

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Projektnummer

03.0532

Markus Lange-Stuntebeck

Vertreter der
Bietergemeinschaft
MRK Management Consultants GmbH
München
und
Amadeus Germany GmbH
Bad Homburg

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach

April 2022

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Forschungsprogramm Straßenwesen

FE 03.0532/2014/IRB

Entwicklung einer IVS-Rahmenarchitektur Straße - Los 4 'Referenzarchitektur Multimodale Reiseinformation'

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Bietergemeinschaft:

MRK Management Consultants GmbH

Herzog-Rudolf-Straße 1

80539 München

und

Amadeus Germany GmbH

Siemensstraße 1

61352 Bad Homburg

Vertreten durch:

MRK Management Consultants GmbH

Herrn Markus Lange-Stuntebeck

E-Mail: Markus.Lange-Stuntebeck@mrk.de

Telefon: 089 242 0669 69

Kurzfassung

Die rasante Weiterentwicklung von Mobilgerätetechnologien und Funknetzen in den letzten Jahren, wie auch die Entwicklung der Shared-Communities bei der Autonutzung, führen zu neuen Marktteilnehmern im Bereich der multimodalen Reiseinformationssysteme.

Die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation konkretisiert das Rahmenwerk für Architekturen Intelligenter Mobilitätsdienste (RAIM) für die IVS-Dienstekategorie multimodale Reiseinformation.

Multimodale Reiseinformationsdienste (MMRI) unterstützen Reisende bei der Planung ihrer Reise von A nach B durch einen Vergleich verschiedener Reiseoptionen unter Kombination verschiedener Beförderungsarten, Preise und folgender Verkehrsträger: Luftverkehr, Schienenverkehr, Straßenverkehr, Schiffsverkehr, Reisebusverkehr, öffentlicher Personenverkehr, bedarfsgesteuerter Verkehr, Fuß und Radverkehr. MMRI bieten dem Reisenden personalisierte Reisewege entsprechend spezifischer Reisepräferenzen an.

Zur Entwicklung der IVS-Referenzarchitektur wurde neben einer Bestandsaufnahme auch eine Analyse der bestehenden Ansätze zur Etablierung der multimodalen Reiseinformation durchgeführt. Die betrachteten Projekte und Initiativen sind hierbei EU Spirit, DELFI sowie die ÖV-IVS-Rahmenarchitektur. Darüber hinaus fand ein stetiger Austausch mit der VAO GmbH¹ aus Österreich statt, die als assoziierter Partner an der Entstehung der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation mitgewirkt haben.

Es gibt die Rollen Inhaltenanbieter, Dienstbetreiber und Dienstanbieter mit den der jeweiligen Rolle zugeordneten typischen Aktivitäten zur Erzeugung des Wertschöpfungsbeitrags, den die Akteure leisten. Aktivitäten führen zur Erzeugung von Produkten, die als Informationsobjekte in der IVS-Wertschöpfungskette zwischen den Geschäftsprozessen weitergereicht werden. Hierbei wird von den Akteuren ein definiertes politisches (Einhaltung des Rechtsrahmens, der Verhaltensnormen und Gepflogenheiten), wirtschaftliches (Bereitstellung von Personal, Finanzierung und Controlling, Steuerung der eigenen Aktivitäten), und technisches Verhalten (Erfassung und Aufbereitung von Daten und Informationen, Erzeugung, Bereitstellung und Darstellung von IVS-Diensten, Systembetrieb, -wartung und -innovation) erwartet.

¹ Verkehrsauskunft Österreich GesmbH (VAO)

Inhalt

1 Einleitung	3
2 Vorbereitungsphase	8
3 Phase A – Entwicklung einer Architekturvision	11
3.1 Beschreibung des Wirkungsbereiches der IVS-Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation	11
3.2 Die Architekturvision der Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation	14
3.2.1 Schnittstelle Datenanbindung	14
3.2.2 Schnittstelle Serviceanbindung	15
3.2.3 Informationslogik	16
4 Phase B – Geschäftsarchitektur	19
5 Phase C – Informationssystemarchitektur	21
5.1 Datenarchitektur	22
5.1.1 Spezifische Darstellung von Informationsobjekten mithilfe von Fallbeispielen	25
5.1.2 Datenmodell-Katalog	31
5.1.3 Ortsreferenzierung	32
5.2 Anwendungsarchitektur	33
5.2.1 IVS-Anwendungen der multimodalen Reiseauskunft	34
5.2.2 IVS-Schnittstellen der multimodalen Reiseauskunft	34
6 Ausblick auf die Phasen D bis H und das Anforderungsmanagement	35
7 Zusammenfassung	36
8 Referenzen	36
Tabellenverzeichnis	38
Abbildungsverzeichnis	39

Anhang: englische Version

1 Einleitung

Problemstellung

Die rasante Weiterentwicklung von Mobilgerätetechnologien und Funknetzen in den letzten Jahren, wie auch die Entwicklung der Shared-Communities bei der Autonutzung, führen zu neuen Marktteilnehmern im Bereich der multimodalen Reiseinformationssysteme.

Neben zahlreichen App-Lösungen als Stand-Alone-Anwendungen entwickeln in Deutschland Automobilkonzerne wie Daimler mit moovel, VW mit MOIA oder die Deutsche Bahn mit Qixxit raum- und verkehrsmittelübergreifende multimodale Reiseinformationssysteme, bzw. eigene Marken für Mobilitätsdienstleistungen die nicht nur informieren, sondern bei denen der Reisende auch Produkte und Dienstleistungen in Zukunft buchen und kaufen kann. In diese Reihe sind bspw. auch die Plattforminitiative Mobility Inside des VDV, verschiedene Projekte der Initiative zur digitalen Vernetzung des öffentlichen Personenverkehrs des BMVI sowie das Projekt moveBW des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg einzuordnen.

Trotz dieser Entwicklung bei den multimodalen Reiseinformationssystemen werden Reiseempfehlungen jedoch weiterhin nur auf Basis individueller Entscheidungen des Reisenden und auch kommerzieller Interessen der Produkt- und Dienstleistungseigner sowie der Online oder Offline-Reiseagenturen gegeben. Ein Abgleich mit öffentlichen Strategien fehlt noch, wird jedoch aktuell für neue Umsetzungen diskutiert und gefordert (vgl. Wiki-Beitrag [Bestandsaufnahme](#)).

Ziel

Die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation zielt darauf ab, die Sicherheit für öffentliche Betreiber bezüglich der Kompatibilität und Interoperabilität von IVS-Anwendungen zu erhöhen. Darüber hinaus verfolgt die IVS-Referenzarchitektur folgende Ziele:

- Geringerer Entwicklungsaufwand und Planungssicherheit für die Industrie
- Vermeidung technologischer Insellösungen
- Verbesserung der Investitionssicherheit und Markttransparenz
- Reduzierung von negativen Umweltwirkungen des Verkehrs
- Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit bei der Anfrage von Reisealternativen der multimodalen Reiseplanung

Die Vision dieses Vorhabens ist, dass es in Zukunft den Reisenden gibt, der zu jeder Zeit und an jedem Ort über seine multimodalen Reisemöglichkeiten informiert ist: Der informierte und orientierte Verkehrsteilnehmer!

Vorgehen

Im Zuge der Erstellung des Rahmenwerks für Architekturen Intelligenter Mobilitätsdienste (RAIM) im Projekt FE 03.0483/2011/IRB wurde das RAIM-Vorgehensmodell für die Erstellung von IVS-Architekturen und IVS-Referenzarchitekturen entwickelt, das auf der Architecture

Development Method (ADM) des The Open Group Architecture Framework (TOGAF) basiert. Dabei wurden die Schritte der einzelnen TOGAF-ADM-Phasen auf die Gegebenheiten von organisationsübergreifenden Architekturen für IVS-Dienste angepasst. Parallel dazu wurde das RAIM-Vorgehensmodell mit der Erstellung dreier IVS-Referenzarchitekturen getestet. Durch wiederkehrende Optimierungen im RAIM-Vorgehensmodell während seiner Erstellung hin zur Version 1.0 kann es vorkommen, dass in der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur auch trotz einiger Nacharbeiten Teile nicht absolut konform zur letzten Version des RAIM-Vorgehensmodells sind.

Dieses Dokument beschreibt die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation ebenfalls in Version 1.0. Eine Fortschreibung und dynamische Weiterentwicklung der IVS-Referenzarchitektur basierend auf Erfahrungen aus weiteren Projekten, die die IVS-Referenzarchitektur anwenden, wird angestrebt. Das IVS-Architektur-Wiki, abrufbar unter www.its-architektur.de, macht die aktuelle Version immer zugänglich und ermöglicht eine Beteiligung aller Interessierten.

Aufbau des Dokuments

RAIM diene für die Erstellung dieser IVS-Referenzarchitektur als Grundlage. Für die Erstellung einer IVS-Architektur eines realen IVS-Dienstes im Bereich der multimodalen Reiseinformation bietet RAIM ebenso – zusammen mit der IVS-Referenzarchitektur – Unterstützung und Hilfestellung. Einen kurzen Überblick über RAIM gibt Kapitel 1. In den Kapiteln 2, 3, 4 und 5 wird die IVS-Referenzarchitektur mit den Ergebnissen der bearbeiteten Phasen des RAIM-Vorgehensmodells (Vorbereitungsphase, Phasen A, B, C) beschrieben. Kapitel 6 gibt einen Ausblick auf die nicht bearbeiteten Phasen, die für eine IVS-Architektur eines realen IVS-Dienstes ebenfalls wichtig werden. Kapitel 7 fasst die wesentlichen Ergebnisse und die Bedeutung der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation zusammen.

An vielen Stellen bietet dieses Dokument die Möglichkeit, mit Links auf das IVS-Architektur-Wiki und damit direkt auf Erläuterungen und Informationen zuzugreifen. Es wird daher die elektronische Version des Dokuments empfohlen um alle Möglichkeiten der Querverweise vollständig ausschöpfen zu können.

Das Rahmenwerk für Architekturen Intelligenter Mobilitätsdienste als Grundlage

Das Rahmenwerk für Architekturen Intelligenter Mobilitätsdienste (RAIM) bietet umfassende Unterstützung bei der Erstellung einer IVS-Referenzarchitektur oder einer IVS-Architektur eines realen Dienstes. Die Erarbeitung der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation wurde parallel zur Entwicklung von RAIM erarbeitet. Die Arbeit diene damit als Test der RAIM-Konzepte und des RAIM-Vorgehensmodells. Da die Erfahrungen direkt wieder in RAIM eingebracht wurden, wurden einige Aspekte der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur nicht nach dem neuesten Stand von RAIM erarbeitet.

Dieses Kapitel bietet einen kurzen Überblick über RAIM in seiner aktuellen Version 1.0 und beschreibt, wie es für die Erarbeitung der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur verwendet wurde. Eine umfassende Dokumentation von RAIM 1.0 ist ebenso wie dieser Bericht auf der

BASSt-Webseite veröffentlicht. Außerdem ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung von RAIM geplant, die online zugänglich im IVS-Architektur-Wiki dokumentiert wird, abrufbar unter www.its-architektur.de sowie auf der RAIM-Webseite www.raim-architektur.de.

RAIM umfasst neben einem umfassenden Repository von grundlegenden Betrachtungen, Konzepten und Definitionen für IVS-Architektur ein Vorgehensmodell für die Erstellung von IVS-Architekturen und IVS-Referenzarchitekturen. Dieses Vorgehensmodell und die dafür angebotenen IVS-Architekturbausteine wurden für die Erarbeitung dieser IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation verwendet.

RAIM-Konzepte, Begriffe und Erläuterungen

Um das RAIM-Vorgehensmodell korrekt anwenden zu können, bietet RAIM umfassende Erläuterungen zu Konzepten und Begriffen an:

Die IVS-Architekturpyramide

Die IVS-Architekturpyramide dient als geeignetes Metamodell zur Darstellung und Beschreibung von IVS-Diensten. Sie ist in Abbildung 1-1 dargestellt und besteht aus fünf Schichten – der Leitbild-/Strategie-Ebene, der Prozessebene, der Informationsstrukturebene, der IT-Dienste- und IT-Infrastrukturebene –, die alle gemeinsam den potentiell möglichen Betrachtungs- und Darstellungsbereich einer IVS-Architektur aufspannen.

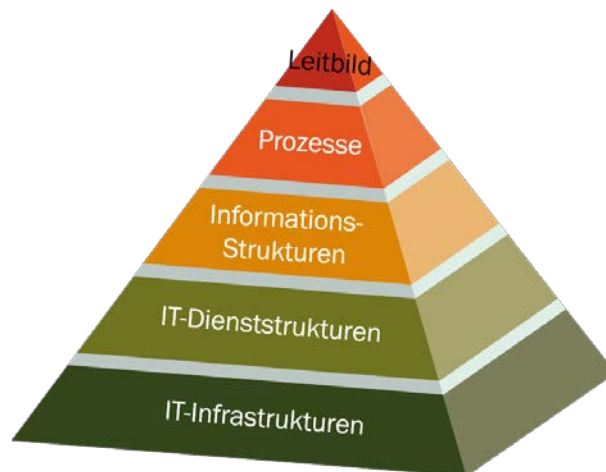


Abbildung 1-1: Die IVS-Architekturpyramide mit fünf Ebenen

Das Instanziierungskonzept von IVS-Architektur und Einordnung der IVS-Referenzarchitektur

Für die Entwicklung von IVS-Architekturen werden drei Instanziierungsebenen festgelegt, die in Abbildung 1-2 dargestellt sind. Die IVS-Rahmenarchitektur legt IVS-Gestaltungselemente als Architekturbausteine fest und definiert dafür Begriffe und Semantik. Außerdem legt sie Gestaltungsgrundsätze fest, nach denen der IVS-Architekt bei der Planung Realisierung von IVS-Diensten vorgehen soll. Eine IVS-Referenzarchitektur konkretisiert die von der IVS-Rahmenarchitektur vorgegebenen Konzepte für eine IVS-Dienstekategorie (IVS-Dienstefamilie) für den Gestaltungsraum einer spezifischen IVS-Domäne. Die IVS-Architektur

realer IVS-Dienste ist schließlich die tatsächliche Umsetzung relevanter IVS-Referenzarchitekturen bis zur letzten Detaillierungsebene in einem konkreten Anwendungsfall.

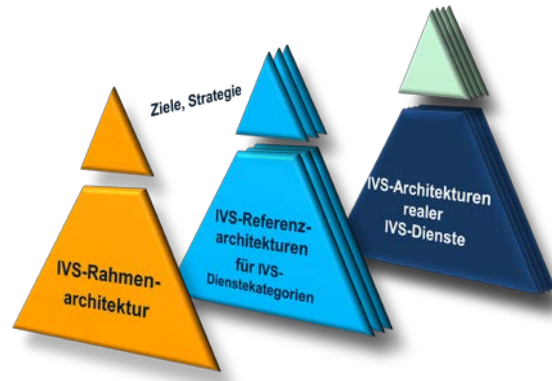


Abbildung 1-2: Instanzebenen von IVS-Architektur

Die Basiskonzepte für IVS-Architektur

Die Basiskonzepte bieten eine ausführliche Erläuterung des RAIM-Ansatzes und der Bedeutung der IVS-Architekturbausteine und Artefakte. In RAIM 1.0 existieren sieben Basiskonzepte:

- Das IVS-Dienste- und IVS-Wertschöpfungskonzept
- Das IVS-Rollen- und IVS-Akteurskonzept
- Das Konzept zur Formulierung von IVS-Zielen und IVS-Realisierungsvorstellungen
- Das IVS-Capability- und Zusammenarbeitskonzept
- Hilfsmittel, Sichten und Werkzeuge für IVS-Geschäftsarchitektur
- IVS-Referenzmodelle und Werkzeuge für IVS-Datenarchitektur
- IVS-Referenzmodelle und Werkzeuge für IVS-Anwendungsarchitektur

Begriffe und Definitionen

Um das richtige Verständnis der in RAIM verwendeten Begriffe sicherzustellen, werden alle Schlüsselbegriffe sowie Begriffe, die in den einzelnen Phasen des RAIM-Vorgehensmodells verwendet werden, ausführlich erläutert. Neben einer textuellen Erklärung werden häufig auch UML-Diagramme verwendet, um die Zusammenhänge der Begriffe visuell aufzuzeigen.

Anwendung von RAIM

Das Ergebnis von RAIM 1.0, das von einem IVS-Architekten direkt Anwendung finden kann, ist das TOGAF-basierte RAIM-Vorgehensmodell zusammen mit den Templates für Artefakte und IVS-Architekturbausteine.

Das RAIM-Vorgehensmodell

Für die Erstellung einer IVS-Architektur oder einer IVS-Referenzarchitektur bietet das RAIM-Vorgehensmodell eine Schritt-für-Schritt-Anleitung. Als methodischer Ausgangspunkt zur Entwicklung von RAIM dienen der internationale Standard ISO/IEC/IEEE 42010 sowie das etablierte Architekturrahmenwerk The Open Group Architecture Framework (TOGAF). TOGAF ist als weltweit verbreitetes Rahmenwerk zur Entwicklung von Unternehmensarchitekturen angesehen. Es bietet als zentrales Element ein Vorgehensmodell zur Entwicklung von Unternehmensarchitekturen, die sogenannte Architecture Development Method (ADM). Da IVS-Architektur nicht nur auf ein einzelnes Unternehmen fokussiert ist, wurde dieses Vorgehensmodell angepasst (getailort) an die Gegebenheiten von organisationsübergreifenden Architekturen für IVS-Dienste. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Vorbereitungsphase und die Phasen A bis C (Architekturvision, Geschäftsarchitektur, Informationssystemarchitektur) gelegt, die inhaltlich zu den oberen Schichten der IVS-Architekturpyramide passen, wie in Abbildung 1-3.

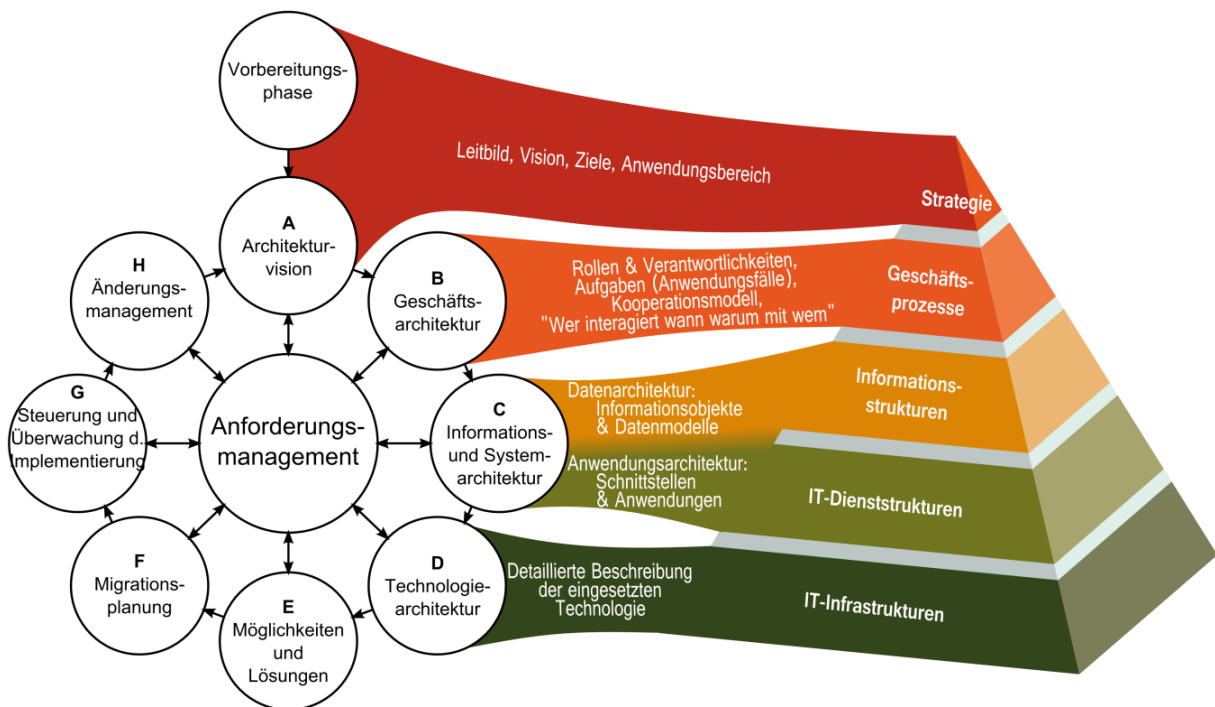


Abbildung 1-3: Darstellung der Phasen der TOGAF-ADM (links) und inhaltlicher Abgleich mit den Ebenen der IVS-Architekturpyramide

In der Vorbereitungsphase werden die Einbindung zugrundeliegender Modelle geklärt, Modellanpassungen definiert sowie wichtige Prinzipien für die Architekturentwicklung festgelegt. In Phase A werden die Ziele der Architekturentwicklung und die daran Beteiligten festgelegt. Die Ergebnisse der Phasen B, C und D stellen die eigentliche IVS-Architektur dar. In Phase B werden der aktuelle und der gewünschte Zustand der Geschäftsarchitektur beschrieben. Dafür werden die Unterschiede herausgearbeitet und unter anderem mit Hilfe von Geschäftsprozessdiagrammen dokumentiert. In Phase C werden der aktuelle sowie der gewünschte Zustand der Daten- und Anwendungsarchitektur beschrieben. Phase D liefert die

Technologiearchitektur. Da die verwendete Technologie in der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur nicht vorgegeben werden soll, wird diese Phase nicht bearbeitet. Die weiteren Phasen E bis H beschäftigen sich mit der Planung des Übergangs vom derzeitigen in den gewünschten Zustand sowie mit der Steuerung und weiteren Verwendung der IVS-Architektur. Diese Phasen werden in der aktuellen Fassung dieser IVS-Referenzarchitektur ebenfalls nicht betrachtet, da sie erst für eine IVS-Architektur eines realen Dienstes relevant werden.

Jede Phase ist wiederum in mehrere Schritte unterteilt. Damit wird ein methodisches und umfassendes Vorgehen bei der Entwicklung einer IVS-Architektur sichergestellt. Außerdem steht das Anforderungsmanagement im Zentrum und treibt den Entwicklungsprozess der IVS-Architektur jederzeit an.

Artefakte und IVS-Architekturbausteine

Die Ergebnisse der einzelnen Schritte der Phasen des RAIM-Vorgehensmodells sind Artefakte oder andere Deliverables. Artefakte sind entweder Kataloge, Matrizen oder Diagramme und bestehen aus einzelnen IVS-Architekturbausteinen. Ein Katalog besteht immer aus einem Bausteintyp. So können z.B. einzelne Rollenbeschreibungen als IVS-Architekturbausteine zu einem Katalog von Rollen zusammengefasst werden. Matrizen bestehen typischerweise aus zwei verschiedenen Bausteintypen und Diagramme aus mehreren. Für eine optimale Hilfestellung bei der Bearbeitung der einzelnen Schritte bietet RAIM für viele Artefakte und IVS-Architekturbausteine Templates an.

2 Vorbereitungsphase

Zum Anfang der Vorbereitungsphase wurde eine Definition zu den multimodalen Reiseinformationsdiensten erstellt. Diese dient dem gemeinsamen Verständnis, in welchem Kontext die weiteren Ausarbeitungen zu lesen sind (vgl. Wiki-Beitrag [Vorbereitungsphase](#)).

Definition zu multimodalen Reiseinformationsdiensten

Die Multimodalen Reiseinformationsdienste (**MMRI**) unterstützen Reisende bei der Planung ihrer Reise von A nach B durch einen Vergleich verschiedener Reiseoptionen unter Kombination verschiedener Beförderungsarten, Preise und folgender Verkehrsträger:

- Luftverkehr, Schienenverkehr, Straßenverkehr, Schiffsverkehr, Reisebusverkehr, öffentlicher Personenverkehr, bedarfsgesteuerter Verkehr, Fuß und Radverkehr...

Die MMRI bieten dem Reisenden **personalisierte Reisewege** entsprechend spezifischer **Reisepräferenzen** an.

Zur Entwicklung der IVS-Referenzarchitektur wurde neben einer Bestandsaufnahme auch eine Analyse der bestehenden Ansätze zur Etablierung der multimodalen Reiseinformation durchgeführt.

Die betrachteten Projekte und Initiativen sind hierbei EU Spirit, DELFI sowie die ÖV-IVS-Rahmenarchitektur. Darüber hinaus fand ein stetiger Austausch mit der VAO GmbH² aus Österreich statt, die als assoziierter Partner an der Entstehung der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation mitgewirkt haben.

Zu beachtende Vorgaben sind insbesondere die Delegierte Verordnung (EU) 2017/1926 der Kommission vom 31.05.2017, die im Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.10.2017 veröffentlicht wurde, zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationsdienste. In dieser Verordnung sind die Spezifikationen festgelegt, die erforderlich sind, um die Richtigkeit und grenzüberschreitende Verfügbarkeit von EU-weiten multimodalen Reiseinformationsdiensten für IVS-Nutzer zu gewährleisten. Artikel 2 dieser Verordnung fasst die Begriffsbestimmungen zusammen, die für diese Referenzarchitektur übernommen wurden. Artikel 3 enthält die Vorgaben für die zu schaffenden nationalen Zugangspunkte. Artikel 4 und 5 Regelungen zur Zugänglichkeit, zum Austausch und zur Weiterverwendung von statischen und von dynamischen Reise- und Verkehrsdaten. Artikel 7 befasst sich mit der Verarbeitung von Routenplanungsergebnissen zu Reiseinformationsdiensten. Die Bestimmungen für die Weiterverwendung von Reise- und Verkehrsdaten durch Dienstleister und die Verknüpfung von Reiseinformationsdiensten sind im Artikel 8 enthalten. Der delegierten Verordnung ist eine Anlage beigefügt, in der die verschiedenen Arten statischer und dynamischer Reise- und Verkehrsdaten zusammengestellt sind. Sie wurde nach Beginn dieses Projekts erlassen. Zielsetzung war es dennoch, die Referenzarchitektur im Einklang mit dieser Verordnung zu entwickeln.

Generell stellt sich die Aufgabe, aus Verkehrsdaten, Fahrplandaten, Verkehrsinformationen, Strategien und anderen relevanten Eingangsgrößen einen nutzerpräferierten IVS-Dienst multimodale Reiseinformation zu erzeugen und endgerätespezifisch zu visualisieren. Diese Diensterzeugung erfordert die Kooperation einer Vielzahl von Akteuren der Gemein- und der Privatwirtschaft, die jeweils entlang einer IVS-Wertschöpfungskette ihre Beiträge zur Erzeugung des Dienstes leisten. Vereinfachend wird für die Referenzarchitektur die IVS-Wertschöpfungskette in die drei Stufen Inhaltenanbieter, Dienstbetreiber und Dienstanbieter gegliedert. Kooperierende Akteure nehmen im Rahmen ihres Wertschöpfungsbeitrags typische Rollen ein, denen spezifische Aktivitäten zugeordnet sind. Der Referenzarchitektur wurde ein einfaches Rollenmodell zugrunde gelegt, indem auf die Differenzierung der Rollen innerhalb einer Wertschöpfungsstufe verzichtet wurde und die Rollen genauso benannt werden, wie die Wertschöpfungsstufen.

Es gibt demnach die Rollen Inhaltenanbieter, Dienstbetreiber und Dienstanbieter mit den der jeweiligen Rolle zugeordneten typischen Aktivitäten zur Erzeugung des Wertschöpfungsbeitrags, den die Akteure leisten. Aktivitäten führen zur Erzeugung von Produkten, die als Informationsobjekte in der IVS-Wertschöpfungskette zwischen den Geschäftsprozessen weitergereicht werden. Hierbei wird von den Akteuren ein definiertes politisches (Einhaltung des Rechtsrahmens, der Verhaltensnormen und Gepflogenheiten),

² Verkehrsauskunft Österreich GesmbH (VAO)

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Vorbereitungsphase

wirtschaftliches (Bereitstellung von Personal, Finanzierung und Controlling, Steuerung der eigenen Aktivitäten), und technisches Verhalten (Erfassung und Aufbereitung von Daten und Informationen, Erzeugung, Bereitstellung und Darstellung von IVS-Diensten, Systembetrieb, -wartung und -innovation) erwartet.

Für funktionierende IVS-Wertschöpfungsketten ist es erforderlich, dass

- alle Rollen von den beteiligten Akteuren besetzt sind,
- die den Rollen zugeordneten Zuständigkeiten, Aktivitäten und Vernetzungen vereinbart sind,
- die Aktivitäten ausgeführt werden,
- die Akteure die Fähigkeiten besitzen, diese Aktivitäten qualitätsgerecht und vollständig auszuführen.

Tabelle 2-1 zeigt die Zuordnung von Rollen und beispielhaften Aktivitäten:

Rollen	Aktivitäten
Inhalteanbieter	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung• Vorverarbeitung der Daten• Datenspeicherung (Anlegen von Archiven)• Datenqualitätssicherung• Festlegung von Verkehrsmanagementstrategien• Weitergabe von Daten und Informationen (Inhalte) zur Erzeugung von Diensten an den Dienstbetreiber
Dienstbetreiber	<ul style="list-style-type: none">• Verarbeitung der Inhalte zu Informationen und Diensten durch Algorithmen und andere Verfahren (Erzeugung von kollektiven und individuellen Diensten)• Bereitstellung von Analysedaten für die Inhalteanbieter• Verarbeitung von Vertriebsdaten• Weitergabe von Diensten zur Aufbereitung der Darstellung auf Endgeräten und Anzeigesystemen
Dienstanbieter	<ul style="list-style-type: none">• Anbieten von kollektiven Diensten (Versorgung von Informationstafeln und Fahrgastinformationssystemen mit aktuellen Verkehrs- und Reisedaten)• Anbieten von individuellen Diensten gemäß Nachfrage durch Endkunden

Tabelle 2-1: Zuordnung von Rollen und Aktivitäten

Ein Akteur kann mehrere oder auch alle Rollen innerhalb der IVS-Wertschöpfungskette einnehmen. Die Erzeugung eines IVS-Dienstes multimodale Reiseinformation erfordert in der Regel aber eine Mehrzahl von Akteuren. Abbildung 2-4 zeigt einen Ausschnitt aus der IVS-

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

Rollenmatrix mit der möglichen Vernetzung der Akteure, welche im Rahmen der Erstellung der IVS-Rahmenarchitektur für den öffentlichen Verkehr erstellt wurde.

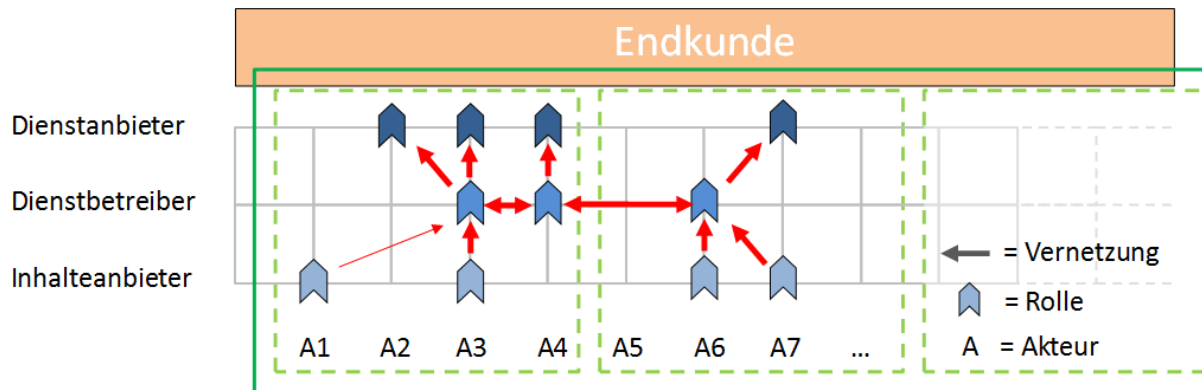


Abbildung 2-4: IVS-Rollenmatrix zur Vernetzung von Akteuren³

Mithilfe der Bestandsanalyse wurden drei Fallbeispiele erstellt (Use Case Flug, Use Case grenzüberschreitend, Use Case Intermodalität), um die Datenflüsse auf den verschiedenen Wertschöpfungsstufen (Inhalteanbieter, Dienstbetreiber, Dienstanbieter und Endkunde) zu visualisieren und dies für die Erarbeitung der Architekturvision, der Geschäftsarchitektur sowie der Informationssystemarchitektur nutzen zu können.

3 Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

In Phase A – Entwicklung einer Architekturvision geht es grundsätzlich darum, eine Vision für einen IVS-Dienst bzw. eine IVS-Dienstkategorie zu entwickeln und - auf einem hohen Niveau - einen ersten Aufschlag für die IVS-Architektur und ihre Architekturdomänen zu machen. Den Beteiligten soll anhand der Vision vermittelt werden, wie ihre strategischen und geschäftlichen Erwartungen berücksichtigt werden, wie diese in Form von geschäftlichen Zielen formuliert und mit welchen messbaren Zielen ihre Zielerreichung am Ende bewertet werden kann.

Ein wichtiger Kern der Phase A ist es, den Zweck des Architekturansatzes zu klären, darüber unter allen Beteiligten Konsens zu erzielen und diesen in Form einer Vision zu formulieren.

3.1 Beschreibung des Wirkungsbereiches der IVS-Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation

Aufbauend auf der IVS-Wertschöpfungskette und den damit verbundenen Rollen (Inhalteanbieter, Dienstbetreiber, Dienstanbieter) kann für die Domäne multimodale Reiseinformation eine genaue Zuordnung von Aufgaben der Informations- und Vertriebslogik vorgenommen werden. Die Ausprägung der Aufgaben ist dabei von der Rolle und dem

³ MRK GmbH 2014, Entwicklung einer IVS-Rahmenarchitektur für den ÖV in Deutschland: 14).

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

Geschäftsmodell des jeweiligen Akteurs abhängig. Insbesondere bezogen auf die IVS-Wertschöpfungskette stellen die Rollen auch die Ebenen der Wertschöpfungskette dar.

Generell muss aber bei der Dimensionierung und Strukturierung des Wirkungsbereichs der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation vorgesehen werden, dass verschiedene Strategieebenen Berücksichtigung finden und über unterschiedliche Akteure hinweg vernetzt werden. Diese sind:

- **Individuelle Strategien** der IVS Endnutzer (z.B. Autonavigation, private Mobilitäts- und Vertriebservices wie Online und Offline Reisebüros)
- **Öffentliche Strategien** (z.B. Verkehrsmanagement, Mobilitätsmanagement, MDM usw.)

Während die Beauskunftung individueller Strategien seit Jahren zum Status Quo der heutigen Informations- und Vertriebssysteme zählen, ist die Einbindung öffentlicher Strategien aus Stadt und Land in den Informations- und Vertriebssystemen der öffentlichen Hand sowie der Privatwirtschaft erst am Anfang. Gerade die immer stärker werdenden Aspekte der umweltgerechten Verteilung und Durchführung der Mobilität durch Nutzung aller Verkehrsmodi und die wachsende Notwendigkeit Verkehrseinschränkungen zum Schutz der Umwelt zu bewältigen, wie auch der Notwendigkeit Verkehrsressourcen aufgrund von wirtschaftlichen und sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten besser auszulasten, erfordern eine klare Positionierung und Aufgabenbeschreibung der öffentlichen Hand, als maßgebenden Akteur und Mitwirkender bei der Multimodalen Reiseinformation. Da diese Aktivitäten hoheitlicher Art sind, grenzen sie sich auch in einer IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation vertikal von den Aktivitäten der Akteure auf Ebene der Inhalteanbieter und Dienstleister ab. Ebenfalls muss aufgrund der mit der öffentlichen Hand ausschließlich verbundenen Auskunftspflicht eine horizontale Trennung der Wirkungsbereiche vorgesehen werden. So müssen die Aufgaben der Informationslogik, die mit der Aufnahme, Verarbeitung und Weiterreichung von öffentlichen Strategien verbunden sind, noch dem Wirkungsbereich der öffentlichen Hand zugesprochen werden, während Aufgaben der Vertriebslogik nur im geringen Umfang in den Wirkungsbereich der öffentlichen Hand fallen.

Im Wesentlichen kann zur Definition des Wirkungsbereichs für die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation Abbildung 3-5 herangezogen werden. Diese beschreibt die typischen Aufgaben in einer multimodalen Reiseinformation unter Beachtung der Einbindung aller Strategien.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

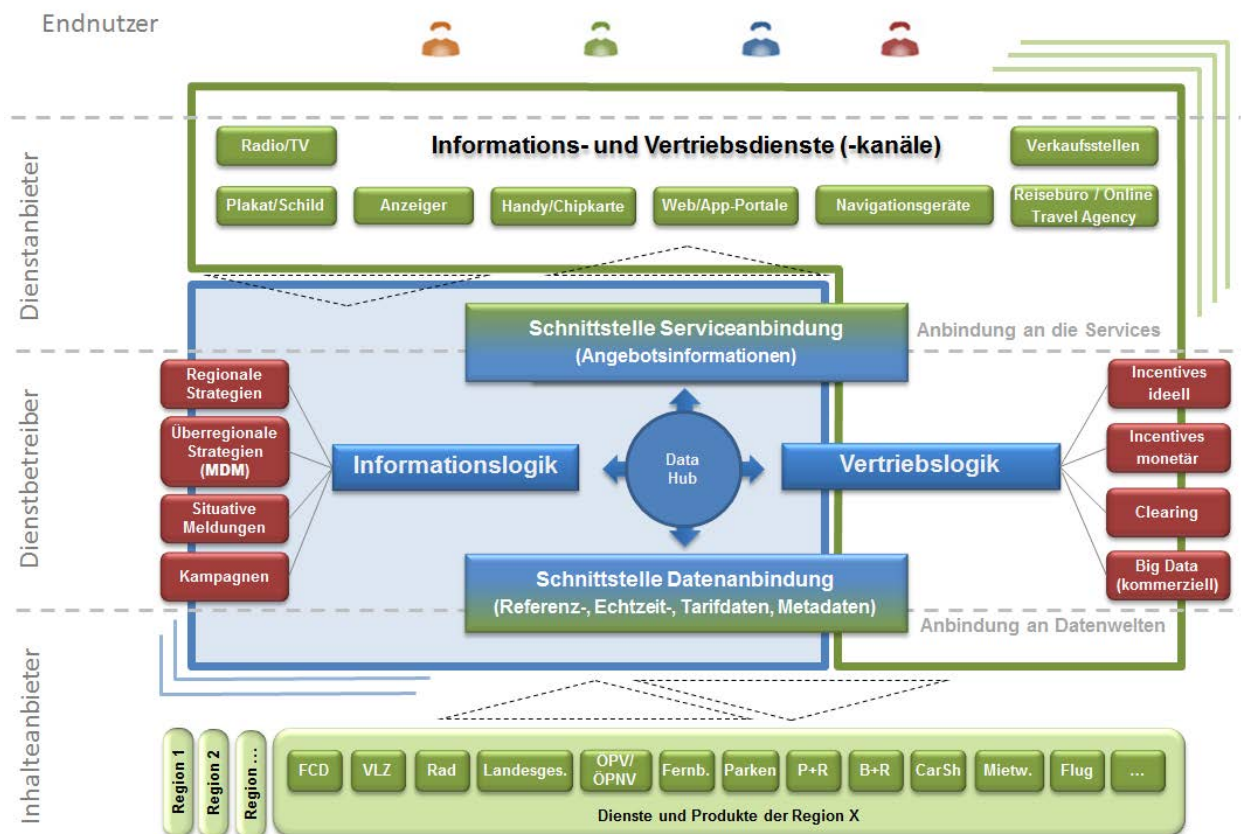


Abbildung 3-5: Architekturvision zur IVS-Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation

So ergeben sich auf der Ebene der Inhalteanbieter die Akteure, welche Produkte, Dienste und Informationen anbieten. Auf Ebene der Dienstanbieter stehen alle Akteure, die direkten Kontakt zu den IVS-Endnutzern haben, um zu informieren und meist auch, um Produkte und Dienste der Inhalteanbieter zu verkaufen. Beiden Ebenen (grün) ist zu eigen, dass ihre Geschäftsmodelle privat- oder gemeinwirtschaftlich sein können und zu eigenen Domänen mit eigenen Referenzarchitekturen gehören.

Damit konzentriert sich der Wirkungsbereich (blau) dieser IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation auf die Informationslogik, auf die Schnittstellen zu den Inhalteanbietern (Schnittstelle Datenanbindung) und zu den Dienstanbietern (Schnittstelle Serviceanbindung) sowie auf die Interaktion zur Vertriebslogik. Die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation ermöglicht somit die direkte Einbindung von regionalen und überregionalen Strategien (rot) der öffentlichen Hand sowie deren situative und kampagnenorientierte Kommunikation (rot) in die Informationsbereitstellung der Dienstanbieter. Gleichzeitig erlaubt die Einbeziehung von Aspekten der Vertriebslogik in die IVS-Referenzarchitektur auch die indirekte Berücksichtigung von ideellen oder monetären Bonussystemen (rot) zur Incentivierung öffentlicher Strategien sowie die Schärfung von öffentlichen Strategien durch das Nutzen von Konsumdaten aus Clearingprozessen oder Big Data Analysen (rot).

Bezogen auf einen realen Umsetzungsraum wie etwa Deutschland, wird die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation viele Akteure auf den Ebenen

Inhalteanbieter (grün) und Dienstanbieter (grün) kennen, die sich über die Schnittstelle-Datenanbindung und Schnittstelle-Serviceanbindung mit dem Dienstbetreiber vernetzen.

3.2 Die Architekturvision der Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation

Aufbauend auf dem Wirkungsbereich für die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation können für die Beschreibung der Architekturvision (blauer Bereich in Abbildung 3-5) die maßgebenden Komponenten sowie ihre Beiträge zur Zielerreichung einer funktionsfähigen multimodalen Reiseinformation in Deutschland identifiziert und beschrieben werden.

3.2.1 Schnittstelle Datenanbindung

Die Komponente Schnittstelle Datenanbindung schließt die Systeme der Inhalteanbieter mit dem Zweck der Zustellung von Daten und Informationen an den für ein definiertes Gebiet zuständigen Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation (z.B. moveBW in Baden-Württemberg, VAO in Österreich) an. Ein Inhalteanbieter kann auch als Aggregator eigene Datenbestände als Informationen (z.B. Fahrplanauskunft eines Verkehrsverbunds, MDM) an der Schnittstelle-Datenanbindung mit einem gewissen Normierungsstand zur Verfügung stellen.

Der Datenzugriff erfolgt nach Absprache wahlweise im Pull- oder auch im Push-Mechanismus, um einen Abgleich des gesamten Datenbestands als Vollupdate oder inkrementelles Update sicherzustellen. Die Akteure stimmen untereinander einen geeigneten Mechanismus ab.

Im Anschluss an den Datenimport aus den Lieferantensystemen der Inhalteanbieter erfolgt beim Dienstbetreiber die Transformation in ein normiertes, übergreifendes Datenformat, um die Leistungen der verschiedenen Träger miteinander in Beziehung zu bringen.

Akteure in der Rolle Inhalteanbieter, die Daten und Informationen liefern, werden verschiedenen stereotypischen Akteuren zugeordnet:

- **Mobilitätsdienstleisters** (bspw. Bahnunternehmen, Busunternehmen, Flugunternehmen, Fahrradverkehr, Automobilunternehmen, Navigationsdienstleister, Mietwagen, Taxi etc.);
- **Infrastrukturbetreiber** (Straßenämter, Umweltämter etc.).

Dabei ist es unerlässlich, dass die Inhalteanbieter Daten und Informationen in höchstmöglicher Qualität innerhalb eines Servicestandards an den Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation liefern, um eine dauerhafte Akzeptanz bei den IVS-Endnutzern hinsichtlich der Qualität des erzeugten Dienstes zu sichern. Die Dienstbetreiber sind dafür zuständig, mit der Informationslogik die vorhandenen Daten und Informationen für den IVS-Endnutzer so aufzubereiten, dass über eine komplette Reisekette hinweg in sich stimmige Informationen an die IVS-Endnutzer gebracht werden können. Die Aufbereitung der Informationen über verschiedene Medien liefert der Dienstbetreiber an den IVS-Endnutzer.

Im Fall eines Vertriebs (Buchen, Verkaufen) von Produkten und Dienstleistungen der Inhalteanbieter über die Multimodale Reiseinformation muss von der Komponente Schnittstelle-Datenanbindung unabhängig von den angeschlossenen Diensteanbietern (mobility services wie z.B. Reisebüro, e-Ticket eines Verbunds, Autonavigationssystem) die Datenvalidierung erfolgen. Hierzu gehören bspw.:

- Verkaufsinformationen,
- Validierung und Verfügbarkeit von Produkten und Dienstleistungen,
- gekauften Produkten und Dienstleistungen im Warenkorb,
- sicheren Bezahlungsmethoden für Nutzer und Leistungserbringer (Inhalteanbieter).

3.2.2 Schnittstelle Serviceanbindung

Die Komponente Schnittstelle-Serviceanbindung ist die Schnittstelle vom Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation für ein definiertes Gebiet (z.B. moveBW in Baden-Württemberg, VAO in Österreich) zu Diensteanbietern von Informations- und Vertriebskanälen (mobility services)

Die Komponente Schnittstelle Serviceanbindung stellt den Diensteanbietern von Informations- und Vertriebsdiensten den Zugriff auf Information und ggf. Buchung zur Verfügung. Dabei werden verschiedene, teilweise vom Nutzer individuell parametrisierbare und reiseabhängige Kriterien berücksichtigt, wie die

- Reisezeitdauer,
- anfallende Kosten und Incentives,
- öffentliche Strategien (Umwelt, Verkehrssteuerung usw.),
- Kontext
- Komforteigenschaften.

Bei der Bedienung der Diensteanbieter mit Informationen aus der Multimodalen Reiseinformation muss darauf geachtet werden, dass neben der Reisemöglichkeit bezogen auf den individuellen Reisewunsch des IVS-Endnutzers auch alternative Angebote (Fußwege, ÖV, IV) den Diensteanbietern über die Schnittstelle-Serviceanbindung übergeben werden müssen, wenn öffentliche Strategien es verlangen. Die Auswahl der Reiseroute und -modalitäten obliegt aber weiterhin dem IVS-Endnutzer.

Weiterhin gibt es IVS-Endnutzer, für die besondere Kriterien dauerhaft Anwendung finden müssen, wie gesundheitliche Aspekte oder firmenrelevante Interessen (Reiserichtlinien).

Einen besonderen Mehrwert stellt generell die Übermittlung von Informationen aus dem Störfallmanagement über den zuständigen Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation an die Dienstbetreiber von Informations- und Vertriebskanäle dar. Für diese Diensteanbieter gilt hier generell eine besondere Verantwortung für die IVS-Endnutzer, sowohl

- bei Unfällen oder (Umwelt-)Katastrophen,

- bei Veranstaltungen und Events, wo Sicherheitsvorkehrungen und die Steuerung der Auslastungsverteilung in der Verantwortung der öffentlichen Hand liegen.

Durch Informationen aus den Hochrechnungen und Vorhersagen der Inhalteanbieter zur kurz-, mittel- und langfristigen Verkehrsentwicklung in einem Gebiet, können von dem Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation, abgestimmt mit den regionalen und überregionalen Strategien, Informationen hinsichtlich zu erwartender Staus, Störungen und Überlastungen über die Schnittstelle-Serviceanbindung an die Dienstanbieter übergeben werden. Damit können frühzeitig die IVS-Endnutzer von den Informations- und Vertriebsdiensten angesprochen und informiert sowie Änderungen im Mobilitätsverhalten der IVS-Endnutzer motiviert werden. Die Rückmeldung der Akzeptanz der IVS-Endnutzer auf die Informationen erfolgt ebenso über die Schnittstelle-Serviceanbindung an den Dienstbetreiber der Multimodalen Reiseinformation zur Verwendung in der Informations- und Vertriebslogik.

Über die Erstellung von Statistiken bzw. Auswertungen werden sowohl

- die Institutionen der öffentlichen Hand (z.B. Verkehrsplanung, Verkehrsleitzentralen) in die Lage versetzt, ihre öffentlichen Strategien bei Planung und Betrieb zu optimieren, als auch
- die Inhalteanbieter (z.B. Veranstalter, Verkehrsunternehmen) und Dienstanbieter in die Lage versetzt, ihre Produkte und Dienste auf die Gegebenheiten eines dynamischen Verkehrsablaufs situativ anzupassen und damit ihren Vertrieb zu optimieren.

3.2.3 Informationslogik

Die Komponente Informationslogik verarbeitet die Daten und Informationen der unterschiedlichen Inhalteanbieter, unter Beachtung der regional und überregional geltenden öffentlichen Strategien der Gebietskörperschaften, situativer Meldungen an spezifischen Punkten der Reisekette und relevanter Faktoren aus dem Vertrieb (z.B. Incentives).

Ein Ziel der Informationslogik ist es, optimierte Reiseketten, welche nutzerspezifische Präferenzen sowie unterschiedliche Verkehrsmittel berücksichtigen, zu berechnen und diese Informationen in vergleichbarer, integrativer und nachvollziehbarer Weise den unterschiedlichen IVS-Endnutzern zur Verfügung zu stellen. Die IVS-Endnutzer werden über regionale und globale Dienstanbieter angesprochen.

