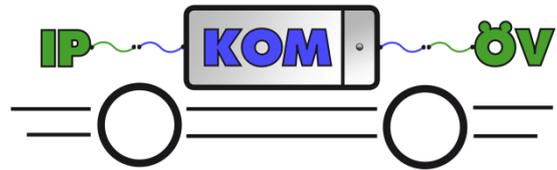


Standardisierungs-  
Forschungsprojekt 19P10003



# IP-KOM-ÖV

„Internet Protokoll basierte  
Kommunikationsdienste im  
Öffentlichen Verkehr“

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Ergebnisse- Enddokumentation

<b>Dokumentenstatus</b>	Freigegeben
<b>Dokumententyp</b>	Enddokumentation
<b>Dokumentenname</b> (muss Version beinhalten)	19P10003-IP-KOM OeV PF Enddokumentation V00-01_03.docx

## Versionsgeschichte

Dokument-version	Datum	Name	Änderungsgrund
00-00-01	23.10.2012	Andreas Wehrmann	Initialdokument
00-00-02	27.11.2013	Torsten Franke	Kapitel 1.600 hinzugefügt
00-00-03	27.11.2013	Dirk Weißer	Kapitel 1.500 hinzugefügt
00-00-04	29.11.2013	Thomas Wolff	Kapitel 1.100 hinzugefügt
00-00-05	03.12.2013	Karsten Baumeister	Kapitel 1.300 aktualisiert
00-00-06	04.12.2013	Holger Bandelin	Kapitel 1.400 hinzugefügt und Dokument revidiert
00-00-07	09.12.2013	Dirk Weißer	AP 1.500 überarbeitet, AP1.200 angefangen
00-00-08	12.12.2013	Christine Keller	APs 2.100 bis 2.700 hinzugefügt
00-00-09	15.12.2013	Werner Kohl	APs 3.100 bis 3.800 hinzugefügt
00-00-10	16.12.2013	Andreas Wehrmann	Kommentare und Überarbeitungen
00-00-11	16.12.2013	Dirk Weißer	AP 1.200 vervollständigt, AP 1.700 hinzugefügt, Kommentare der Telco eingearbeitet
00-00-12	18.12.2013	Andreas Wehrmann	AP4.200 Hinzugefügt, AK5 Hinzugefügt, Abschluss Review
00-00-13	19.12.2013	Torsten Franke	Kommentare, Rechtschreibkorrekturen AK1
00-00-14	20.12.2013	Holger Bandelin	Annahme von Hinweisen in Kapitel 2.4 und Review
00-00-15	16.01.2014	Andreas Wehrmann	Entfernen der Historie
00-00-16	19.01.2014	Walter Meier	Review
00-01-00	28.01.2014	Andreas Wehrmann	Prefinale Version
00-01-01	03.02.2014	Matthias Bücheler	Review
00-01-02	31.03.2014	Berthold Radermacher	Review
00-01-03	01.04.2014	Walter Meier-Leu	Letzte Korrekturen

## Inhaltsverzeichnis

<b>Versionsgeschichte</b> .....	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Management Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Arbeitskomplex 1: Kommunikation im Fahrzeug</b> .....	<b>7</b>
2.1. AP1.100 Funktionale Beschreibung .....	7
2.1.1. Ergebnisse der Schwachstellenanalyse .....	7
2.1.2. Anforderungskatalog .....	7
2.1.3. Prüfszenarien.....	7
2.1.4. Migrationsszenarien .....	8
2.2. AP1.200 Systembeschreibung / Architektur.....	8
2.2.1. Anwendungsfälle.....	9
2.2.2. Systemarchitektur .....	9
2.3. AP1.300 Machbarkeitsnachweis.....	10
2.3.1. Verifikation der Systemarchitektur.....	10
2.3.2. Ergebnis.....	11
2.4. AP1.400 Definition und Umsetzung der Fachdienste.....	11
2.4.1. Umsetzung der Dienste.....	12
2.4.2. Prototyp .....	12
2.5. AP1.500 Prüfungswerkzeuge & Test der Fachdienste.....	13
2.5.1. Prüfwerkzeuge .....	13
2.5.2. Test und Testlabor .....	13
2.6. AP1.600 Enddokumentation & Normierungsvorschlag .....	14
2.6.1. Dokumentation.....	14
2.6.2. Ergebnisse aus AK1.....	15
2.7. AP1.700 AK-Projektleitung & Administration .....	16
<b>3. Arbeitskomplex 2: Kommunikationsdienste für Kundengeräte</b> .....	<b>17</b>
3.1. AP 2.100 Vorstudie und Funktionale Beschreibung.....	17
3.1.1. Methodisches Vorgehen .....	17
3.1.2. Ergebnisse der Nutzeranalyse .....	17
3.1.3. Ergebnisse der Aufgabenanalyse.....	18
3.1.4. Ableiten der Nutzer- und Systemanforderungen.....	18
3.2. AP2.200 Systembeschreibung/-architektur.....	19
3.2.1. Aufteilung in Dienste und Komponenten .....	19
3.2.2. Überprüfung auf Erfüllung der Anforderungen.....	21
3.2.3. Vorbereitung auf folgende Projektphasen .....	21
3.3. AP2.300 Machbarkeitsnachweis und Prototyping für Interaktion, Mobilgeräte und Service-Orientierung.....	22
3.3.1. Dienste-orientierter Prototyp und Machbarkeit der Dienste-orientierten Architektur .....	22
3.3.2. Prototyping und Machbarkeit eines schlanken Portalsystems .....	22
3.3.3. Prototyping und Machbarkeit eines semantischen Portalsystems .....	23
3.3.4. Prototyping einer mobilen Applikation .....	23
3.3.5. Usability Tests und Pattern Katalog .....	23
3.4. AP2.400 Erweiterung auf weitere Kommunikationsdienste und Integration für den Feldtest.....	24
3.4.1. Definition und Umsetzung weiterer Kommunikationsdienste .....	24
3.4.2. Anpassung des Systementwurfs und Prototyping .....	25
3.4.3. Überarbeitung des Schnittstellenentwurfs .....	25

3.4.4. Interaktion und Visualisierung .....	25
3.4.5. Weiterentwicklung der Modelle .....	25
3.4.6. Integration für den Feldtest .....	26
3.5. AP2.500 Ausarbeitung Testfälle und Entwicklung Prüfwerkzeuge .....	26
3.5.1. Testfallerstellung .....	26
3.5.2. Konformitätsprüfungswerkzeug .....	27
3.5.3. Vorbereitung des Feldtests .....	27
3.6. AP2.600 Enddokumentation und Normierungsvorschlag .....	28
3.6.1. Normierungsvorschlag VDV 430 „Mobile Kundeninformation im ÖV – Systemarchitektur“ .....	28
3.6.1.1 Struktur des Normierungsvorschlags .....	28
3.6.1.2 Überarbeitung des Normierungsdokuments .....	29
3.6.2. Normierungsvorschlag zu „Mobile Kundeninformation im ÖV - Ontologien“ .....	29
3.6.2.1 Struktur des Normierungsvorschlags .....	29
3.6.3. Integration der Ergebnisse zur Enddokumentation .....	30
3.7. AP2.700 AK2 – Projektleitung und Administration .....	30
3.7.1. Koordination des Arbeitskomplexes .....	30
3.7.2. Koordination und Erarbeitung der Projektberichte .....	30
<b>4. