ausfahrt und enthalten die Zeit und Position (in WGS84-Koordinaten).

Die Firma BMW propagiert seit geraumer Zeit das ⇒XFCD-Verfahren (aufbauend auf dem ⇒GATS-Protokoll). Dabei werden ähnliche Daten wie bei OBN-FCD übertragen, allerdings wurden ausgefeilte Algorithmen ergänzt, um die Stau-ein- und -ausfahrt auch in innerstädtischen, Lichtsignalgesteuerten Gebieten mit großer Sicherheit zu erkennen.

Die Positionsdaten der XFCD-Fahrzeuge, die im Standard-GATS-Protokoll enthalten sind, können von BMW aus rechtlichen Gründen nicht zur Verfügung gestellt werden. Verfügbar sind dafür die XFCD-Erweiterungen, die auch innerstädtisch Stau-beginn und -ende erkennen können. Die Firmen PTV und BMW haben sich geeinigt, dass diese Daten in das OBN-System von PTV eingespielt werden. Von dort können sie in das Content Center des Dmotion-Systems übernommen werden. Dabei soll aber die schärfere Aussagekraft dieser Daten erhalten bleiben.

Das OBN-System und das Dmotion-System basieren auf unterschiedlichen Kartenstandards. Deshalb musste ein Austauschmechanismus vereinbart werden. Um das mühsame und fehlerbehaftete Pflegen einer Kreuztabelle zu vermeiden, haben sich die beteiligten Partner PTV und GEVAS darauf geeinigt, die Location Codes des TMC zu benutzen.

Sowohl das OBN-FCD-System als auch das XFCD-System waren beide noch im Aufbau und können deshalb nur geringe Datenmengen für den Großraum Düsseldorf beisteuern. Umstrukturierungen bei BMW führten letztendlich sogar dazu, dass gar keine XFCD-Informationen in das Dmotion-System einfließen konnten.

In Düsseldorf wurden im Rahmen von Dmotion ca. 280 neue TMC-Locations ausgewiesen. Dennoch decken diese Punkte nur einen geringen, wenn auch aussagekräftigen Teil des Hauptstraßennetzes ab. Durch die Referenzierung über ⇒TMC Location Codes können also nicht auf allen Streckenzügen Aussagen über die Verkehrsqualität und Reisezeiten übernommen werden.

Das Modell IV-FCD fungiert nur als Schnittstelle zwischen der TrafficPlattform der PTV und dem Dmotion-System. Die einzige eigenständige Arbeit war die Umwandlung der TMC-Links auf Kanten im strategischen Netz.

Taxi-FCD

Einen wesentlicher Bestandteil der zur Generierung eines verbesserten Verkehrslageberichtes angestrebten Fusion unterschiedlicher Datenquellen sind die Floating Car Daten (FCD), also Daten von im Verkehr mitfließenden Fahrzeugen. Im Falle des Moduls Taxi-FCD handelt es sich bei den Floating Cars um Taxen. Diese sind als Sonden geeignet, da sie sich

dem Verkehrsaufkommen des MIV anpassen müssen, sofern sie nicht über eine eigene Spur verfügen.

Das österreichische Forschungsunternehmen arsenal research (mittlerweile: Austrian Institute of Technology) hat im Rahmen des im Jahr 2004 abgeschlossenen Projekts FLEET ein FCD-Modul erstellt, welches in der Lage ist, mit Hilfe der FC-Daten von Taxis aktuelle Werte sowie Prognosen für die mittlere Geschwindigkeit auf den befahrenen Kanten zu berechnen. Dieses System wird in Wien erfolgreich eingesetzt, wobei die Rahmenbedingungen in Wien - rund 2500 Fahrzeuge verteilt auf zwei Taxifloten mit 30-sekündlicher Datenbereitstellung - ungleich besser sind als in Düsseldorf. Im Rahmen des Projekts Dmotion wurde das Modul weiterentwickelt und in Düsseldorf zum Einsatz gebracht. Vergleichbar gute Ergebnisse wie in Wien waren jedoch aufgrund der deutlich geringeren Abdeckung nicht zu erwarten.

Auf Basis der Positionsmeldungen von Taxen berechnet das Taxi-FCD-Modell Fleet mit einem mehrstufigen Algorithmus die mittlere Geschwindigkeit pro Straßenabschnitt.

Im ersten Schritt projiziert ein Map-Matching-Modul die Fahrzeugpositionen auf den Netzgraphen. Darauf aufbauend werden mit einem Routing-Modul die befahrenen Streckenabschnitte ermittelt. Die gemessenen Reisezeiten werden auf die befahrenen Abschnitte aufgeteilt. Dabei werden die historischen Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den jeweiligen Abschnitten berücksichtigt. Der Mittelwert der Geschwindigkeit eines Streckenabschnitts wird aus allen Geschwindigkeitswerten berechnet, die für den Abschnitt in einem Intervall von 15 Minuten vorliegen.

Da FC-Daten nur eine unvollständige Abdeckung der Streckenabschnitte und Zeitintervalle liefern, müssen sie mit historischen Informationen ergänzt werden. Dazu werden nach Tagesklassen kategorisierte Ganglinien erzeugt. Über ein Zeitserien-Modell und einen linearen Kalman-Filter werden die aktuellen Messwerte mit den historischen Daten zur sog. korrigierten Geschwindigkeit kombiniert. Diese stellt das wichtigste Ergebnisdatum des Moduls Taxi-FCD dar. Weitere Ausgabedaten sind die aktuelle Geschwindigkeit und die erzielte Abdeckung, also die Zahl der Befahrungen eines Abschnitts in den letzten 15 Minuten. Diese fließt in die Berechnung der Güte ein - je größer die Abdeckung, desto höherwertig weil aktueller das Ergebnis.

Im Projekt Dmotion wurde ein Taxi-FCD-System aufgebaut, welches Daten von zwei verschiedenen Taxifloten verwenden sollte. Es handelt sich um die beiden Flotten Rheintaxi mit 120 Fahrzeugen und Taxi-Düsseldorf mit 1.300 Fahrzeugen. Die erstere liefert Positionsdaten mit einem Berichtsintervall (Zeitraum zwischen zwei Positionsmeldungen eines Taxis) von rund 40 s, die letztere lediglich OD-Daten, nämlich bei Auftragsannahme, Aufnahme und Absetzen eines Fahrgastes und bei Ankunft am Taxihalteplatz.

Es war abzusehen, dass bei diesen OD-Fahrtdaten höchstens die Fahrt von der Kundenaufnahme bis zum Kundenziel verwendet werden kann. Sowohl bei der Anfahrt zum Kunden wie auch bei der Rückfahrt zur Taxihaltestelle ergeben sich zu viele Unsicherheiten, z.B. Wartezeiten bei Auftragserteilung bzw. nach Absetzen des Kunden. Die Auswertung des Feldversuchs zeigte sogar, dass die Daten von Taxi-Düsseldorf überhaupt nicht verwendbar sind. Grund dafür ist die Tatsache, dass bei langen Strecken - das mittlere Berichtsintervall dieser Flotte lag bei etwa 420 s, der mittlere Streckenabschnitt zwischen zwei Positionsmeldungen bei 2,2 km - fast immer zahlreiche Möglichkeiten für die Routenwahl existieren, was zwangsläufig zu großen Unsicherheiten im Routing führt.

Das Taxi-FCD-Modell in Düsseldorf ist aufgrund der derzeitigen geringen Abdeckung zum Einsatz im Echtzeit-Strategiemanagement nur bedingt geeignet. Unvorhergesehene verkehrliche Situationen können wegen zu niedriger Abdeckung oftmals nicht erkannt werden, da der Einfluss der historischen Daten überwiegt.

Periodisch auftretende, überlastungsbedingte Stauungen werden jedoch teilweise exakt reproduziert. Dies spricht für die Qualität der erzeugten historischen, kalenderbasierten Geschwindigkeits-Ganglinien, die damit für die Kalibrierung anderer Verkehrsmodelle genutzt werden können.

Die Berechnung aktueller Reise- und Verlustzeiten würde entscheidend verbessert, wenn es gelänge, auch die zweite, wesentlich größere Taxi-Flotte auf ein öfter sendendes System umzurüsten.

Verkehrsmeldungen

Die Komponente Verkehrsmeldungen dient der Bereitstellung von Verkehrsmeldungen in das Dmotion-System. Unter „Verkehrsmeldungen“ werden dabei folgende Arten von Meldungen verstanden:

- ▶ Baustellenmeldungen: Wegfall von Spuren, Verengungen, Teil- oder Vollsperrungen, temporäre Änderungen der erlaubten Geschwindigkeit; defekte Messschleifen aufgrund von Grabungsmaßnahmen
- ▶ Meldungen über Veranstaltungen: Demonstrationen, Straßenfeste oder Umzüge (z.B. Karneval), die Teil- oder Vollsperrungen bestimmter Strecken und Gebiete zur Folge haben.
- ▶ Staumeldungen aus externen Quellen: Aufgrund der Nichtverfügbarkeit von Staumelderdaten wird diese Möglichkeit allerdings innerhalb Dmotion nur theoretisch behandelt und nicht in Software umgesetzt.
- ▶ Meldungen von Teil- und Vollsperrungen bei Unfällen (manuelle Eingabe)

Für das Forschungsprojekt Dmotion kann kein automatischer Bezug von Staumeldungen externer Quellen (z.B. von Staumeldern des WDR) sichergestellt werden. Deshalb wurde sich im Projekt darauf beschränkt, Eingabemöglichkeiten für Verkehrsmeldungen durch einen oder mehrere Redakteure bereitzustellen. Die Möglichkeit, Staumeldungen an den WDR weiterzugeben und von dort zu empfangen, wird aber derzeit außerhalb des Forschungsprojekts im Rahmen von VID nachgerüstet.

Die Verkehrsmeldungen werden dem Verkehrslagesystem von Dmotion zur Verfügung gestellt, und alle Module, die eine Verkehrslage berechnen, ziehen diese Informationen in Betracht. Innerhalb Dmotion ist auch das übergreifende Strategiemanagement im AK300 zu nennen. Zusätzlich werden diese Meldungen auch anderen Diensteanbietern (z.B. AK 400) zur Verfügung gestellt werden. Da hier ein gemeinsames Referenzierungssystem notwendig ist, wurde in dieser Komponente dazu aufgrund der überregionalen, gesamteuropäischen Gültigkeit der Standard \Rightarrow RDS/TMC eingesetzt.

Die Komponente Verkehrsmeldungen ist auf die Eingaben der Betreiber angewiesen. Diese werden keiner Plausibilitätskontrolle unterzogen. Das TMC-Netz ist abhängig von der Anzahl der TMC-Location Codes im betrachteten Gebiet und kann deshalb sehr grobmaschig sein.

Für Düsseldorf sind 285 innerstädtische TMC-Location Codes vergeben worden, die die wichtigsten Hauptstraßen und Knotenpunkte abdecken. Dennoch können bei dieser Referenzierung genaue Positionsangaben verloren gehen. Für Routing-Anwendungen dürfte das aber keine große Rolle spielen.

Verkehrslageberechnung (DINO)

Ein weiterer Schwerpunkt des AK200 war die ballungsraumweite Verkehrslageberechnung DINO mit Datenvervollständigung und, als wichtigste Erweiterung aus Dmotion, mit Datenfusionsmöglichkeiten. DINO wurde in dem MOBIBALL-Projekt MOBINET (1998-2003) entwickelt.

Ein erster Ansatzpunkt der Datenfusion ist die Verwendung aller Daten für eine direkte Beeinflussung des Umlegungsergebnisses mit Hilfe der Verwendung von aktuellen LSA-Daten und einer Eichung globaler Parameter.

Durch die Online-Anbindung der OCIT-LSA und durch das Einpflegen der Wochenautomatik aller sich im Netz befindenden LSA ist es in Düsseldorf möglich, den aktuellen Zustand der LSA (Grünzeitenanteile der verschiedenen Verkehrsströme) entweder direkt zu messen oder zumindest über das aktuell laufende Signalprogramm zu ermitteln und somit in der Berechnung des aktuellen Verkehrszustandes mit zu berücksichtigen. Hierfür werden alle relevanten LSA-Programme Düsseldorfs in die Versorgung von DINO aufgenommen, so dass online über die LSA-ID und Programmnummer die Grünzeitenanteile aller relevanten Verkehrsströme aus der Datenbank abgegriffen werden können.

Da die Schaltung von Strategien direkten (Schalten eines anderen Rahmenprogramms an ausgewählten LSA) und indirekten Einfluss (Beeinflussung verkehrsabhängiger LSA durch veränderte Verkehrsströme) auf die LSA-Steuerung hat, finden diese auf diesem Weg Einzug in DINO. Einige Strategien beeinflussen durch die Schaltung bestimmter Signalprogramme direkt den Verkehrsfluss an ausgewählten Knotenpunkten. Durch die aufgebaute Datenbank aller Signalprogramme berücksichtigt DINO auf diesem Wege die aktuellen Freigabezeiten und kann somit die veränderten Kapazitäten der betreffenden Verkehrsströme in seinen Berechnungen berücksichtigen. Durch die Übermittlung der aktuellen Grünzeitenanteile können bei OCIT-LSA auch bei unveränderten Signalprogrammen Einflüsse aus geschalteten Strategien bei verkehrsabhängigen Steuerungen aufgrund von an den Verkehrsfluss angepassten Freigabezeiten berücksichtigt werden.

Neben den Anpassungen von temporären Daten für die Umlegung der aktuellen Periode ist es auch möglich, über den Vergleich von berechneten und übergebenen Daten über eine längere Periode (Tag, Woche, Monat) hinweg Einstellungen an globalen Parametern vorzunehmen.

Als ein möglicher Anwendungsfall wird hier die Eichung von globalen Parametern des Warteschlangenmodells mit Hilfe der übergebenen Rückstaulängen des Rückstauschätzers betrachtet. Mit dieser automatischen Parametereichung soll insbesondere das Auf- und Abbauverhalten der Warteschlangen realitätsnäher modelliert werden und in Folge dessen die netzweite Schätzung der Rückstaulängen verbessert werden.

Als weitere zu kalibrierende Parameter werden die Freiflussgeschwindigkeit und die Kapazität angesehen. Die Freiflussgeschwindigkeit kann mit Hilfe des FCE aufbauend auf den Taxi-

FCD und die Kapazität von Streckenabschnitten aus den Rückstaumodellen Rückstauschätzer und Übergangsmodell gewonnen werden.

Die Anpassung der OD-Matrizen bildet den Hauptteil der Anpassung der mit DINO berechneten Verkehrslage an das durch die übergebenen Daten repräsentierte aktuelle Verkehrsgeschehen. Deshalb ist einer der Hauptschwerpunkte die Einbeziehung aller zur Verfügung stehenden Daten in die OD-Matrix-Kalibrierung.

Ziel dieser Datenfusionstechnik ist es, nicht über die Umrechnung von Reisezeiten in Verkehrsstärken die Korrekturfaktoren zu beeinflussen, sondern unter Zuhilfenahme der Reisezeiten direkt eine qualitative Belegung für die Korrekturfaktoren zu finden, welche den aktuellen Unterschied zwischen geschätzter und erhobener Verkehrslage repräsentiert, und somit die Richtung der OD-Matrizen-Anpassung festzulegen.

Neben der direkten Verwendung der vordefinierten Korrekturfaktoren ist auch die Verwendung eines über die Zeit leicht geglätteten Wertes möglich (lineare Glättung vs. Kalman-Filter).

Um auch in schwach detektierten Bereichen des Netzes und insbesondere an den Netzrändern eine Berechnungsgrundlage für die Anpassung der OD-Matrizen zur Verfügung zu haben, wird für ausgewählte Querschnitte eine Gangliniendatenbank aufgebaut.

Die Gangliniendatenbank enthält für Werktage im Zeitraum von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr in Zeitintervallen von 15 Minuten die richtungsbezogene Anzahl der Fahrzeuge, die diesen Querschnitt passieren. Deshalb können die Gangliniendaten auch nur in diesem Zeitfenster (werktags, 6:00 bis 22:00 Uhr) Anwendung finden. Da jedoch der Freitagnachmittag im Vergleich zu den übrigen Nachmittagen der Woche einen erheblichen Unterschied im Verkehrsbild aufweist, wird die Gangliniendatenbank nur für die Zeiträume Montag bis Donnerstag 6:00 bis 22:00 Uhr und Freitag 6:00 bis 13:00 Uhr angewendet.

Da diese Daten allerdings nur einen groben und lediglich nach Tageszeiten aufgeschlüsselten Anhaltspunkt für die Verkehrsstärke darstellen, wird die für die DINO-internen Berechnungen notwendige Güte dieser quasi-statischen Daten als sehr niedrig angesetzt. Dadurch finden eventuell doch auflaufende Daten aus den anderen zuliefernden Modellen (Kantenzustand, Rückstauschätzer, Übergangsmodell und FCE) stärker in die Berechnung der aktuellen Verkehrslage Einzug.

Einen weiteren Schwerpunkt in der Weiterentwicklung von DINO bildet die Verwendung von Güten. Dieser Kennwert ist ein Maß für die Zuverlässigkeit des zugehörigen Datums. Er findet sowohl bei Eingangs- als auch bei Ausgangsdaten Verwendung.

Der Kennwert Güte aller Eingangsdaten wird zum einen zum Aussieben von unplausiblen Daten (Güte < 40%) und zum anderen für deren Einfluss innerhalb der Bewertung der aktuellen Verkehrslage herangezogen. Des Weiteren wird die Güte der Reisezeiten verwendet, um die Größe des Konfidenzintervalls für die Bestimmung der Korrekturfaktoren aus Reisezeiten (siehe 0) herangezogen.

Zusammenfassend ergibt sich das folgende Flussdiagramm des in Dmotion erweiterten DINO.

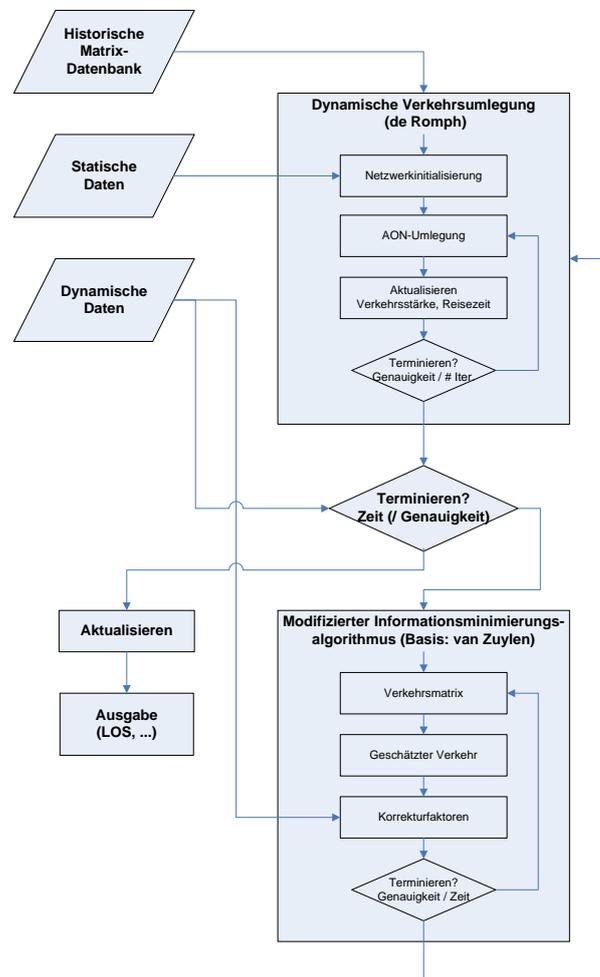


Abbildung 25: Flussdiagramm Dmotion-DINO

Nach der vollständigen Erstellung der Versorgung war es erstmals im Spätsommer 2007 möglich, DINO auf dem gesamten Verkehrsnetz des Düsseldorfer Ballungsraums rechnen zu lassen.

Dabei wurden Schwierigkeiten hinsichtlich der Laufsicherheit von DINO beobachtet. Diese konnten jedoch durch die Reduzierung der Zahl der Verkehrszellen von 300 auf 150 und durch die Portierung des Quellcodes von DINO auf moderne Entwicklungsumgebungen, die besseres Multithreading unterstützen, gelöst werden.

Die Einbeziehung der Gangliniendatenbank wurde erfolgreich umgesetzt, die dynamischen Schaltzeiten der LSA unter Einbeziehung auch der Wochenautomatik konnten größtenteils noch in 2007 verarbeitet werden.

Im Laufe des Jahres 2007 wurden jedoch algorithmische Probleme in DINO entdeckt, die aus seiner Entwicklungsgeschichte stammten und innerhalb von Dmotion nicht vollständig beseitigt werden konnten. Hier ist insbesondere zu nennen:

1. Unplausible Sprünge in den Verkehrsstärken auf angrenzenden Kanten ohne direkte Abflussmöglichkeit dazwischen (dieses Problem wurde noch in 2008 gelöst).
2. Unplausible Zuweisung von Null-Verkehren auf normalerweise stark befahrene Straßenabschnitte. Dieses Problem konnte zu großen Teilen, jedoch nicht vollständig, aufgelöst werden.
3. Unzureichende Behandlung der Warteschlangen auf kurzen Straßenabschnitten und daraus resultierende Überschätzung der Wartezeiten auf diesen Kanten. Dieses Problem konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht mehr gelöst werden.

Die softwaretechnische Behandlung dieser Probleme wurde im wesentlichen durch den für DINO verantwortlichen Partner ivh durchgeführt und nahm einen sehr großen Teil der für die Erweiterung von DINO vorgesehenen Entwicklungszeiten in Anspruch. Letztlich führten sie trotz sehr umfangreicher und aufwändiger Bemühungen aller beteiligten Partner leider dazu, dass die spezifizierten Datenfusionstechniken nicht mehr in der Laufzeit des Projekts in DINO integriert und somit auch nicht evaluiert werden konnten.