Aufgrund der Vielzahl an Akteuren und Systemen im Verkehr bzw. der Reisebranche sowie ihrer Differenzierung nach Räumen muss mit einer Multimodalen Reiseinformation in Deutschland auch eine intelligente Vernetzung der zuständigen Teilsysteme (der Akteure im Wirkungsraum) realisiert werden. Hierzu benötigt die Komponente der Informationslogik folgende ausgeführten Teilkomponenten.

Die Intermodale Logik integriert die aus der Nutzerschnittstelle übergebenen Daten, Informationen und Parameter (z.B. Fahrplanauskunft / Tarifauskunft, Verkehrsmeldungen und Steuerungsstrategien öffentlicher Partner, Floating-Car-Daten) über die Schnittstelle-Datenanbindung. Aus den regionalen Daten und Verkehrsmanagementstrategien werden auf den Verkehrsnetzen Streckenwiderstände modelliert, die die Grundlage für das modale und

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

intermodale Routing sind. Hierzu muss die Verkehrslage situationsabhängig berechnet und prognostiziert werden. Bei der Aktivierung einer Strategie (z.B. Umleitungsempfehlung oder P+R-Nutzung) werden in der intermodalen Logik die relevanten Netzelemente des strategischen Netzes in der Routenberechnung attraktiver gewichtet.

Die Intermodale Logik berechnet auf der Grundlage der aggregierten modalen Reisewege der externen ÖV-Router, der relevanten MIV-, Fahrrad- und Fußgänger-Router sowie auf Basis von Tarifinformation der jeweiligen Verkehrsmittel, somit Verfügbarkeiten. Sie ermittelt darauf nach nutzerspezifischen Reisepräferenzen und öffentlichen Strategien eine optimierte intermodale Reisekette. Die intermodale Reiseplanung kann unter Berücksichtigung situativer spezifischer Bedürfnisse erfolgen wie z.B. die schnellste, günstigste oder ökologischste, emissionsärmste bzw. verkehrsoptimalste Route. Die Berechnungsergebnisse der Intermodalen Logik werden über die Schnittstelle-Serviceanbindung den Dienst Anbietern zur Verfügung gestellt, so dass regionale Partner und Aufgabenträger auch die Steuerungsstrategien in ihren Systemen weiterverarbeiten können.

Der POI- und Adressservice integriert dazu alle punktbezogenen Informationen wie Adressen, Standorte von Sharing-Angeboten, Haltestellen, Parkgaragen / P+R, Ladestationen etc., die an die Schnittstelle-Datenanbindung angeschlossen sind, in ein einheitliches Datenformat und stellt diese über die Schnittstelle-Serviceanbindung internen und externen Diensten zur Verfügung. Die Zusammenführung, Harmonisierung und Referenzierung aller Daten muss auf einer gleichen Netzgrundlage stattfinden.

Pflegewerkzeuge ermöglichen auf regionaler Ebene die Erfassung und Verortung von Verkehrsmeldungen und Verkehrslenkungs- und Steuerungsstrategien. Die Pflegewerkzeuge müssen mandantenfähig sein, so dass jeder Akteur (bspw. eine kleine Kommune) des regionalen Verkehrsmanagements seine Strategien selber einpflegen kann. Pflegewerkzeuge sind damit eine wichtige Teilkomponente zur Etablierung eines regionalen (dynamischen) Verkehrsmanagements.

Mit diesen Clients wird es im Rahmen der Informationslogik möglich, dass die von der Intermodalen Logik unter Berücksichtigung regionaler und individueller Strategien berechnete multimodale Reise von den eigenen Routerinstanzen der Dienst Anbieter (bspw. App-Service, Autonavigationsgerät) übernommen und in ihr Routing unverfälscht eingebunden wird. Damit kann der Einwirkungsbereich auf das Mobilitätsverhalten aller IVS-Endnutzer vergrößert werden.

Vertriebslogik

Die Komponente Vertriebslogik verarbeitet Buchungs-, Stornierungs- und Bezahlvorgänge von Produkten, Dienstleistungen oder Auskünften (Informationen) der Inhaltenanbieter.

Aus Sicht der öffentlichen Hand (Auskunftspflicht) bedeutet Multimodale Reiseinformation die alleinige Realisierung aller Komponenten in der Informationslogistik. Eine Akzeptanz und dauerhafte Nutzung der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation wird sich nach heutigen Erkenntnissen nur einstellen, wenn sich die angezeigten Verkehrsanbindungen auch einfach und verlässlich buchen lassen. Dies ist notwendig, um

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase A – Entwicklung einer Architekturvision

- eine Verbindlichkeit mit der Reiseinformation zu verknüpfen (z.B. Umstieg auf den ÖPNV am P+R-Platz durch Kauf der Fahrtberechtigung im ÖPNV und der Einfahrtberechtigung auf den P+R-Platz vor oder während der Reise),
- die freie Wirtschaft zu endkundenorientierten Angeboten und Lösungen zu bewegen und
- um die Prozesse rund um die Dienstreise und deren Abrechnung zu automatisieren bzw. zu optimieren.

Um entlang von Reiseketten nicht nur diskriminierungsfrei alle Informationen über die möglichen Produkte und Dienstleistungen anbieten zu können, muss auch die Buchung und der Kauf dieser angebotenen Produkte und Dienstleistungen diskriminierungsfrei für alle IVS-Endnutzer möglich sein. In Anbetracht von z.B. einem unerwarteten Ereignis auf einer Reise wird damit gewährleistet, dass der Kunde nicht nur Alternativen aufgezeigt bekommt, sondern diese auch direkt wahrnehmen kann ohne einen Medienbruch und damit neue Unsicherheiten auf sich zu nehmen. Die IVS-Endnutzer sparen Zeit, sie bekommen vereinfachte Prozesse vor und während der Reise und somit Vertrauen und Sicherheit in die Multimodale Reiseinformation.

Des Weiteren können durch die Einbindung der Komponente Vertriebslogik in die Architekturvision der Multimodalen Reiseinformation auch kommerzielle Elemente wie Incentivierung, Gamification oder Anreizprogramme zur Unterstützung der Akzeptanz öffentlicher Strategien von IVS-Endnutzern genutzt werden. In der weiteren Folge lassen sich damit Möglichkeiten zur Erstellung von Statistiken über Reisekosten und deren Veränderung über die Jahre (Kostensteigerung) abbilden. Damit können die IVS-Endnutzer finanzielle und zeitliche Steuerungsmaßnahmen für sich und ihr Mobilitätsverhalten einfach erkennen und ableiten.

Eine IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation darf sich daher nicht nur auf die Informationslogik zurückziehen, sondern muss auch bei der Komponente Vertriebslogik einen diskriminierungsfreien Einsatz angemessen vorsehen und beschreiben.

Data Hub

Der Data Hub erlaubt die kontrollierte Anbindung an die Big-Data-Analytik und an Data-Ware-Houses durch Tracing- und Tracking-Prozesse des Datenflusses über den/die Dienstbetreiber Multimodale Reiseinformation. Dadurch können zukünftig auf Seiten der öffentlichen Hand Planungs- und Verkehrssteuerungsprozesse optimiert und auf Seiten der Privatwirtschaft Mehrwertdienste entwickelt und an den IVS-Endnutzer verkauft werden.

Es beinhaltet u. a. das

- Datenmanagement und Datensicherheit (Überlassung, Weitergabe, Nutzung, Regeln, Status)
- Schnittstellenmanagement (Status, Version)
- System Management (Speicher, Verteilung)
- Lastmanagement (Anfragen, Verteilung)

Die vollumfängliche Ausarbeitung zur [Phase A](#) ist im IVS Wiki zu finden. Hierzu gehört u.a. die Identifizierung der relevanten Stakeholder, die Ausarbeitung von geschäftlichen Zielen sowie der Wertbeitrag der Zielarchitektur zur IVS Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation.

4 Phase B – Geschäftsarchitektur

Innerhalb der Betrachtung der IVS-Geschäftsarchitektur findet die Betrachtung der drei Rollen, der dazugehörigen Stereotypen von Akteuren und ihrer Strategien/Motivationen im Umfeld heutiger multimodaler Reiseinformationen statt. Hinzu kommt die Betrachtung ihrer Geschäftsprozesse und Aufbauorganisation für eine deutschlandweite und grenzüberschreitende Konzeption der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation.

Die Befassung mit Rollen und Aktivitäten im Kontext von IVS setzt die Verfügbarkeit eines Modells voraus, das die Semantik für eine typisierte Beschreibung der Rollen liefert und das von allen Beteiligten als Diskussions- und Beschreibungsgrundlage akzeptiert wird. Hierfür werden die Vorgaben des Rahmenwerks für Architekturen Intelligenter Mobilitätsdienste (RAIM) genutzt.

Auch bezogen auf die Sicht der Geschäftsprozesse ist derzeit kein einheitliches Bild in Deutschland vorhanden. Einige Ansätze sind deutschlandweit (z.B. moovel oder Qixxit) angelegt. Aufgrund der föderalen Struktur der deutschen Mobilitätslandschaft bestehen allerdings diverse regionale Ansätze (z.B. VOSpilot der Verkehrsgemeinschaft Osnabrück, polygocard in der Region Stuttgart, Projekt moveBW in der Region Stuttgart) im Bereich der multimodalen Reiseinformation. Dies führt dazu, dass Informationen nicht gebündelt durch eine Informationslogik an die Endnutzer gegeben werden, sondern dass es eine Vielzahl von prozessualen Zusammenhängen gibt.

Aufgrund des vorgenannten Ist-Zustandes, ist derzeit keine einheitliche IVS-Geschäftsarchitektur vorzufinden. Aus diesem Grund ist es das Ziel in Phase B, anhand der Architekturvision und des Wirkungsbereiches aus der Phase A einen Entwurf für eine idealtypische Zielarchitektur zu beschreiben.

Im Folgenden wird eine beispielhafte allgemeine Übersicht zu den IVS-Geschäftsprozessen der IVS-Geschäftsarchitektur gegeben. Hierbei ist zu erwähnen, dass bei der IVS-Geschäftsarchitektur multimodale Reiseinformation nur die Aktivitäten auf der Dienstbetreiber-Ebene spezifisch benannt werden. Die notwendigen Aktivitäten auf den Ebenen der Inhalte- und Dienstanbieter, welche für die Schaffung eines IVS-Dienstes benötigt werden, werden im Beispiel generisch betrachtet und nur in den spezifischen Use Cases detailliert benannt.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase B – Geschäftsarchitektur

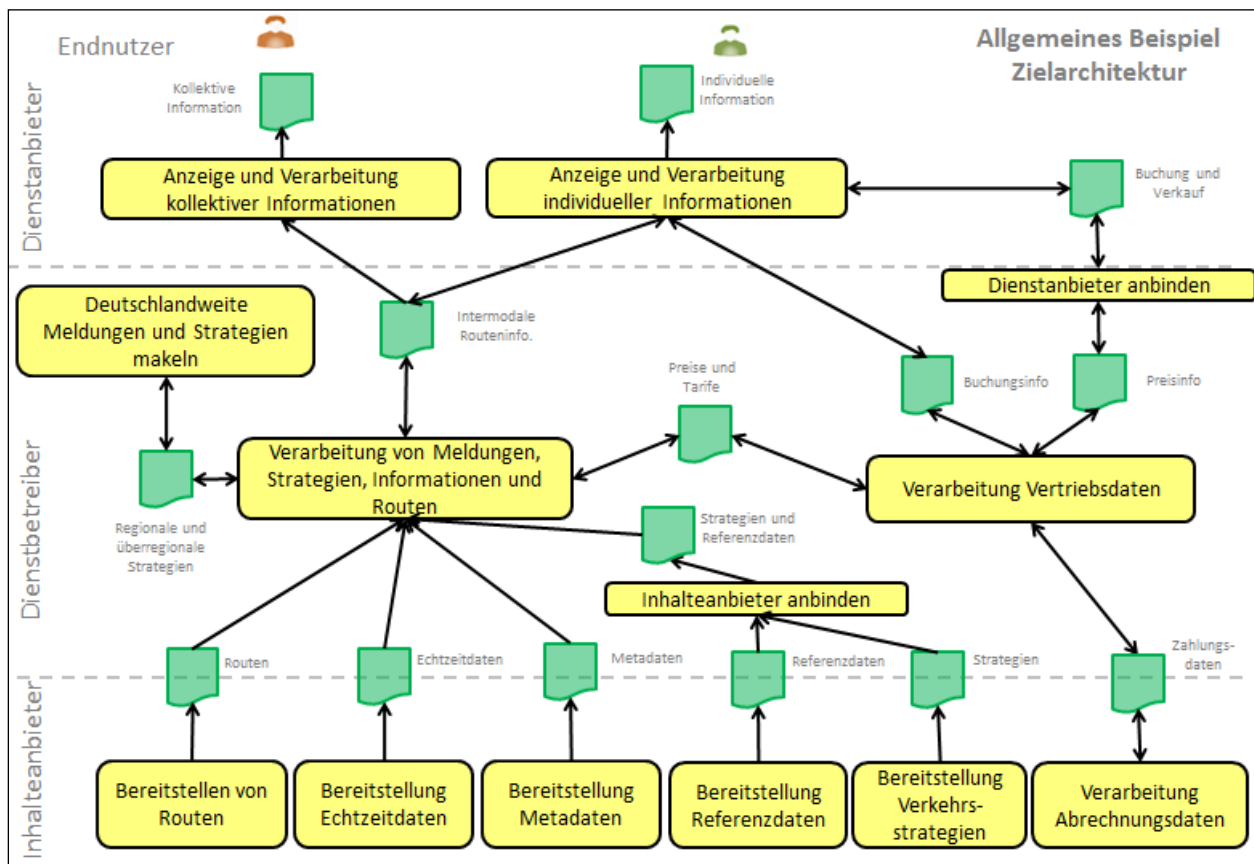


Abbildung 4-6: IVS-Geschäftsarchitektur multimodale Reiseinformation – Zielarchitektur

In Abbildung 4-6 ist dargestellt, wie die Aktivitäten Inhalteanbieter anbinden, Verarbeitung von Meldungen, Strategien, Informationen und Routen, Deutschlandweite Meldungen und Strategien makeln, Verarbeitung Vertriebsdaten und Dienstleister anbinden miteinander interagieren.

Um sicherzustellen, dass die Dienste auf der Ebene der Dienstleister harmonisiert sind, ist es essentiell, dass alle Informationsobjekte die Aktivität Verarbeitung von Strategien und Informationen durchlaufen. Die Anbindung der Inhalteanbieter wie z.B. die öffentliche Hand erfolgt über Werkzeuge, mit deren Hilfe die entsprechende Information, wie z.B. Meldungen oder Strategien eingegeben werden können. Die Eingaben werden dabei so erfasst, dass sie ohne Verluste an die Aktivität Verarbeitung von Strategien und Informationen weitergegeben werden und somit einfach weiter zu verarbeiten sind. In Abbildung 4-6 sind die Bereitstellung Referenzdaten sowie die Bereitstellung Verkehrsstrategien exemplarisch über die Aktivität Inhalteanbieter anbinden angebunden. Die Routen, Echtzeitdaten und Metadaten können ebenfalls über diesen Schritt angebunden sein. Es besteht die Möglichkeit, diese Daten auch direkt an den MDM und somit der Aktivität Deutschlandweite Meldungen und Strategien makeln weiterzugeben. Da dieser Aktivität auch Daten aus anderen Räumen zur Verfügung stehen, dient er als zweite Quelle von Informationen. Dies ist die zukünftige Verbindung zu verschiedenen angrenzenden Räumen in Deutschland.

Die Doppelpfeile zwischen den Aktivitäten Anzeige und Verarbeitung individueller Informationen und Verarbeitung von Strategien und Informationen stellen einen

Datenaustausch dar. Dies kommt bspw. bei der Verarbeitung von öffentlichen Strategien zum Tragen. Die öffentlichen Strategien sollen nicht nur beauskunftet werden, sondern es sollte ebenfalls ein Datenrückkanal existieren, in welchem der Befolgungsgrad der Strategien durch den IVS-Endnutzer nachvollzogen werden kann.

Wie bereits in der Einleitung zur IVS-Geschäftsarchitektur beschrieben, ist neben der reinen Beauskunftung qualitativ hochwertiger Informationen die Buchungs- und Verkaufsmöglichkeit von Mobilitätsprodukten von sehr hoher Wichtigkeit. Aus diesem Grund besteht eine Verbindung zwischen der Aktivität Verarbeitung von Meldungen, Strategien, Informationen und Routen und der Aktivität Verarbeitung Vertriebsdaten.

Die Möglichkeit der direkten Buchbarkeit eines Mobilitätsproduktes ist durch die Verbindung der Aktivitäten Anzeige und Verarbeitung individueller Informationen und Dienstanbieter anbinden gewährleistet. Um den Verkaufsprozess ggf. mit Incentives (Stichwort Payback/Bonuspunkte) kombinieren zu können, ist es wichtig, dass die Informationsobjekte die Aktivität Verarbeitung der Vertriebsdaten in jedem Fall durchlaufen.

Nähere Informationen zur IVS-Geschäftsarchitektur hinsichtlich Hilfsmittel, Sichten und Werkzeuge sowie Ausgangssituation, Ziel, Gap-Analyse und IVS-Geschäftsarchitekturkandidaten für die IVS-Architektur-Roadmap sind im IVS-Wiki unter [Phase B](#) zu finden.

5 Phase C – Informationssystemarchitektur

Die Informationssystemarchitektur beschreibt die Entwicklung einer Zielarchitektur für Informationssysteme in der multimodalen Reiseinformation, in welcher die Geschäftsarchitektur (Phase B) und die Architekturvision (Phase A) umgesetzt werden sollen. Die Informationssystemarchitektur unterscheidet dabei die Bereiche Datenarchitektur und Anwendungsarchitektur.

Bei der Entwicklung der Geschäftsarchitektur wurden unter anderem IVS-Geschäftsprozesse identifiziert. Diese bestehen aus Aktivitäten, die rollenbezogen durchgeführt werden. Zwischen den Aktivitäten werden Informationsobjekte ausgetauscht. Diese Informationsobjekte werden in der Datenarchitektur betrachtet und detailliert beschrieben. Anschließend werden die Schnittstellen, über die die Informationsobjekte ausgetauscht werden sowie die Anwendungen, mit denen die Informationen bearbeitet werden, in der Anwendungsarchitektur genauer untersucht.

Die in diesem Kapitel dargestellten Inhalte beschreiben die Zielarchitektur, da derzeit keine Architektur besteht, die sämtliche Merkmale der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation aufweisen kann. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Es gibt bspw. bisher nur sehr wenige Standards für den Austausch von Daten für die Beauskunftung der multimodalen Reiseinformation. Es gibt weder festgelegte technische Standards bei den Schnittstellen, noch organisatorische Standards wie bspw. bei Datennutzungsverträgen. Mit den folgenden Ausführungen werden anhand der Darstellungen zur IVS Datenarchitektur sowie der IVS-Anwendungsarchitektur die relevanten Merkmale der Referenzarchitektur dargestellt. Hiermit

sollen die Branchenakteure in die Lage versetzt werden, einen realen IVS Dienst zur multimodalen Reiseinformation zu konzeptionieren.

5.1 Datenarchitektur

In der Datenarchitektur werden alle relevanten Informationsobjekte (inklusive der zugehörigen IVS-Datenmodelle und IVS Ortsreferenzierungen) beschrieben, die zwischen den Rollen bzw. Aktivitäten einer multimodalen Reiseinformation übergeben werden. Ein IVS-Informationsobjekt beinhaltet Daten für die drei Bereiche:

- **Rollen & Geschäftsmodelle** (Geschäftliche Ausprägung)

für Informationen zu Rollen und Geschäftsmodellen einer multimodalen Reiseinformation. Hierzu zählen u. a. Daten zu:

- Organisatorische und betriebliche Abläufe (z.B. Ressourcenplanung, Qualitäts- und Eskalationsmanagement, Steuerung von Aktivitäten)
- Geschäftsplanung
- Finanzierungsbedingungen und Controlling (z.B. Margen)

- **Regeln & Rahmenbedingungen** (Rechtliche Ausprägung)

für Informationen zu Regeln und Rahmenbedingungen einer multimodalen Reiseinformation. Hierzu zählen u. a. Daten zu:

- Datenschutz
- Vertragswerke
- AGBs
- SLAs / PKIs
- Pönalen

- **Informations- & Kommunikationstechnologie** (Inhaltliche Ausprägung)

für Informationen zu Informations- und Kommunikationstechnologie einer multimodalen Reiseinformation. Hierzu zählen u. a. Informationen zu:

- Dynamischen Daten
- Statischen Daten
- Schnittstellenbeschreibungen

Dazu können u. a. das Verkehrsnetz und die Abbildung der Verkehrsinfrastruktur, Bezugssysteme zur Verortung von Informationen (wie Adressen, Stationierungen oder TMC), routingrelevante Informationen, Sensorstandorte sowie mögliche Aktivitäts- und Zielstandorte und dynamische Verkehrsdaten zählen. Des Weiteren auch Vertragsregeln, kaufmännische Vereinbarungen, zugrundeliegende Gesetze sowie Prozesse und Abläufe zur Kommunikation und Organisation des Datenaustauschs und der Datenbereitstellung und -verwendung.

Aufgrund des föderalen Raums von Deutschland, der unterschiedlichen Entwicklungs- und Realisierungszeiträume, der geltenden Förderbindungen und des Investitionsschutzes bei Bestandssystemen (Investitionen) ist die Umsetzung eines deutschlandweiten multimodalen Reiseinformationssystems unrealistisch. Die Entwicklung einer Datenarchitektur für eine multimodalen Reiseinformation muss daher zwar zum einen Vorgaben entlang von national und international gültigen Standards machen, zum anderen aber Flexibilität im Hinblick auf Datenherkunft und Datenformat erlauben. Damit soll ein Ersatz und die Weiterentwicklung von Datenquellen bzw. eine Kombination von Datenquellen für idente Inhalte nach Netzkategorien oder administrativen Gebieten ermöglicht und mit der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation dauerhaft sichergestellt werden.

Position der Informationsobjekte einer multimodalen Reiseinformation

Aufgrund der zahlreichen Akteure für den IVS-Dienst multimodalen Reiseinformation (MMRI) in einem Betrachtungsraum, wird in der Referenzarchitektur eine vereinfachte generische Darstellung aller typischerweise für diesen Dienst benötigten Informationsobjekte gewählt. Die Informationsobjekte werden dabei entlang der Wertschöpfungsstufen und der Rollen Inhalteanbieter, Dienstbetreiber, Dienstanbieter bis zum Endnutzer sowie der stereotypischen Akteure Mobilitätsdienstleister, IVS-Integrator und Infrastrukturbetreiber positioniert.

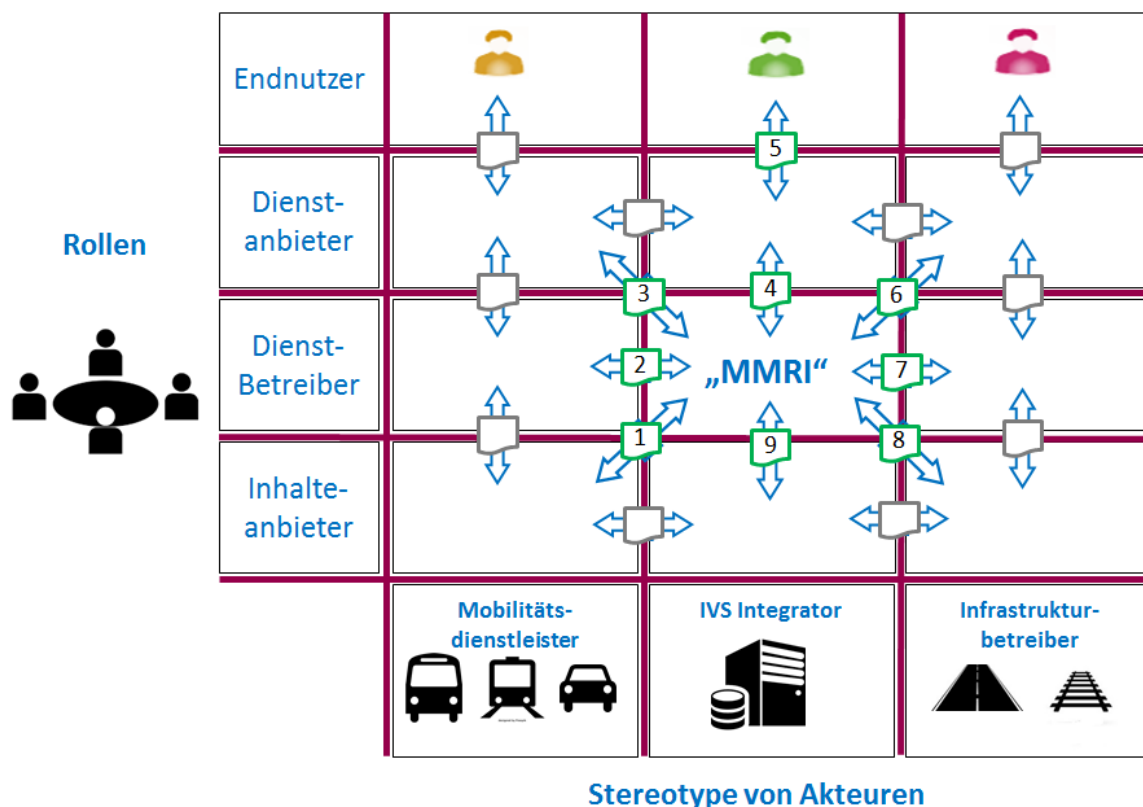


Abbildung 5-7: Darstellung von stereotypischen Informationsobjekten

Die Doppelpfeile der vorherigen Abbildung 5-7 versinnbildlichen, dass Daten nicht nur von der Ebene der Inhalteanbieter bis zur Ebene der Dienstleister weiter gegeben werden, sondern dass es auch einen Rückfluss von Daten zu der Ebene der Inhalteanbieter geben kann. Ein Beispiel hierfür ist die Beauskunftung von öffentlichen Strategien, welche von Kommunen oder auch Regionen als Infrastrukturbetreiber ausgegeben werden. Zur Bestimmung der Güte der öffentlichen Strategie, ist es wichtig, dass der Befolgungsgrad von den ausgebenden Stellen erfasst werden kann.