Netzanalyse im Übergangsbereich Stadt/Land

Um die durchgängige Verkehrslage als Grundlage für ein baulastträgerübergreifendes Verkehrsmanagement zu gewährleisten, ist es notwendig, den Verkehrszustand im Übergangsbereich des Stadt- und Autobahnnetzes zu analysieren. Während sich die bisher beschriebenen Modelle ausschließlich auf das städtische Verkehrsnetz beziehen, wurde ein zusätzliches Verkehrslagemodell für den Übergangsbereich Stadt/Land entwickelt und in das Gesamtsystem integriert, welches sowohl auf Verkehrsdaten der Stadt, als auch auf verkehrlichen und geometrischen Daten des Landes basiert. Räumlich betrachtet stellt der Übergangsbereich den Streckenabschnitt der Autobahnabfahrten zwischen dem Anfang des Ausfahrtstreifens auf der BAB und dem Knotenpunkt an der Grenze zum städtischen Netz dar. Modelltechnisch gesehen beschränkt sich der Gültigkeitsbereich der ermittelten Verkehrslage auf einen etwas kürzeren Streckenabschnitt, und zwar von den Induktionsschleifen auf der Rampe als Querschnitt des zufließenden Verkehrs bis zur Haltelinie des lichtsignalgeregelten Knotenpunktes als maßgebendem Querschnitt für den abfließenden Verkehrstrom.

Eine Analyse des Verkehrszustandes an den Nahtstellen zwischen Stadt und Land ist insbesondere an den Anschlussstellen anzustreben, bei denen es sich um stark belastete Abfahrten als Verbindungsglied zwischen dem BAB-Netz und den städtischen Haupteinfahrstraßen handelt. In Kombination mit dem Strategiemanagement des AK300 kommt den Übergangsbereichen eine besondere Bedeutung zu, die sich auf einer baulastträgerübergreifenden Haupt- oder Alternativroute befinden und deren Verkehrslage somit einen direkten Einfluss auf die entsprechende Strategieauslösungen haben kann.

Nach einer Analyse und Bewertung unterschiedlicher Modellansätze wurde der Algorithmus bzw. die Abschätzungsmethodik zur Ermittlung durchschnittlicher Warteschlangen und Verlustzeiten nach Kimber&Hollis als Modellgrundlage zur Erfassung des Verkehrszustandes für den Übergangsbereich ausgewählt. Mit Hilfe der erhobenen Verkehrsdaten aus dem

Feldversuch an der Anschlussstelle Düsseldorf-Stockum wurde dieser Algorithmus in der Form weiterentwickelt, dass er auf Basis der geometrischen Rahmenbedingungen, der verkehrstechnischen Infrastruktur und der Verkehrsdaten, als Ergebnis einen Verkehrszustand in Abhängigkeit der berechneten Verlustzeit wiedergibt.

Aufgrund der geometrischen Komplexität und der teilweise großen Variabilität von unterschiedlichen Anschlussstellenformen, die insbesondere bei stark belasteten Abfahrten als Übergänge zu städtischen Haupteinfallstraßen vorkommen, wurde bei der Erstellung der Feinspezifikation im Sinne der Übertragbarkeit des Modellansatzes darauf geachtet, möglichst alle relevanten Konfigurationsgrößen und Parameter zu berücksichtigen.

Die Konfiguration und Parametrierung des Modells hängt hauptsächlich von folgenden verkehrstechnischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen ab:

- ▶ **Vorhandene LSA-Telematik**
Zur Ermittlung des abfließenden Verkehrsstroms wird die vollständige Signalisierung aller Fahrbeziehungen am Knotenpunkt vorausgesetzt. Zudem hat die Steuerungseinrichtung (z.B. OCIT-Konformität, Verkehrsabhängigkeit) maßgebenden Einfluss auf das Modell.
- ▶ **Anzahl und Qualität der Detektion**
Die Qualität des detektierten Verkehrszuflusses auf der Rampe ist für die modellierte Verkehrslage von entscheidender Bedeutung. Zusätzliche Detektoren unmittelbar vor oder hinter dem Knotenpunkt am Ende des Übergangsbereiches erhöhen die Modellgüte durch eine genauere Abbildung des Verkehrsabflusses.
- ▶ **Geometrie des Übergangsbereichs**
Je komplexer die Geometrie eines Übergangsbereichs z.B. durch die Knotenpunktaufweitung, Länge, Krümmung oder Steigung ist, desto schwieriger gestaltet sich die Übertragbarkeit des Modells und desto größer ist der Einfluss auf die Verkehrslageberechnung.
- ▶ **Verkehrliche Besonderheiten**
Unabhängig von der Geometrie und Infrastruktur eines Übergangsbereichs können verkehrliche, abfahrtspezifische Besonderheiten wie z.B. Verkehrsstörungen/-engpässe im Zufluss- oder Abflussbereich auftreten, die durch die Einstellung einzelner Modellparameter gesondert berücksichtigt werden müssen.

Neben der Konfiguration und Parametrierung des Verkehrslagemodells wurden weitere Anforderungen, Grenzen und Voraussetzungen festgelegt, die den Einsatzbereich des Modells definieren. Im Folgenden werden die grundlegenden systemtechnischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für den Modelleinsatz in Kürze aufgeführt:

- ▶ **Anbindung Stadt-Land**
Da das Verkehrslagemodell im Übergangsbereich sowohl auf Verkehrsdaten des Landes NRW als auch auf Daten der Stadt Düsseldorf als Inputgrößen basiert, stellt die Anbindung der Zentralen der beiden Baulastträger die Hauptvoraussetzung für das Modell dar.
- ▶ **Verkehrs- und systemtechnische Infrastruktur**
Eine weitere Voraussetzung ist einerseits das Vorhandensein eines Messquerschnittes auf der Abfahrtsrampe zur Erfassung des von der BAB abfließenden Verkehrs und andererseits ein vollständig lichtsignalgeregelter Knotenpunkt an der Nahtstelle zum nachgeordneten, städtischen Verkehrsnetz.

- ▶ **Verfügbarkeit und Qualität der Inputdaten**
Die Prozessdaten der Messquerschnitte des Landes müssen in 5 min-aggregierten Werten online verfügbar sein. Neben der Existenz der notwendigen Infrastruktur (z.B. vollständig lichtsignalgeregelter Knotenpunkt) sind für die notwendigen, online und offline zur Verfügung stehenden Verkehrsinformationen definierte Messgenauigkeiten, Qualitätsansprüche und Fehlertoleranzen einzuhalten.
- ▶ **Parametrierung der maßgebenden Modellparameter**
Da die Qualität der Verkehrslageerfassung maßgeblich von der Parametrierung einzelner Verkehrskenngrößen und Modellparameter abhängt (z.B. Freigabezeit, SV-Anteil) müssen anschlussstellenspezifische Vor-Ort-Analysen durchgeführt werden.
- ▶ **Vorhandene Verkehrssituation**
Es wird darauf hingewiesen, dass der Einsatz des Verkehrslagemodells nur an den Anschlussstellen sinnvoll ist, die - zumindest zeitweise (z.B. in den Spitzenstunden) – durch ein hohes Verkehrsaufkommen überlastet werden.

Sofern alle aufgeführten Modellvoraussetzungen erfüllt sind, kann das Modell alle 5 Minuten die Verkehrslage für den Übergangsbereich zwischen den Verkehrsnetzen der beiden Baulastträger „Stadt“ und „Land“ im Online-Betrieb abbilden und somit die bisher bestehende Lücke in der Erfassung und Darstellung der Verkehrslage an den Nahtstellen der Baulastträger schließen. Für jedes Berechnungsintervall kann die durchschnittliche Reisezeit zwischen dem Messquerschnitt auf der Rampe und der Haltelinie des lichtsignalgeregelten Knotenpunktes am Ende des Übergangsbereiches bestimmt werden. Zusätzlich wird für jedes Intervall eine durchschnittliche Warteschlangenlänge [Pkw-E] und die Rückstaulänge [m] ermittelt. Auf Grundlage der Ergebnisdaten ist es neben der Verkehrslagedarstellung somit möglich, Reisezeiten für baulastträgerübergreifende Haupt- und Alternativrouten zu ermitteln.

Die bisherigen Erfahrungen in der Modellentwicklung haben gezeigt, dass das Modell in erster Linie Verkehrslagen mit besonders niedrigem und sehr hohem Verkehrsaufkommen – also im oberen bzw. unteren LOS-Bereich – gut abbilden kann. Bei Überschreitung der Verkehrsabflusskapazität an dem Knotenpunkt bzw. des Sättigungsgrades ($g > 1$) wird der Anstieg der Reisezeit bzw. die Zunahme der Rückstaulänge mit einem leichten Zeitversatz erkannt. Parallel zu den Berechnungen der Modellalgorithmik kann das Modell für den LOS „F“ auch eine rein messwertbasierte Verkehrslage ausgeben. Dies ist jedoch nur dann der Fall, wenn sich der Rückstau über den Messquerschnitt auf der Rampe ausweitet und die Belegung einen definierten Grenzwert überschreitet.

Um die Abhängigkeit der Modellergebnisse von der geometrischen und systemtechnischen Infrastruktur der Anschlussstellen und der Verfügbarkeit und Messgenauigkeit der Detektoren zu berücksichtigen, wird zusätzlich eine Güte berechnet, die den Modellergebnissen zugewiesen wird. Die Modellgüte setzt sich aus mehreren Einzelgüten zusammen und gibt dem Betrachter eine Auskunft darüber, wie verlässlich der berechnete Modellwert bzw. die daraus abgeleitete Verkehrslage ist.

2.8 AK300 – Baulastträgerübergreifendes Strategiemangement

2.8.1 AP300 – Anforderungen und Umsetzungen im Anwendungsfeld ViD

2.8.1.1 Allgemeines

Da die OCA in diesem Teil des Forschungsprojektes ausschließlich an den übergeordneten AP300-Sitzungen teilgenommen und an der Übertragbarkeit der Lösungen mitgewirkt hat, erfolgt hier eine Beschreibung der Arbeiten und Ergebnisse in der entsprechenden Flughöhe dieses AP. Auf eine differenziertere Betrachtung in der Ebene der weiteren AP wird aus diesem Grund verzichtet.

2.8.1.2 Arbeiten und Ergebnisse

Die Querschnittsaufgaben des AK300 wurden im Rahmen der einzelnen APs wahrgenommen. Die diversen Arbeiten bezüglich der technischen Kopplung der Systeme der Stadt Düsseldorf und des Landes Nordrhein-Westfalen, der Strategieplanung, Strategieversorgung, Implementierung und Systemintegration wurden in Abstimmung unter den Arbeitspaketen des AK300 sowie mit den anderen AKs des Projekts Dmotion durchgeführt.

Betriebskonzept für ein kooperatives Strategiemangementsystem

Ein wichtiger Aspekt dieses AK's lag in der Erarbeitung eines Betriebskonzeptes, mit dem die Zuständigkeiten und die Rollen der einzelnen Baulastträger (Stadt und Land) im kooperativen Strategiemangementsystem definiert wurden. In dem entwickelten Prozessmodell sind die einzelnen Schritte des Strategiemangements von der Situationsanalyse über die Anfrage bis zur Entscheidung, Umsetzung und Wirkungskontrolle von Strategien festgelegt. Gleichzeitig werden die Zuständigkeiten und Zugriffsrechte entsprechend den Anforderungen der Baulastträger gewahrt.

Die erarbeiteten Ergebnisse wurden in Abstimmung mit den Baulastträgern in folgenden Dokumenten spezifiziert:

- ▶ Teilsystembeschreibung Strategiemangement Land,
- ▶ Lastenheft Strategiemangement Land,
- ▶ Teilsystembeschreibung Strategiemangement Stadt und
- ▶ Feinspezifikationen Strategiemangement Stadt

Die Dokumente wurden sukzessive aus der Abstimmung mit den zukünftigen Anwendern des Systems und aus strategieplanerischen Gesichtspunkten angepasst.

Strategieplanung sowie die Strategieversorgung

Das Baulastträgerübergreifende Strategiemanagement hat im Vorfeld der Umsetzung einen detaillierten Planungsprozess der Leitstrategien erfordert. Im ersten Planungsschritt wurden regelmäßig wiederkehrende Verkehrsproblemen identifiziert sowie Netzabschnitte, deren Störung sich gravierend auf das Gesamtnetz auswirkt. Den Problemzonen wurden sogenannte Haupt- und Alternativrouten zugeordnet. Bei gestörter Hauptroute wird die zugehörige Alternativroute empfohlen. Der Unterschied zu bisherigen Konzepten ist, dass die Routen die Hoheitsgrenzen überschreiten: So kann z.B. die Stadt Düsseldorf bei Sperrung einer Rheinbrücke eine großräumige Umleitung unter Zuhilfenahme von ⇒dWiSta der Autobahn initiieren. Im nächsten Schritt werden auslösende Kriterien für Strategien und Kriterien zur Rücknahme einer Schaltung bzw. einer Strategie definiert. Als Kriterien wurden hauptsächlich Verkehrszustandsdaten sowie Kapazitäts-einschränkende Ereignisse wie z.B. Teil- und Vollsperrungen herangezogen.

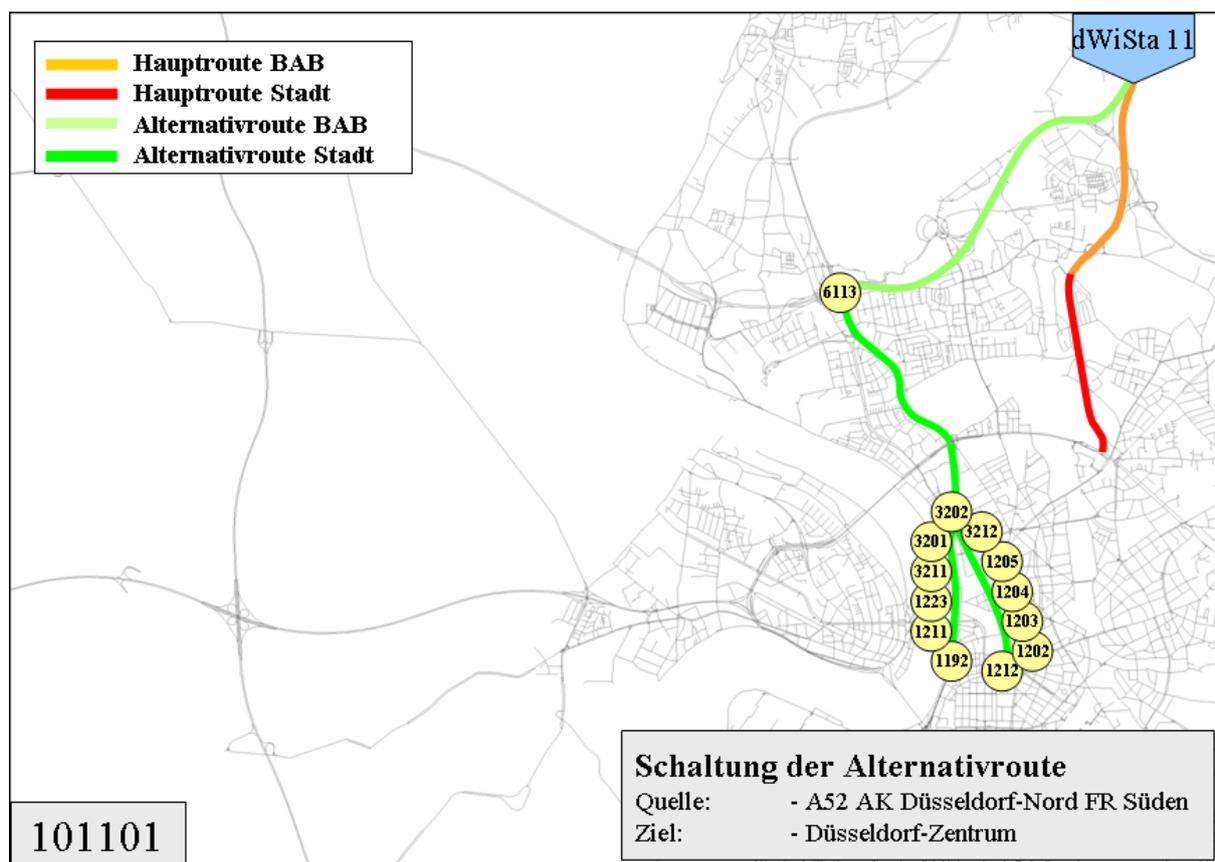


Abbildung 26: Grafische Darstellung der Strategieplanung einer baulastträgerübergreifenden Strategie

Der dokumentierte Stand der Strategieplanung wurde in einem Excel-Dokument pro Strategie gehalten. Die Excel-Dokumente beinhalten hoheitliche und baulastträgerübergreifende Strategien. Verkehrliche Kriterien und umzusetzende Aktionen der Strategien wurden in einheitlichen Formularen dokumentiert.

Im Planungsprozess wurde weiterhin die Gesamtheit aller Strategien samt ihrer gegenseitigen Auswirkungen berücksichtigt. Konflikte und korrespondierende Lösungsmechanismen mussten erkannt werden. Die Strategien wurden dann anhand verkehrlicher, politischer oder wirtschaftlicher Aspekte gegeneinander priorisiert. Die

Abprache zur Priorisierung von Strategien an einem Runden Tisch unter Beteiligung aller beteiligten Baulastträger war dabei sehr wichtig. Bei Erstellung der Konfliktmatrix des Strategieverbundes wurden beispielsweise die Konfliktmatrizen des jeweiligen Baulastträgers, also von Stadt und Land, berücksichtigt.

Die OCA war maßgeblich an der Abstimmung der von GEVAS als Grundlage der Strategieversorgung zu entwickelnden Standard-Workflows beteiligt. Es wurde für jeden Planungsfall der beiden Szenarien „Störung“ und „Sperrung“ ein eigener Standard-Workflow entworfen.

Die Standard-Workflows bei Stadt und Land unterschieden sich darin, dass die Stadt Düsseldorf zunächst in Bezug auf den Betrieb des Systems keine manuelle Eingriffsmöglichkeiten vorsehen wollte. Auf Seiten des Landes hingegen war die manuelle Eingriffsmöglichkeit durch einen Operator vor jeder Ein- und Ausschaltung einer dWiSta-Tafel gefordert. Im weiteren bestanden Unterschiede in verkehrlichen Voraussetzungen, so war es beispielsweise nur beim Land NRW der Fall, dass eine baulastträgerübergreifende Strategie auf Seiten des Landes ohne jegliche Schaltung durchgeführt wurde, es wurde hierbei lediglich die Kapazität der Alternativroute geprüft und die Operatorbestätigung für das Umleiten des Verkehrsstroms aus der Stadt eingeholt.

Kommunikation zwischen den Baulastträgern und ⇒Maßnahmenaustauschliste (MAL)

Für den Maßnahmen austausch mit dem anderen Baulastträger wurde ein Konzept erarbeitet und im Detail umgesetzt. Der Verfahrensablauf erfolgt im Grundsatz folgendermaßen:

- ▶ Der aktive Baulastträger sendet eine Maßnahmenanforderung an den passiven Baulastträger
- ▶ Der passive Baulastträger sendet eine Bestätigung der Maßnahmenanforderung an den aktiven Baulastträger und leitet die empfangene Maßnahmenanforderung im eigenen System als Einschalttelegramm an den passiven Workflow-Aktor weiter.
- ▶ Beim passiven Baulastträger wird der entsprechende Workflow instanziiert, die Schaltbarkeit (verkehrliche Schaltbarkeit und technische Schaltbarkeit der Aktorik) wird innerhalb des Workflowablaufs noch einmal geprüft, bevor die Aktivität geschaltet wird.

An dieser Stelle findet beim Land die Operator-Interaktion statt – erst nach der Bestätigung des Operators wird dem aktiven Baulastträger über die Maßnahmen austauschliste (MAL) „Geschaltet“ signalisiert, woraufhin der aktive Baulastträger mit der Umsetzung seiner eigenen Schaltungen fortfährt.

- ▶ Für die Rücknahme der Maßnahmenanforderung durch den aktiven Baulastträger empfängt der passive Baulastträger eine Maßnahmenanforderung mit dem Schaltwert für die Rücknahme. Daraufhin beendet der passive Baulastträger die zugehörige Workflowinstanz, womit die laufenden Schaltungen beim Land (dWiSta-Tafeln) zurückgenommen werden.

Ein wesentlicher Bestandteil in der Umsetzung des Strategieabgleichs zwischen den beiden Baulastträgern war die Maßnahmen austauschliste. Dabei handelt es sich um Informationen, die online zwischen den Baulastträgern ausgetauscht werden und die sämtliche Informationen über die Schaltbarkeit und die Umsetzung von Maßnahmen beinhalten. Die

Datenstruktur der Maßnahmenauschliste ist so definiert, dass sie sowohl für die Rolle des aktiven als auch für die des passiven Baulastträgers zum Informationsaustausch mit dem jeweils anderen Baulastträger dient.

Die MAL enthält für jeden Schaltwert eines Maßnahmenaktors folgende Informationen:

- ▶ Schaltwunsch
- ▶ Geschaltet
- ▶ Schaltbar
- ▶ Version

Die Übertragung der Zustandsinformationen pro Maßnahme (Maßnahme schaltbar/nicht schaltbar, Maßnahme geschaltet/nicht geschaltet etc.) erfolgt ereignisorientiert. Das heißt, dass über OTS nicht zyklisch eine ganze Liste mit den Informationen aller Maßnahmen übertragen wird, sondern dass - sobald eine Änderung in Bezug auf eine Maßnahme auftritt - die entsprechenden Informationen für diese Maßnahme gesendet werden.

Das Feld „Schaltbar“ der Maßnahmenauschliste, das von beiden Baulastträgern immer aktuell bereitgestellt wird, bildet die Entscheidungsgrundlage dafür, ob eine Maßnahmenanforderung überhaupt gestellt wird:

- ▶ Die aktuelle Verkehrssituation im Netz: Maßnahmen, die die Führung von Teilverkehrströmen über gestörte Streckenabschnitte oder Streckenabschnitte mit zu geringer Restkapazität bedingen, werden als nicht schaltbar ausgewiesen.
- ▶ Ereignisse: Maßnahmen, die Streckenabschnitte beinhalten, auf denen derzeit Baustellen liegen oder die aufgrund von besonderen bekannten Verkehrsnachfragemustern (z.B. Messeverkehr) zur Zeit nicht geschaltet werden sollen, werden als nicht schaltbar gekennzeichnet.
- ▶ Störung der Aktorik: Maßnahmen, für die die Schaltung derzeit gestörter Aktorik obligatorisch ist, werden als nicht schaltbar gekennzeichnet.
- ▶ Konflikte zu derzeit geschalteten Strategien: Maßnahmen, die Konflikte zu derzeit geschalteten Strategien beinhalten, werden anhand ihrer Prioritäten beurteilt. Niedriger priorisierte Strategien werden als nicht schaltbar, höher priorisierte als schaltbar gekennzeichnet.

Die ereignisorientierte Übertragung der Zustandsinformationen erzeugt gegenüber einer zyklischen Übermittlung sämtlicher Zustandsinformationen wesentlich weniger Datentransfer und verbessert somit die Performance des Systems.

Betrachtet man im System eines Baulastträgers die vorliegenden Zustandsinformationen zu allen Maßnahmen, so hat man das stets aktuelle Bild der Maßnahmenauschliste.

Operator-Eingriff

Im Rahmen der Umsetzung hat sich die Operator-Anfrage als wichtiges Detail in der Umsetzung der baulastträgerübergreifenden Strategien herausgestellt. Wird eine Anfrage an den Operator gestellt, hat dieser die Möglichkeit

- ▶ die Anfrage zu bestätigen,

- ▶ die Anfrage vorläufig abzulehnen (d.h. die Anfrage wird nach einer definierten Wartezeit wiederholt) oder aber
- ▶ die Anfrage endgültig abzulehnen (d.h. die Anfrage wird - solange die Maßnahmenanfrage läuft - nicht wiederholt).

Weitergabe von Routenempfehlungen

Ein weiteres Detail der Entscheidungsverfahren war die Weitergabe von Routenempfehlungen an Private Diensteanbieter. Eine Routenempfehlung wird dabei im Rahmen einer Strategie von der städtischen Zentrale als Link-Liste an den Privaten Diensteanbieter übertragen. Jedem Streckenabschnitt wird dabei ein Faktor zugewiesen, der von Seiten des Content Center Private an die Routingdienste weiter übertragen wird. Im Routing werden dann die Kantenwiderstände mit den übertragenen Faktoren multipliziert. Für den Fall, dass eine Strategie mit Führung des Teilverkehrsstroms über die Alternativroute umgesetzt wird, werden die Widerstände der Alternativroute verringert und die Widerstände der Hauptroute erhöht.

2.9 AK400 – Strategiemangementabgleich öffentlich – privat

2.9.1 AP410 – Framework für das Strategie- und Wissensmanagement

2.9.1.1 Arbeiten und Ergebnisse

Das im Projekt entwickelte übergreifende Strategiemangement auf Seiten der öffentlichen Baulastträger ist maßgebende Voraussetzung für eine durchgängige Verkehrsinformationsweitergabe und für eine effektive Verkehrssteuerung im Ballungsraum Düsseldorf. Dessen Wirksamkeit ist aber nur dann gesichert, wenn auch die unterschiedlichen Services privater Diensteanbieter am Strategieabgleich beteiligt werden. Im Rahmen des Projekts Dmotion wird daher ein Strategiemangement realisiert, welches die zwischen Land NRW und der Stadt Düsseldorf abgestimmten Strategien an einen privaten Diensteanbieter weitergibt.

Der private Diensteanbieter soll zudem an der Generierung verkehrsrelevanter Daten beteiligt werden. Hierfür wurde ein strategischer Rahmen erstellt und die Verwendung von FCD im kommunalen Verkehrsmanagement erprobt.

Ziel des AP410 ist die Entwicklung und der Aufbau eines abgestimmten Strategie- und Wissensmanagements mit Fokus auf einen Strategieabgleich zwischen öffentlichen Zentralen und privaten Dienste-Portalen.

Dazu wurde zu Beginn des Projektes in Abstimmung mit dem AP120 eine Anforderungsanalyse zum Aufbau des Frameworks vorgenommen, die zur Identifizierung folgender Teilsysteme im Anwendungsfall der privaten Verkehrsinformationsdienste führte.

Ein Ergebnis dieser Abstimmung ist auch die Teilsystemspezifikation „Verkehrsinformationsdienste Private“, welche die Grundlage für die weiteren Arbeiten in diesem AK darstellt.

Das Content Center Private realisiert den Informationsaustausch des Teilsystems „Verkehrsinformationsdienste Private“ mit den öffentlichen Zentralen. Dabei werden aus der öffentlichen Zentrale zum einen Strategieinformationen aus dem Strategiemangement kommunal und zum anderen Verkehrslageinformationen aus dem Content Center Verkehrsdaten kommunal an das Content Center Private übertragen. In die andere Richtung liefert das Content Center Private FCD-Informationen an das Content Center Verkehrsdaten kommunal, um in der öffentlichen Zentrale eine Verkehrslageberechnung zu unterstützen.

Laut Vereinbarung werden nur veredelte Daten (Verkehrslage, Meldungen, Routenempfehlungen als Strategielinkliste) ausgetauscht. Dabei gilt die Festlegung, dass die Referenzierung geometrischer Informationen über eine Location Code List (\Rightarrow LCL) vorgenommen wird. Hierzu wurden im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf 285 zusätzliche Punkt-Locations festgelegt und von der ausführende Behörde (Straßen.NRW) in die bundeseinheitliche LCL eingepflegt. Der kleine Verlust an Genauigkeit, der durch das relativ grobe LCL-Netz bei der Referenzierung von Verkehrsdaten entstehen kann, wird durch die problemlose Weiterverwendbarkeit, die Zukunftsfähigkeit der LCL und die Beschränkung der Verkehrsinformation auf das Hauptstraßennetz der Stadt Düsseldorf kompensiert.

Die Einbindung privater Verkehrsinformations- und Service-Provider wurde im Rahmen von Dmotion prototypisch umgesetzt und in der Praxis erprobt. Die innerhalb von Dmotion

ermittelten Verkehrsinformationen und hieraus abgeleiteten Strategien (Alternativroutenempfehlungen) werden sowohl in einem Internetportal als auch für Navigationslösungen bereitgestellt. Hiermit entsteht ein konsistenter Verbund zwischen kollektiven und individuellen Informationssystemen.

Um das im Projekt entwickelte baulasträgerübergreifende Strategiemangement auch in individuellen Diensten wirken zu lassen, wurden privatwirtschaftliche Diensteanbieter am Informations- und Strategieaustausch beteiligt. So wurde eine Plattform aufgebaut, um für die Stadtwerke Düsseldorf einen Firmen-Infodienst mit Internetportal und Online-Navigation anzubieten. Zusätzlich hat der assoziierte Partner BMW eine Integration in seine Incar-Navigation realisiert.

Einbindung privater Diensteanbieter

Ein verbessertes Informationsangebot für den Verkehrsteilnehmer setzt einen übergreifenden Austausch über die Verkehrssituation – sowohl auf dem städtischen Straßennetz als auch auf den Autobahnen – sowie die Abstimmung über daraus resultierende verkehrliche Maßnahmen voraus. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu erhöhen, erhält der Diensteanbieter Informationen (Verkehrsdaten, Ereignismeldungen und Alternativroutenempfehlungen) der öffentlichen Hand und bereitet diese für die Verwendung in den individuellen Diensten auf. Dabei werden Verkehrszustände und Ereignismeldungen in einer Karte dargestellt und zu Geschwindigkeitsganglinien für ein dynamisches Routing in einem Internetportal und in der Online-Navigation umgesetzt.

Die zwischen der Stadt Düsseldorf und dem Land NRW abgestimmten Strategien werden als Routenempfehlung an die Diensteanbieter übermittelt und dort in der Internet-Routenplanung und in Navigationslösungen berücksichtigt. Diese Berücksichtigung von öffentlichen Verkehrsmanagementstrategien und damit die Einbindung des Diensteanbieters in die Umsetzung der Strategien ist zuvor noch in keiner Kooperation zwischen öffentlicher Hand und privatwirtschaftlichen Diensteanbietern umgesetzt worden.

Strategiekonformes Routing

Die zwischen der Stadt Düsseldorf und dem Land NRW im Vorfeld abgestimmten Alternativroutenstrategien werden bei deren Aktivierung dem Diensteanbieter zur Verfügung gestellt. Eine Alternativroutenstrategie besteht aus der gesperrten oder gestörten Hauptroute, der empfohlenen Alternativroute und einem erläuternden Text.

Um bei der individuellen Routenführung nur die Verkehrsteilnehmer umzuleiten, die die vereinbarte Hauptroute in ihrer ganzen Länge durchfahren, wurden sogenannte Triggerkanten am Anfang und am Ende einer Hauptroute eingeführt. Nur denjenigen Verkehrsteilnehmern, die über beide Kanten fahren würden, wird die Alternativroute vorgeschlagen. Dazu werden die Widerstände auf der Hauptroute soweit erhöht, dass die Alternativroute die geringeren Widerstände aufweist und somit die Routenberechnung ein entsprechendes Ergebnis, eine Wegeführung über die Alternativroute, liefert.

Führt also der Nutzer des Firmen-Infodienstes im Internetportal eine Reiseplanung durch, die von einer ausgelösten Strategie betroffen ist, wird ihm eine Wegeführung entlang der entsprechenden Alternativroute vorgeschlagen. Die Präsentation erfolgt in Form einer Liste und

als in einer Karte eingezeichneter Polygonzug. Zur Steigerung der Akzeptanz wird zusätzlich eine Begründung für die Routenempfehlung mitgeliefert.

Die im Firmen-Infodienst eingesetzte Online-Navigation zeichnet sich dadurch aus, dass im Navigationsendgerät – einem handelsüblichen Mobiltelefon – keine digitale Karte des Straßennetzes vorliegt und die Routenberechnung in einer Zentrale vorgenommen wird. Die berechnete Route wird dann in Form eines Zielführungsgraphen an das Navigationsendgerät übertragen. Der Nutzer der Online-Navigation fragt also durch Eingabe einer Zieladresse in einer Servicezentrale die Routenberechnung an.

Ist von dieser Routenanfrage eine ausgelöste Strategie betroffen, wird in demselben Verfahren wie in der Portal-Routenplanung eine strategiekonforme Berechnung vorgenommen und als entsprechender Zielführungsgraph an das Navigationsendgerät zur Durchführung der Navigation übertragen.

Bei der Incar-Navigation wird die Routenberechnung eigenständig auf der im Fahrzeugendgerät hinterlegten digitalen Straßenkarte vorgenommen. Zur Überprüfung, ob für diese berechnete Route aktuell eine Strategie vorliegt, wird diese an eine Servicezentrale übertragen. Liegt in der Service-Zentrale eine strategische Routenempfehlung vor, so wird eine entsprechende strategiekonforme Route berechnet und auf Wegepunkte abgebildet. Diese Wegepunkte werden an das Fahrzeugendgerät übergeben und können dort für eine alternative Routenberechnung und Zielführung verwendet werden.

Bei der Georeferenzierung der Routenempfehlung wurde mit einer für Düsseldorf erweiterten TMC-Location Code Liste ein etablierter Standard genutzt, der es ermöglicht, den Fokus der Entwicklung auf die automatisierte, dynamische Umsetzung der Informationen zu setzen. Durch die Tatsache, dass bei der Auslösung einer Strategie in der städtischen Verkehrssystemmanagement-Zentrale für jeden einzelnen Streckenabschnitt der betroffenen Haupt- und Alternativrouten ein Faktor gesetzt wird, wird eine Umsetzung der Strategie durch den Diensteanbieter ermöglicht, ohne dass die Strategie vorab in dessen System versorgt sind.

Firmen-Infodienst

Mit den Stadtwerken Düsseldorf (SWD) konnte das Projekt Dmotion einen assoziierten Partner für die Entwicklung und die Demonstration eines Firmen-Infodienstes gewinnen. Damit konnte einer ausgewählten Nutzergruppe ein erweitertes maßgeschneidertes Informationsangebot zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund ihrer hohen Fahrleistungen im Stadtgebiet ist diese Gruppe außerdem für eine Akzeptanz- und Wirksamkeitsuntersuchung in besonderem Maße geeignet.

Zur Erstellung der Dienste wurden eine Zielgruppenanalyse sowie eine Vorab-Nutzerbefragung durchgeführt, die mit Pendlern und Mitarbeitern im Außendienst potenzielle Nutzergruppen definierte und zur Festlegung des gewünschten Dienstumfangs führte.

Neben dem oben beschriebenen strategiekonformen Routing wird den Mitarbeitern der Stadtwerke Düsseldorf eine spezielle Aufbereitung von POI (Point of Interest) angeboten. Diese POI können in der Karte zur Anzeige gebracht und für die Routenplanung als Start- oder Zieladresse direkt ausgewählt werden.

Als spezielle POI-Layer werden die SWD-Betriebsstätten sowie die Gastankstellen in der Stadt Düsseldorf angezeigt. Letztere insbesondere vor dem Hintergrund, dass diese von den

Stadtwerken selbst betriebenen Einrichtungen ausfallträchtiger sind als Benzin- oder Dieselpumpsäulen. Daher sind hier auch dynamische Informationen, wie der Betriebszustand der Gastankstellen hinterlegt. Dieser Zustand wird in der Betriebszentrale der Stadtwerke eingegeben und kann vom Nutzer im Portal abgerufen werden, um vergebliche Anfahrten zu einer temporär nicht verfügbaren Gastankstelle zu vermeiden.

2.10 AK500 – Informationsmanagement

2.10.1 AP510 – Framework des Informationsmanagements

2.10.1.1 Arbeiten und Ergebnisse

Kern des Arbeitskomplexes 500 ist die Entwicklung eines Frameworks für die Profilierung und Bewertung von Informationssystemen im baulastträgerübergreifenden Verkehrsmanagement in Düsseldorf unter besonderer Berücksichtigung der bestehenden bzw. geplanten öffentlichen und privaten Dienstplattformen sowie der kollektiven Aktorik im Straßenraum.

Innerhalb des AP510 entstand ein Framework bestehend aus Richtlinien, Regeln, Methoden und Werkzeugen, welches die Entwickler, Betreiber oder auch Benutzer von bestehenden Verkehrsinformationssystemen bei der Umsetzung, Evaluierung und Validierung und damit auch bei der Qualitätssicherung dieser Systeme unterstützt.

Ein Hauptaugenmerk bei der Entstehung dieses Frameworks lag auf dessen Wiederverwendbarkeit, Übertragbarkeit und Anpassungsfähigkeit an neue Rahmenbedingungen. Das Framework besteht aus folgenden drei Teilsystemen:

- ▶ Profilierung und Datenerfassung
- ▶ Konformität und Interoperabilität
- ▶ Bewertung und Nutzerakzeptanz

Teilsystem „Profilierung und Datenerfassung“

Im Teilsystem „Profilierung und Datenerfassung“ erfolgt sowohl die einheitliche und systematische Erfassung und Kategorisierung wesentlicher Eigenschaften der Verkehrsinformationssysteme als auch die Erfassung der spezifischen Anforderungen verschiedener Nutzergruppen.

Dazu wurden Profile definiert, mit deren Hilfe Eigenschaften von Verkehrsinformationssystemen und Nutzeranforderungen systematisch beschrieben werden können. Diese Profile wurden mit jeweils einem XML-Schema-Dokument formal spezifiziert. Konkrete Verkehrsinformationssysteme können damit auf Grundlage des jeweiligen XML-Schema-Dokuments mit Hilfe eines XML-Dokuments beschrieben werden. Während des Forschungsprojektes wurden einige Anpassungen an den jeweiligen Profilspezifikationen notwendig, die gemeinsam mit den Projektpartnern abgestimmt wurden.

Zur konkreten Beschreibung eines Verkehrsinformationssystems mit Hilfe der definierten Profile wurde das Software-Werkzeug „Profileditor“ entwickelt. Mit diesem Software-

Werkzeug ist es möglich, zu einem vorgegebenen XML-Schema-Dokument konforme XML-Dateien möglichst komfortabel und einfach zu erstellen. Der Editor soll somit auch Anwendern, die keine Kenntnisse von XML besitzen, die Möglichkeit geben, ihre Systeme mit Hilfe eines definierten Profils zu beschreiben und das resultierende XML-Dokument zu erzeugen.

Ein weiteres Werkzeug für das Teilsystem ist das Software-Werkzeug „Fragebogensystem“. Mit diesem Tool ist es möglich, Fragebögen zu erstellen, anzupassen und zu erweitern. Dabei wurde besonderer Wert auf die einfache Bedienbarkeit gelegt.

Das Fragebogensystem wurde innerhalb des Projekts zur Erstellung verschiedener Befragungen innerhalb der AP des AK600 verwendet. Dabei stellte sich heraus, dass die Benutzung sich sehr einfach gestaltete und so v.a. die Abstimmung zwischen den Projektpartnern bei der Erstellung von Fragebögen wesentlich verbessert werden konnte.

Teilsystem Konformität und Interoperabilität

Im Teilsystem „Konformität und Interoperabilität“ wurde eine Systematik zur Verifikation und Validierung implementierter Systeme entwickelt. Zur Unterstützung dieser notwendigen V&V-Aktivitäten wurde innerhalb dieses Teilsystems ein Werkzeug zur automatischen Generierung von Testfällen aus modellbasierten Systemspezifikationen konzipiert und schließlich prototypisch umgesetzt.

Neben der erfolgten Implementierung wurde die Methode der Testfallgenerierung auch auf Grundlage erfolgter Diskussionen und Abstimmungen mit den Projektpartnern weiter entwickelt. Der Prototyp wurde den Projektpartnern innerhalb eines AK500-Workshops präsentiert.

Folgende Abbildung zeigt einige Screenshots der verwendeten Werkzeugkette zur Testfallgenerierung.

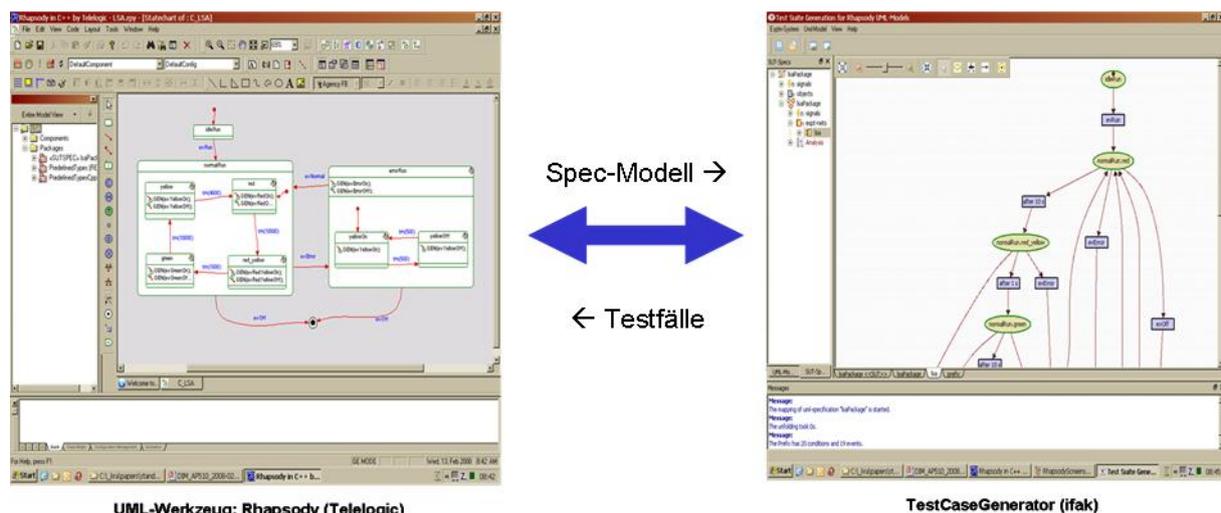


Abbildung 27: Werkzeug-Kette zur Realisierung der Testfall-Generierung

Dabei wird als UML-Werkzeug zur Modellierung der Systemspezifikation „Rhapsody“ der Firma Telelogic eingesetzt. Der vom ifak entwickelte TestCaseGenerator liest die Systemspezifikation über die von Rhapsody angebotene API aus und wendet die entwickelte Methodik zur Testfallgenerierung an. Die generierten Testfälle werden anschließend wieder

über die Rhapsody-API dem Systemmodell übergeben und dort als Sequenzdiagramme dargestellt.

Teilsystem Bewertung und Nutzerakzeptanz

Im Teilsystem „Bewertung und Nutzerakzeptanz“ stand die Erstellung einer Methodik zur systematischen Bewertung von Verkehrsinformationssystemen im Vordergrund. Unterstützend wurde ein Werkzeug entwickelt, mit dem es möglich ist, Verkehrsinformationssysteme dahingehend zu bewerten, ob sie technisch realisierbar sind und ob sie den erwarteten Anforderungen spezieller Nutzergruppen entsprechen.

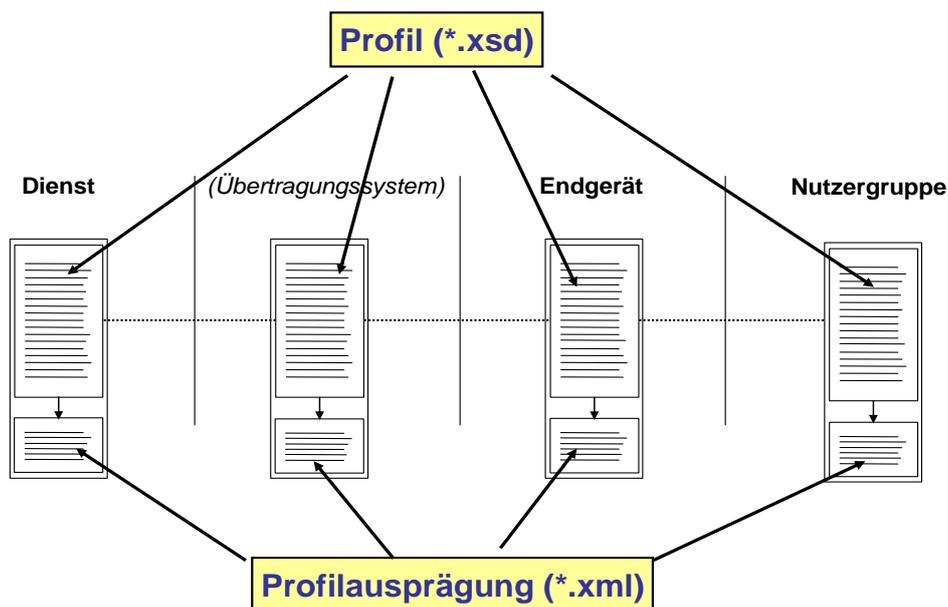


Abbildung 28: Formaler Input des Bewertungssystems

Dabei wurden die Ergebnisse des Teilsystems „Profilierung und Datenerfassung“ als Input verwendet, insbesondere die Definition von Profilen zur Beschreibung von Verkehrsinformationssystemen und Nutzeranforderungen. Die für die Bewertung relevanten technischen Eigenschaften einer Komponente (Verkehrsinformationssystem, Endgerät) eines Verkehrsinformationssystems werden somit durch zu den entwickelten Profilen konforme XML-Dokumente beschrieben und dem Bewertungssystem zur Verfügung gestellt. Auch die Nutzeranforderungen werden mit Hilfe eines definierten Profils beschrieben und dienen dem Bewertungssystem als weiteren Input.