Beschreibung und Beispiel zum Mobilitätsdienstleister

Der hier genannte stereotypische Akteur Mobilitätsdienstleister meint jegliche Akteure die eine Dienstleistung in Verbindung mit Mobilität auf Straße, Schiene, Wasser oder in der Luft anbieten. Beispiele hierfür sind die Unternehmen des Nahverkehrs in den Städten in Deutschland, genauso wie Fernbusse, der Nah- und Fernverkehr auf der Schiene sowie jegliche Ansätze des CarSharing.

Beschreibung und Beispiel zum IVS-Integrator

Der hier genannte stereotypische Akteur des IVS-Integrators sammelt und verarbeitet Informationen von den stereotypischen Akteuren Mobilitätsdienstleister und Infrastrukturbetreiber. Dies ist auf sämtlichen Wertschöpfungsstufen möglich. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt moveBW. Im Projekt moveBW wird eine App entwickelt die von einem Konsortium betrieben werden soll (in Planung). Im Konsortium befinden sich keine Mobilitätsdienstleister und keine Infrastrukturbetreiber. Die Daten und sonstigen Informationen werden auf verschiedenen Ebenen gebündelt und dem Endkunden über ein mobiles Endgerät zur Verfügung gestellt.

Beschreibung und Beispiel zum Infrastrukturbetreiber

Unter dem hier genannten stereotypischen Akteur des Infrastrukturbetreibers sind sämtliche Akteure zusammengefasst die Daten und Informationen zu Infrastrukturen besitzen und diese weitergeben können/dürfen. Hierzu gehören bspw. Straßenverkehrsbehörden oder auch Verkehrsleitzentralen.

Die in der Abbildung 5-7 dargestellten stereotypischen Informationsobjekte werden anhand der Nummerierungen unterschieden und anhand der vorgeannten Daten einheitlich beschrieben. An den jeweiligen Schnittstellen stehen in der Regel eine Vielzahl von Informationsobjekten zur Verfügung, die entweder von unterschiedlichen Akteuren stammen, und/oder verschiedene Ausprägungen geschäftlicher, rechtlicher oder inhaltlicher Art haben und/oder einen unterschiedlichen geografischen Bereich abdecken können.

Weitere Ausarbeitungen sind im IVS-Wiki zu finden. Unter [IVS-Informationsobjekte](#) werden einzelne Informationsobjekte grafisch dargestellt und bezüglich inhaltlicher, geschäftlicher sowie rechtlicher Ausprägung beschrieben.

5.1.1 Spezifische Darstellung von Informationsobjekten mithilfe von Fallbeispielen

Zum besseren Verständnis der stereotypischen Informationsobjekte werden im Folgenden drei Fallbeispiele beschrieben. Aus diesen Fallbeispielen wird jeweils ein Schritt anhand einer Abbildung aufgezeigt, in welcher die konkreten Informationsobjekte detailliert dargestellt werden.

Use Case Flug

Der Dienstreisende Herr Müller zeichnet sich neben einer von ihm geführten Abteilung am Standort Michelstadt im Odenwald zum 01.03.2016 zusätzlich verantwortlich für eine Abteilung am Standort Hamburg. Er plant ein Teamevent vor Ort mit seiner neuen Abteilung. Als gehbehinderter Dienstreisender reist er morgens am 21.03.2016 von Michelstadt nach Hamburg und kommt am 23.03.2016 abends wieder zurück. Durch seine Behinderung benötigt Herr Müller einen Kofferservice für die Reise.

Die Reise beginnt er mit seinem PKW, der am Abflughafen geparkt werden soll. In Hamburg soll ihn ein Transferservice zum Hotel bringen. Am Hotel wird ihm dann ein Mietwagen zur Verfügung gestellt.

Die Inhalteanbieter liefern Informationen zu Fahr-/Flugplandaten, Tarifdaten, Routen- und Parkplatzinformationen, Koffer- und Transferservice. Die intermodale Logik verarbeitet diese Informationen unter Berücksichtigung von öffentlichen Strategien, von Präferenzen des Nutzers (Dienstreiserichtlinien und persönliche Vorlieben, z.B. Schwerbehindertenangebote) und von Distributionsinformationen und liefert die Multimodale Reiseinformation mit den verschiedenen Reisemitteln der Reisekette an den Dienstanbieter zur Darstellung.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase C – Informationssystemarchitektur

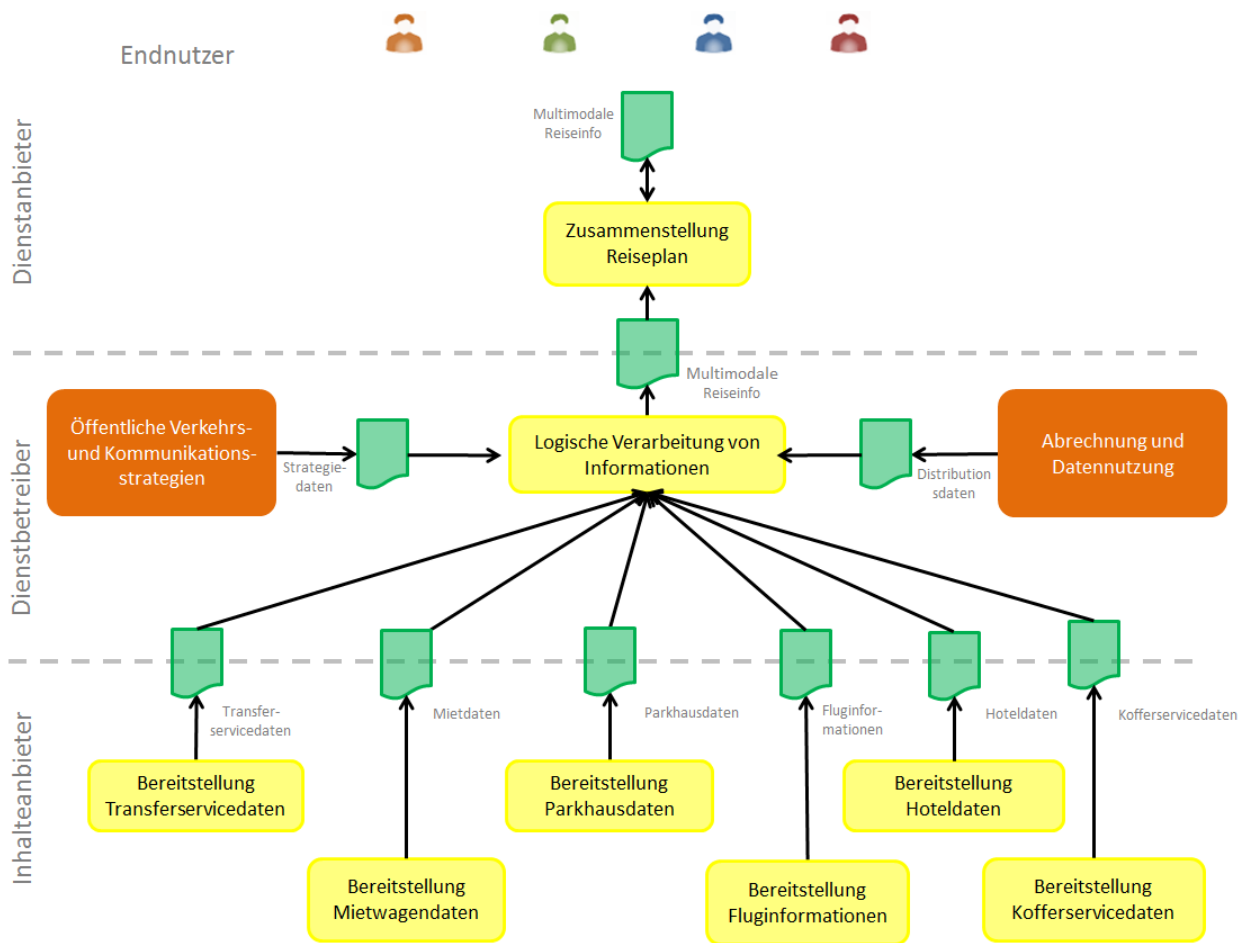


Abbildung 5-8: Use Case Flug – Schritt: Beauskunftung Geschäftsreise

Die detaillierten Ausarbeitungen zu den Informationsobjekten dieses Fallbeispiels finden sich im IVS Wiki. Unter dem Template werden im [Use Case Flug](#) die einzelnen Informationsobjekte grafisch aufgezeigt und anhand inhaltlicher, geschäftlicher sowie rechtlicher Ausprägungen beschrieben.

Use Case Grenzüberschreitend

Herr Meier, wohnhaft im Münchner Umland, muss Ende Juli zu einer eintägigen Sitzung nach Salzburg reisen. Im Vorfeld informiert er sich, wie er am einfachsten dorthin kommt. Da er einen eigenen PKW besitzt und die nächste S-Bahn Anbindung recht weit entfernt ist, entscheidet er sich mit dem Auto zu fahren. Kurz vor Ankunft an der Grenze meldet sein Bordnavigationsgerät eine Schlechtwetterwarnung mit einem absoluten Fahrverbot im Stadtgebiet Salzburg und somit einem Einfahrverbot (1. Juli bis Ende August – Verordnung Stadt Salzburg). Das Einfahrverbot gilt ab der Autobahnausfahrt Salzburg-Mitte. Herr Meier fragt über das Bordnavigationsgerät eine Alternativroute an und entscheidet sich, in der Region zur nächstgelegenen S-Bahnstation in Piding zu fahren, um dort umzusteigen. Mit Hilfe des Mobilitätsdienstes kann er das ÖV-Ticket und einen Stellplatz für seinen PKW bereits auf der Fahrt dorthin buchen. An der S-Bahn Haltestelle Mülln-Altstadt steigt er aus und legt die restliche Strecke zu Fuß zurück.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase C – Informationssystemarchitektur

Bezogen auf den Auszug aus dem Use Case mit näherer Betrachtung On-Trip ergibt sich folgende Situation:

Der Endnutzer hat seine Route und auch den Modus geändert als er in den ÖV umgestiegen ist. Dabei werden nun vom Dienstbetreiber die Informationsobjekte Fahrplanauskunft, Tarifdaten, ÖV-Routing und Verkehrsprognose sowie die Echtzeitinformation über die Position auf der Zugfahrt verarbeitet und diese Information über die App des Diensteanbieters dem Endnutzer zur Verfügung gestellt.

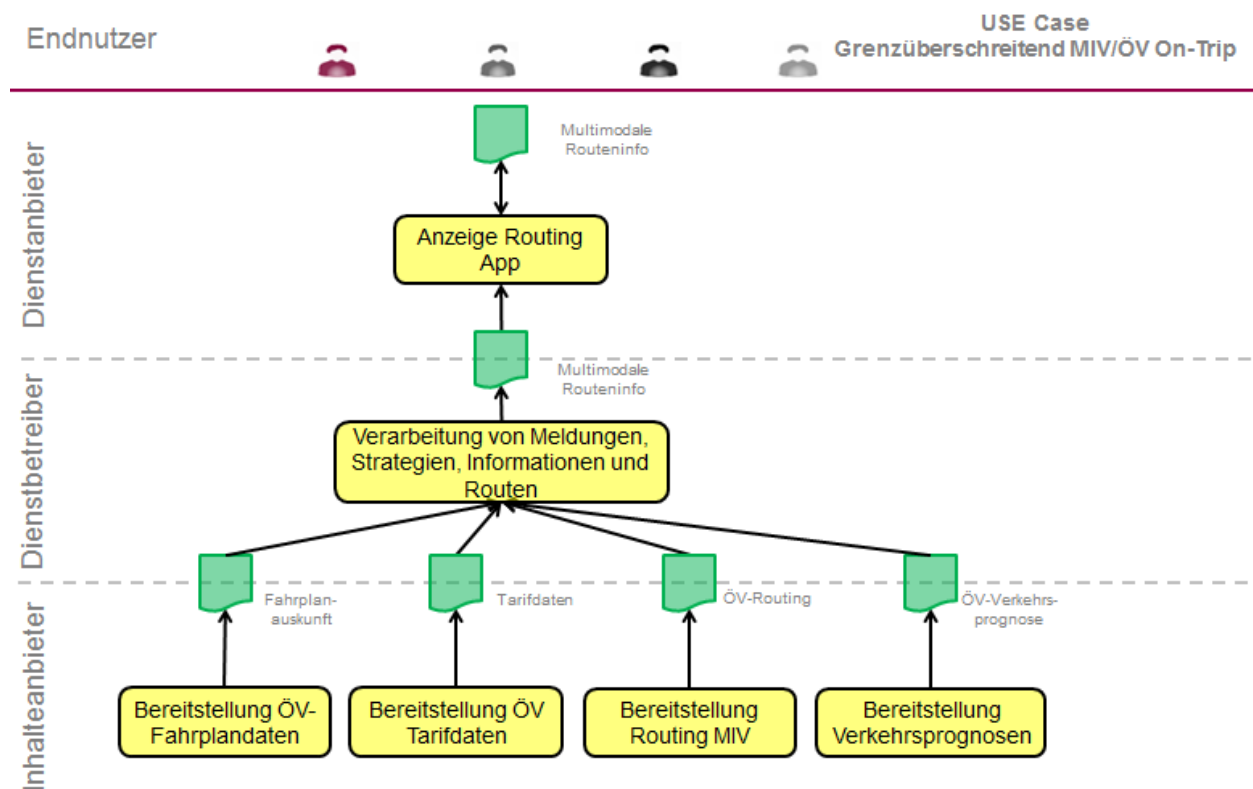


Abbildung 5-9: Use Case Grenzüberschreitend – Schritt On-Trip ÖV

Die detaillierten Ausarbeitungen zu diesem Fallbeispiel finden sich im IVS Wiki. Unter dem Template werden im [Use Case Grenzüberschreitend](#) die einzelnen Informationsobjekte grafisch aufgezeigt und anhand inhaltlicher, geschäftlicher sowie rechtlicher Ausprägungen beschrieben.

Use Case Intermodal

Tag 1:

Ein Reisender fährt mit dem PKW von Stadt A zur Stadt B, um dort am flughafennahen Kongresszentrum (Z1) einen Vortrag zu halten und auch im zugehörigen Hotel zu übernachten. Im Parkhaus des Kongresszentrums stellt er seinen PKW ab.

Tag 2:

Am darauf folgenden Tag hat er im Zentrum der Stadt B einen halbtägigen Besprechungstermin wahrzunehmen und entscheidet sich, die Strecke vom Kongresszentrum zum Stadtzentrum (Z2) mit der S-Bahn und der Tram zurückzulegen. Nach der Besprechung kehrt er aus Zeitgründen per Taxi zum Kongresszentrum (Z1) zurück und fährt mit seinem dort geparkten PKW weiter zur Stadt C, um dort zu übernachten (Z3).

Tag 3:

Am dritten Tag sind weitere dienstliche Angelegenheiten in der Stadt C zu erledigen (Z4). An diesem Tag findet in der Stadt C ein Marathonlauf statt, und der Reisende stellt sich darauf ein, die öffentliche Beschilderung für die Wegweisung neben dem Navigationsgerät in seinem PKW zu nutzen. Auf dem Rückweg von Z4 nach Z gibt sein Navigationsgerät innerhalb der Stadt C eine Umwegroute an, da diese von der Stadt als strategische Route unter Berücksichtigung des Abbaus von Absperrungen zum stattgefundenen Marathonlauf vorgegeben ist.

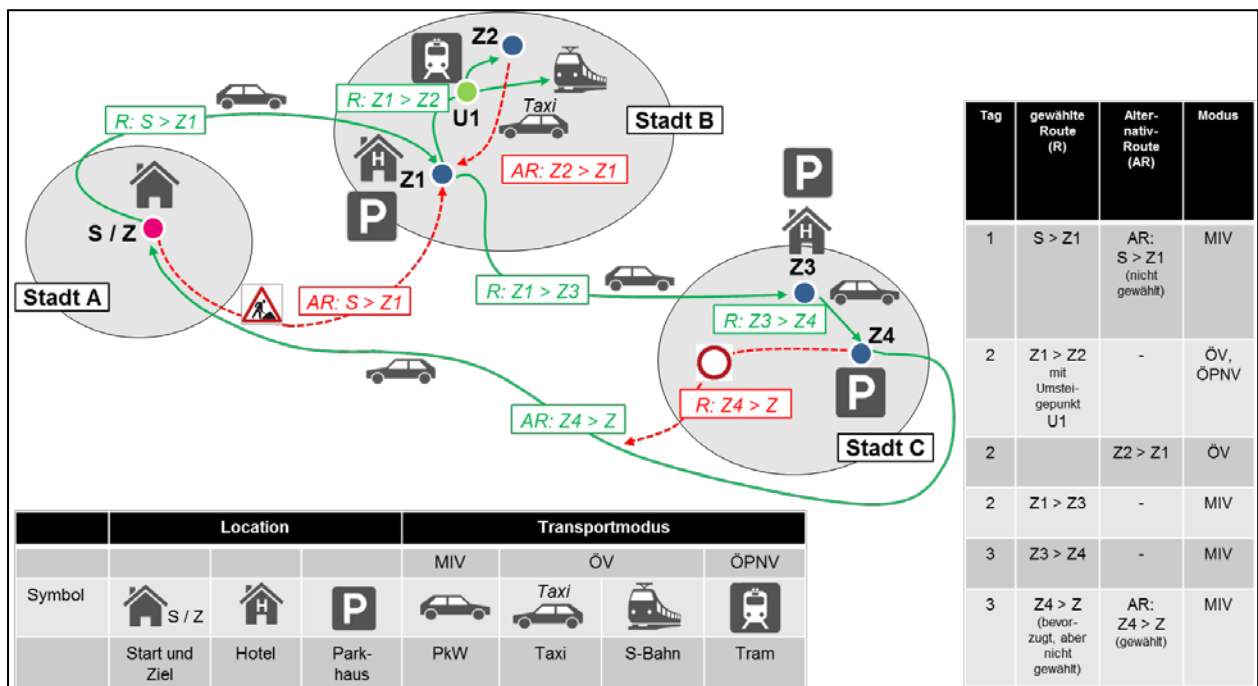


Abbildung 5-10: Übersicht zum Use Case Intermodal

Typische MIV bezogene Informationsobjekte sind für das Beispiel Route S > Z1 in der nachfolgenden Abbildung 5-11 zusammengestellt. Die Abbildung zeigt auch typische Akteursstereotypen für die drei Rollen Inhalteanbieter, Dienstbetreiber und Dienstanbieter sowie typische Endgeräte bzw. -systeme für die Präsentation des IVS-Dienstes.

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Phase C – Informationssystemarchitektur

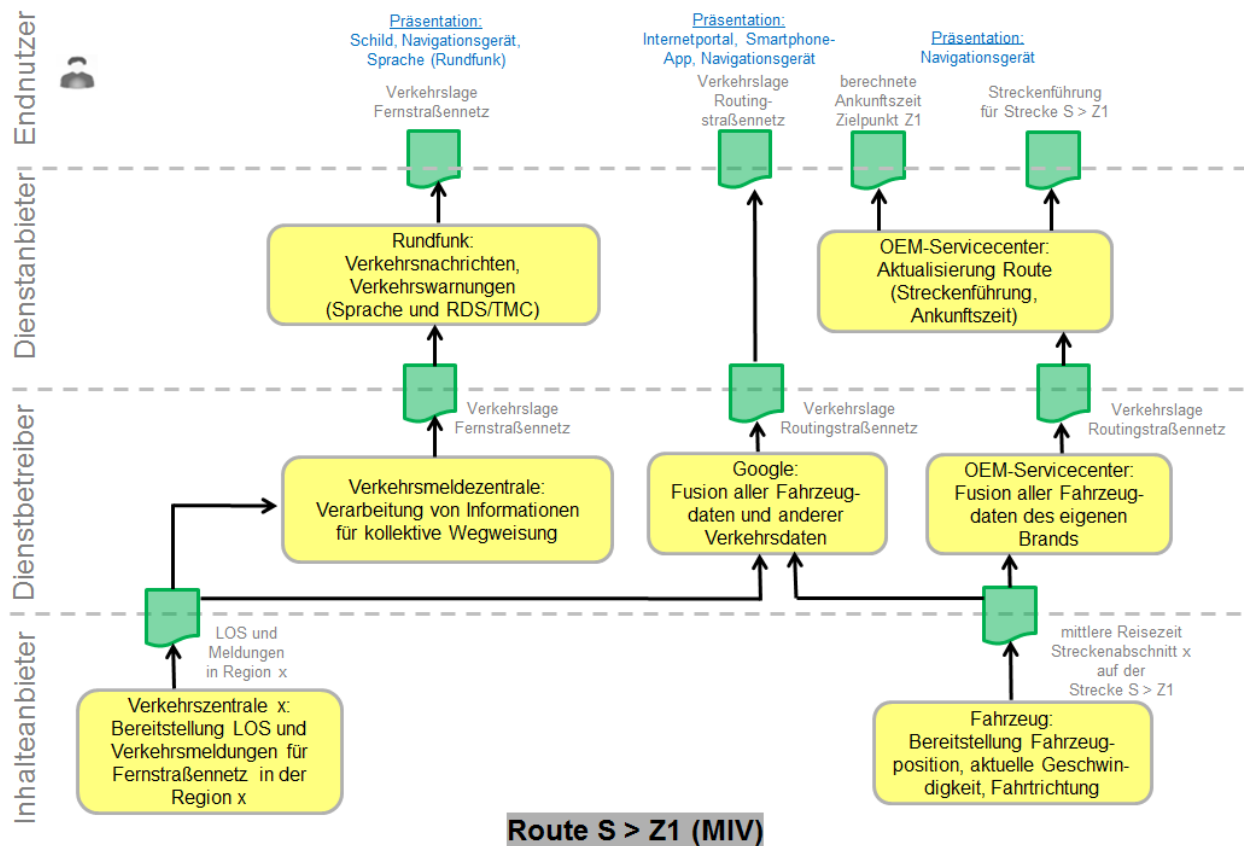


Abbildung 5-11: Use Case Intermodal – Routenabschnitt Route S>Z1 (MIV)

Auf die Darstellung ÖV/ÖPNV bezogener Informationsobjekte wird an dieser Stelle verzichtet, da diese bereits für den Use Case grenzüberschreitend behandelt wurden.

Die detaillierten Ausarbeitungen zu diesem Fallbeispiel finden sich im IVS Wiki. Unter dem Template werden im [Use Case Intermodal](#) die einzelnen Informationsobjekte grafisch aufgezeigt und anhand inhaltlicher, geschäftlicher sowie rechtlicher Ausprägungen beschrieben.

Übersicht der spezifischen Informationsobjekte

Bezogen auf Abbildung 5-7 gibt folgende Tabelle eine Übersicht, welche Informationsobjekte den stereotypischen Informationsobjekten zugeordnet werden können.