Innerhalb des Bewertungssystems können diese verschiedenen Komponenten dann zu beliebigen Verkehrsinformationssystemen verknüpft werden (siehe folgende Abbildung).

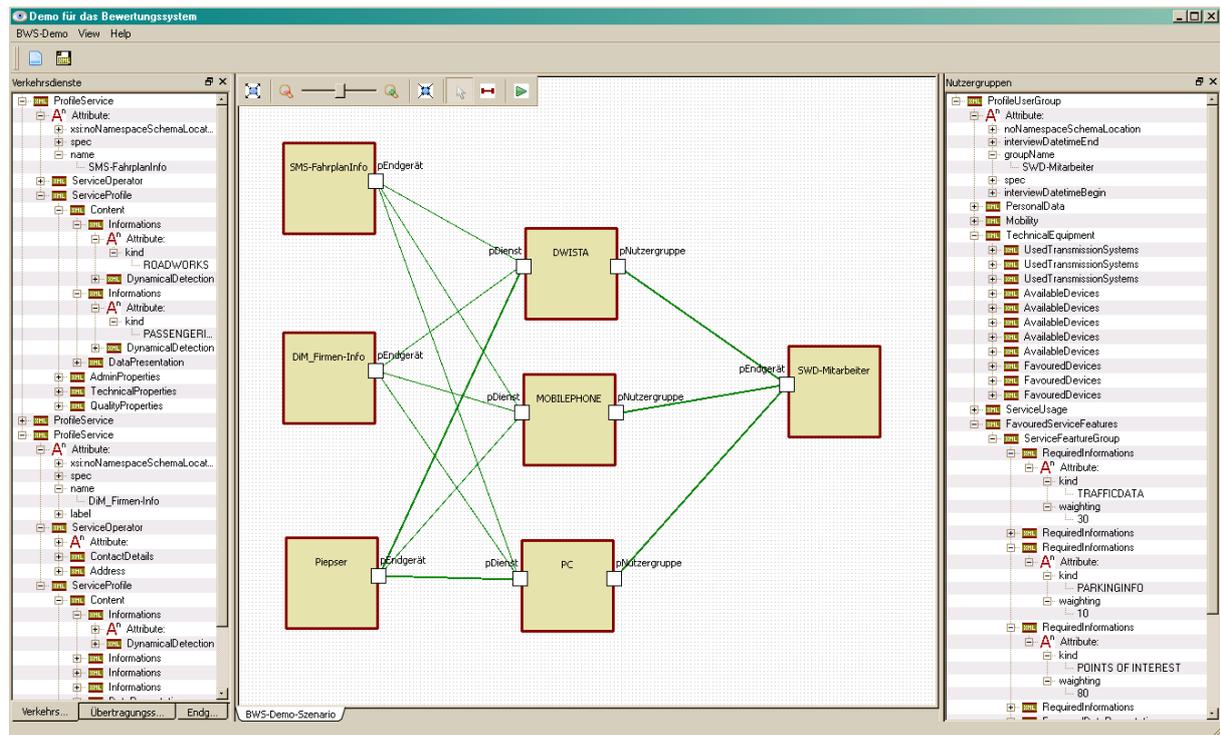


Abbildung 29: Verknüpfung zu Verkehrsinformationssystemen mit entsprechenden Nutzeranforderungen

Dabei gilt, dass ein Verkehrsinformationssystem aus Verkehrsinformationssystemdienst und Endgerät besteht. Eine Verknüpfung eines Endgerätes mit einer Nutzergruppe bedeutet, dass die Anforderungen dieser Nutzergruppe mit allen möglichen dem Endgerät zuordenbaren Verkehrsinformationssystemen in die Bewertung mit einbezogen werden.

Die automatische Bewertung der durch die Verknüpfungen möglichen Verkehrsinformationssysteme erfolgt dann auf Grundlage einer Regelbasis, die in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern entwickelt wurde. Grundlage dieser Regelbasis sind wieder die im Teilsystem „Profilierung und Datenerfassung“ erstellten Profile zur Beschreibung der verschiedenen Komponenten eines Verkehrsinformationssystems sowie der Anforderungen verschiedener Nutzergruppen an ein Verkehrsinformationssystem.

Die Gesamtbewertung, sowie die entsprechenden Teilbewertungen inklusive ihrer jeweiligen Gewichtungen werden dem Nutzer dargestellt. Daneben ist es möglich, die Gewichtungen der jeweiligen Anforderungen einer Nutzergruppe anzupassen, um somit auf die für das jeweilige Verkehrsinformationssystem optimale Nutzergruppe zu schließen.

2.11 AK600 – Feldversuche und Evaluierung des Gesamtsystems

2.11.1 Allgemeines

Für die Nutzung und die Akzeptanz der Informationsdienste bei den Verkehrsteilnehmern ist es wichtig, dass alle technischen Systeme in Dmotion reibungslos ineinandergreifen. Nur wenn Störungsmeldungen und Handlungsempfehlungen dem Nutzer zeitnah, zuverlässig und verständlich übermittelt werden, können Strategien und Maßnahmen ihre volle verkehrliche Wirkung entfalten. Die Evaluierung des Projektes Dmotion beleuchtet daher die Frage, wie die in Dmotion entwickelten und in ein Gesamtsystem integrierten Komponenten zur besseren Information der Verkehrsteilnehmer, zur effizienten Nutzung der Verkehrsinfrastruktur und in der Folge zur Minderung von Staufolgen beigetragen haben.

Im Arbeitskomplex 600 „Feldversuche und Evaluierung des Gesamtsystems“ wurden alle relevanten Systeme, Verfahren und Methoden im Forschungsvorhaben einem ständigen, projektbegleitenden integrativen Prozess zur Bestimmung ihrer Leistungsfähigkeit unterzogen. Die Grundlage hierfür bildete ein zuvor auch im AK500 definiertes Bewertungssystem, mit dessen Hilfe die Auswertung und Beurteilung der Untersuchungsergebnisse erfolgen konnte.

Ausgehend von den vorrangig im AK100 erarbeiteten Nutzeranforderungen (Spezifikation der Teilsysteme im AP130) und den Beschreibungen des Leistungsumfangs der Applikationen, Systeme und Verfahren wurden entsprechende Bewertungskategorien definiert und verschiedene Bewertungsmethoden zum Einsatz gebracht.

Sowohl aus technischer als auch aus verkehrlicher Sicht war eine stufenweise Evaluierung zielführend. Aus technischer Sicht waren nach einer vorangegangenen Anforderungsanalyse detaillierte Felderhebungen erforderlich, um eine ausreichende Datenbasis für die Eigenevaluierung der zu entwickelnden Ansätze bereitzustellen.

Die Evaluierung war dabei sehr eng mit den anderen Arbeitskomplexen und -paketen verknüpft, da ein wesentlicher Teil der Bewertung von der Verfügbarkeit spezifischer Daten und Informationen abhing, die im Laufe des Projektes ermittelt wurden. In Erweiterung zu der in allen anderen Arbeitskomplexen durchgeführten Eigenevaluierung der Systeme, Verfahren und Methoden der Partner stand hierbei die übergeordnete Beurteilung von funktionalen (Teil-)Systemen und die Ermittlung von verkehrlichen, wirtschaftlichen und qualitativen Wirkungen im Vordergrund.

Der Arbeitskomplex gliedert sich in die folgenden sieben Arbeitspakete:

- ▶ AP610: Untersuchungsdesign
- ▶ AP620: Felduntersuchungen
- ▶ AP630: Technische Wirksamkeitsanalyse
- ▶ AP640: Verkehrliche Wirksamkeitsanalyse
- ▶ AP650: Nutzerakzeptanz
- ▶ AP660: Bewertung (volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich)

► AP670: Leitfaden für die Übertragung

Die OCA war im Rahmen von Dmotion in diesem Arbeitskomplex ausschließlich an den Arbeitspaketen 610, 620, 630 und 670 beteiligt. In den nachfolgenden Kapiteln werden die wichtigsten erzielten Ergebnisse in diesen Arbeitspaketen näher vorgestellt.

2.11.2 AP610 – Untersuchungsdesign

2.11.2.1 Arbeiten und Ergebnisse

Als eine wesentliche Grundlage für die Felduntersuchungen wurde im Rahmen des Arbeitspaketes Untersuchungsdesigns die Auswahl der Untersuchungsgebiete bzw. geeigneter Streckenabschnitte im Verkehrsnetz getroffen. Neben der räumlichen Eingrenzung der Untersuchungsgebiete für die Feldunteruntersuchungen wurden die relevanten Untersuchungszeiträume bestimmt.

Bei der Planung der Felduntersuchungen wurden von Anfang an die Anforderungen der Methoden und Verfahren der Partner bzw. die Vorgaben der Evaluierung berücksichtigt. So wurden für jede Felduntersuchung die geeignete Methodik und entsprechende Zielgrößen und Indikatoren festgelegt.

Bewertungsmethode

Die Bewertungsmethode verkehrlicher Wirkungen beinhaltet die Messung oder Abschätzung der Auswirkungen und Effekte der vorgesehenen Steuerung oder Beeinflussungsmaßnahmen für eine ausgewählte Nutzergruppe (Verkehrsteilnehmer und Betreiber).

Da die Bewertung anhand der Änderung definierter Bewertungsindikatoren vorgenommen wird, wurde eine Vorher-/Nachher-Untersuchung geplant. Als Testszenario für die Vorher-/Nachher-Untersuchung diente die Felduntersuchung Düsseldorf-Nord. Zur Datengewinnung wurden reale Messungen verwendet. Als kontinuierliche Detektionssysteme stehen in Düsseldorf LSA-Schleifendetektoren zur Verfügung, die durch weitere Detektionssysteme (Videodetektion, ⇒PIR-Detektoren, ⇒ANPR-Systeme) zwischen den Knotenpunkten ergänzt werden.

Experimentelle Versuchsplanung

Als „Vorher-Situation“ wurden typische Zustände im Verkehrsnetz ausgewählt, deren regelmäßige Wiederkehr wahrscheinlich ist bzw. aus historischen Verkehrsdaten erkennbar eingegrenzt werden kann, wie der Verkehrszustand an einem typischen Einkaufssamstag oder Kapazitätseinschränkungen durch Baustellen.

Die „Nachher-Situation“ tritt ein, wenn zum Zeitpunkt eines solchen typischen Verkehrszustandes eine „passende“ Strategie geschaltet wird, die zu einer veränderten Routenwahl und im betrachteten Verkehrsnetz zu den beabsichtigten Wirkungen gegenüber der „Vorher-Situation“ führen soll.

Das bedeutet, dass im Rahmen der Vorher-/Nachher-Untersuchung sowohl historische Verkehrsdaten, aktuelle Messwerte als auch die Schaltzeitpunkte und Art der geschalteten Strategien in die Untersuchung einzubeziehen sind.

Für eine Bewertung der erzielten Wirkungen anhand der gewählten Bewertungsindikatoren ist es erforderlich, den erwarteten Grad der angestrebten Verbesserungen bspw. durch Reduzierung von Reisezeiten oder Rückstaus mittels statistischer Untersuchungen auszuwerten und nachzuweisen. Diese generellen nachzuweisenden Wirkungen sind für den konkreten Untersuchungsraum mit einem bestimmten statistischen Konfidenzniveau zu verbinden.

Die Stichproben für den beschriebenen Vorher-Fall werden für eine bestimmte Verkehrslage, zu einer bestimmten Tageszeit gemäß einer reproduzierbaren Tagesganglinie aus historischen Verkehrsdaten ermittelt.

So kann z.B. nach der Installation der kollektiven Verkehrsbeeinflussung beim Eintreten ähnlicher Ereignisse, wie Störfälle, Einkaufsverkehre oder bestimmter Verkehrslagen und bei Schaltung der entsprechenden Strategien eine Stichprobe mit aktuellen Messwerten erhoben werden, die unter dem geforderten Konfidenzniveau über eine hinreichende Stichprobengröße verfügt.

2.11.3 AP620 – Felduntersuchungen

2.11.3.1 Arbeiten und Ergebnisse

Ziel der Felduntersuchungen war es, in den verschiedenen Projektphasen von Dmotion möglichst alle relevanten Daten und Informationen, die für die Entwicklung, Erprobung und Evaluierung der Verfahren, Methoden und technischen Komponenten des baulastträgerübergreifenden Verkehrsmanagements in Düsseldorf notwendig sind, zu erheben, aufzubereiten und auszuwerten. Grundlage dafür ist u.a. eine geeignete Bewertungsmethodik und ein zielführendes Untersuchungsdesign (s. AP610).

Durch die Bereitstellung einer geeigneten Datenbasis für die Eigenevaluierung durch die Partner wurden auch die Voraussetzungen für die technische und verkehrliche Wirksamkeitsanalyse sowie für grundlegende ökonomische Bewertungen geschaffen.

AP621 – Felduntersuchungen im innerstädtischen Bereich

Im AP621 wurden in zwei Felduntersuchungen zahlreiche Daten erhoben, welche die Basis zum Aufbau einer Referenzdatenbank zur Eigenevaluierung der im Projekt zu entwickelnden Ansätze bilden. Weiterhin wurden mit Hilfe der erhobenen realen Reisezeiten und Rückstaulängen die in Dmotion zum Einsatz kommenden Modelle DINO, Taxi-FCD und Rückstauschätzer weiterentwickelt und kalibriert.

Wie in der 2006 durchgeführten ersten Felduntersuchung wurden in der zweiten Erhebung reale Reisezeiten, Rückstaulängen an LSA-Knoten und Verlustzeiten durch den Einsatz von mehreren Messfahrzeugen ermittelt, die mit GPS-Loggern bzw. mit XTS-Off-Board-Navigationssystemen ausgestattet waren und nach der Average-Car-Methode im Verkehrsfluss „mitschwammen“. Neben Reisezeiten und Rückstaulängen wurde auch explizit die

Homogenität des Verkehrsflusses (z.B. repräsentiert durch das Geschwindigkeitsrauschen) ermittelt. Mit verschiedenen Videokameras wurden an signifikanten Querschnitten Rückstau­längen erfasst. Das Videomaterial wurde gesichtet, aufbereitet und in einem geeigneten Format allen Partnern zur weiteren Auswertung überlassen. Zur direkten Ermittlung von Reisezeiten an bestimmten Streckenabschnitten wurde ein ANPR-Systemeingesetzt.

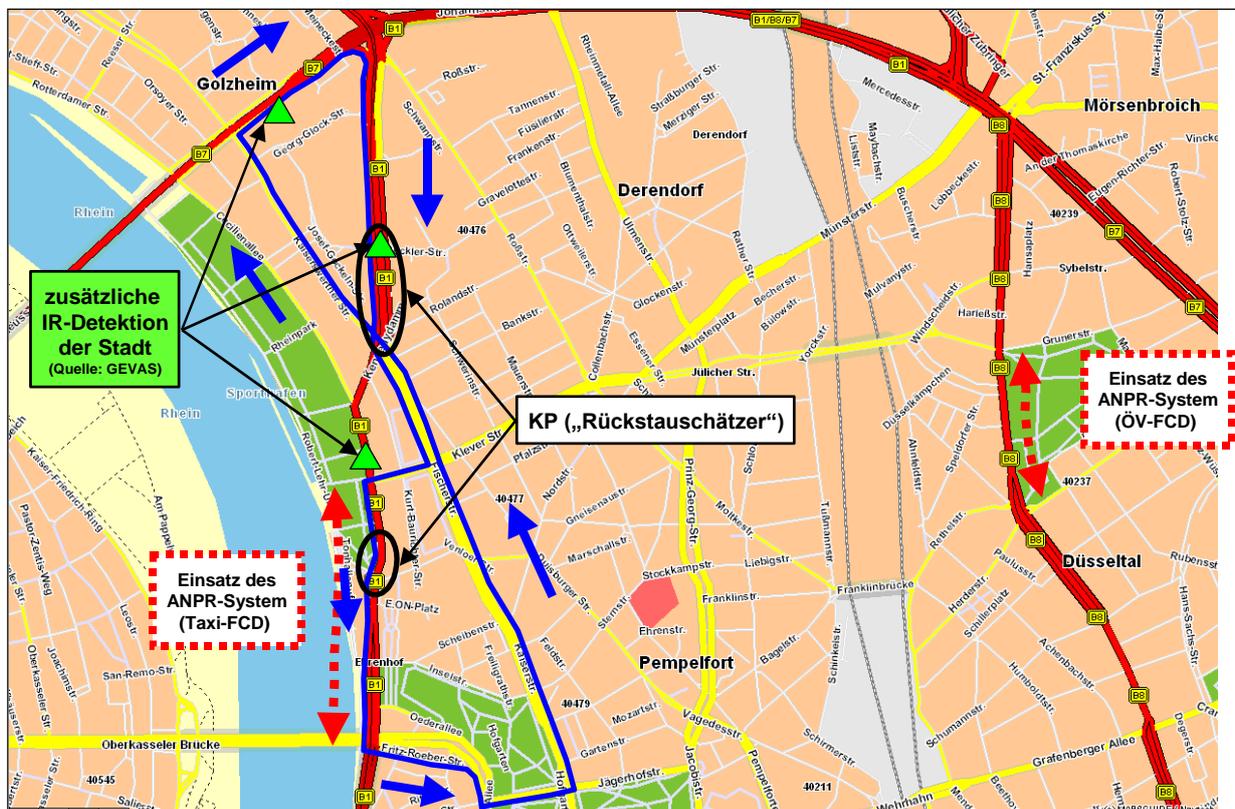


Abbildung 30: Rundkurs der ersten Felduntersuchung in der Düsseldorfer Innenstadt

Der Kursverlauf der zweiten Felduntersuchung unterscheidet sich deutlich von dem der ersten Untersuchung. Die Daten und Informationen der zweiten Erhebung dienen der Validierung der unterschiedlichen eingesetzten Modelle und sollen im Endergebnis auch den Nachweis über die netzweite Anwendbarkeit und Übertragbarkeit der Modelle erbringen.

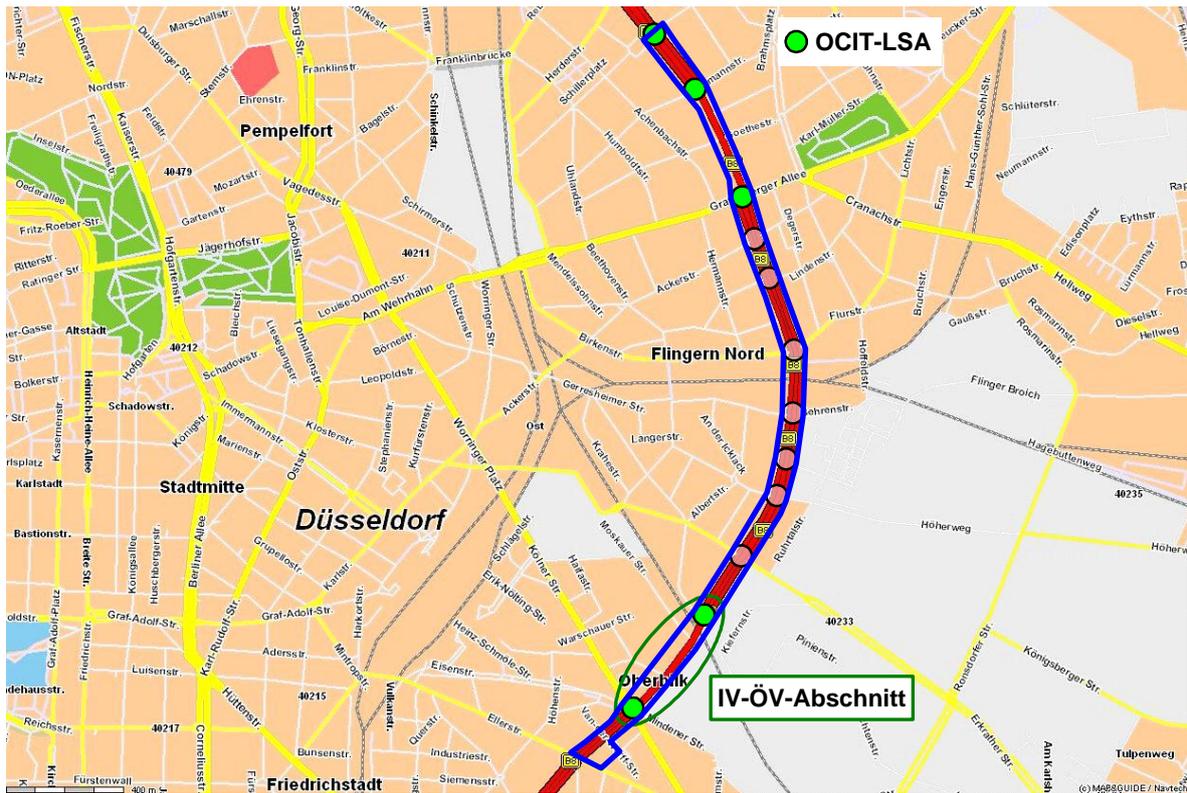


Abbildung 31: Kursverlauf der zweiten Felduntersuchung in der Düsseldorfer Innenstadt

AP622 – Übergangsbereich (AS „Düsseldorf-Stockum“ und „Düsseldorf-Rath“)

Ebenso wie im AP621 werden auch im Arbeitspaket 622 zwei Felduntersuchungen durchgeführt, die sich im räumlichen Umgriff unterscheiden.

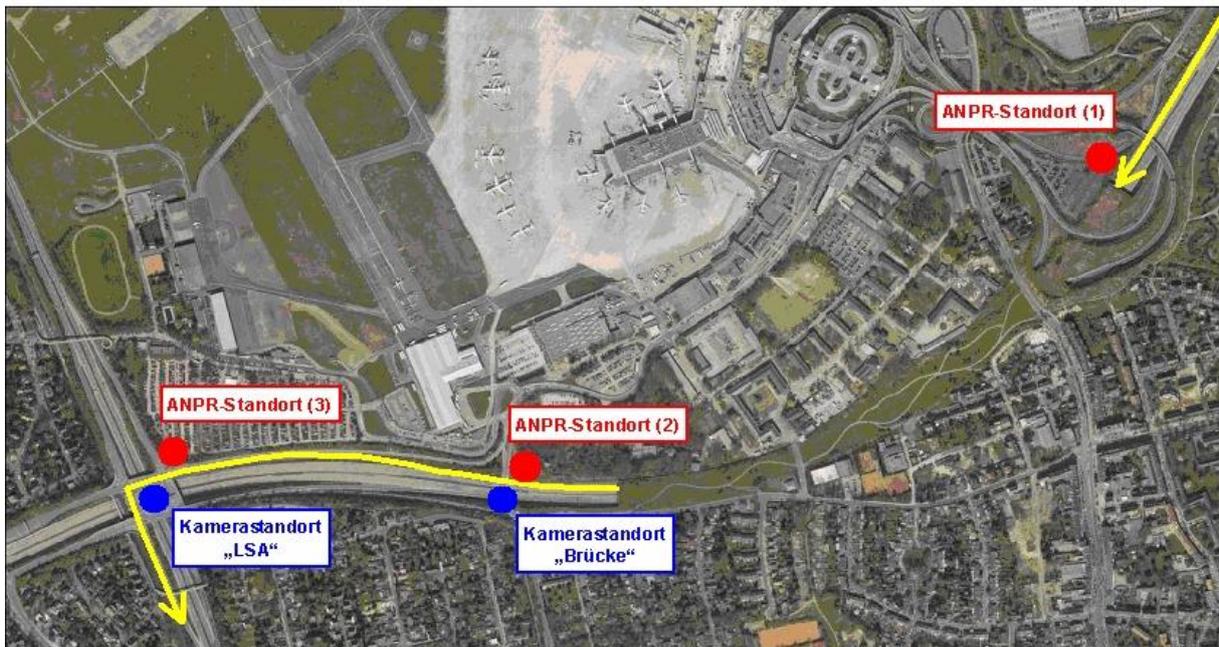


Abbildung 32: Untersuchungsgebiet AS-Stockum

Die erste Felduntersuchung für den Übergangsbereich wurde an der Anschlussstelle „Düsseldorf-Stockum“ durchgeführt, die zweite an der Anschlussstelle „Düsseldorf-Rath“, in deren Verflechtungsbereich die beiden Bundesautobahnen A44 und A52 zusammenlaufen.

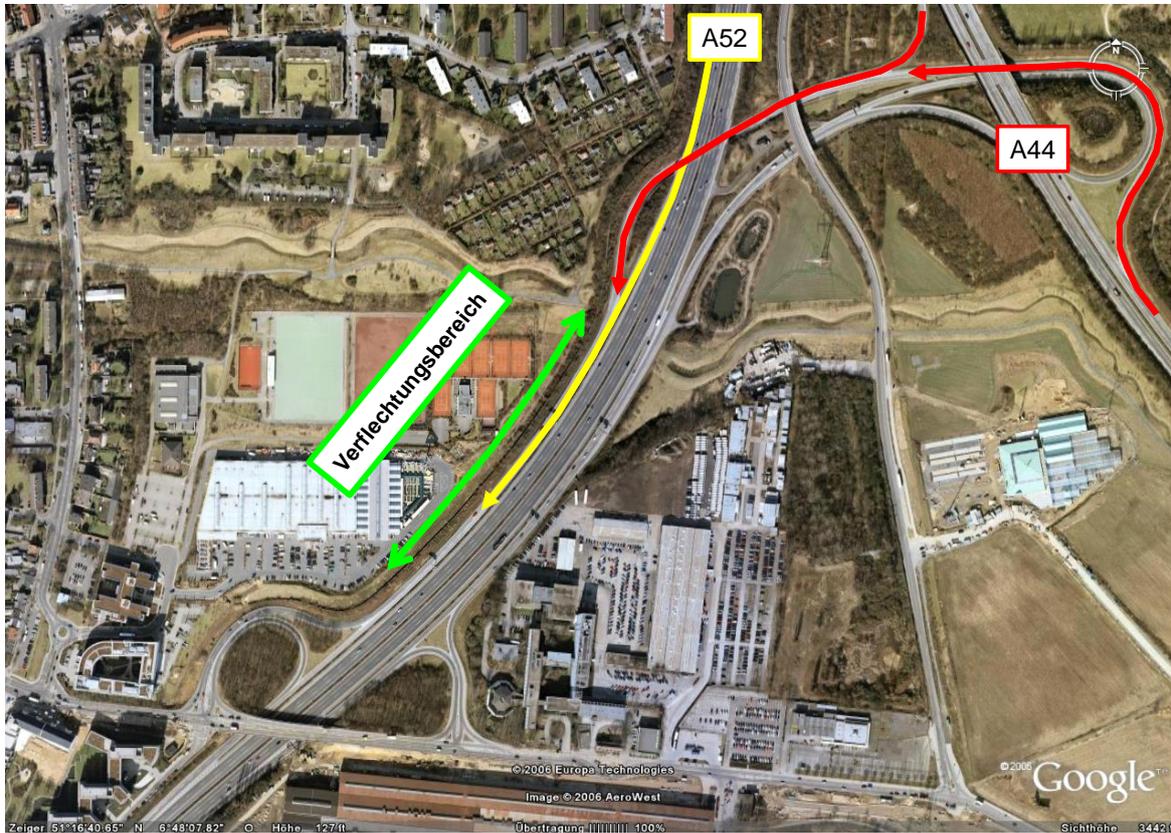


Abbildung 33: Untersuchungsgebiet Übergangsbereich – AS Düsseldorf-Rath

Eine widerspruchsfreie Beschreibung der Verkehrslage „zwischen“ den bestehenden Verfahren der beiden Baulastträger Stadt und Land und die Sicherstellung durchgängiger Informationen an den Baulastträgergrenzen stellten eine Zielstellung der ersten Felduntersuchung wie auch dieser dar. Zur direkten Ermittlung von Reisezeiten im Übergangsbereich der Anschlussstelle wurde wiederum ein System zur Kennzeichenerkennung (ANPR-System) an Fahrzeugen eingesetzt. Ebenso wurde der sich bildende Rückstau im Zuflussbereich zur LSA von mehreren geeigneten Standorten aus mit Videokameras aufgezeichnet. Die zweite Felduntersuchung für den Übergangsbereich diente der Erfassung realer Datensätze, die zur Validierung und Weiterentwicklung des Modells zur Klassifizierung des Verkehrszustandes im Übergangsbereich herangezogen wird und die Gegenüberstellung von Stärken und Schwächen der entwickelten Ansätze erlaubt.

AP623 – Firmen-Infodienst – Stadtwerke Düsseldorf (SWD)

Im Rahmen der Felduntersuchung erfolgte zur Unterstützung der Anforderungsanalyse, Entwicklung und Evaluierung des Firmen-Infodienstes eine Befragung der Mitarbeiter mittels

elektronischer Fragebögen im Intranet der Stadtwerke Düsseldorf. Zielgruppe der Felduntersuchungen und Befragungen waren Mitarbeiter, die:

- ▶ einen möglichst hohen Nutzen von den Informationsdiensten haben,
- ▶ derartige Dienste häufig in Anspruch nehmen,
- ▶ ein großes Interesse an den neuen Diensten zeigen,
- ▶ technisch aufgeschlossen sind und bestenfalls bereits Erfahrungswerte einbringen und
- ▶ aufgrund ihrer Mitarbeit die Forschung, Entwicklung und Evaluierung in Dmotion unterstützen.

Nach der erfolgten Eingrenzung (Clustering) der potenziellen Nutzergruppen des Firmen-Infodienstes im AP520 wurden im Rahmen der Felduntersuchungen im AP623 gezielte Befragungen während der Planungs- und Umsetzungsphase durchgeführt.

Mit insgesamt 22 Fragen konnten neben demographischen Daten u. a. das Mobilitätsverhalten, die technischen Vorkenntnisse und Ressourcen sowie die Interessen, Wünsche und Anforderungen der Mitarbeiter an den Firmen-Infodienst ermittelt werden.

Begleitend zu den Befragungen im Intranet wurden ausgewählte Mitarbeiter des Außendienstes mit moderner Navigationstechnik (OBN-Mobiltelefone) vertraut gemacht und ebenfalls mehrmals befragt.

AP624 Felduntersuchung „Düsseldorf-Nord“

Das Hauptziel der Felduntersuchung „Düsseldorf-Nord“ bestand in der Erhebung der Befolgungsgrade und des Reisezeitnutzens von Alternativroutenempfehlungen als Grundlage zur Ermittlung der verkehrlichen Wirksamkeitsanalyse im AP640. Zu diesem Zwecke wurden in einer dreitägigen Felduntersuchung im März 2008 zwei ausgewählte Strategien im Düsseldorfer Norden analysiert und umfangreiche Verkehrsdatenerfassungen durchgeführt.

Die Auswertung und Analyse der erhobenen Daten führte dabei zu folgenden Ergebnissen:

- ▶ In der Schwachlast wird eine Alternativroutenempfehlung aufgrund einer angezeigten Verkehrsstörung auf der Hauptroute von bis zu 23% der Verkehrsteilnehmer in Zielrichtung befolgt.
- ▶ Die Potentiale einer Alternativroutensteuerung in der Morgenspitze beschränken sich aufgrund der hohen Verkehrsbelastung auf fast allen Streckenabschnitten meist auf kurze Zeitbereiche, in denen der Stauaufbau auf Haupt- und Alternativroute zeitversetzt erfolgt. Durch gleichzeitig begonnene Messfahrten vom Entscheidungspunkt mit gleichem Ziel in der Innenstadt wurde für diese Zeitfenster nachgewiesen, dass der Reisezeitvorteil auf einer Alternativroute trotz einer fast 2,5 km kürzeren Hauptroute über 8 min betragen kann.

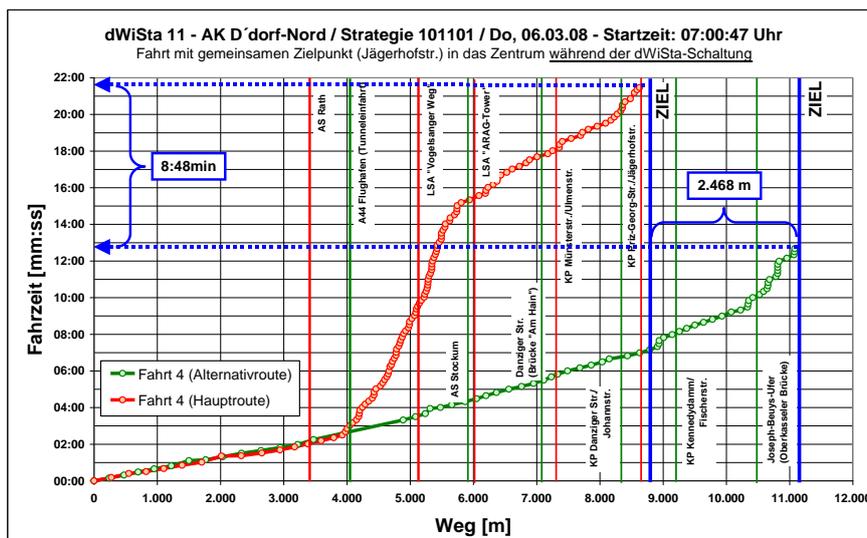


Abbildung 34: Reisezeitgewinne: Weg-Zeit-Diagramm für Haupt- und Alternativroute

- ▶ Der Befolgungsgrad der Alternativroutenempfehlungen in der Morgenspitze variiert in Abhängigkeit von Zeit und Ort zwischen 10% und 20%.
- ▶ Während der Umleitungsempfehlungen wurden die Hauptrouten durch die Verlagerungseffekte auf den Alternativrouten nachweisbar entlastet.
- ▶ Neben den nachweisbaren Ergebnissen belegen die gesammelten Erfahrungen und Beobachtungen aus der Felduntersuchung, dass der verkehrliche Nutzen eines baulastträger-übergreifenden Strategiemanagements maßgeblich von der Güte und Dynamik der Verkehrslageerfassung abhängt.

2.11.4 AP630 – Technische Wirksamkeitsanalyse

2.11.4.1 Arbeiten und Ergebnisse

Das Verkehrsmanagement wird heute - insbesondere in Ballungsgebieten – durch große, verteilte IT-Systeme unterstützt. Dabei ermöglichen diese IT-Systeme einerseits die Erfassung und Aufbereitung verkehrsrelevanter Daten. Zum Anderen werden auf dieser Grundlage die Verkehrsteilnehmer informiert und die entsprechende Aktorik zur Verkehrssteuerung (Lichtsignalanlagen, Aktivieren von Verkehrsstrategien, etc.) geschaltet. Ein Beispiel ist die Aktivierung einer Verkehrsstrategie zur Umleitung der Verkehrsteilnehmer aufgrund eines Störeeignisses, das durch einen Verkehrsdetektor erkannt wurde.

IT-Systeme zur Unterstützung des Verkehrsmanagements bestehen aus mehreren Komponenten, die miteinander kommunizieren und so ihre Daten austauschen. Um ein aufgetretenes verkehrsrelevantes Ereignis (z.B. Stau aufgrund eines Unfalls) auf der Feldebene inklusive einer möglichen Umleitungsempfehlung an einer Informationstafel (z.B. ⇒Variotafel) anzuzeigen, müssen viele komplexe Systemkomponenten miteinander kommunizieren.

Das nachstehende und im AK100 entwickelte OTS-Systemmodell – ein Modell eines aus Teilsystemen aufgebauten OTS-Systems – ist ein Beispiel für die Architektur eines Verkehrsmanagementsystems.

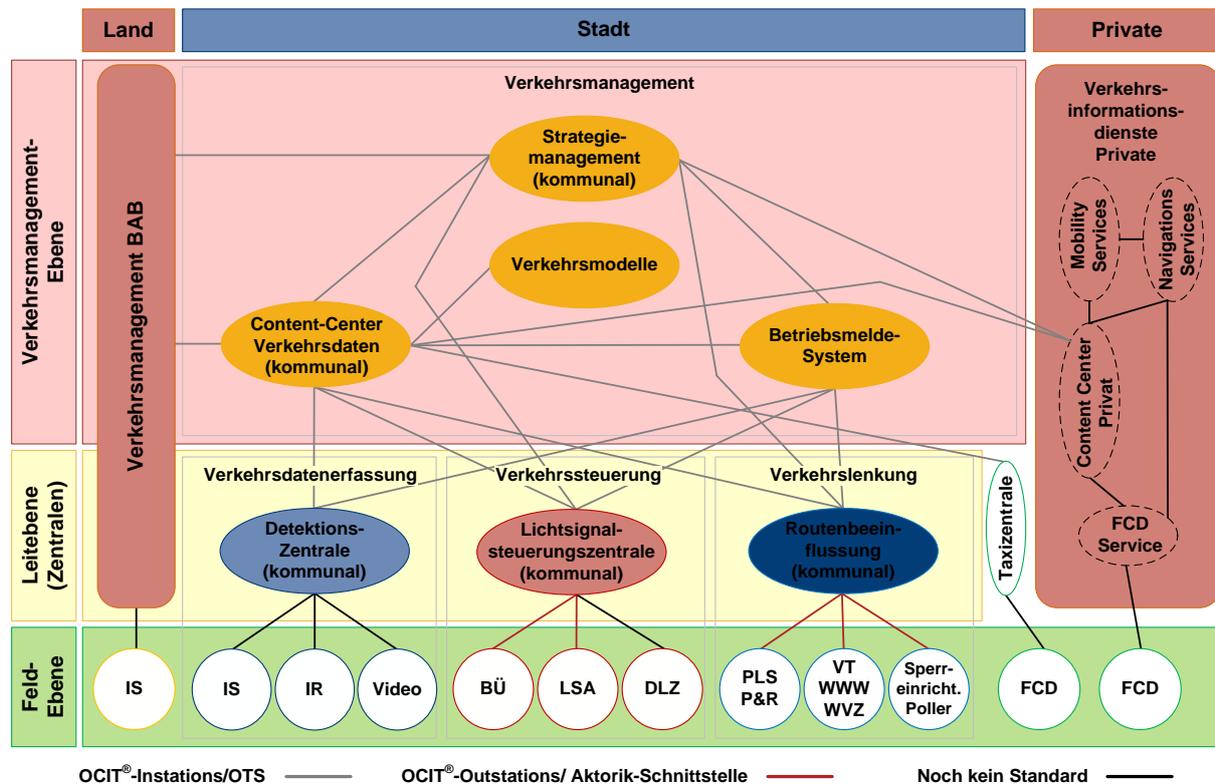


Abbildung 35: OTS-Systemmodell als Basis für die technische Wirksamkeitsanalyse

Wie man sich anhand dieser Abbildung vorstellen kann, durchläuft ein von einem Feldgerät erfasstes Datum bis zur dargestellten Information auf einer Verkehrstafel mehrere Komponenten, die abhängig von ihrer Aufgabe, das Datum aufbereiten, veredeln, zu Informationen umwandeln, anzeigen, etc. Die Daten/Informationen durchlaufen ausgehend von der unteren Feldebene Akkumulationsstufen bis hin zur obersten Ebene des Verkehrsmanagements, wo die gewonnenen Informationen wieder hinab auf die Feldebene übertragen werden, um dort die Verkehrsmanagementstrategien umzusetzen.

Als Beispiel ist in der nächsten Abbildung eine mögliche (abstrakte) Kommunikationssequenz von der Erfassung des aktuellen Verkehrs durch einen Detektor bis zur Anzeige der Strategie an einer Variotafel dargestellt.

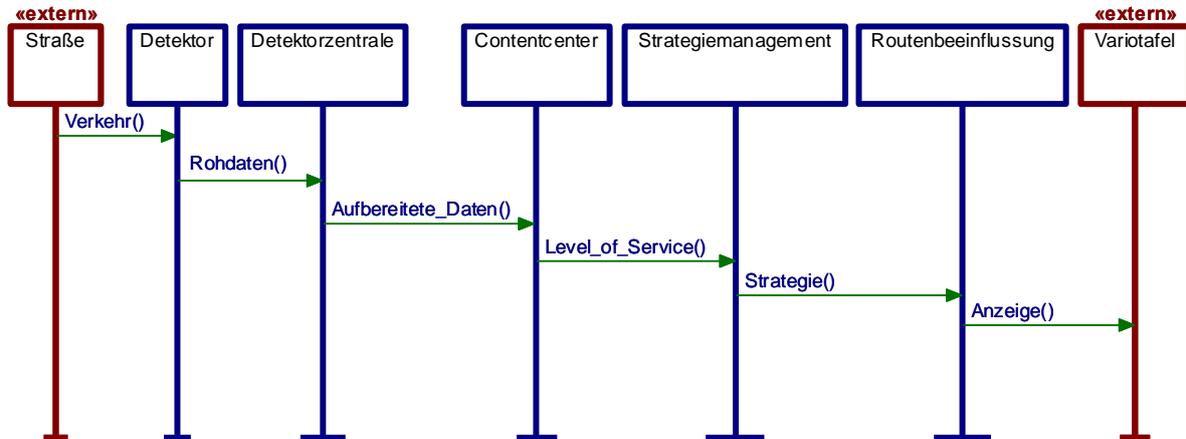


Abbildung 36: Abstrakte Kommunikationssequenz zur Strategieanzeige

Die Validierung solcher Kommunikationssequenzen und damit von Verkehrsmanagementsystemen in ihrer Gesamtheit ist allerdings nach wie vor eine große Herausforderung.