Allgemeine Informationsobjekte	Spezifische Informationsobjekte der Use Cases		
	Use Case Flug	Use Case Grenzüberschreitend	Use Case Intermodal
Nr. 1: Akteur Mobilitätsdienstleister in der Rolle des Inhaltenanbieters zum Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers	<ul style="list-style-type: none"> - Transferservicedaten - Mietdaten - Veranstaltungsdaten - Fluginformationen - Kofferservicedaten 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrplanauskunft - Tarifdaten - ÖV-Routing 	<ul style="list-style-type: none"> - LOS⁴ und Verkehrsmeldungen - Fahrzeugposition, aktuelle Geschwindigkeit, Fahrtrichtung
Nr. 2: Akteur Mobilitätsdienstleister in der Rolle des Dienstbetreibers zum Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers	<ul style="list-style-type: none"> - Distributionsdaten - Strategiedaten 		<ul style="list-style-type: none"> - Fahrplanauskunft
Nr. 3: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers zum Akteur Mobilitätsdienstleister in der Rolle des Dienstanbieters			<ul style="list-style-type: none"> - Route mit Abfahrts-, Ankunftszeit und Umsteigepunkte
Nr. 4: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers zum Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstanbieters	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodale Reiseinfo 	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodale Reiseinfo 	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrslage Fernstraßennetz und Routingstraßennetz - Berechnete Ankunftszeit am Zielpunkt - Streckenführung
Nr. 5: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstanbieters zum Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Endnutzers		<ul style="list-style-type: none"> - Multimodale Routeninfo 	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrslage Fernstraßennetz und Routingstraßennetz - Berechnete Ankunftszeit am Zielpunkt - Streckenführung
Nr. 6: Akteur IVS-Integrator in der Rolle			<ul style="list-style-type: none"> - Berechnete Verkehrslage durch

⁴ Level-of-Service

des Dienstbetreibers zum Akteur Infrastrukturbetreiber in der Rolle des Diensteanbieters			Fusion aller relevanten Daten aus verschiedenen Quellen
Nr. 7: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers zum Akteur Infrastrukturbetreiber in der Rolle des Dienstbetreibers			- Aktuelle IV-Verkehrslage auf der gewählten Route
Nr. 8: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers zum Akteur Infrastrukturbetreiber in der Rolle des Inhaltenanbieters	- Parkhausdaten - Hoteldaten	- Verkehrsprognose	- LOS und Verkehrsmeldungen aus der Detektion mittels Induktionsschleifen und Polizeimeldungen
Nr. 9: Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Inhaltenanbieters zum Akteur IVS-Integrator in der Rolle des Dienstbetreibers			- Aufbereitete Parkhausdaten für den Großraum x oder den Parkhausbetreiber y

Tabelle 5-2: Übersicht der spezifischen Informationsobjekte

5.1.2 Datenmodell-Katalog

Im Rahmen der Entwicklung einer Datenarchitektur werden die derzeitigen Datenmodelle in Tabelle 5-3 dargestellt.

Datenmodell-Katalog	
1. Datenmodelle Mobilitätsanbieter	
1.1	C-ITS Kommunikationsarchitektur ETSI ITS-G5
1.2	IVS-Datenmodell NeTex
1.3	IVS-Datenmodell DAB-TPEG
1.4	IVS-Datenmodell TRANSMODEL
1.5	IVS-Datenmodell DRV GLOBALTYPES
1.6	IVS-Datenmodell NDC

1.7	IVS-Datenmodell EDIFACT
1.8	IVS-Datenmodell OTA
1.9	IVS-Datenmodell OTDS
1.10	IVS-Datenmodell GTFS
1.11	IVS-Datenmodell SENSORIS
1.12	IVS-Datenmodell VDV-KA
1.13	IVS-Datenmodell FM RDS-TMC
1.14	C-ITS Datenmodell CAM
1.15	C-ITS Datenmodell DENM
1.16	C-ITS Datenmodell SPaT
1.17	C-ITS Datenmodell MAP
1.18	C-ITS Datenmodell IVI
2. Datenmodelle Infrastrukturanbieter	
2.1	IVS-Datenmodell DATEX II
2.2	IVS-Datenmodell TLS
2.3	IVS-Datenmodell Sitraffic Canto
2.4	IVS-Datenmodell TMDD

Tabelle 5-3: Datenmodell-Katalog

Eine ausführliche Beschreibung der aufgelisteten Datenmodelle finden Sie im IVS-Wiki unter: [Datenmodelle](#).

5.1.3 Ortsreferenzierung

Im Hinblick auf die Ortsreferenzierung haben multimodale Reiseinformationssysteme Anforderungen, die weitestgehend über die IV und ÖV Anforderungen abgedeckt sind.

Diese Anforderungen beziehen sich auf

- die eindeutige Referenzierung von Informationsobjekten auf die IV-Netze wie auf die ÖV-Netze,
- auf die möglichst verlustfreie Übertragung von Ortsreferenzen zwischen unterschiedlichen Referenzierungsmethoden oder Netzversionen,
- auf die räumliche Referenzierung von Reiserouten (Navigation).

Spezielle Anforderungen ergeben sich bei multimodalen Reisen im Umfeld von Umstiegspunkten. Da jede ÖV Route allerdings auch als multimodal gesehen werden kann, sind die Anforderungen dort weitestgehend identisch. Zentrale Problematik ist dabei insbesondere die mangelnde Datenverfügbarkeit, aufgrund von Datenlücken und mangelnden Detailinformationen im Bereich von Umsteigebauwerken (vgl. Wiki-Beitrag [Ortsreferenzierung](#)). Tabelle 5-4 stellt den Katalog IVS-Ortsreferenzierungen dar. Auf der IVS Wiki Seite ([Katalog: IVS-Ortsreferenzierung](#)) werden die einzelnen Punkte aufgeführt und ausführlich beschrieben.

Katalog: IVS-Ortsreferenzierungen	
1.	IVS-Ortsreferenzierung AGORA-C
2.	IVS-Ortsreferenzierung Alert-C
3.	IVS-Ortsreferenzierung Geographische Koordinaten
4.	IVS-Ortsreferenzierung Lineare Referenzierung
5.	IVS-Ortsreferenzierung Netzmodell
6.	IVS-Ortsreferenzierung OpenLR
7.	IVS-Ortsreferenzierung TPEG LOC
8.	IVS-Ortsreferenzierung Traces

Tabelle 5-4: Katalog IVS-Ortsreferenzierung

5.2 Anwendungsarchitektur

In der Anwendungsarchitektur werden alle relevanten Anwendungen, deren fachliche Komponenten über Schnittstellen in Beziehung (Interaktion) treten und zur Bereitstellung der in Phase B definierten Geschäftsprozesse erforderlich sind, beschrieben und kategorisiert. Die Anwendungsarchitektur bildet damit die logischen Bausteine der Geschäftsarchitektur (Phase B) einer multimodalen Reiseinformation ab, welche dann in Phase D (Technologiearchitektur) Software und Hardwareseitig konkretisiert werden können.

5.2.1 IVS-Anwendungen der multimodalen Reiseauskunft

Anwendungen-Katalog	
1. IVS-Anwendungen der multimodalen Reiseauskunft	
1.1	IVS-Anwendung Intermodale Logik / Informationslogik
1.2	IVS-Anwendung Mobilitätsdatenmarktplatz Deutschland
1.3	IVS-Anwendung Auskunft kollektiv
1.4	IVS-Anwendung Auskunft individuell
1.5	IVS-Anwendung Vertriebslogik
1.6	IVS-Anwendung Routen- und Datenbereitstellung

Tabelle 5-5: Anwendungen-Katalog

Die detaillierte Beschreibung der [Anwendungen](#) sowie das [Komponentendiagramm](#) der multimodalen Reiseinformation sind im IVS Wiki zu finden.

5.2.2 IVS-Schnittstellen der multimodalen Reiseauskunft

Im Rahmen der Entwicklung einer Anwendungsarchitektur werden ebenfalls die derzeitigen Schnittstellen-Standards dargestellt. Tabelle 5-6 veranschaulicht den Schnittstellen-Katalog. Im IVS-Wiki finden sich detaillierte Beschreibungen der einzelnen [IVS-Schnittstellen der multimodalen Reiseinformation](#).

Schnittstellen-Katalog	
1. Schnittstellen Mobilitätsanbieter	
1.1	IVS-Schnittstelle SDK-RideTap
1.2	IVS-Schnittstelle TomTom Telematics WEBFLEET.connect-API
1.3	IVS-Schnittstelle IPSI
1.4	IVS-Schnittstelle VDV-KA
1.5	IVS-Schnittstelle VDV-Schrift 452
1.6	IVS-Schnittstelle VDV-Schrift 453
1.7	IVS-Schnittstelle VDV-Schrift 454
1.8	IVS-Schnittstelle VDV-Schrift 456
1.9	IVS-Schnittstelle TRIAS

1.10 IVS-Schnittstelle IXSI
2. Schnittstellen Infrastrukturanbieter
2.1 IVS-Schnittstelle OCIT
2.2 IVS-Schnittstelle OICP
2.3 IVS-Schnittstelle OCHP

Tabelle 5-6: Schnittstellen-Katalog

6 Ausblick auf die Phasen D bis H und das Anforderungsmanagement

Phase D liefert die Technologiearchitektur. Da die verwendete Technologie in der vorliegenden IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation nicht vorgegeben werden soll, wird diese Phase nicht bearbeitet. Bei der Entwicklung einer IVS-Architektur für einen realen IVS-Dienst ist diese Phase aber durchaus relevant (für mehr Informationen siehe [Phase D – Technologiearchitektur](#)).

Die weiteren Phasen E bis H beschäftigen sich mit der Planung des Übergangs vom derzeitigen in den gewünschten Zustand sowie mit der Steuerung und weiteren Verwendung der IVS-Architektur. Diese Phasen werden in der aktuellen Fassung dieser IVS-Referenzarchitektur ebenfalls nicht betrachtet, da sie erst für eine IVS-Architektur eines realen Dienstes individuell ausgearbeitet werden müssen (für mehr Informationen siehe [Phasen E-H](#)).

Das Anforderungsmanagement unterstreicht den dynamischen Ansatz des RAIM-Vorgehensmodells. Während jeder Phase können Anforderungen an die IVS-Architektur identifiziert und in den jeweiligen Phasen eingepflegt werden. Im [IVS-Architektur-Wiki](#) ist eine ausführlichere Anleitung für das Anforderungsmanagement zu finden.

7 Zusammenfassung

Bei der Ausarbeitung der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation wurden die Methoden aus RAIM verwendet und gezeigt, dass sie auf diese Domäne anwendbar sind. Aufgrund des großen Anwendungsfeldes der multimodalen Reiseinformation sind hierbei in den verschiedenen Phasen der Projektentwicklung projektspezifische Lösungen notwendig gewesen. Ein Beispiel hierfür ist das Rollenmodell. In anderen Domänen sind Rollen spezifisch benennbar und wie von RAIM angeregt in Rollen-Maps darzustellen. In der IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation ist eine spezifischere Darstellung der Rollen nicht sinnvoll, da die Gefahr besteht, dass sich ein wichtiger Akteur nicht wiederfindet. Es stellte sich daher heraus, dass eine detaillierte Ausarbeitung in dieser Domäne ausschließlich für die Rolle des Dienstbetreibers mit Darstellung der Schnittstellen zu den Dienst Anbietern sowie den Inhalteanbietern sinnvoll ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation die generische Definition der von der EU geforderten National Access Points für multimodale Services erlaubt. Sie ermöglicht darüber hinaus den Abgleich des spezifischen Realisierungsbedarfs von Systemen und Organisationen im föderalen Raum Deutschland (Weiterentwicklung, Ausbau oder Neubau), die Festlegung der Vernetzungsstrategie der betroffenen Akteure, ihrer Aktivitäten und ihrer Systeme sowie die Berücksichtigung und synchronisierte Ansprache von dynamischen und statischen Informationssystemen.

Die IVS Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation beschreibt auch den Umgang mit öffentlichen Strategien in den Systemen sowie vereinheitlicht und standardisiert Vorgaben, wodurch die Realisierung und Förderfähigkeit von Projekten vereinfacht wird.

Es wird empfohlen, diese Erkenntnisse für zukünftige Projekte in der Domäne multimodale Reiseinformation zu nutzen und die weiteren Phasen D-H des TOGAF-Vorgehensmodells in realen Anwendungsprojekten durchzuführen.

8 Referenzen

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Referenzen

- Amtsblatt der Europäischen Union (2017): Delegierte Verordnung (EU) 2017/1926 der Kommission vom 31. Mai 2017 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationdienste: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1926&from=DE> (30.05.2018).
- Amtsblatt der Europäischen Union (2010): Richtlinie 2010/40/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan_en (30.05.2018).
- Bundesgesetzblatt (2013): Bundesgesetz über die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern (IVS-Gesetz – IVS-G). In: BGBl. I Nr. 38/2013: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008275> (30.05.2018).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Das Intelligente Verkehrssysteme Gesetz (IVSG): <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/ivs-im-strassenverkehr.htm> (30.05.2018).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Nationaler IVS-Aktionsplan "Straße": <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/ivs-im-strassenverkehr.htm> (30.05.2018).
- EUROPEAN COMMISSION Directorate-General Mobility and Transport (2014): ITS Action Plan. D5 – Final Report Action B - EU-wide real-time traffic information services: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/studies/doc/2014-07-its-action-plan-d5-action-b.pdf> (30.05.2018).
- KIESLICH, W., H. ALBRECHT, A. DINKEL, T. HENNINGER, M. ROSE und M. WEBER (2014): Entwicklung einer ÖV-IVS-Rahmenarchitektur in Deutschland unter Einbindung Europäischer IVS-Richtlinien mit ÖV-Relevanz: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/442442/> (30.05.2018).
- Mobilitätsinformation und Verkehrssteuerung Baden-Württemberg (2017): Projekt moveBW: <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/verkehrspolitik/zukunftskonzepte/movebw/> (30.05.2018).
- MRK GmbH (2014): Entwicklung einer IVS-Rahmenarchitektur für den ÖV in Deutschland unter Einbindung Europäischer IVS-Richtlinien mit ÖPNV-Relevanz: http://www.its-bw.de/files/pdf/presentationen/20140714/2014-07-14_ITS-BW_GA_OeV-IVS_Rahmenarchitektur_MRK.pdf (30.05.2018).
- VBB Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH: EU-Spirit (European travel information network): <https://eu-spirit.eu/> (30.05.2018).

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Tabellenverzeichnis

Verein zur Förderung einer durchgängigen elektronischen Fahrgastinformation (DELFI) e.V. - DELFI-Service im Auftrag der Bundesländer und der DB AG: <http://www.delfi.de/> (30.05.2018).

Verkehrsauskunft Österreich GesmbH (VAO): <https://verkehrsauskunft.at/> (30.05.2018).

Ergänzend:

Verkehrsgemeinschaft Osnabrück (VOS): VOSpilot: <https://www.vos.info/service-angebot/vospilot.html> (30.05.2018).

Mobilität und Services in der Region Stuttgart: polygoCard: <https://www.mypolygo.de/> (30.05.2018).

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Zuordnung von Rollen und Aktivitäten	10
---	----

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Abbildungsverzeichnis

Tabelle 5-2: Übersicht der spezifischen Informationsobjekte	31
Tabelle 5-3: Datenmodell-Katalog	32
Tabelle 5-4: Katalog IVS-Ortsreferenzierung	33
Tabelle 5-5: Anwendungen-Katalog	34
Tabelle 5-6: Schnittstellen-Katalog	35

Abbildungsverzeichnis

IVS-Referenzarchitektur für multimodale Reiseinformation

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Die IVS-Architekturpyramide mit fünf Ebenen	5
Abbildung 1-2: Instanzebenen von IVS-Architektur.....	6
Abbildung 1-3: Darstellung der Phasen der TOGAF-ADM (links) und inhaltlicher Abgleich mit den Ebenen der IVS-Architekturpyramide.....	7
Abbildung 2-4: IVS-Rollenmatrix zur Vernetzung von Akteuren	11
Abbildung 3-5: Architekturvision zur IVS-Referenzarchitektur multimodale Reiseinformation	13
Abbildung 4-6: IVS-Geschäftsarchitektur multimodale Reiseinformation – Zielarchitektur.....	20
Abbildung 5-7: Darstellung von stereotypischen Informationsobjekten	23
Abbildung 5-8: Use Case Flug – Schritt: Beauskunftung Geschäftsreise	26
Abbildung 5-9: Use Case Grenzüberschreitend – Schritt On-Trip ÖV	27
Abbildung 5-10: Übersicht zum Use Case Intermodal.....	28
Abbildung 5-11: Use Case Intermodal – Routenabschnitt Route S>Z1 (MIV)	29

**Anhang:
englische
Version**

**IVS-Referenzarchitektur
für multimodale
Reiseinformation**

Projektnummer

03.0532

Markus Lange-Stuntebeck

Vertreter der
Bietergemeinschaft
MRK Management Consultants GmbH
München
und
Amadeus Germany GmbH
Bad Homburg

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach

April 2022

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

ITS reference architecture for multimodal travel information

ITS reference architecture for multimodal travel information

Bidding consortium:

MRK Management Consultants GmbH

Herzog-Rudolf-Straße 1

80539 München

Germany

and

Amadeus Germany GmbH

Siemensstraße 1

61352 Bad Homburg

Germany

Represented by:

MRK Management Consultants GmbH

Mr. Markus Lange-Stuntebeck

Mail: Markus.Lange-Stuntebeck@mrk.de

Phone: +49 (0) 89 242 0669 69

Executive Summary

The rapid development of mobile device technologies and radio networks in recent years, as well as the development of shared communities in car use, has led to new market participants in the field of multimodal travel information systems.

The ITS reference architecture for multimodal travel information concretizes the ITS architecture framework (RAIM) for the ITS service category multimodal travel information.

Multimodal travel information services (MMTI) help travelers plan their journey from A to B by comparing different travel options, combining different modes of transport, prices and the following modes of transport: Air, rail, road, by ship, by coach, public transport, demand-driven, walking and cycling. MMTIs offer travelers personalised itineraries according to their specific travel preferences.

To develop the ITS reference architecture, an analysis of the existing approaches for the establishment of multimodal travel information was carried out in addition to a survey. The projects and initiatives considered are EU Spirit, DELFI and the ÖV-IVS-Rahmenarchitektur (Public Transport ITS framework architecture). In addition, there was a continuous exchange with VAO GmbH from Austria, which was an associated partner in the development of the ITS reference architecture for multimodal travel information.

There are the roles content provider, service operator and service provider with the typical activities assigned to the respective role for generating the value-added contribution that the actors make. Activities lead to the creation of products that are passed on between business processes as information objects in the ITS value chain. A defined political (compliance with the legal framework, standards of conduct and practice), economic (provision of personnel, financing and controlling, management of own activities) and technical behaviour (collection and processing of data and information, generation, provision and presentation of ITS services, system operation, maintenance and innovation) is expected from the actors involved.

Table of Contents

1 Introduction	3
2 Preliminary Phase	8
3 Phase A – Development of an architectural vision	11
3.1 Description of the scope of the ITS reference architecture multimodal travel information	11
3.2 The architecture vision of the reference architecture multimodal travel information	13
3.2.1 Interface Data Connection	13
3.2.2 Interface Service Connection	14
3.2.3 Information Logic	15
4 Phase B – Business architecture	18
5 Phase C – Information systems architecture	20
5.1 Data architecture	20
5.1.1 Specific representation of information objects with the help of case studies	23
5.1.2 Data Model Catalog	29
5.1.3 Local referencing	31
5.2 Application Architecture	32
5.2.1 ITS Applications of multimodal travel information	32
5.2.2 ITS Interfaces of multimodal travel information	32
6 Prospects for phases D to H and requirements management	34
7 Summary	35
8 References	36
List of Tables	38
List of Figures	39

1 Introduction

Problem definition

The rapid development of mobile device technologies and radio networks in recent years, as well as the development of shared communities in car use, has led to new market participants in the field of multimodal travel information systems.

In addition to numerous app solutions as stand-alone applications, automotive companies such as Daimler with moovel, VW with MOIA or Deutsche Bahn with Qixxit are developing multimodal travel information systems that span space and means of transport, or their own brands for mobility services that not only provide information, but also allow travellers to book and buy products and services in the future. The platform initiative Mobility Inside of the VDV, various projects of the initiative for digital networking of public transport of the BMVI and the project moveBW of the Ministry of Transport of Baden-Württemberg are also part of this series.

Despite this development in multimodal travel information systems, travel recommendations continue to be based only on individual traveller decisions and commercial interests of product and service owners and online or offline travel agencies. The alignment with public strategies is still missing, but is currently being discussed and demanded for new implementations (cf. Wiki article Inventory, in German: [Bestandsaufnahme](#)).

Aim

The ITS reference architecture for multimodal travel information aims to increase security for public operators regarding the compatibility and interoperability of ITS applications. In addition, the ITS reference architecture has the following objectives:

- Reduced development effort and planning reliability for industry
- Avoidance of technological isolated solutions
- Improvement of investment security and market transparency
- Reduction of negative environmental impacts of traffic
- Improvement of user-friendliness when requesting travel alternatives for multimodal travel planning

The vision of this project is that in the future there will be the traveller who is informed about his multimodal travel possibilities at any time and place: The informed and oriented road user!

Approach

During the development of the ITS architecture framework (RAIM) in the FE 03.0483/2011/IRB project, the RAIM process model for the creation of ITS architectures and ITS reference architectures was developed, which is based on the Architecture Development Method (ADM) of The Open Group Architecture Framework (TOGAF). The steps of the individual TOGAF ADM phases were adapted to the conditions of cross-organizational architectures for ITS services. In parallel, the RAIM process model was tested with the creation of three ITS reference architectures. Due to recurring optimizations in the RAIM process model during its creation up to

version 1.0, parts of the existing ITS reference architecture may not be absolutely conforming to the last version of the RAIM process model despite some reworking.

This document also describes the ITS reference architecture for traffic information in private transport in version 1.0 and aims to update and dynamically develop the ITS reference architecture based on experience from other projects applying the ITS reference architecture. The ITS Architecture Wiki, available at www.its-architektur.de, makes the current version always accessible and enables the participation of all interested parties.

Structure of the document

RAIM served as the basis for the development of this ITS reference architecture. Together with the ITS reference architecture, RAIM also provides support and assistance for the development of an ITS architecture of a real ITS service around traffic information in private transport. Chapter 2 gives a brief overview of RAIM. Chapters 3, 4 and 5 describe the ITS reference architecture with the results of the processed phases of the RAIM process model (preparation phase, phases A, B, C). Chapter 6 provides an outlook on the unprocessed phases, which are also important for an ITS architecture of a real ITS service. Chapter 7 summarises the main results and the importance of the ITS reference architecture for traffic information in private transport.

In many places this document offers the possibility to access explanations and information directly with links to the ITS Architecture Wiki. Therefore, the electronic version of the document is recommended to make full use of all possibilities of cross-references.

The ITS architecture framework as a basis

The ITS architecture framework (RAIM) provides comprehensive support for the creation of an ITS reference architecture or an ITS architecture of a real service. The development of the present ITS reference architecture for traffic information in private transport was developed in parallel with the development of RAIM. The work served as a test of the RAIM concepts and the RAIM process model. Since the experiences were directly reintroduced into RAIM, some aspects of the present ITS reference architecture were not developed according to RAIM's current status.

This chapter provides a brief overview of RAIM in its current version 1.0 and describes how it was used in the development of this ITS reference architecture. A comprehensive documentation of RAIM 1.0 has been published on the BAST website where also this report can be found. In addition, a continuous further development of RAIM is planned, which will be documented online in the ITS Architecture Wiki, available at www.its-architektur.de, and on the RAIM website, www.raim-architektur.de.

RAIM offers a comprehensive repository of basic considerations, concepts and definitions for ITS architecture, a process model for ITS architecture development and ITS reference architectures. This process model and the related ITS architecture building blocks were used for the development of this ITS reference architecture for traffic information in private transport.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Introduction

RAIM concepts, terms and explanations

To use the RAIM process model correctly, RAIM offers comprehensive explanations of concepts and terms.

The ITS architecture pyramid

The ITS architecture pyramid serves as a suitable metamodel for the presentation and description of ITS services. It is shown in Figure 1-1 and consists of five layers - the model/strategy level, the process level, the information structure level, the IT service and IT infrastructure level - all of which together span the potentially possible viewing and presentation area of an ITS architecture.