Aus der Definition der technischen Wirksamkeitsanalyse (Bewertete technische Reaktion eines Systems (Wirkung) auf definierte Ereignisse (Ursachen)) ergaben sich die nachstehenden Anforderungen an die Validierung:

- ▶ Festlegung der zu analysierenden Ursache-Wirkungs-Beziehung
- ▶ Festlegung geeigneter Messgrößen inkl. Metrik je Wirksamkeitskriterium
- ▶ Stimulierbarkeit der Ursachen an festgelegten Stimulationen
- ▶ Beobachtbarkeit der Wirkungen an festgelegten Beobachtungspunkten
- ▶ Festlegung eindeutiger Rahmenbedingungen

Als geeignete Kriterien für eine technische Validierung wurden die folgenden definierten Kenngrößen identifiziert:

► **Latenzzeit:** Zeit zwischen einer Aktion und dem Eintreten einer Reaktion

- Aktion: LOS übersteigt einen Grenzwert
- Reaktion: Eine Strategie wird geschaltet
- Messgröße: Zeitversatz zwischen Aktion und Reaktion

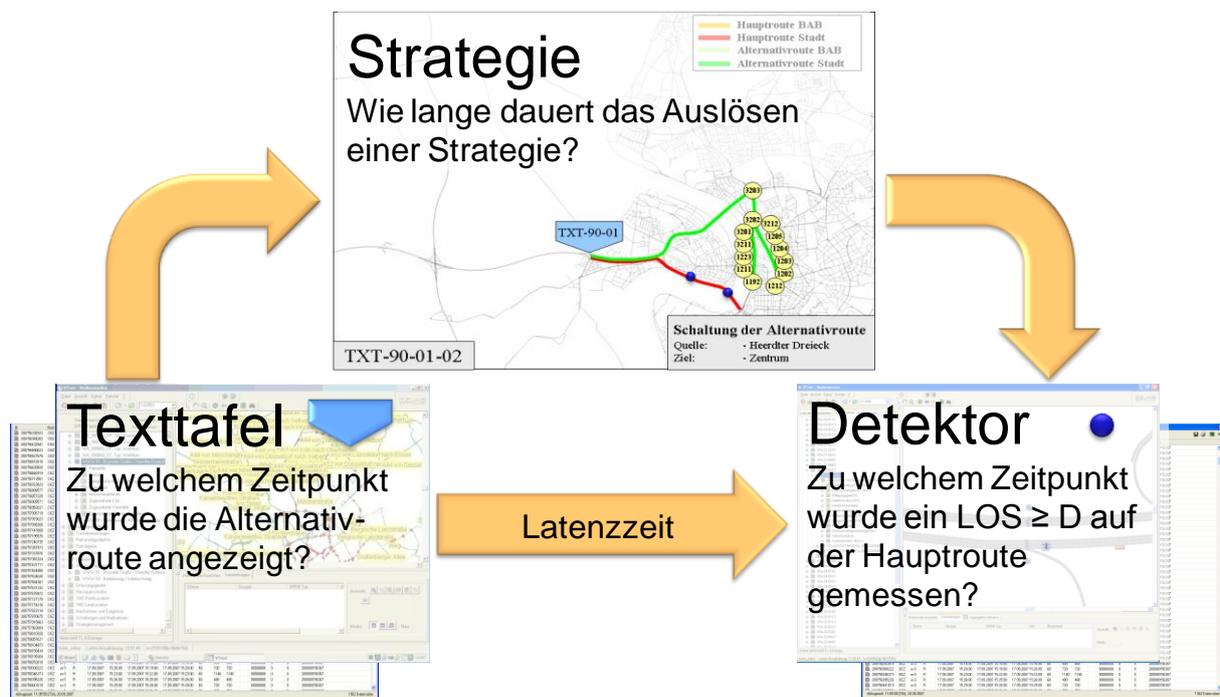


Abbildung 37: Möglichkeit der stichprobenartigen Messung der Latenzzeit

► **Datendurchsatz:** Effektiv übertragene Nutzinformationen pro Zeiteinheit

- Aktion: Absendung von Protokolldateneinheiten pro Zeiteinheit durch einen Sender
- Reaktion: Empfang und Quittierung durch einen Empfänger
- Messgröße: Anzahl von Nutzdaten pro Zeiteinheit

► **Verfügbarkeit:** Wahrscheinlichkeit, mit der ein System in Bezug auf eine festgelegte Zeit die festgelegte Sollfunktion erfüllt

- Aktion: Ausfall einer Komponente (Detektorstörung, unbedachtes Ausschalten einer LSA, Systemfehler...)
- Reaktion: Reduzierte oder vollständig ausgefallene Funktion (Verkehrslage unvollständig, Strategie nicht mehr schaltbar, Totalausfall des Systems)
- Messgröße: Zeit der nicht verfügbaren Sollfunktion

Als Einordnungsgrundlage für die technische Wirksamkeitsanalyse diene das OTS-Systemmodell (Abbildung 35).

Die abgebildeten Teilsysteme sind über kommunikativen Beziehungen miteinander verbunden, die auf den OCIT-Instations/OTS-Kommunikationsstandards (graue Linien) basieren.

Ausgehend vom OTS-Systemmodell ist z.B. eine Messung und Bewertung der Latenzzeit und des Datendurchsatzes für einzelne Teilsysteme sowie für „Teilsystemketten“ möglich. Dazu müssen jedoch die Anforderungen an die technische Wirksamkeit in Bezug auf die kommunikativen Beziehungen aus den Teilsystemspezifikationen hervorgehen.

Da bei deren Erstellung im Projekt Dmotion diese Erkenntnisse jedoch noch nicht vorlagen, wurden die Anforderungen an die technische Wirksamkeit nicht ausreichend spezifiziert. Es erfolgte dahingehend lediglich die Spezifikation des Datenmodells. Die in diesem Zusammenhang spezifizierte Kenngröße „Dauer des Datenintervalls“ und später „Übermittlungszyklus“ genannt eignet sich aber nicht als Referenz für die Bewertung der Latenzzeit oder des Datendurchsatzes.

Auch die Feinspezifikationen konnten für eine technische Wirksamkeitsanalyse nicht verwendet werden, da sie hauptsächlich proprietäre kommunikative Beziehungen spezifizieren mit der Konsequenz, dass keine Kausalitäten zwischen Ursachen und Wirkungen eindeutig identifiziert werden können und sich damit einer Bewertung mit Bezug zu den AK100-Modellen entziehen.

Somit können

- ▶ die Systeme der Baulastträger/Betreiber nur als Blackbox betrachtet werden.
- ▶ Ursache-Wirkungs-Beziehungen nur an den Blackboxgrenzen stimuliert und beobachtet werden.
- ▶ keine Bewertungen vorgenommen werden, da die Beiträge einzelner Bestandteile der Wirkungskette weder spezifiziert noch identifizierbar sind.

Im Falle einer Latenzzeitanalyse wäre der Zeitversatz zwischen einer LOS-Grenzwertüberschreitung auf einer Netzkante und einer daraus resultierenden Schaltung einer Texttafel messbar. Das Ergebnis von wiederholten Messungen wäre eine Verteilung über den Zeitversatz. Eine nachvollziehbare Bewertung des Zeitversatzes ist jedoch aus folgenden Gründen nicht möglich:

- ▶ Die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen dem LOS einer Netzkante und der Schaltung einer Texttafel ist nicht nachvollziehbar spezifiziert.
- ▶ Die Aggregation von Verarbeitungszeiten durch das Innenleben der Blackbox kann nicht genau analysiert werden.
- ▶ Die Aggregation von Verarbeitungszeiten wird ggf. durch zyklische Prozesse überlagert.
- ▶ Es kann nicht gewährleistet werden, dass die Systemzeiten der beteiligten Teilsysteme zeitsynchron sind.

Als Ergebnis des Projektes Dmotion können jedoch die nachfolgenden Konzepte für eine Latenzzeitanalyse verzeichnet werden, aus denen Testfälle in ähnlichen Projekten abgeleitet werden können. Eine Übersicht über die Konzepte gibt die nachstehende Grafik.

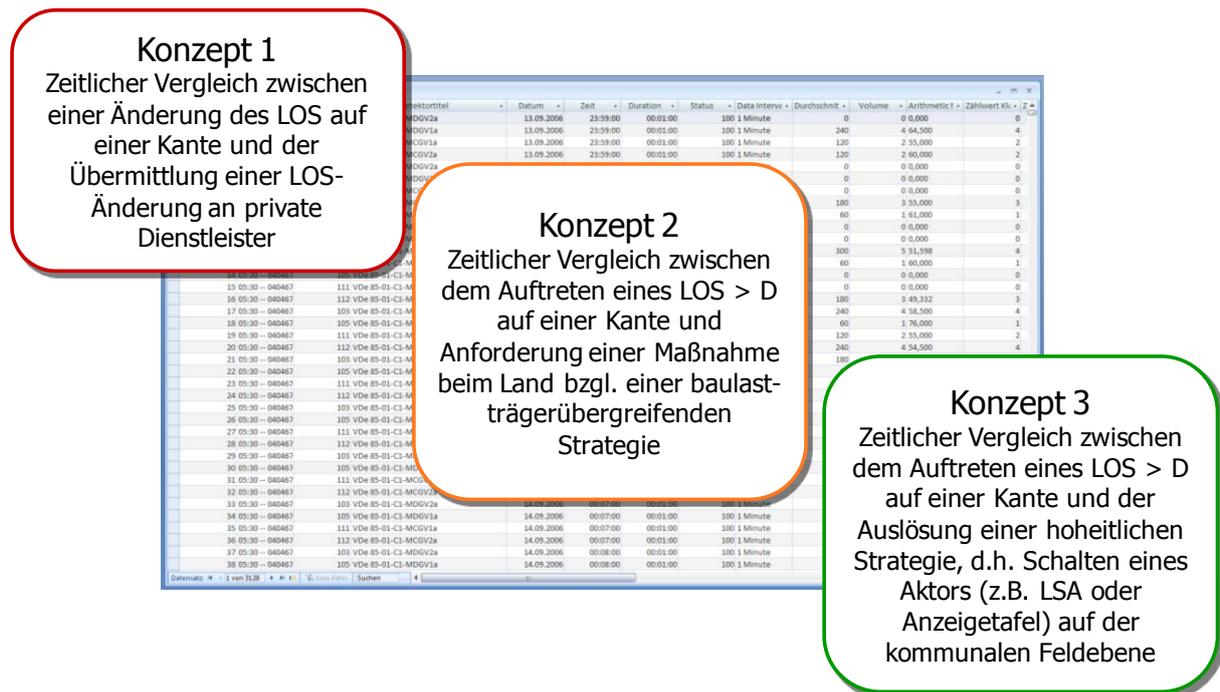


Abbildung 38: Konzepte zur technischen Wirksamkeitsanalyse

Im Folgenden werden die drei Konzepte detaillierter erläutert:

Konzept 1:

Ziel des Konzepts 1 ist der zeitliche Vergleich zwischen einer Änderung des LOS auf einer Kante und der Übermittlung einer LOS-Änderung an private Dienstleister.

An der Schnittstelle des Systems Dmotion Stadt zur Feldebene (S1) werden die Messquerschnittsdaten von Infrarot- und Video-Detektoren (insbesondere die Verkehrsstärke q) auf ausgewählten Kanten (Streckenabschnitten) inkl. Zeitstempel aufgezeichnet. Aus dem Verhältnis von gemessener Verkehrsstärke q in einem Messintervall und der auf der Kante maximal möglichen Verkehrsstärke q_{max} wird ein Referenz-LOS (S2') abgeleitet, dem der Zeitstempel des Messintervalls zugeordnet wird.

Eine ähnliche Berechnung wendet das Verkehrsmodell DINO in Dmotion an. Der durch DINO berechnete LOS wird zum Zeitpunkt des Ergebnisses mit einem Zeitstempel versehen und über die Schnittstelle zwischen Stadt und privaten Dienstleistern (S2) versendet.

Aus dem Vergleich der beiden Zeitstempel zum Zeitpunkt einer LOS-Änderung resultiert die Latenzzeit zwischen der Änderung des LOS auf einer Kante (Referenz-LOS) und der Übermittlung der LOS-Änderung an private Dienstleister (DINO-LOS).

Die folgende Darstellung veranschaulicht den Sachverhalt:

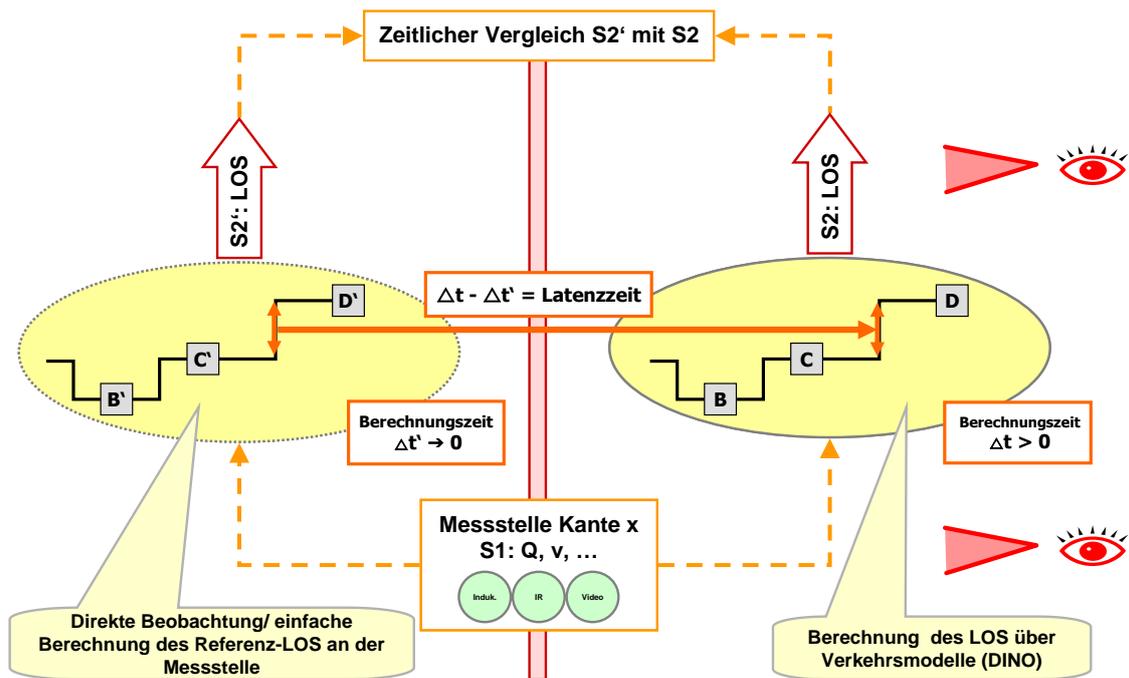


Abbildung 39: Konzept 1: Zeitlicher Vergleich der LOS- Änderungen

Um die Einflüsse weiterer Verkehrsmodelle (z.B. Datenvervollständigung) auf die Berechnung des LOS durch DINO und eine Verfälschung des LOS durch besondere Verkehrssituationen (Parksuchverkehr, unmittelbare Nähe zu einer LSA, ...) zu vermeiden, werden nur Kanten ausgewählt, die voll detektiert sind und wo sich die Detektoren „im freien Fluss“ befinden.

Da DINO alle 10 min einen neuen Rechenvorgang startet, müssen die als Minutenwerte vorliegenden Verkehrsdaten zu 10-Minuten-Werten aggregiert werden, bevor daraus der Referenz-LOS gebildet werden kann. Der Vergleich des Zeitstempels zum Zeitpunkt der Änderung des LOS auf einer Kante (Referenz-LOS) am Ende eines 10min-Intervalls und dem Zeitstempel zum Zeitpunkt Übermittlung der LOS-Änderung an private Dienstleister (DINO-LOS) ergibt die Latenzzeit (hier Rechenzeit DINO).

Diesen Zusammenhang zeigt beispielhaft das folgende Diagramm:

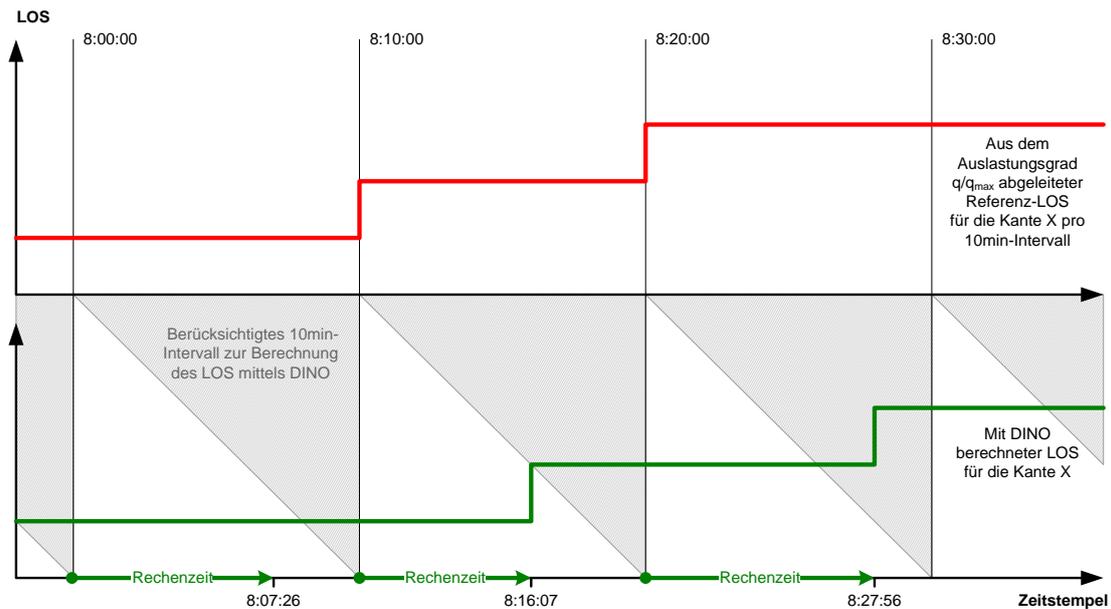


Abbildung 40: Konzept 1: Ermittlung der Latenzzeit

Da die Rechenzeit recht unterschiedlich sein kann, wird eine Häufigkeitsverteilung um einen bestimmten Wert erwartet.

Konzept 2:

Ziel des Konzepts 2 ist der zeitliche Vergleich zwischen dem Auftreten eines $LOS > D$ auf einer Kante und Anforderung einer Maßnahme beim Land bzgl. einer baulastträgerübergreifenden Strategie.

An der Schnittstelle des Systems Dmotion Stadt zur Feldebene (S1) werden die Messquerschnittsdaten von Infrarot- und Video-Detektoren auf ausgewählten Kanten (Streckenabschnitten) inkl. Zeitstempel aufgezeichnet.

Da der LOS als Entscheidungsgrundlage des Strategiemanagements mit dem Baustein „Kantenzustand“ der Firma GEVAS software (Grundlage Fundamentaldiagramm) und den Eingangsgrößen q [Fz/h] und v [km/h] je gewählter Kante berechnet wird und zunächst nicht auf die LOS-Berechnungen des Verkehrsmodells DINO zurückgegriffen wird, muss dieser Algorithmus unter Verwendung des Fundamentaldiagramms zur Berechnung des Referenz-LOS schon an der Schnittstelle S1 nachempfunden werden.

Die Folgende Grafik zeigt einen Ausschnitt aus dem Modul Kantenzustand:

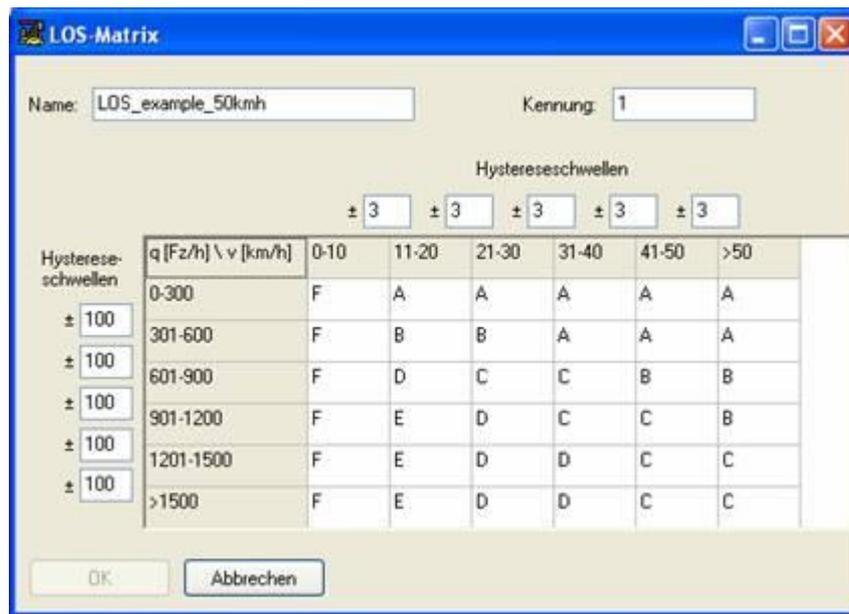


Abbildung 41: Modul „Kantenzustand“

Wird zu einem Zeitpunkt auf einer Kante des Hauptverkehrsstraßennetzes ein Referenz-LOS > D ermittelt, aufgrund dessen eine baulasträgerübergreifende Strategie geschaltet werden muss, so kann durch die Feststellung des Zeitpunktes der Anfrage einer baulasträgerübergreifenden Maßnahme an der Schnittstelle zwischen Stadt Land (S3) mittels Maßnahmen-austauschliste (MAL) die zeitliche Differenz zwischen den Zeitpunkten (Latenzzeit) berechnet werden.

Das Ergebnis der Messung lässt sich ebenfalls in einer Häufigkeitsverteilung darstellen, aus der ggf. weitere Rückschlüsse abgeleitet werden können.

Die nachfolgende Illustration verbildlicht vereinfacht das Ziel des Konzepts 2:

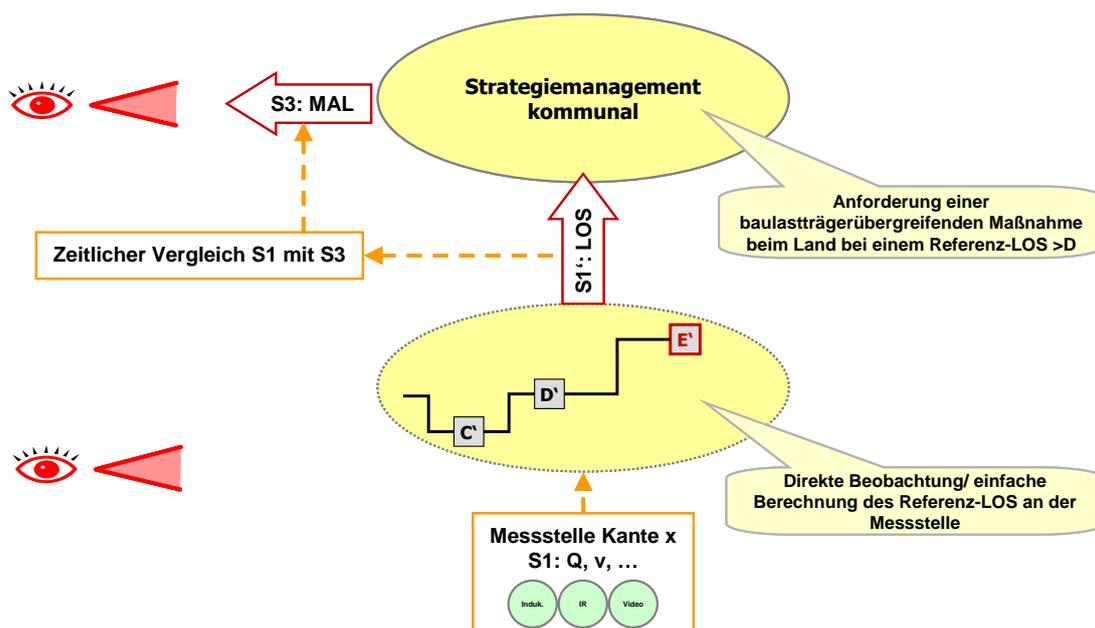


Abbildung 42: Konzept 2: Zeitl. Vergleich von Referenz-LOS und der Anforderung einer Maßnahme beim Land

Konzept 3:

Ziel des Konzepts 3 ist der zeitliche Vergleich zwischen dem Auftreten eines $LOS > D$ auf einer Kante und der Auslösung einer hoheitlichen Strategie, d.h. Schalten eines Aktors (z.B. LSA oder Anzeigetafel) auf der kommunalen Feldebene.