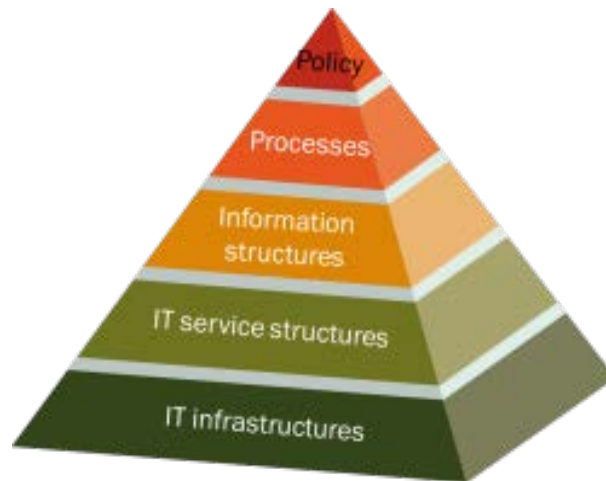


Figure 1-1: The ITS architectural pyramid with 5 layers

The ITS architecture instantiation concept and classification of the ITS reference architecture

Three instantiation levels are defined for the development of ITS architectures, as shown in Figure 1-2. The ITS architecture framework defines ITS design elements as architecture building blocks and defines terms and semantics for them. It also lays down design principles according to which the ITS architect should proceed with the planning of ITS services. An ITS reference architecture specifies the concepts for an ITS service category (family of ITS services) for the design space of a specific ITS domain as provided by the ITS architecture framework. Finally, the ITS architecture of real ITS services is the actual implementation of relevant ITS reference architectures down to the last level of detail in a concrete application case.

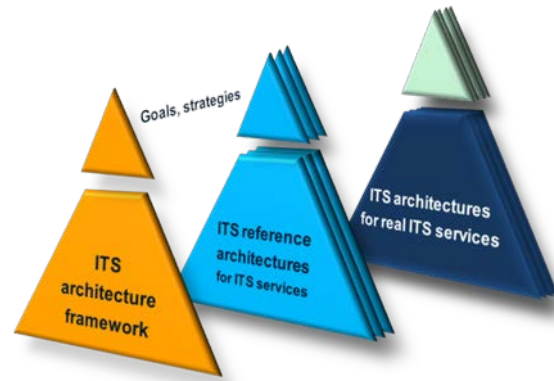


Figure 1-2: Instance levels of ITS architecture

The basic concepts of ITS architecture

The basic concepts provide a detailed explanation of the RAIM approach and the importance of ITS architecture building blocks and artefacts. Seven basic concepts exist in RAIM 1.0:

- The ITS services and value-added concept
- The ITS role and ITS actor concept
- The concept for the formulation of ITS objectives and realisation concepts
- The ITS capability and collaboration concept
- Aids, views and tools for ITS business architecture
- ITS reference models and tools for ITS data architecture
- ITS reference models and tools for ITS application architecture

Terms and definitions

To ensure a correct understanding of the terms used in RAIM, all key terms and terms used in the individual phases of the RAIM process model are explained in detail. In addition to a textual explanation, UML diagrams are often used to visually illustrate the connections between the terms.

Application of RAIM

The result of RAIM 1.0, which can be applied directly by an ITS architect, is the TOGAF-based RAIM process model together with the templates for artefacts and ITS architecture building blocks:

The RAIM process model

For the creation of an ITS architecture or an ITS reference architecture, the RAIM process model provides step-by-step guidance. The international standard ISO/IEC/IEEE 42010 and the established architecture framework The Open Group Architecture Framework (TOGAF) served as a methodical starting point for the development of RAIM. TOGAF is regarded as a

worldwide framework for the development of enterprise architectures. As a central element, it offers a process model for the development of enterprise architectures, the so-called Architecture Development Method (ADM). Since ITS architecture is not focused on a single company, this process model has been adapted (tailored) to the conditions of cross-organizational architectures for ITS services. The focus was on the preparation phase and phases A to C (architecture vision, business architecture, information systems architecture), which fit in content with the upper layers of the ITS architecture pyramid, as shown in Figure 1-3.

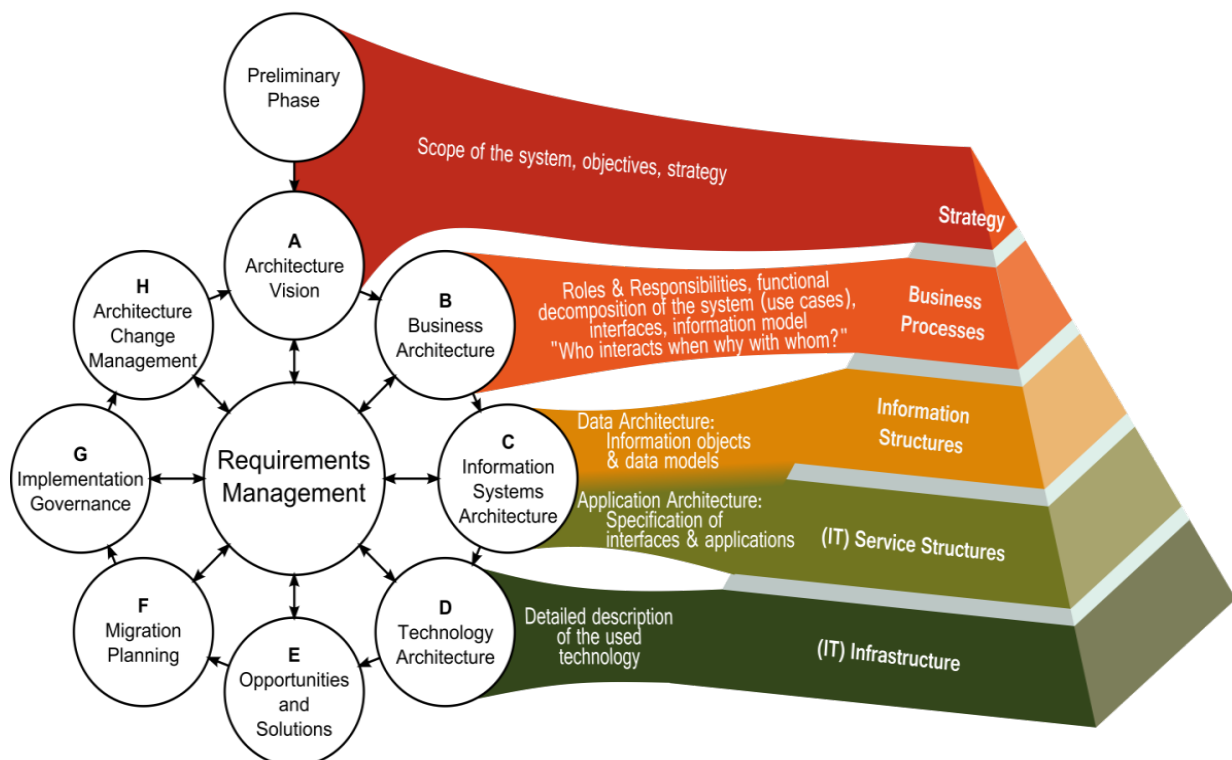


Figure 1-3: Presentation of the phases of the TOGAF-ADM (left) and content comparison with the levels of the ITS architecture pyramid

In the preparatory phase, the integration of underlying models is clarified, model adaptations are defined and important principles for architectural development are defined. In phase A, the objectives of the architectural development and those involved are defined. The results of phases B, C and D represent the actual ITS architecture. Phase B describes the current and desired state of the business architecture. The differences are worked out and documented with the help of business process diagrams, among other things. Phase C describes the current and desired state of the data and application architecture. Phase D supplies the technology architecture. Since the technology used is not to be specified in the existing ITS reference architecture, this phase is not processed. The other phases E to H deal with the planning of the transition from the current to the desired state and with the control and further use of the ITS architecture. These phases are also not considered in the current version of this ITS reference architecture, as they only become relevant for an ITS architecture of a real service.

Each phase is divided into several steps. This ensures a methodical and comprehensive approach in the development of an ITS architecture. In addition, requirements management is central and drives the development process of the ITS architecture always.

Artefacts and ITS architecture building blocks

The results of the individual steps of the phases of the RAIM process model are artefacts or other deliverables. Artefacts are catalogs, matrices or diagrams and consist of individual ITS architecture modules. A catalog always consists of one module type. For example, individual role descriptions can be combined into a catalog of roles as ITS architecture modules. Typically, matrices consist of two different module types and diagrams of several. RAIM offers templates for many artefacts and ITS architecture modules to provide optimum support in processing the individual steps.

2 Preliminary Phase

At the beginning of the preparation phase, a definition of multimodal travel information services was drawn up. This serves the common understanding, in which context the further elaborations are to be read (cf. Wiki contribution Preparation phase, in German: [Vorbereitungsphase](#)).

Definition of multimodal travel information services

Multimodal travel information services (**MMTI**) allow travellers to plan their journey from A to B by comparing different travel options combining different variations of transport modes, prices and the following modes of transport:

- Air, rail, road, waterborne, coach, public transport, demand responsive transport, walking and cycling...

MMTIs offer travellers **personalised itineraries** according to their specific **travel preferences**.

To develop the ITS reference architecture, an analysis of the existing approaches for the establishment of multimodal travel information was carried out in addition to an inventory.

The projects and initiatives considered are EU Spirit, DELFI and the ÖV-IVS-Rahmenarchitektur (Public Transport ITS framework architecture). In addition, there was a continuous exchange with VAO GmbH¹ from Austria, which was an associated partner in the development of the ITS reference architecture for multimodal travel information.

The Delegated Regulation (EU) 2017/1926 of the Commission of 31.05.2017, published in the Official Journal of the European Union of 21.10.2017, supplementing Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council on the provision of EU-wide multimodal travel

¹ Verkehrsauskunft Österreich GesmbH (VAO).

ITS reference architecture for multimodal travel information

Preliminary Phase

information services, is particularly to be observed. This Regulation lays down the specifications necessary to ensure the accuracy and cross border availability of EU-wide multimodal travel information services for ITS users. Article 2 of this Regulation summarises the definitions adopted for this reference architecture. Article 3 sets out the requirements for the national access points to be created. Articles 4 and 5 Regulations on accessibility exchange and re-use of static and dynamic travel and traffic data. Article 7 deals with the processing of route planning results into travel information services. The provisions for the re-use of travel and traffic data by service providers and the linking of travel information services are contained in Article 8. The Delegated Regulation is accompanied by an Annex listing the various types of static and dynamic travel and traffic data. It was adopted after the start of this project. However, the objective was to develop the reference architecture in accordance with this regulation.

In general, the task is to generate multimodal travel information from traffic data, timetable data, traffic information, strategies and other relevant input variables into a user-preferred ITS service and to visualise it for specific terminals. This service generation requires the cooperation of a wide range of actors in the public and private sectors, each contributing to service generation along an ITS value chain. To simplify the reference architecture, the ITS value chain is divided into three levels: content provider, service operator and service provider. As part of their contribution to value creation, cooperating actors assume typical roles to which specific activities are assigned. The reference architecture was based on a simple role model in which the roles within a value chain stage were not differentiated and the roles were named in the same way as the value chain stages.

There are therefore the roles content provider, service operator and service provider with the typical activities assigned to the respective role for generating the value-added contribution that the actors make. Activities lead to the creation of products that are passed on between business processes as information objects in the ITS value chain. A defined political (compliance with the legal framework, standards of conduct and practice), economic (provision of personnel, financing and controlling, management of own activities) and technical behaviour (collection and processing of data and information, generation, provision and presentation of ITS services, system operation, maintenance and innovation) is expected from the actors involved.

For functioning ITS value chains it is necessary that

- all roles are filled by the actors involved,
- the responsibilities, activities and networks assigned to the roles are agreed,
- the activities are carried out,
- the actors have the capacity to carry out these activities in a quality and complete manner.

Table 2-1 shows the assignment of roles and exemplary activities:

Roles	Activities
Content providers	<ul style="list-style-type: none"> • Data acquisition • Preprocessing of data • Data storage (creation of archives) • Data quality assurance • Definition of traffic management strategies • Passing on data and information (content) for the generation of services to the service provider
Service operators	<ul style="list-style-type: none"> • Processing of content into information and services by algorithms and other methods (generation of collective and individual services) • Provision of analysis data for content providers • Processing of sales data • Passing on services to prepare the presentation on end devices and display systems
Service providers	<ul style="list-style-type: none"> • Provision of collective services (providing information boards and passenger information systems with current traffic and travel data) • Provision of individual services according to end customer demand

Table 2-1: Assignment of roles and activities

An actor may play several or all roles in the ITS value chain. However, the creation of an ITS multimodal travel information service usually requires a number of actors. Figure 2-4 shows an excerpt from the ITS roles matrix with the possible networking of actors created in the context of the ITS framework architecture for public transport.

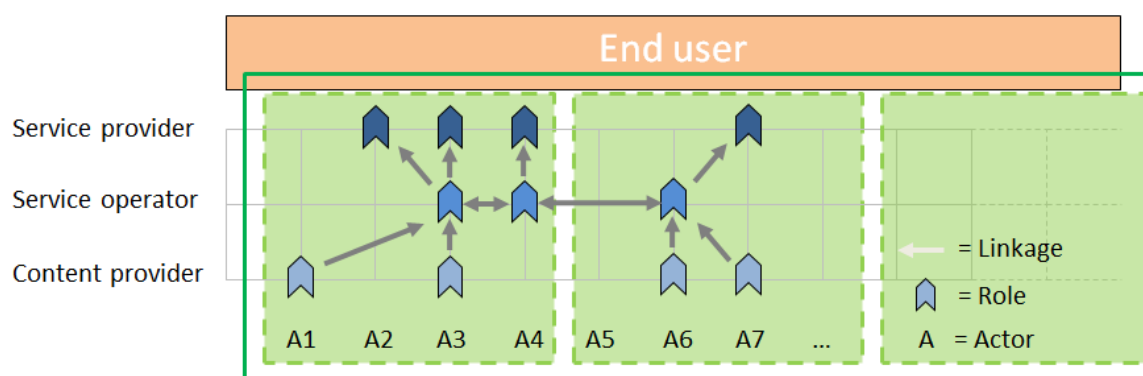


Figure 2-4: ITS role matrix for the networking of actors²

² MRK GmbH 2014: Entwicklung einer IVS-Rahmenarchitektur für den ÖV in Deutschland: 14

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

With the help of the inventory analysis, three case studies were created (Use Case flight, Use Case cross border, Use Case intermodality) to visualize the data flows at the different stages of the value chain (content provider, service operator, service provider and end customer) and to use this for the development of the architectural vision, the business architecture and the information system architecture.

3 Phase A – Development of an architectural vision

Phase A - Development of an architectural vision is basically about developing a vision for an ITS service or service category and - at a high level - making a first attempt for the ITS architecture and its architecture domains. The vision is to convey to the participants how their strategic and business expectations are taken into account, how they are formulated in the form of business goals and with which measurable goals their achievement of goals can be evaluated at the end.

An important core of Phase A is to clarify the purpose of the architectural approach, to reach consensus among all parties involved and to formulate this in the form of a vision.

3.1 Description of the scope of the ITS reference architecture multimodal travel information

Based on the ITS value chain and the associated roles (content provider, service operator, service provider), an exact assignment of information and sales logic tasks can be made for the multimodal travel information domain. The nature of the tasks depends on the role and business model of the respective actor. In particular with regard to the ITS value chain, the roles also represent the levels of the value chain.

Generally speaking, however, when dimensioning and structuring the scope of the ITS reference architecture Multimodal Travel Information, it is necessary to provide that different strategy levels are taken into account in the ITS reference architecture and are networked across different actors. These are:

- **Individual strategies** of the ITS end user (e. g. car-navigation, private mobility and sales services for end customers such as online and offline travel agencies)
- **Public strategies** (e.g. traffic management, mobility management, MDM, etc.)

While the information of individual strategies has been part of the status quo of today's information and distribution systems for years, the integration of public strategies from urban and rural areas into the information and distribution systems of the public and private sectors is only at the beginning. The ever-increasing aspects of environmentally compatible distribution and implementation of mobility through the use of all modes of transport and the growing need to cope with traffic restrictions to protect the environment, as well as the need to make better use of transport resources due to economic and safety-related aspects, require a clear positioning and task description of the public sector as a key player and contributor to multimodal travel information. Since these activities are of a sovereign nature, they are also vertically distinct from the activities of the actors at content provider and service provider level in an ITS

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

reference architecture for multimodal travel information. It is also necessary to provide for horizontal separation of areas of activity because the obligation to provide information is exclusively linked to the public sector. Thus, the tasks of information logic, which are connected with the inclusion, processing and dissemination of public strategies, still have to be assigned to the sphere of action of the public sector, while tasks of distribution logic only fall to a small extent within the sphere of action of the public sector.

Essentially, Figure 3-5 can be used to define the scope of the ITS reference architecture for multimodal travel information. This describes the typical tasks in multimodal travel information, taking into account the integration of all strategies.

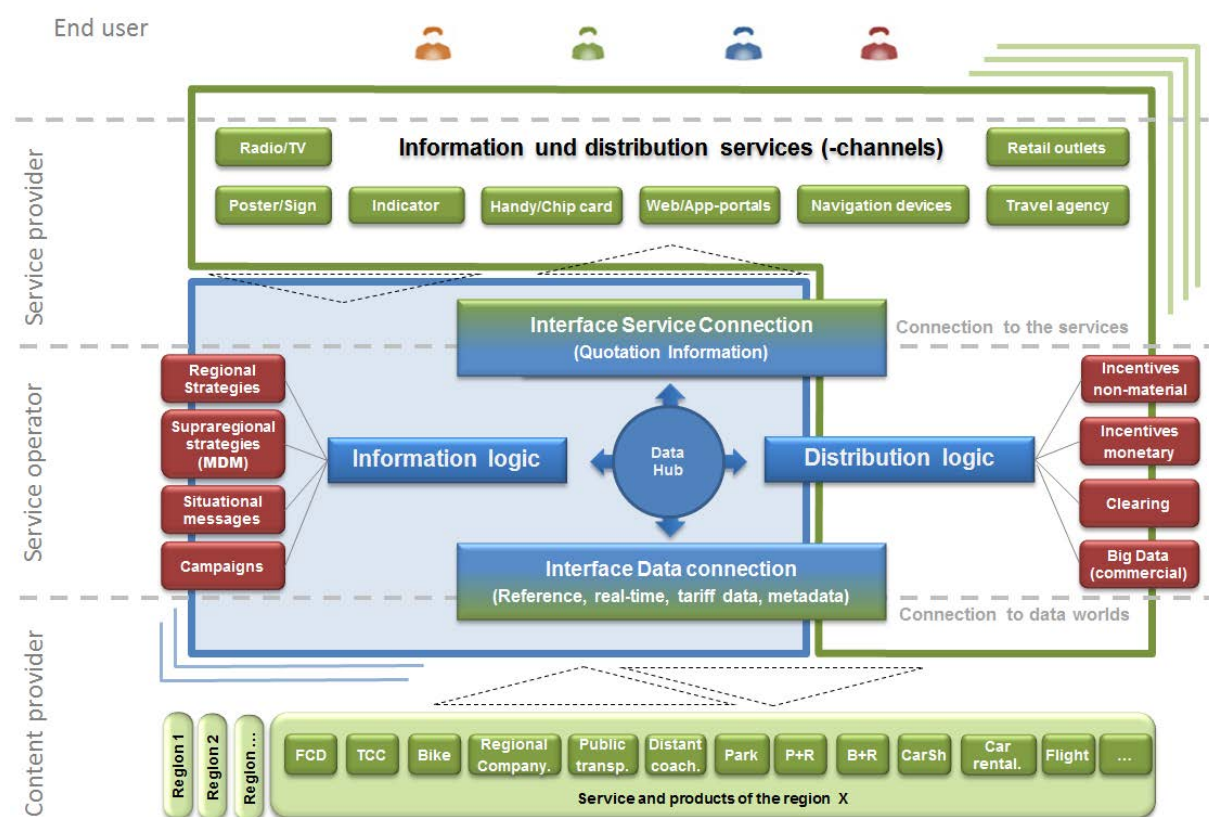


Figure 3-5: Architecture vision of the ITS reference architecture multimodal travel information

At the level of content providers, actors are offering products, services and information. At the level of service providers, all actors who have direct contact with ITS end users are involved in providing information and, in most cases, in selling content providers' products and services. Both levels (green) have in common that their business models can be private or public service and belong to their own domains with their own reference architectures.

The scope (blue) of this ITS reference architecture for multimodal travel information concentrates on information logic, interfaces to content providers (data connection interface) and service providers (service connection interface) as well as on interaction with sales logic. The ITS

reference architecture for multimodal travel information thus enables the direct integration of regional and national strategies (red) of the public sector as well as their situational and campaign oriented communication (red) into the information provision of the service providers. At the same time, the inclusion of aspects of distribution logic in the ITS reference architecture also allows the indirect consideration of ideal or monetary bonus systems (red) to incentivise public strategies and the sharpening of public strategies through the use of consumer data from clearing processes or big data analyses (red).

With reference to a real implementation space such as Germany, the ITS reference architecture for multimodal travel information will know many actors at the levels of content provider (green) and service provider (green) who network with the service operator via the interface data connection and interface service connection.

3.2 The architecture vision of the reference architecture multimodal travel information

Building on the scope of the ITS reference architecture for multimodal travel information, the key components for describing the architecture vision (blue area in Figure 3-5) and their contributions to the achievement of a functional multimodal travel information in Germany can be identified and described.

3.2.1 Interface Data Connection

The Interface Data Connection connects the systems of content providers with the purpose of sending data and information to the multimodal travel information service provider responsible for a defined area (e.g. moveBW in Baden-Württemberg, VAO in Austria). As an aggregator, a content provider can also make its own data sets available as information (e.g. timetable information of a transport network, MDM) at the interface data connection with a certain level of standardization.

After setting an agreement, the data is accessed either in pull or push mechanism to ensure a comparison of the entire dataset as a full update or incremental update. The actors shall coordinate an appropriate mechanism.

Following data import from the content providers' supplier systems, the service operator transforms the data into a standardized, comprehensive data format in order to link the services of the various providers.

Actors in the role of content providers who supply data and information are assigned to different stereotypical actors:

- Mobility service providers (e.g., railway companies, bus companies, airlines, bike traffic, car companies, navigation service provider, etc.)
- Infrastructure operator (road authorities, environmental authorities etc.).

It is essential that content providers provide the multimodal travel information service operator with the highest possible quality of data and information within a service standard in order to

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

ensure long-term acceptance by ITS end users. The service operators are responsible for using the information logic to process the existing data and information for the ITS end user in such a way that coherent information can be brought to the ITS end users throughout a complete travel chain. The preparation of the information via different media is provided by the service provider to the ITS end user.

In the case of distribution (booking, selling) of products and services of the content providers via the multimodal travel information, data validation must take place independently of the interface data connection and the connected service providers (mobility services such as travel agency, e-ticket for public transport, car navigation system). This includes, for example:

- Sales information,
- Validation and availability of products and services,
- Purchased products and services in the shopping cart,
- Secure payment methods for users and supplier.

3.2.2 Interface Service Connection

The Interface Service Connection is the interface from the service operator of multimodal travel information for a defined area (e.g. moveBW in Baden-Württemberg, VAO in Austria) to service providers of information and sales channels (mobility services).

The Service Connection Interface provides service providers of information and sales services with access to information and, if necessary, booking. Various criteria, some of which can be individually parameterized by the user, are taken into account. These could be:

- Travel time duration,
- Costs and incentives incurred,
- Public strategies (environment, traffic control etc.),
- context
- comfort features.

When supplying service providers with information from the multimodal travel information, care must be taken to ensure that alternative offers (footpaths, public transport, individual transport) must also be submitted to service providers via the interface service connection in addition to the travel option based on the individual travel wishes of the ITS end user, if public strategies require it. However, the choice of itinerary and modalities remains the responsibility of the ITS end user.

Furthermore, there are ITS end users for whom special criteria such as health aspects or company-relevant interests (travel guidelines) must be applied on a permanent basis.

The transmission of information from incident management via the responsible service operator of multimodal travel information to the service operator of information and sales channels generally represents a particular added value. These service providers generally have a special responsibility for ITS end users, both

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

- in the event of accidents or (environmental) disasters,
- at events, where safety precautions and the control of capacity distribution are the responsibility of the public authorities.

By means of information from the projections and forecasts of the content providers for short, medium and long-term traffic development in an area, the service operator of the multimodal travel information, coordinated with the regional and national strategies, can provide the service operator with information regarding expected traffic jams, disruptions and overloads via the interface service connection. This will enable ITS end users to be addressed and informed by the information and distribution services at an early stage and to motivate changes in the mobility behaviour of ITS end users. Acceptance of the information by ITS end users is also reported via the interface service connection to the service operator of the multimodal travel information for use in the information logic and distribution logic.

The creation of statistics and evaluations allows you to

- enable public institutions (e.g. traffic planning, traffic control centres) to optimise their public strategies in planning and operation, and
- enable content providers (e.g. organisers, transport companies) and service providers to adapt their products and services to the circumstances of a dynamic traffic flow and thus optimise their sales.

3.2.3 Information Logic

The Information Logic processes the data and information of the various content providers, taking into account the regional and supraregional public strategies of the local authorities, situational reports at specific points in the travel chain and relevant factors from distribution (e.g. incentives).

One aim of the information logic is to calculate optimised travel chains that take into account user-specific preferences and different means of transport and to make this information available to the different ITS end users in a comparable, integrative and comprehensible manner. ITS end users are addressed through regional and global service providers.

Due to the multitude of actors and systems in transport and the travel industry as well as their differentiation by areas, multimodal travel information in Germany also requires an intelligent networking of the responsible subsystems (of the actors in a specific region). To do this, the information logic component requires the following executed subcomponents.

The intermodal logic integrates the data, information and parameters transferred from the user interface (e.g. timetable information / tariff information, traffic messages and control strategies of public partners, floating car data) via the interface data connection. The regional data and traffic management strategies are used to model route resistances on the transport networks, which form the basis for modal and intermodal routing. For this purpose, the traffic situation must be calculated and predicted depending on the situation. When a strategy is activated (e.g. detour recommendation or P+R usage), the relevant network elements of the strategic network are weighted more attractively in the route calculation in the intermodal logic.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

The intermodal logic calculates on the basis of the aggregated modal itineraries of the external public transport routers, the relevant MPT, bicycle and pedestrian routers and on the basis of fare information for the respective means of transport, thus availability. It then determines an optimized intermodal travel chain according to user-specific travel preferences and public strategies. Intermodal travel planning can take into account specific situational needs, such as the fastest, cheapest or most ecological, low-emission or optimal traffic route. The calculation results of the intermodal logic are made available to the service providers via the interface service connection, so that regional partners and task carriers can also further process the control strategies in their systems.

The POI and address service integrates all point-related information such as addresses, locations of sharing offers, stops, parking garages / P+R, charging stations etc., which are connected to the interface data connection, into a uniform data format and makes these available to internal and external services via the interface service connection. The aggregation, harmonization and referencing of all data must take place on the same network basis.

Maintenance tools make it possible to record and locate traffic reports and traffic control strategies at a regional level. The maintenance tools must be multi-client capable, so that each actor (e.g. a small municipality) of the regional traffic management can maintain its own strategies. Maintenance tools are therefore an important component for establishing regional (dynamic) traffic management.

With these clients it is possible within the framework of information logic that the multimodal travel calculated by the intermodal logic taking into account regional and individual strategies is taken over by the own router instances of the service providers (e.g. app service, car navigation device) and integrated into their routing in an unaltered manner. This allows the range of influence on the mobility behaviour of all ITS end users to be increased.

Distribution Logic

The Distribution Logic component processes posting, reversal and payment transactions for products, services or information from content providers.

From the point of view of the public sector (obligation to provide information), multimodal travel information means the sole implementation of all components in information logistics. According to current knowledge, acceptance and permanent use of the ITS reference architecture for multimodal travel information will only be possible if the displayed traffic connections can also be booked simply and reliably. This is necessary

- to link a commitment with the travel information (e.g. change to public transport at P+R by purchasing the travel authorization in public transport and the entry authorization to P+R before or during the trip),
- to move the free economy to end customer-oriented offers and solutions and
- to automate or optimize the processes around business travel and its accounting.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase A – Development of an architectural vision

In order to be able to offer all information about possible products and services along travel chains without discrimination, it must also be possible for all ITS end users to book and purchase these products and services without discrimination. Considering, for example, an unexpected event on a trip, this ensures that the customer is not only shown alternatives, but can also directly perceive them without incurring a media interruption and thus new uncertainties. ITS end users save time, they get simplified processes before and during the trip and therefore confidence and security in the multimodal travel information.

Furthermore, commercial elements such as incentives, gamification or incentive programmes can also be used to support the acceptance of public strategies by ITS end users by integrating Distribution Logic into the architecture vision of multimodal travel information. In the further consequence thereby possibilities for the production of statistics over travel expenses and their change over the years (cost increase) can be illustrated. This enables ITS end users to easily identify and derive financial and time management measures for themselves and their mobility behaviour.

An ITS reference architecture for multimodal travel information must therefore not only rely on the information logic, but must also adequately provide for and describe a non-discriminatory use in the Distribution Logic component.

Data Hub

The data hub allows controlled connection to big data analytics and data warehouses through data flow tracing and tracking processes via the Multimodal Travel Information service operator(s). In this way, planning and traffic control processes on the part of the public sector can be optimised in future and value-added services can be developed and sold to the ITS end user on the part of the private sector.

Among other things, it contains the

- Data management and data security (provision, transfer, use, rules, status)
- Interface management (status, version)
- System Management (storage, distribution)
- Demand management (inquiries, distribution)

The complete elaboration for phase A can be found in the [ITS Wiki](#). This includes the identification of relevant stakeholders, the elaboration of business goals and the value contribution of the target architecture to the ITS reference architecture for multimodal noise information.

4 Phase B – Business architecture

Within the analysis of the ITS business architecture, the three roles, the associated stereotypes of actors and their strategies/motivations in the environment of today's multimodal travel information are examined. In addition, the business processes and organizational structure for a Germany-wide and cross border concept of the ITS reference architecture for multimodal travel information will be considered.

Dealing with roles and activities in the context of ITS requires the availability of a model that provides the semantics for a typified description of the roles and that is accepted by all participants as a basis for discussion and description. The requirements of the ITS architecture framework (RAIM) are used for this purpose.

There is also no consistent method of business processes in Germany at present. Some approaches are Germany-wide (e.g. moovel or Qixxit). Due to the federal structure of the German mobility landscape, however, various regional approaches (e.g. VOSpilot of Verkehrsgemeinschaft Osnabrück, polygocard in the Stuttgart region, moveBW project in the Stuttgart region) exist in the area of multimodal travel information. This means that information is not transferred bundled by an information-logic to the end users, but that there is a variety of process-related connections.

Due to the aforementioned current situation, there is currently no uniform ITS business architecture. For this reason, the goal in Phase B is to describe a design for an ideal-typical target architecture based on the architectural vision and the area of action from Phase A.

The following is an exemplary general overview of the ITS business processes of the ITS business architecture. It should be noted that in the ITS business architecture multimodal travel information only the activities at the service operator level are specifically named. The necessary activities at content and service provider levels, which are required for the creation of an ITS service, are considered generically in the example and are specified in detail only in the specific use cases.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase B – Business architecture

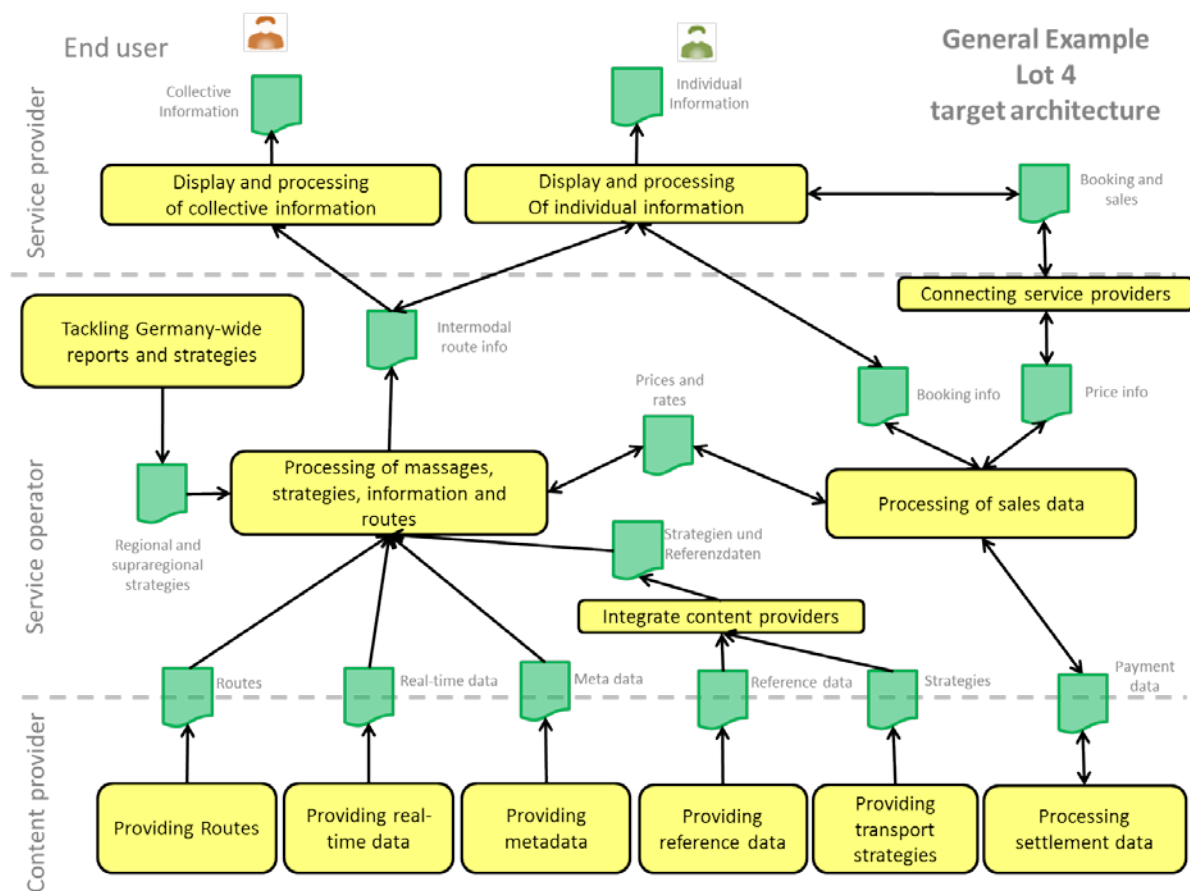


Figure 4-6: ITS business architecture multimodal travel information - target architecture

Figure 4-6 shows how the activities connecting content providers, Processing messages, strategies, information and routes, Toggle messages and strategies across Germany, Process sales data and Connect service providers interact with each other.

To ensure that the services are harmonized at the service provider level, it is essential that all information objects go through the processing of strategies and information activity. Content providers, such as the public sector, are connected using tools that can be used to enter the relevant information, such as messages or strategies. The entries are recorded in such a way that they are passed on to the processing of strategies and information activity without any losses and are therefore easy to process further. Figure 4-6 shows an example of the Provision of reference data and Provision of transport strategies via the activity connecting content providers. Routes, real-time data and metadata can also be connected via this step. It is also possible to forward this data directly to the MDM and thus to the activity Toggle Germany-wide notifications and strategies. Since data from other regions is also available for this activity, it serves as a second source of information. This is the future connection to various adjacent regions in Germany.

The double arrows between the activities Displaying and processing of individual information and Processing of strategies and information represent a data exchange. This can be seen, for example, in the processing of public strategies. The public strategies should not only be

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

informed, but there should also be a data feedback channel in which the degree of compliance of the strategies by the ITS end user can be tracked.

As already described in the introduction to the ITS business architecture, the booking and sales possibilities of mobility products are of very high importance in addition to the pure disclosure of high-quality information. For this reason, there is a link between the activity Processing notifications, strategies, information and routes and the activity processing sales data.

The possibility of the direct bookability of a mobility product is guaranteed by combining the activities Display and processing of individual information and Link service provider. To be able to combine the sales process with incentives (e.g. Payback/Bonus points), it is important that the information objects always go through the activity Processing Sales Data.

More information on the ITS business architecture in terms of aids, views and tools, starting and target situation, gap analysis and ITS business architecture candidates for the ITS architecture roadmap can be found in the ITS Wiki in the Phase B article (cf. Wiki contribution ITS business architecture, in German: [IVS-Geschäftsarchitektur](#)).

5 Phase C – Information systems architecture

The information systems architecture describes the development of a target architecture for information systems in multimodal travel information in which the business architecture (Phase B) and the architecture vision (Phase A) are to be implemented. The information systems architecture distinguishes between data architecture and application architecture.

Among other things, ITS business processes were identified during the development of the business architecture. These consist of activities that are carried out on a role-related basis. Information objects are exchanged between the activities. These information objects are examined and described in detail in the data architecture. The interfaces used to exchange information objects and the applications with which the information is processed are then examined in more detail in the application architecture.

The content presented in this chapter describes the target architecture, as there is currently no architecture that has all the characteristics of the ITS reference architecture for multimodal travel information. There are many reasons for this. For example, there are very few standards for the exchange of data for multimodal travel information. There are neither fixed technical standards for interfaces nor organisational standards such as data usage contracts. The following explanations illustrate the relevant characteristics of the reference architecture using the ITS data architecture and the ITS application architecture to enable industry actors to design a real ITS service for multi-modal travel information.

5.1 Data architecture

The data architecture describes all relevant information objects (including the associated ITS data models and location references) that are transferred between the roles or activities of a multimodal trip information. An ITS information object contains data for the three areas:

- **Roles & business models** (business characteristics)

for information on roles and business models of multimodal travel information. This includes, among other things, data on:

- Organisational and operational processes (e.g. resource planning, quality and escalation management, control of activities, etc.)
- Commercial planning
- Financing conditions and controlling (e.g. margins)

- **Rules & general conditions** (legal form)

for information on the rules and framework of a multimodal travel information system. This includes, among other things, data on:

- Data protection
- Contracts
- Terms and conditions
- SLAs / PKIs
- Penalties

- **Information & communication technology** (content characteristics)

for information on information and communication technology of multimodal travel information. This includes, among other things, information on:

- Dynamic data
- Static data
- Interface descriptions

This can include the traffic network and mapping of the traffic infrastructure, reference systems for locating information (such as addresses, stationing or TMC), routing information, sensor locations, possible activity and destination locations, dynamic traffic data, as well as contract rules, commercial agreements, underlying laws and processes and procedures for communicating and organizing data exchange and data provision and use

Due to the federal territory of Germany, the different development and implementation periods, the applicable funding commitments and investment protection for existing systems (investments), the implementation of a Germany-wide multimodal travel information system is unrealistic. The development of a data architecture for multimodal travel information must therefore, on the one hand, make specifications along national and international standards, but on the other hand allow flexibility with regard to data origin and data format. This is intended to enable the substitution and further development of data sources or a combination of data sources for identified content according to network categories or administrative areas, and to ensure long-term security with the ITS reference architecture multimodal travel information.

Position of the information objects of a multimodal travel information

Due to the numerous actors for the ITS service multimodal travel information (MMTI) in an observation space, a simplified generic representation of all the information objects typically required for this service is chosen in the reference architecture. The information objects are positioned along the value-added stages and the roles of content provider, service operator, service provider to end user as well as the stereotypical actor's mobility provider, ITS integrator and infrastructure provider.

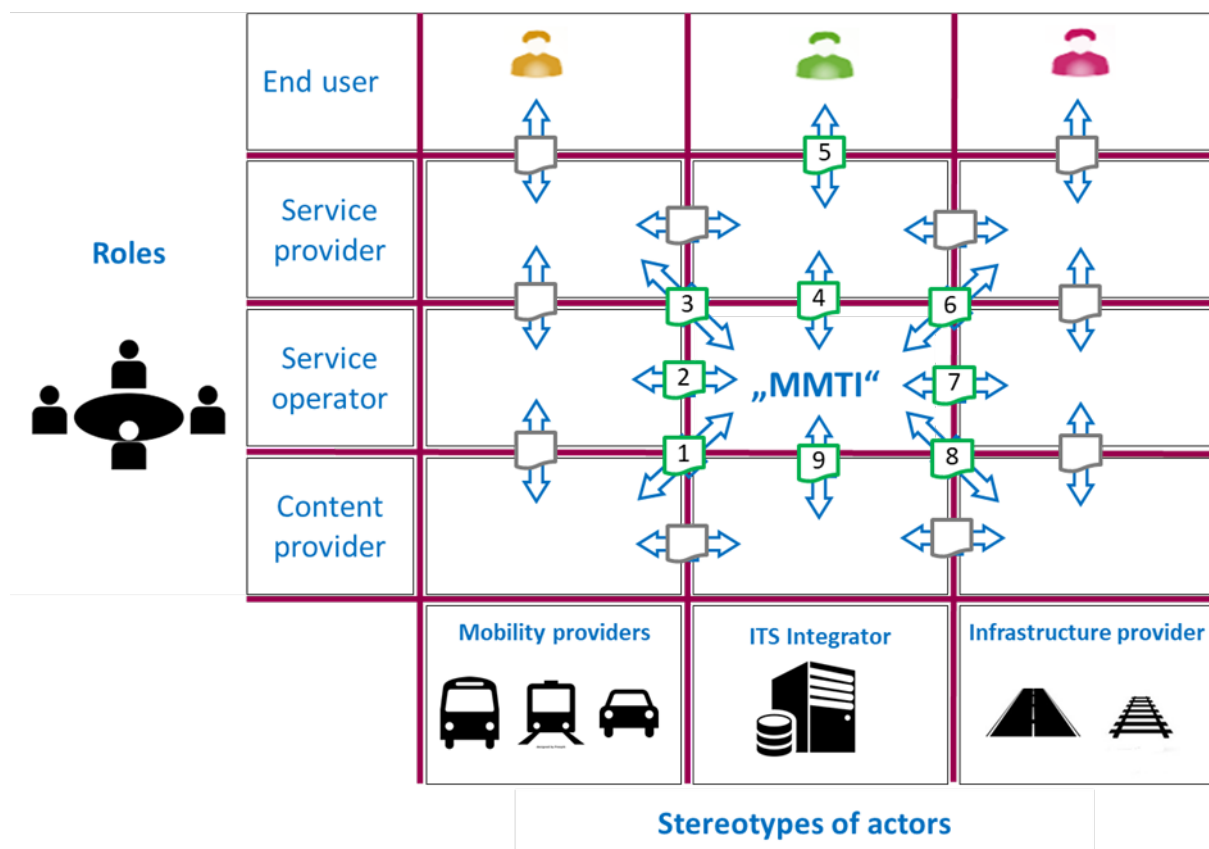


Figure 5-7: Display of stereotypical information objects

The double arrows in the previous figure symbolize that data is not only passed on from the level of content providers to the level of service providers, but that there can also be a backflow of data to the level of content providers. One example of this is the provision of information on public strategies which are issued by municipalities or regions as infrastructure operators. In order to determine the quality of public strategy, it is important that the degree of compliance can be recorded by the issuing bodies.

Description and example of the mobility service provider

The stereotypical actor mobility service provider mentioned here means any actor who offers a service in connection with mobility on road, rail, and water or in the air. Examples of this are local transport companies in German cities, as well as long-distance buses, local and long-distance rail transport and all approaches to CarSharing.

Description and example of the ITS integrator

The stereotypical actor of the ITS integrator mentioned here collects and processes information from the stereotypical actors mobility service provider and infrastructure operator. This is possible at all stages of the value chain. An example of this is the moveBW project. The moveBW project is developing an app to be operated by a consortium (in planning). The consortium does not include any mobility service providers or infrastructure operators. The data and other information is bundled at various levels and made available to the end customer via a mobile device.

Description and example of the infrastructure manager

The stereotypical actor of the infrastructure operator mentioned here includes all actors who possess and are allowed to pass on data and information on infrastructures. These include, for example, road traffic authorities or traffic control centres.

The stereotypical information objects shown in Figure 5-7 are differentiated by numbering and described uniformly using the above data. As a rule, a large number of information objects are available at the respective interfaces, which either come from different actors and/or have different business, legal or content characteristics and/or can cover a different geographical area.

Further elaborations can be found in the ITS Wiki. Individual information objects are displayed graphically under ITS information objects and described in terms of content, business and legal specifications (cf. Wiki contribution ITS information objects, in German: [IVS-Informationsobjekte](#)).

5.1.1 Specific representation of information objects with the help of case studies

For a better understanding of the stereotypical information objects, three case studies are described below. From each of these case studies, a step is shown in which the concrete information objects are shown in detail.

Use Case Flight

Mr. Müller, a business traveler, is additionally responsible for a department at the Michelstadt site in the Odenwald forest and for an abbey at the Hamburg site as of 1st March 2016. He is planning a team event on site with his new department. As a disabled business traveller, he travels from Michelstadt to Hamburg in the morning on 21.03.2016 and returns to Hamburg on 23.03.2016 in the evening. Due to his handicap, Mr. Müller needs a suitcase service for the trip.

The journey begins with his car, which is to be parked at the airport of departure. In Hamburg, a transfer service will take him to the hotel. A rental car will then be provided at the hotel.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

The content providers provide information on timetable data, fare data, route and parking information, luggage and transfer services. The intermodal logic processes this information taking into account public strategies, the user's preferences (travel policy and personal preferences, e.g. offers for the severely disabled) and distribution information, and provides the service provider with the multimodal travel information with the various means of travel in the travel chain for presentation to the service provider.

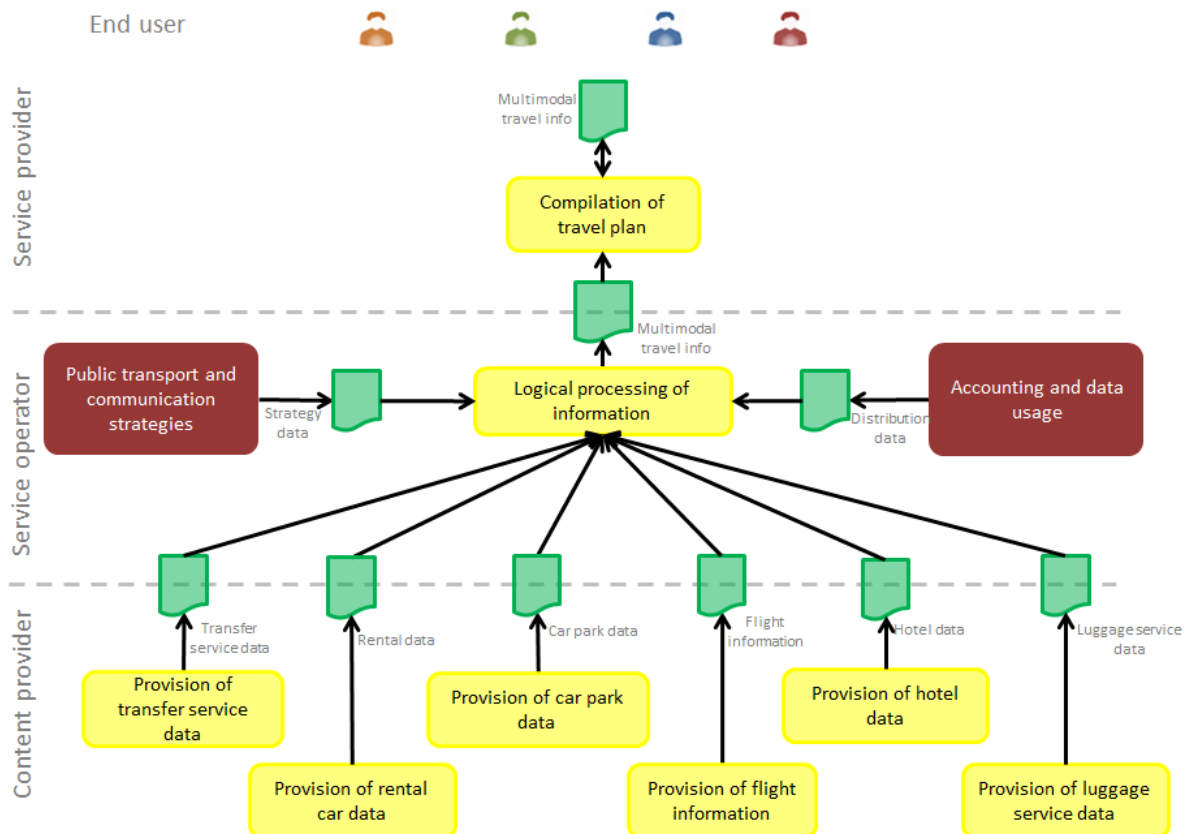


Figure 5-8: Use Case Flight – Step: Business trip information

Die detaillierten Ausarbeitungen zu den Informationsobjekten dieses Fallbeispiels finden sich im IVS Wiki. Unter dem Template werden im [Use Case Flug](#) die einzelnen Informationsobjekte grafisch aufgezeigt und anhand inhaltlicher, geschäftlicher sowie rechtlicher Ausprägungen beschrieben.

Use Case Cross border

Mr. Meier, who lives in the surrounding area of Munich, must travel to Salzburg for a one-day meeting at the end of July. He informs himself beforehand about the easiest way to get there. Since he owns his own car and the nearest S-Bahn connection is quite far away, he decides to drive by car. Shortly before arriving at the border, his vehicle navigation system reports a bad weather warning with an absolute driving ban in the city area of Salzburg and thus an entry ban (1 July to the end of August - regulation city of Salzburg). The entry ban applies from the motorway exit Salzburg-Mitte. Mr. Meier asks for an alternative route via the vehicle navigation

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

system and decides to travel in the region to the nearest S-Bahn station in Piding, where he wants to change trains. With the help of the mobility service, he can book the public transport ticket and a parking space for his car on the way there. He gets off at the S-Bahn station Mülln-Altstadt and covers the remaining distance on foot.