An der Schnittstelle des Systems Dmotion Stadt zur Feldebene (S1) werden wie im vorangegangenen Konzept die Messquerschnittsdaten von Infrarot- und Video-Detektoren auf ausgewählten Kanten inkl. Zeitstempel aufgezeichnet, und der Referenz-LOS unter Verwendung des Fundamentaldiagramms mit den Eingangsgrößen q [Fz/h] und v [km/h] je gewählter Kante berechnet.

Wird zu einem Zeitpunkt auf einer Kante des Hauptverkehrsstraßennetzes ein Referenz-LOS $> D$ ermittelt, aufgrund dessen eine Strategie auf kommunaler Ebene geschaltet werden muss, so kann durch die Feststellung des Zeitpunktes der Auslösung der hoheitlichen Strategie und der daraus folgenden Übermittlung eines Schaltbefehls an einen Actor (hier LSA) an der Schnittstelle zwischen Stadt Land (S1) die zeitliche Differenz zwischen den Zeitpunkten (Latenzzeit) berechnet werden.

Das Ergebnis der Messung lässt sich wieder in einer Häufigkeitsverteilung darstellen, aus der ggf. weitere Rückschlüsse abgeleitet werden können.

Die nachfolgende Illustration zeigt vereinfacht das Ziel des Konzepts 2:

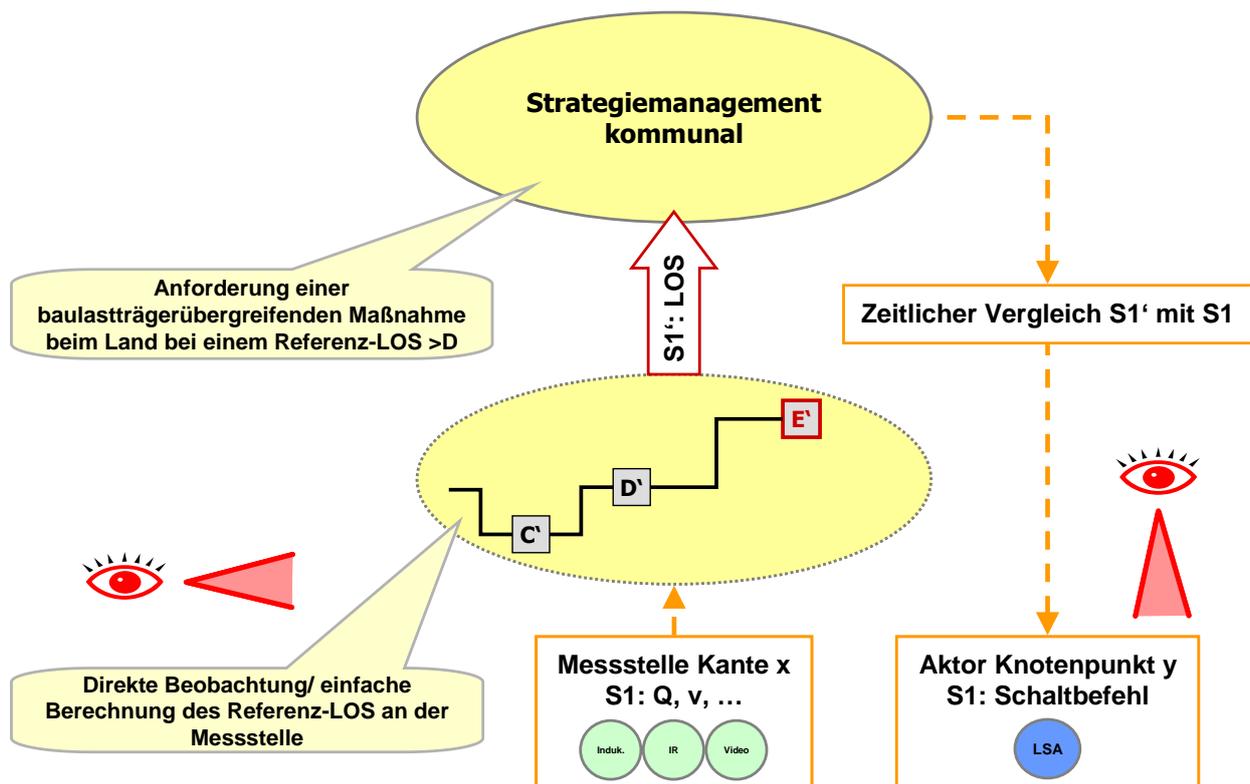


Abbildung 43: Konzept 3: Zeitl. Vergleich von Referenz-LOS und der Auslösung einer hoheitl. Strategie

2.11.4.2 Verwertbarkeit und Nutzen

Der Black-Box-Ansatz, der ein System nur an seinen nach außen sichtbaren Schnittstellen stimuliert und beobachtet, ist nach wie vor ein wichtiger Ansatz zur Validierung eines Systems. Auf dieser Grundlage und den im Vorfeld ermittelten Anforderungen an das System

kann somit eine ungefähre Aussage zur Richtigkeit des Systemverhaltens gewonnen werden.

Auch Verkehrsmanagementsysteme können als Black-Box betrachtet und entsprechende Testfälle aus den Anforderungen an diese Systeme abgeleitet werden. In der folgenden Abbildung ist beispielhaft ein Testfall abstrakt dargestellt, der das gewünschte Verhalten eines Verkehrsmanagement-Systems hinsichtlich der verkehrsabhängigen Aktivierung und Anzeige einer Verkehrsstrategie beschreibt. Das kommunale Verkehrsmanagementsystem wird hierbei als Black-Box betrachtet, die in Abhängigkeit von den Eingangsdaten (hier Verkehrsdaten) Anzeigeinformationen an eine externe Informationstafel (Variotafel) schickt.

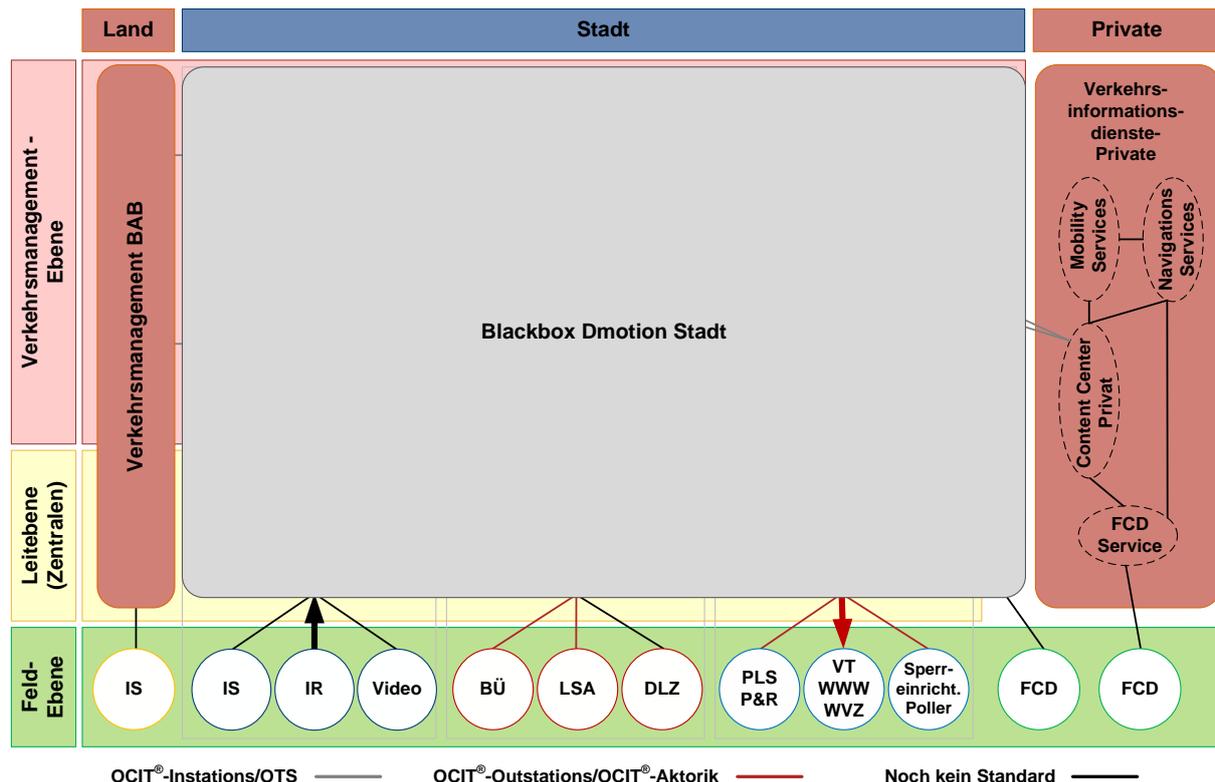


Abbildung 44: Black-Box-Testfall für verkehrsabhängige Strategieanzeige

Das dargestellte Beispiel ist eine Abstraktion der Kommunikationssequenz aus Abbildung 36. Bei Stimulierung des Verkehrsmanagementsystems (schwarzer Pfeil), das hier als Black-Box betrachtet wird, durch ein Verkehrsdaten-Ereignis wird innerhalb des Systems die Kommunikationssequenz aus Abbildung 36 durchlaufen, um dann das Ergebnis (Anzeige-Ereignis) extern wieder beobachten (roter Pfeil) zu können.

Daran ist leicht zu erkennen, dass der Black-Box-Ansatz für große Systeme mit vielen verschiedenen internen Komponenten zu Problemen führt. Insbesondere bei auftretenden Fehlern kann nur sehr schwer die Ursache lokalisiert werden, da die internen Systemprozesse nicht Bestandteil des Tests sind. Somit können keine Aussagen über fehlerhaftes Verhalten einer internen Systemkomponente gemacht werden, wodurch die Fehlersuche erheblich erschwert, wenn nicht unmöglich wird.

Gerade bei der Entwicklung von IT-Systemen, die aus verschiedenen Komponenten unterschiedlicher Hersteller bestehen, ist die Validierung des Gesamtsystems von enormer Bedeutung. Fehlerhafte Systemkomponenten müssen durch anerkannte Methoden genau lokalisiert werden können, um Konflikte zwischen Auftraggeber und den Komponentener-

stellern zu vermeiden und Kosten bei der Umsetzung zu sparen. Dabei reicht es nicht aus, dass die Systemkomponenten syntaktisch fehlerfrei miteinander kommunizieren. Es ist auch zu prüfen, ob die einzelnen Systemkomponenten die richtigen Informationen weitergeben.

Diese Problematik wurde auch im Projekt erkannt und aufgezeigt.

2.11.4.3 Zielerreichung

Im Sinne ihrer Definition (Bewertete technische Reaktion eines Systems (Wirkung) auf definierte Ereignisse (Ursachen)) und der bereits erläuterten Umstände im Projekt konnte die technische Wirksamkeitsanalyse nicht ausgeführt werden. Es wurden allerdings wertvolle Erkenntnisse gesammelt, die in den OTS-Leitfaden eingeflossen sind und mit ihm publiziert und verbreitet werden; dazu zählen insbesondere:

- ▶ Der konkrete Anwendungsfall ist in das OTS-Systemmodell, dessen Teilsysteme über OTS-Schnittstellen kommunizieren, einzuordnen.
- ▶ Die Anforderungen an die technische Wirksamkeit sind in der Spezifikationsphase der Teilsysteme (Kriterien, Kenngrößen, Stimulierbarkeit, Beobachtbarkeit...) zu berücksichtigen.
- ▶ In Folge dessen sind je nach Anwendungsfall Funktionalitäten zu realisieren, die eine technische Wirksamkeitsanalyse wirkungsvoll unterstützen.

Dies ist erforderlich, weil durch das Zusammenwirken der einzelnen Teilsysteme im Gesamtsystem neue kooperative Funktionalitäten entstehen, die mehr als die Summe der Einzelaktionen sind.

2.11.4.4 Referenzierte Dokumente

- ▶ DiM_AP630_Konzept_Wirksamkeitsanalyse

2.11.5 AP670 – Leitfaden für die Übertragung

2.11.5.1 Ziel und Zweck des OTS Leitfadens

Die Erneuerung oder Erweiterung bestehender Systeme der Verkehrssteuerung oder ihr Ausbau zu regionalen oder überregionalen Verkehrsinformations- und Verkehrsmanagementsystemen sind Aufgaben, die sich in jedem Einzelfall sehr unterschiedlich darstellen. In jedem Fall muss ein Lösungskonzept entwickelt werden, das „alle“ mit der Lösung verbundenen Anforderungen repräsentiert. Damit das Bewerten solcher Lösungskonzepte objektiviert wird, ist im Grundsatz eine explizite Beschreibung all jener Anforderungen erforderlich, die auf der konzeptionellen Ebene gemäß ihrer Bedeutung eine Repräsentation haben müssen.

Jedes Lösungskonzept muss in jedem Einzelfall soweit konkretisiert und verfeinert werden, dass darüber Teile einer Systemlösung identifiziert, begründet und spezifiziert werden, die schließlich gemäß den Richtlinien des öffentlichen Vergaberechts auszuschreiben und zu beschaffen sind. Es muss sichergestellt werden, dass die ggf. von unterschiedlichen Herstellern gelieferten Bestandteile einer Gesamtlösung nicht nur untereinander, sondern auch mit einer bestehenden Systemumgebung eine Wechselbeziehung realisieren, wie sie wirklich gewollt ist.

Neben der Bewältigung verkehrlicher Aufgaben erfährt das Thema Herstellermischung eine zunehmende explizite Beachtung.

Ziel und Zweck des OTS-Leitfadens (Titelbild siehe unten) ist es, den Konzeptfindungs- und den Beschaffungsprozess im Sinne von OTS vollständig zu erarbeiten. Das Hauptaugenmerk ist dem Konzeptfindungsprozess gewidmet, aus dem heraus der „Input“ für den Beschaffungsprozess begründet und auf den Weg gebracht wird. Die Abbildung von konzeptionellen Lösungsbestandteilen auf die Qualitätsdokumente (Q-Artefakte) des OCA-Vorgehensmodells (kurz O-Modell) ist eine Aufgabe, bei der das sinnrichtige Übertragen von Konzepten in eine verifizierbare Spezifikation fundamental wichtig ist. Was hier falsch interpretiert oder unterlassen wird, ist später kaum noch korrigierbar.



Abbildung 45: Titelbild des OTS-Leitfadens

Der Beschaffungsprozess selbst, wird durch das O-Modell unterstützt. Es ist in einem separaten Dokument beschrieben.

Im OTS-Leitfaden wird Konzeptfindung grundsätzlich als Um- bzw. Neugestaltung von Systemen gesehen. Eine Rolle, welche mit einer solchen Aufgabe typischerweise assoziiert ist, ist die des Systemarchitekten. Das Lösungskonzept soll mithin die Bedeutung einer Systemarchitektur haben.

Barrierefreie oder problemarme Systemaggregation herstellergemischter Teilsysteme wird als eine solche Vorgabe betrachtet. Für die Interpretation dieser Regel wird das Konzept „verteiltes System“ bemüht. Das bedeutet, eine Systemlösung soll unabhängig davon, ob sie herstellergemischt oder herstellerspezifisch realisiert wird, die Merkmale eines „verteilten Systems“ aufweisen. Die lose Kopplung ist das hervorzuhebende Merkmal, was zur Folge hat, dass Nachrichtenaustausch und damit Kommunikation zu einem unverzichtbaren Bestandteil von Spezifikationen wird.

Der OTS-Leitfaden, der auf Basis der im AK100 erarbeiteten Ergebnisse erstellt wurde, hält deshalb zu folgenden, in der Praxis immer wieder auftauchenden Themen und Fragestellungen, Antworten bereit:

- ▶ Wie geht man - unter der Randbedingung der öffentlichen Vergabe - bei der Systemumgestaltung/ Systemneugestaltung und Beschaffung eines komplexen Systems für den Straßenverkehr vor?
- ▶ Wie kann man mit Herstellermischung als Möglichkeit flexibler Anpassung umgehen, ohne dass die oftmals damit verbundenen negativen Auswirkungen zu Tage treten?
- ▶ Wie erstellt man die für eine Ausschreibung notwendige Leistungsbeschreibung im Sinne von OTS, ohne das öffentliche Vergaberecht zu verletzen; wie bilde ich sinnvolle Lose?

2.11.5.2 Arbeiten und Ergebnisse

Mit dem OTS-Leitfaden sollen Personen unterstützt werden, die mit Aufgaben zur Spezifikation und Beschaffung von Systemen für Verkehrssteuerung, Verkehrslenkung und Verkehrsmanagement (bzw. Bestandteilen davon) befasst sind, und die diese Aufgabe im Sinne einer OTS-Systemgestaltung, wie sie in diesem Dokument beschrieben wird, bewältigen wollen, sollen oder müssen.

Der OTS-Leitfaden wendet sich somit vornehmlich an Mitarbeiter von öffentlichen Verwaltungen (Baulastträger, Betreiber) die – in ihrer Rolle als Auftraggeber – in unterschiedlicher Weise und mit unterschiedlichen Befugnissen, Qualifikationen und Verantwortungen an der Konzeption, Planung und Umsetzung der Erneuerung oder Erweiterung bestehender Systeme im Verkehrsbereich betraut sind bzw. an sonstige Personen, die in Stellvertretung des Auftraggebers mit der Wahrnehmung von Auftragsaufgaben beauftragt sind.

Im Sinne einer konstruktiven und kooperativen Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, die sich auf die gleiche Wissensgrundlage stützt, wendet sich der OTS-Leitfaden mit der gleichen Zielsetzung aber auch an Personen der Auftragnehmer-/Lieferantenseite.

Im Einzelnen wendet sich der OTS-Leitfaden an folgende Personengruppen (Rollen):

- ▶ Auftraggeber (verantwortet die Beschaffung, Ausschreibung, Vergabe, Test und Inbetriebnahme von OTS-Systemen)
- ▶ Lieferant (richtet seine Produktplanung am OTS-Leitfaden aus)

- ▶ Systemarchitekt (gestaltet OTS-Systeme im Rahmen der Konzeptfindung und von Machbarkeitsstudien)
- ▶ Standardisierungsgremium (harmonisiert, standardisiert nach OTS)

Der Nutzen des OTS-Leitfadens liegt für alle Beteiligten darin, dass mit seiner Anwendung die mit der Erneuerung und Erweiterung der Systeme zwangsläufig immer verbundenen Gestaltungs- bzw. Umgestaltungsprozesse so geordnet und damit beherrscht werden können, dass am Ende der Nachweis erbracht werden kann, dass die an die Kommunikationsarchitektur der Systeme gestellten Anforderungen auch zur Zufriedenheit aller umgesetzt wurden.

Darüber hinaus liegt für die Auftragnehmer-/Lieferantenseite der Nutzen in der Gleichartigkeit und Exaktheit von Spezifikationen im Rahmen von Beschaffungsverfahren bzw. Ausschreibungen und in dem Umgang damit.

Im Einzelnen soll mit der Anwendung des OTS-Leitfadens folgendes erreicht werden:

- ▶ Qualifizierung der Anwender durch die Vermittlung von Grundwissen und Handlungskompetenz, um System-(Um)Gestaltungsprozesse ordnen und beherrschen zu lernen. Der gesamte Beschaffungsprozess von der Systemspezifikation bis hin zur Abnahme wird abgedeckt.
- ▶ Einführung der modellgetriebenen Entwicklung konkreter Systemarchitekturen. Die Basis bilden die OCIT-Instanzen und OTS-Systemmodelle.
- ▶ Einführung eines Vorgehensmodells mit Dokumentenvorlagen für Beschaffungsprozesse mit Herstellermischung (OCA-Vorgehensmodell, kurz O-Modell)
- ▶ Lieferung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für den von der OCA moderierten OTS-Standardisierungsprozess

Der OTS-Leitfaden wird von den Autoren und der OCA als Herausgeber als Orientierungs- und Strukturierungshilfe und nicht als Lehrbuch oder Handbuch klassifiziert. Die Gründe sind darin zu sehen, dass OTS-Realisierungen, in Form von Produkten aktuell noch nicht in der Art vorliegen, um das Anliegen dieses Dokumentes direkt mit solchen Produkten oder Merkmalen dieser Produkte verknüpfen zu können. Anwender des OTS-Leitfadens stehen deshalb vor der schwierigen Aufgabe, ihre Entscheidungen im Hinblick auf Anforderungen auch zu rechtfertigen oder zu begründen. Der Leitfaden befasst sich mit dieser Aufgabe auf der konzeptionellen Ebene und erläutert die Übertragung dieser Konzepte auf konkrete Problemfälle. Der OTS-Leitfaden beschreibt abstrakte Handlungsmuster und verbindet diese mit entsprechend abstrakten Lösungsansätzen. Diese bilden den Ausgangspunkt für die konkrete Spezifikation von Losen.

Mit dem Leitfaden wird auch der Anspruch verfolgt, einen gewissen Weitblick im Hinblick auf die strategische Bedeutung von Entscheidungen zu vermitteln. Systemgestalter oder Systemarchitekten müssen visionäre Sichten entwickeln und diese mit den Alltäglichkeiten in Einklang bringen. Mit Beschaffungsmaßnahmen sollte deshalb implizit die Anforderung verbunden sein, die Entwicklung und den Ausbau bestehender Systemlandschaften nachhaltig und auch nutzenspendend zu beeinflussen.