In relation to the extract from the use case with closer examination on-trip, the following situation arises:

The end user has changed his route and also the mode when he switched to public transport. The service operator now processes the information objects timetable information, fare data, public transport routing and traffic forecast as well as real-time information on the position on the train journey and makes this information available to the end user via the service provider's app.

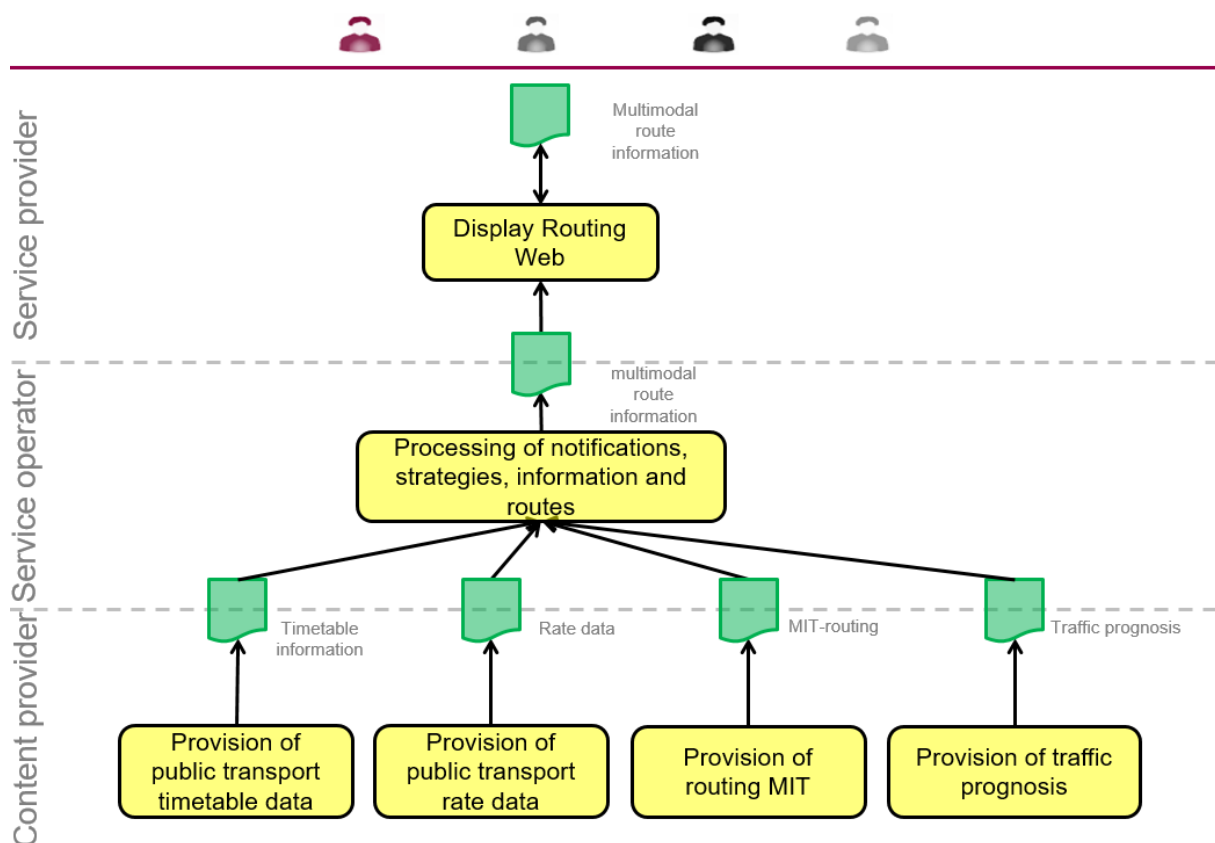


Figure 5-9: Use Case Cross border - step on-trip public transport

The detailed elaborations of this case study can be found in the ITS Wiki. Under the template, the individual information objects are shown graphically in the Use Case Cross Border and described in terms of content, business and legal characteristics (cf. Wiki contribution Use Case Cross Border, in German: [Use Case Grenzüberschreitend](#)).

Use Case Intermodal

Day 1:

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

A traveler travels by car from city A to city B to give a speech at the congress centre (D1) close to the airport and to stay overnight in the hotel. He places his car in the parking garage of the congress centre.

Day 2:

On the following day he has a half-day meeting in the centre of the city B and decides to travel the distance from the congress centre to the city centre (D2) by S-Bahn and tram. After the meeting he returns by taxi to the congress centre (D1) due to lack of time and continues with his car parked there to the city C to spend the night there (D3).

Day 3:

On the third day, further business matters have to be dealt with in the city of C (D4). On this day, a marathon race will take place in town C, and the traveler is prepared to use the public signage for signposts next to the navigation device in his car. On the way back from D4 to D, his navigation device indicates a detour route within the city of C, since this route is defined by the city as a strategic route, taking into account the removal of barriers to the marathon run that took place.

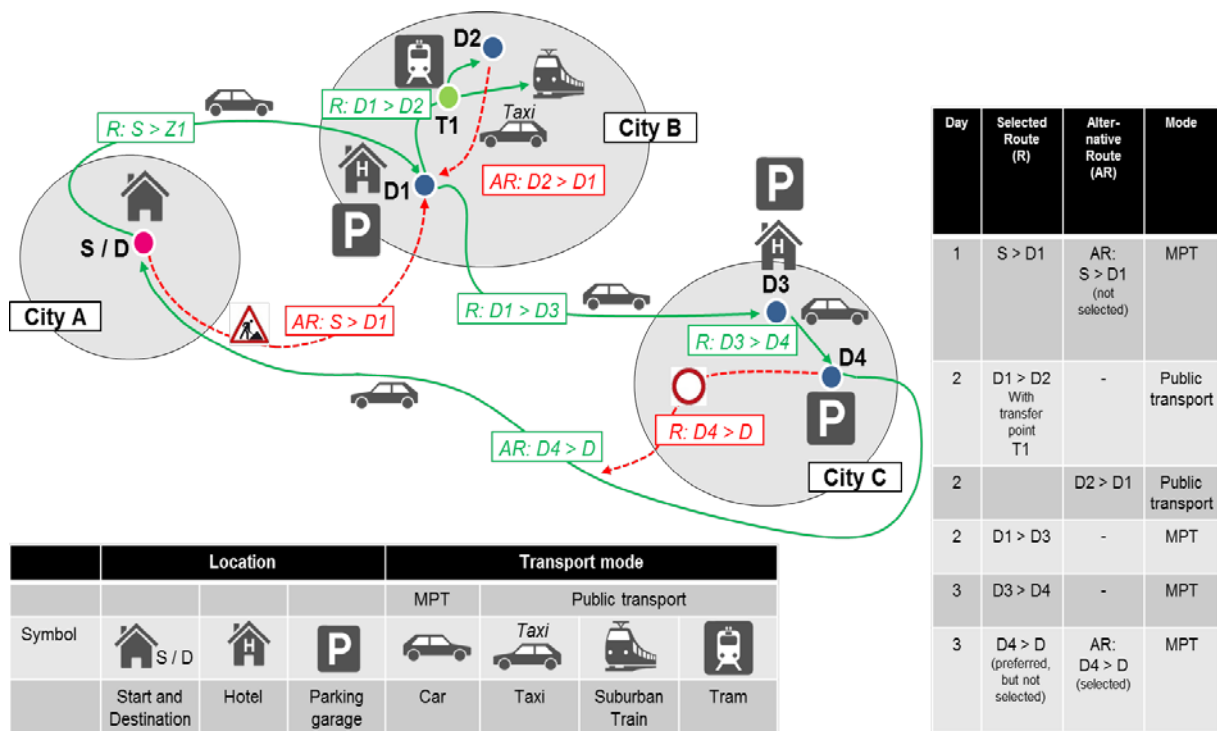


Figure 5-10: Overview of the Use Case Intermodal

Typical MPT related information objects are listed for the example Route S > Z1 in the following figure. The figure also shows typical actor retypes for the three roles of content provider, service provider and service provider as well as typical terminal devices or systems for the presentation of the ITS service.

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

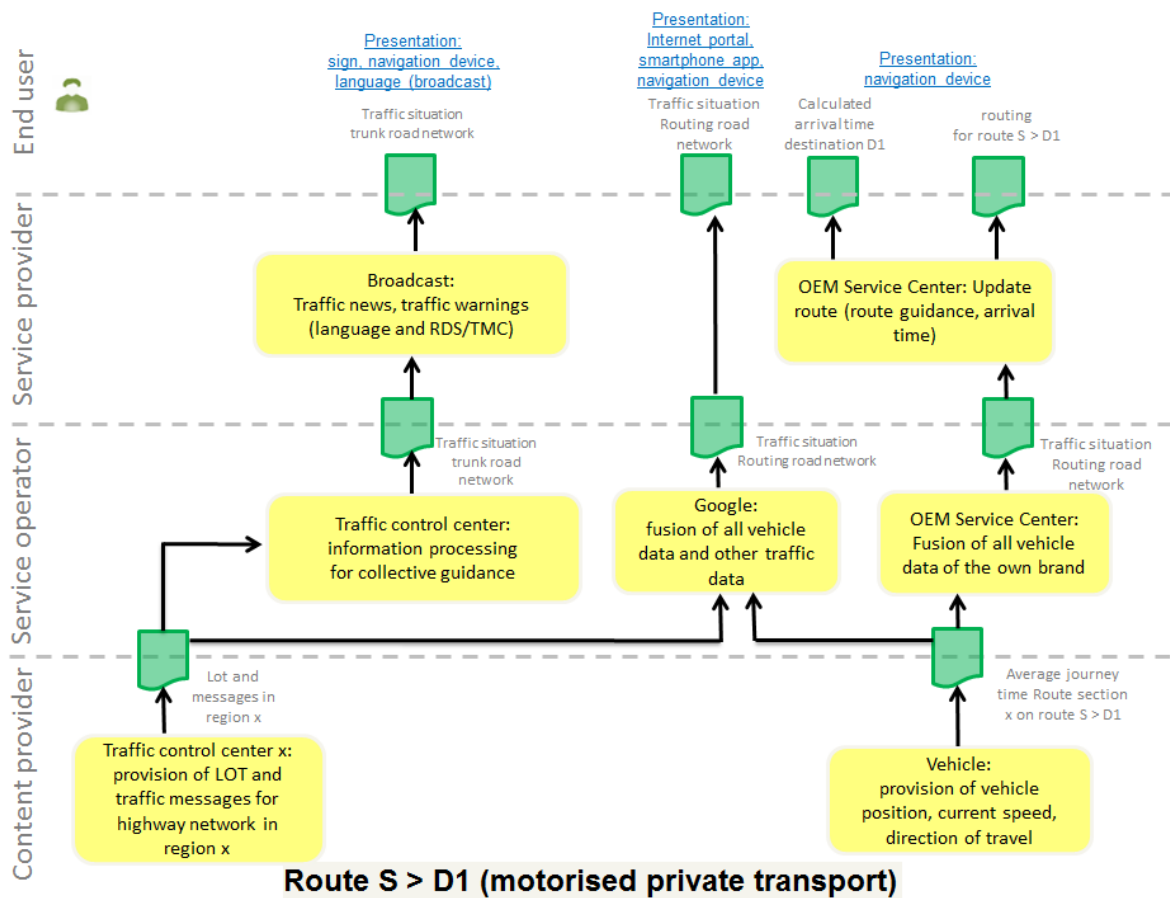


Figure 5-11: Use Case Intermodal - Route section Route S>D1 (MPT)

The presentation of public transport and public transport related information objects is dispensed with at this point, as these have already been treated for the use case cross border.

The detailed elaborations of this case study can be found in the ITS Wiki. Under the template, the individual information objects are displayed graphically in the Use Case Intermodal and described in terms of content, business and legal specifications (cf. Wiki contribution Use Case Intermodal, in German: [Use Case Intermodal](#)).

Detailed presentation of information objects using case studies

With reference to Figure 5-7, the following table gives an overview of which information objects can be assigned to the stereotypical information objects.

General information objects	Specific information objects of the use cases		
	Use Case Flight	Use Case Cross border	Use Case Intermodal
No. 1: actor mobility provider in the role of content provider to actor ITS integrator in the role of service provider	<ul style="list-style-type: none"> - Transfer service data - Rental dates - Event dates - Flight information - Suitcase service data 	<ul style="list-style-type: none"> - Timetable information - Tariff data - Public transport routing 	<ul style="list-style-type: none"> - LOS³ and traffic messages - Vehicle position, current speed, direction of travel
No. 2: actor mobility provider in the role of the service operator to actor ITS Integrator in the role of the service operator	<ul style="list-style-type: none"> - Distribution data - Strategy data 		
No. 3: actor ITS Integrator in the role of service provider to actor mobility provider in the role of service provider			<ul style="list-style-type: none"> - Route with departure and arrival times and transfer points
No. 4: actor ITS Integrator in the role of service operator to actor ITS Integrator in the role of service provider.	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodal travel information 	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodal travel information 	<ul style="list-style-type: none"> - Traffic situation in the trunk road network and routing network - Calculated arrival time at the destination point - routing
No. 5: actor ITS Integrator in the role of service provider to actor ITS Integrator in the role of end user		<ul style="list-style-type: none"> - Multimodal travel information 	<ul style="list-style-type: none"> - Traffic situation long-distance road network and routing road network - Calculated arrival time at the destination point - Routing

³ Level-of-Service

ITS reference architecture for multimodal travel information

Phase C – Information systems architecture

No. 6: actor ITS Integrator in the role of service operator to actor infrastructure provider in the role of service provider			- Calculated traffic situation by fusion of all relevant data from different sources
No. 7: actor ITS Integrator in the role of the service operator to actor infrastructure provider in the role of service operator			- Current IT traffic situation on the selected route
No. 8: actor ITS Integrator in the role of service operator to actor infrastructure provider in the role of content provider	- Parking garage data - Hotel data	- Traffic forecast	- LOS and traffic messages from detection using induction loops and police messages
No. 9: actor ITS Integrator in the role of content provider to actor ITS Integrator in the role of service provider			- Prepared car park data for the greater area x or the car park operator y

Table 5-2: Overview of specific information objects

5.1.2 Data Model Catalog

The current data models are also presented as part of the development of a data architecture. The following table provides an overview of the data models currently used in the multimodal travel information.

Data model Catalog	
1. Data models Mobility provider	
1.1	C-ITS communication architecture ETSI ITS-G5
1.2	ITS Data model NeTex
1.3	ITS Data model DAB-TPEG
1.4	ITS Data model TRANSMODEL
1.5	ITS Data model DRV GLOBALTYPES
1.6	ITS Data model NDC
1.7	ITS Data model EDIFACT
1.8	ITS Data model OTA
1.9	ITS Data model OTDS
1.10	ITS Data model GTFS
1.11	ITS Data model SENSORIS
1.12	ITS Data model VDV-KA
1.13	ITS Data model FM RDS-TMC
1.14	C-ITS Data model CAM
1.15	C-ITS Data model DENM
1.16	C-ITS Data model SPaT
1.17	C-ITS Data model MAP
1.18	C-ITS Data model IVI
2. Data model infrastructure provider	
2.1	ITS-Data model DATEX II
2.2	ITS-Data model TLS
2.3	ITS-Data model Sitraffic Canto
2.4	ITS-Data model TMDD

Table 5-3: Data model catalog

A detailed description of the listed data models can be found in the ITS Wiki: data models (cf. Wiki contribution data models, in German: [Datenmodell](#)).

5.1.3 Local referencing

With regard to local referencing, multimodal travel information systems have requirements that are largely covered by the private and public transport requirements.

These requirements relate to:

- the unambiguous referencing of information objects to the IT networks and public transport networks,
- the loss-free transmission of location references between different referencing methods or network versions, as well as
- the spatial referencing of travel routes (navigation).

Special requirements arise for multimodal travel in the vicinity of transfer points. However, since every public transport route can also be seen as multimodal, the requirements there are largely identical. The main problem here is the lack of data availability due to data gaps and lack of detailed information in the area of interchange structures (cf. Wiki contribution Location referencing, in German: [Ortsreferenzierung](#)). Table 5 shows the ITS location references catalogue. The individual points are listed and described in detail on the ITS Wiki page (ITS location referencing, in German: [IVS-Ortsreferenzierung](#)).

Catalog: ITS Location References	
1.	ITS Location Referencing AGORA-C
2.	ITS Location Referencing Alert-C
3.	ITS Location Referencing Geographical coordinates
4.	ITS Location Referencing Linear referencing
5.	ITS Location Referencing network model
6.	ITS Location Referencing OpenLR
7.	ITS Location Referencing TPEG LOC
8.	ITS Location Referencing Traces

Table 5-4: ITS Location Reference Catalogue

5.2 Application Architecture

The application architecture describes and categorizes all relevant applications whose functional components relate (interact) via interfaces and are required for the provision of the business processes defined in Phase B. The application architecture thus maps the logical building blocks of the business architecture (phase B) of multimodal travel information, which can then be concretized in phase D (technology architecture) software and hardware.

5.2.1 ITS Applications of multimodal travel information

The ITS applications of multimodal travel information are listed in Table 5-5. A detailed description of the applications and the component diagram as link between ITS applications and ITS interfaces of the multimodal travel information can be found in the ITS Wiki (cf. Wiki contribution applications, in German: [Anwendungen](#)).

Applications Catalog	
1. ITS Applications of multimodal travel information	
1.1	ITS Application Intermodal logic / information logic
1.2	ITS Application Mobility data marketplace Germany
1.3	ITS Application Information collective
1.4	ITS Application Individual information
1.5	ITS Application Distribution logic
1.6	ITS Application Route and data provisioning

Table 5-5: Applications Catalog

5.2.2 ITS Interfaces of multimodal travel information

In the context of the development of an application architecture, the current interface standards are also presented. Table 6 illustrates the interface catalogue. The ITS Wiki contains detailed descriptions of the individual ITS interfaces of the multimodal travel information (cf. Wiki contribution individual ITS interfaces of the multimodal travel information, in German: [IVS-Schnittstellen der multimodalen Reiseinformation](#)).

Interface Catalog	
1. Interfaces Mobility providers	
1.1	ITS Interface SDK-RideTap
1.2	ITS Interface TomTom Telematics WEBFLEET.connect-API
1.3	ITS Interface IPSI
1.4	ITS Interface VDV-KA
1.5	ITS Interface VDV-Schrift 452
1.6	ITS Interface VDV-Schrift 453
1.7	ITS Interface VDV-Schrift 454
1.8	ITS Interface VDV-Schrift 456
1.9	ITS Interface TRIAS
1.10	ITS Interface IXSI
2. Interfaces Infrastructure providers	
2.1	ITS Interface OCIT
2.2	ITS Interface OICP
2.3	ITS Interface OCHP

Table 5-6: Interface Catalog

The detailed description of the interfaces of the multimodal travel information can be found in the ITS Wiki (cf. Wiki contribution interfaces of the multimodal travel information, in German: [IVS-Schnittstellen der multimodalen Reiseauskunft](#)).

6 Prospects for phases D to H and requirements management

Phase D delivers the technology architecture. Since the technology used is not to be specified in this ITS reference architecture for multimodal travel information, this phase will not be processed. However, in the development of an ITS architecture for a real ITS service, this phase is relevant. An overview of the steps can be found under Phase D.

The other phases E to H deal with the planning of the transition from the current to the desired state and with the control and further use of the ITS architecture. These phases are not considered in the current version of this ITS reference architecture as well, since they first need to be individually elaborated for an ITS architecture of a real service. Further information is available under Phases E-H.

Requirements management emphasizes the dynamic approach of the RAIM process model. During each phase, requirements for the ITS architecture can be identified and entered in the respective phases. The ITS Architecture Wiki provides more detailed instructions for requirements management.

7 Summary

In developing the ITS reference architecture for multimodal travel information, the methods from RAIM were used and it was demonstrated that they are applicable to this domain. Due to the large field of application of multimodal travel information, project-specific solutions were necessary in the various phases of project development. An example of this is the role model. In other domains, roles can be named specifically and displayed in role maps as suggested by RAIM. In the ITS reference architecture for multimodal travel information, a more specific representation of roles is not useful, as there is a risk that an important actor will not be found. It therefore turned out that a detailed elaboration in this domain makes sense exclusively for the role of the service operator with representation of the interfaces to the service providers as well as the content providers.

In summary, the ITS reference architecture for multimodal travel information allows the generic definition of National Access Points for multimodal services required by the EU. It also makes it possible to compare the specific implementation requirements of systems and organisations in the federal area of Germany (further development, expansion or new construction), to determine the networking strategy of the actors concerned, their activities and their systems, and to take dynamic and static information systems into account and address them synchronously.

The ITS reference architecture for multimodal travel information also describes the handling of public strategies in the systems and unifies and standardises specifications, simplifying the implementation and eligibility of projects.

It is recommended to use these findings for future projects in the multimodal travel information domain and to carry out the further phases D-H of the TOGAF process model in real application projects.

8 References

Amtsblatt der Europäischen Union (2017): Delegierte Verordnung (EU) 2017/1926 der Kommission vom 31. Mai 2017 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationsdienste:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1926&from=DE> (30.05.2018).

Amtsblatt der Europäischen Union (2010): Richtlinie 2010/40/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern:

https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan_en (30.05.2018).

Bundesgesetzblatt (2013): Bundesgesetz über die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern (IVS-Gesetz – IVS-G). In: BGBl. I Nr. 38/2013: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008275> (30.05.2018).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Das Intelligente Verkehrssysteme Gesetz (IVSG):

<http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/ivs-im-strassenverkehr.htm> (30.05.2018).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Nationaler IVS-Aktionsplan "Straße":

<http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/ivs-im-strassenverkehr.htm> (30.05.2018).

EUROPEAN COMMISSION Directorate-General Mobility and Transport (2014): ITS Action Plan. D5 – Final Report Action B - EU-wide real-time traffic information services:

<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/studies/doc/2014-07-its-action-plan-d5-action-b.pdf> (30.05.2018).

KIESLICH, W., H. ALBRECHT, A. DINKEL, T. HENNINGER, M. ROSE und M. WEBER (2014): Entwicklung einer ÖV-IVS-Rahmenarchitektur in Deutschland unter Einbindung Europäischer IVS-Richtlinien mit ÖV-Relevanz:

<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/442442/> (30.05.2018).

Mobilitätsinformation und Verkehrssteuerung Baden-Württemberg (2017): Projekt moveBW:

<https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/verkehrspolitik/zukunftskonzepte/movebw/> (30.05.2018).

ITS reference architecture for multimodal travel information

References

MRK GmbH (2014): Entwicklung einer IVS-Rahmenarchitektur für den ÖV in Deutschland unter Einbindung Europäischer IVS-Richtlinien mit ÖPNV-Relevanz:

http://www.its-bw.de/files/pdf/presentationen/20140714/2014-07-14_ITS-BW_GA_OeV-IVS_Rahmenarchitektur_MRK.pdf (30.05.2018).

VBB Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH: EU-Spirit (European travel information network):

<https://eu-spirit.eu/> (30.05.2018).

Verein zur Förderung einer durchgängigen elektronischen Fahrgastinformation (DELFI) e.V. - DELFI-Service im Auftrag der Bundesländer und der DB AG:

<http://www.delfi.de/> (30.05.2018).

Verkehrsauskunft Österreich GesmbH (VAO):

<https://verkehrsauskunft.at/> (30.05.2018).

Additional:

Verkehrsgemeinschaft Osnabrück (VOS): VOSpilot:

<https://www.vos.info/service-angebot/vospilot.html> (30.05.2018).

Mobilität und Services in der Region Stuttgart: polygoCard:

<https://www.mypolygo.de/> (30.05.2018).

List of Tables

Table 2-1: Assignment of roles and activities.....	10
Table 5-2: Overview of specific information objects	29
Table 5-3: Data model catalog.....	31
Table 5-4: ITS Location Reference Catalogue	31
Table 5-5: Applications Catalog.....	32
Table 5-6: Interface Catalog	33

List of Figures

Figure 1-1: The ITS architectural pyramid with 5 layers5

Figure 1-2: Instance levels of ITS architecture.....6

Figure 1-3: Presentation of the phases of the TOGAF-ADM (left) and content comparison with the levels of the ITS architecture pyramid7

Figure 2-4: ITS role matrix for the networking of actors10

Figure 3-5: Architecture vision of the ITS reference architecture multimodal travel information.....12

Figure 4-6: ITS business architecture multimodal travel information - target architecture19

Figure 5-7: Display of stereotypical information objects22

Figure 5-8: Use Case Flight – Step: Business trip information24

Figure 5-9: Use Case Cross border - step on-trip public transport25

Figure 5-10: Overview of the Use Case Intermodal26

Figure 5-11: Use Case Intermodal - Route section Route S>D1 (MPT)27