„Herstellermischung“ ist eine gewachsene Tatsache, die durch den allgemeinen technischen Trend zunehmender Vernetzung begünstigt wird. Die zunehmende Anzahl der am Aufbau einer Systemlandschaft beteiligten Hersteller und auch die unterschiedlich lange Lebens-

dauer von Systemteilen verbindet jede Aufgabe der Systemgestaltung zwangsweise mit einer nicht einfachen Analyseaufgabe. Es müssen konkrete Vorstellungen entwickelt werden, die es erlauben, Ansatzpunkte für konkretes Gestalten zu bestimmen und zu bewerten. Dabei soll mit OTS das Ziel verfolgt werden, Entscheidungen so zu treffen, dass begleitend zum OTS-Prozess Rahmenbedingungen in lokalen Organisationen geschaffen werden, damit herstellergemischte Systemlandschaften auf absehbare Zeit als systematisch mischbare Systemlandschaft begriffen werden können.

Der OTS-Leitfaden beschreibt Handlungsempfehlungen, die auf die Erkennung und Vermeidung der bei Herstellermischung absehbar auftretenden Probleme ausgerichtet sind. Dies war notwendig, da Systeme für den Straßenverkehr in der Regel von der öffentlichen Hand und damit unter Anwendung des öffentlichen Vergaberechts, d.h. der Ermöglichung von Wettbewerb beschafft und betrieben werden müssen, was zwangsläufig Herstellermischung zur Folge hat.

Die Version 0.9 des OTS-Leitfadens soll ausdrücken, dass diesem Dokument noch die Evaluierung in der Praxis fehlt. Dies sollte und konnte im Projekt Dmotion nicht geleistet werden.

Um den Anwendern des OTS-Leitfadens einen praxiskonformen Hintergrund zu bieten, wird auf typische sog. OTS-Szenarien Bezug genommen. Damit sind Situationen gemeint, die aufgrund von speziellen Forderungen die Einführung von Herstellermischung zwangsläufig zur Folge haben. Dies vor dem Hintergrund, dass OCIT-Outstations und OCIT-Instations/OTS 1.0 auf dem Markt sind, OTS 2 mit dem Abschluss von Dmotion spezifiziert ist und anschließend felderprobt werden soll. Die OTS-Szenarien weisen in Bezug auf die daraus resultierenden Aufgabenstellungen ganz unterschiedliche OTS-Komplexitätsgrade, unterschiedliche technische und organisatorischen Voraussetzungen sowie rechtlichen Rahmenbedingungen auf und setzen dementsprechend bei den handelnden Personen unterschiedliches Grundwissen voraus, das aufeinander aufbaut. Folgende Szenarien werden behandelt:

- ▶ Szenario 1: Motivation ist die Schaffung von Wettbewerb in der Feldebene, der Einstieg in Herstellermischung erfolgt über die Einführung des OCIT-Outstations Standards.
- ▶ Szenario 2: Motivation ist der Verbund von Systemen auf der zentralen Ebene. Herstellermischung kann – ggf. zusätzlich zum OCIT-Outstations Standard – mit Hilfe des OCIT-Instations / OTS 1 Standards realisiert werden.
- ▶ Szenario 3: Motivation ist der Verbund von Systemen auf der zentralen Ebene, der OCIT-Instations / OTS 1 Standard reicht aber nicht aus. Funktionale und/oder Erweiterungen des Datenmodells machen den Einsatz des OTS 2 Standards (und evtl. Erweiterungen von diesem) erforderlich.

Die Benutzung des OTS-Leitfadens ist für alle gleich. Die Inhalte haben jedoch für Baulastträger und Betreiber eine andere Konsequenz als z.B. für Hersteller. Darüber hinaus setzt die Anwendung des OTS-Leitfadens die Aneignung eines gewissen Grundwissens voraus, damit der Anwender den OTS-Leitfaden und seinen eigenen Betrachtungsstandpunkt richtig einordnen kann und damit er über Begrifflichkeiten verfügt, die für eine differenzierte sprachliche Auseinandersetzung mit der im OTS-Leitfaden behandelten Problemklassifikation und der anschließenden Anforderungs- und Systemspezifikation unerlässlich sind.

Der OTS-Leitfaden ist in die folgenden fünf Teile gegliedert:

► **TEIL I - Einführung**

Im Einführungsteil wird die zentrale Bedeutung des OTS-Leitfadens erörtert. Hier erfährt der Leser alles über Ziele und Motivation des OTS-Leitfadens, das OTS-Konzept und den Anwendungsbereich des OTS-Leitfadens.

► **TEIL II - Arbeitskonzepte**

Im Teil II werden Arbeitskonzepte vermittelt, mit denen sich der Nutzer des OTS-Leitfadens auseinandersetzen sollte, um den OTS-Leitfaden gewinnbringend und effizient nutzen zu können.

Es werden Aspekte der Systemgestaltung sowie der -architektur beleuchtet und es wird dargestellt, welches Grundwissen zur Anwendung des Teil III benötigt wird.

► **TEIL III - Praxis**

Im Praxisteil ist der eigentliche Handlungsablauf von der Systemkonzeption bis zur Umsetzung dargestellt. Dieser wird dem Leser anhand dreier Ebenen die Systemgestaltung und -beschaffung vor dem Hintergrund des OCA-Vorgehensmodells vermittelt. Letzteres dient dabei nur als methodisches Mittel.

Die Ebenen bestehen aus der Anwenderebene, der konzeptionellen Erklärungsebene und der Beispielebene. Die Anwenderebene leitet den Anwender durch den Handlungsablauf. Der gedankliche Hintergrund wird in der Erklärungsebene genauer erklärt. Die Beispielebene hält zu den einzelnen Handlungsschritten des Handlungsablaufs Beispiele aus bereits realisierten Projekten bereit.

► **TEIL IV - Ausblick**

Im Teil IV wird dargestellt und begründet, dass die Anwendung des OTS-Leitfadens für den Handelnden zukünftig mit notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen verbunden sein muss.

► **TEIL V - Referenzen und Impressum**

Im Referenzteil wird auf Dokumente verwiesen, die selbst nicht Bestandteil des OTS-Leitfadens sind, auf die in den vorangegangenen Kapiteln Bezug genommen wird.

Wie bereits erwähnt, ist der Teil III „Praxis“ in drei unterschiedliche Ebenen gegliedert:

► **Anwenderebene (Modellebene)**

Auf der Anwenderebene modelliert der Anwender sein Konzept und stellt es mit den für ihn verfügbaren Mitteln (Symbole, Text) dar. Der OTS-Leitfaden-Benutzer durchläuft in dieser Ebene alle prinzipiell notwendigen Aktivitäten als Teile des gesamten Handlungsablaufs von der Systemkonzeption bis hin zur Umsetzung. In einer konkreten Beschaffungsmaßnahme können diese Aktivitäten unterschiedlich ausgeprägt sein. Die Erfahrungen des Anwenders im Umgang mit dem OTS-Leitfaden wirken sich beschleunigend auf die Ergebniserstellung aus.

► **Erklärungsebene (Metaebene)**

Mit der Erklärungsebene wird eine Metaebene angeboten. Sie dient der Interpretation der auf der Modellebene deklarierten Aktivitäten. Der Fokus liegt auf den Aktivitäten der ersten zwei Phasen, bei denen der Gestaltungsaspekt unterstützt werden soll.

Wie der Leser dies auf seine Modellebene überträgt, wird nicht behandelt, weil es dafür keine Universallösung gibt. Auch ist keineswegs sichergestellt, dass der auf der Metaebene dargestellte Wissensumfang für jeden konkreten Anwendungsfall ausreichend ist und dass ggf. zusätzliche Aspekte noch behandelt werden müssen.

► **Beispielebene**

Die Beispielebene begleitet den Anwender des OTS-Leitfadens bei der Ausführung einzelner Aktivitäten der Modellebene. Sie hält zur Orientierung und Unterstützung einige Beispiele bereit, mit denen „Look and Feel“ vermittelt werden soll, wie insbesondere die gestalterische Aufgabe (Phasen 1 bis 2) und die Anforderungsspezifikation (Dokumentation in den Phasen 1 bis 3) in eine Darstellungsform gebracht werden kann.

Die Beispiele stammen zum einen aus dem Forschungsprojekt Dmotion (Szenario 3) und aus konkreten Beschaffungsverfahren aus dem Bereich Lichtsignalsteuerung (Szenario 1 und 2).

Diese drei Ebenen sind durch Hyperlinks in der Kopfgrafik jeder Aktivität miteinander verbunden, die die Benutzung für den Leser erleichtern sollen. Die Verknüpfung der drei Ebenen zeigt das nachstehende Beispiel:

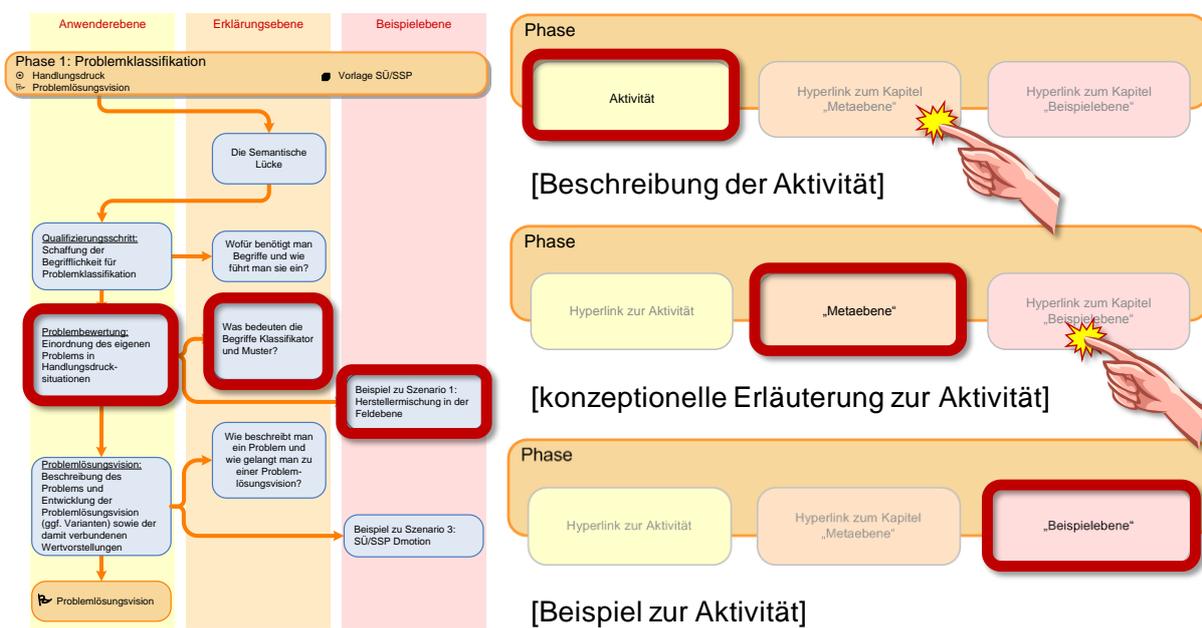


Abbildung 46: Hyperlinks in den Aktivitäts-Kopfgrafiken

Auf der linken Seite der Abbildung befindet sich ein Überblick über die Aktivitäten der Phase 1 „Problemklassifikation“, welche als blaue abgerundete Rechtecke dargestellt sind. Jede dieser Aktivitäten besitzt eine Kopfgrafik mit Hyperlinks (rechte Seite der Abbildung) zu den jeweiligen anderen Ebenen. I.d.R. kann der Leser so zu jeder Aktivität auf der Anwender-ebene zu den entsprechenden Informationen auf der Erklärungsebene oder zu dem entsprechenden Beispiel wechseln.

Einen Überblick über die einzelnen Phasen vor dem Hintergrund der verschiedenen Ebenen zeigt folgende Abbildung:

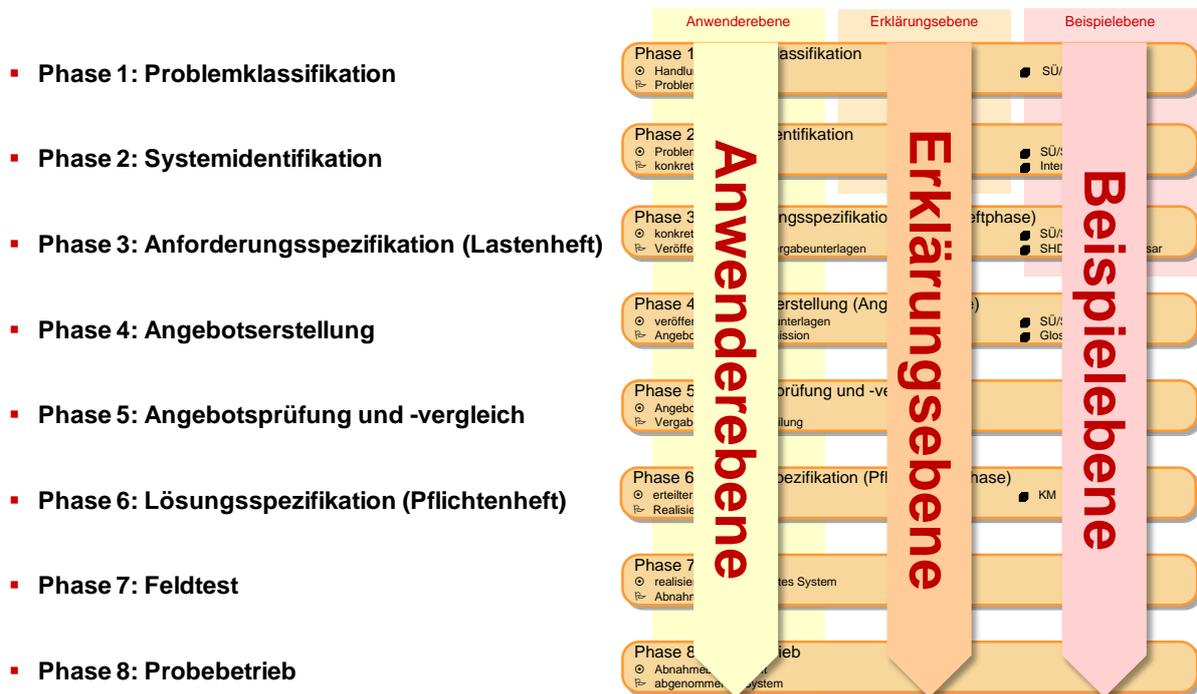


Abbildung 47: Übersicht über das Phasenmodell zum Anwendungsablauf des OTS-Leitfadens

2.11.5.3 Verwertbarkeit und Nutzen

Die Existenz des OTS-Leitfadens integriert Ergebnisse des Projektes Dmotion. Die Ergebnisse stellen einen Wert an sich dar, weil das im OTS-Leitfaden zusammengestellte Wissen über Verbundsysteme im Bereich von Verkehrsmanagement in dieser detaillierten Form in keinem anderen Dokument des Projektes vorliegt.

Durch die Anwendung des OTS-Leitfadens sollen im Verlauf der Zeit allgemeine OCA-Ziele realisiert werden. Im Konkreten heißt das:

- ▶ Vereinheitlichung und Erleichterung der Gestaltung des Beschaffungsprozesses ausgehend von der Systemspezifikation bis hin zum Test und zur Abnahme, insbesondere dann, wenn die im Prozess verankerte Vergabe an das öffentliche Vergaberecht gebunden ist.
- ▶ Vereinheitlichung der Systemspezifikation (in Bezug auf die verwendete Inhaltsstruktur und die benutzen Begrifflichkeiten) inkl. Unterstützung von Konsensbildung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, gerade dann, wenn die Spezifikationsdokumente im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen Verwendung finden sollen.
- ▶ Erleichterung der Realisierung herstellergemischter Systeme durch Verwendung von offenen Kommunikationsstandards für Schnittstellen (OCIT/OTS). Dadurch ergibt sich:
 - die Senkung von Preisen durch mehr Wettbewerb,
 - ein größeres Spektrum möglicher Anbieter,
 - die Möglichkeit, an jeder Stelle im System das leistungsfähigste Teilsystem einsetzen zu können.

- ▶ Unterstützung des von der OCA eingeführten und moderierten OTS-Prozesses
- ▶ Bereitstellung von Modellen (O-Modell, OTS-Systemmodell), die Anwendern des OTS-Leitfadens eine Orientierungshilfe sind.

Darüber hinaus kann der Anwender des OTS-Leitfadens über die Referenzliste auf Beispiele konkreter Realisierungen zugreifen und davon profitieren. Die in den Beispielen dokumentierten Ziele und ihre Erreichung kann er nachvollziehen und ggf. auf seine eigenen Bedürfnisse übertragen.

Im Detail wurde der Nutzen für folgende Rollen identifiziert:

▶ **Auftraggeber (Baulastträger, Betreiber und Systemarchitekt)**

Der Baulastträger und Betreiber nutzt den OTS-Leitfaden für alle Phasen seines Handelns als Begründungs- und Rechtfertigungsgrundlage in Beschaffungsprozessen, d.h. bei der Problemklassifikation, der Systemidentifikation, der Anforderungsspezifikation (Lastenheft), der Angebotsprüfung, der Lösungsspezifikation (Pflichtenheft), dem Feldtest und dem Probetrieb und der Abnahme.

Der OTS-Leitfaden vermittelt dem mit der Aufgabe der Systemgestaltung betrauten Personenkreis Grundwissen und Handlungskompetenz, um, basierend auf verschiedenen Modellen (OCIT-Instations und OTS-Systemmodell, O-Modell, weiteren Metamodellen wie ISO/OSI-Schichtenmodell), einen Systemgestaltungsprozess strukturieren und sicher durchführen zu können.

▶ **Auftragnehmer-/Lieferanten (Hersteller)**

Der Hersteller nutzt den OTS-Leitfaden zur Angebotserstellung, Lösungsspezifikation (Pflichtenheft), Feldtest und Probetrieb. Darüber hinaus liegt für die Auftragnehmer-/Lieferantenseite der Nutzen in der Gleichartigkeit und Exaktheit von Spezifikationen im Rahmen von Vergabeverfahren bzw. Ausschreibungen und in dem Umgang damit.

▶ **Nutzen für Interessenverbände**

Der Nutzen des OTS-Leitfadens für Interessenverbände muss hier in der Verbindung mit dem OTS-Rahmenwerk gesehen werden. Interessenverbände können ggf. ihre Positionierung mit der der OCA abgleichen.

Der OTS-Leitfaden hat aber auch Anwendungsbeschränkungen. Er setzt in der vorliegenden Form eine nicht spezifizierte Grundkompetenz voraus. Die im Handlungsablauf auf der konzeptionellen Erklärungsebene beschriebenen Sachverhalte zeigen evtl. Verstehensgrenzen auf die jeder Anwender für sich bereinigen sollte.

Der OTS-Leitfaden setzt auch die Existenz des OTS 2 Standards voraus. Dieser wird derzeit in dem Folgeprojekt von Dmotion erstellt und soll auch der offiziellen Standardisierung (z.B. bei ⇒DIN oder ⇒CEN) zugeführt werden. Implementierungen des OTS 2 Standards können derzeit nur als Beta-Implementierung bewertet werden. Insofern muss sich derzeit das OTS-Konzept auf OCIT-Standards (Instations, Outstations) und dem OTS 1 Standard abstützen. Gleichwohl sind die allgemeinen Betrachtungen zu verteilten Systemen davon unabhängig und immer anwendbar, wenngleich auch nicht 1:1 abbildbar. Wechselbeziehungen von Teilsystemen müssen ggf. mit anderen Standards realisiert werden.

Der Detaillierungsgrad im Handlungsablauf ist ab Phase 4 aufgrund Nicht-Behandlung im Projekt Dmotion geringer als in den Phasen 1-3.

Erst mit der vollständigen Fertigstellung des OTS-Rahmenwerks werden wahrscheinlich alle konkreten Mittel verfügbar sein, die die derzeit noch bestehende Schwierigkeit bei der Spezifikation und der gegenseitigen Annäherung von Auftraggebern und Auftragnehmern spürbar reduzieren werden.

2.11.5.4 Zielerreichung

Ziel wurde voll erreicht, der OTS-Leitfaden wurde z.B. den Mitgliedern der OCA zuletzt auf der Mitglieder Fachdiskussion im Januar 2010 vorgestellt und zur Anwendung, aber auch zur kritischen Prüfung empfohlen.

2.11.5.5 Referenzierte Dokumente

► OTS-Leitfaden

2.12 Veröffentlichungen und Vorträge

Im Folgenden sind nur die Veröffentlichungen und Vorträge aufgeführt, an denen die OCA unmittelbar beteiligt war:

- [1] Albrecht, H.; Gebhardt, R.: Grundlage für die (Beitrag zur) Qualität von Verkehrsmanagementsystemen. Workshop „Integriertes Straßenverkehrsmanagement in Ballungsräumen“, Nürnberg, 5/2006.
- [2] Albrecht, H.; Göbbels, A.: Auftaktsitzung „Qualitätsmanagement im Verkehr“, Bonn, 11/2006.
- [3] Bültmann, D.; Albrecht, H.; Schön, T.: Open Traffic Systems - An Extensible Middleware for Distributed Traffic Management Systems. 14th World Congress on ITS, Beijing, 10/2007.
- [4] Albrecht, H.; Gebhardt, R.; Bültmann, D.; Lüpkes, C.: OTS - Open Traffic Systems. Statustreffen BMWi, Halle, 5/2008.
- [5] Gerster, H.; alle Projektpartner: Dmotion - Düsseldorf in Motion: Mehr Mobilität mit integriertem Strategiemanagement. Informationsblatt des TÜV Rheinland „Mobilität und Verkehrstechnologien – Informationen zum Forschungsschwerpunkt Verkehrsmanagement 2010“, 10/2007.
- [6] Albrecht, H.: Open Traffic Systems – Übertragbare Konzepte für herstellergemischte Verbundsysteme. Vortrag Abschlussveranstaltung Dmotion, Düsseldorf 11/2009.
- [7] Lüpkes, C.: Open Traffic Systems – Übertragbare Konzepte für herstellergemischte Verbundsysteme. Abschlussbroschüre Dmotion, 11/2009.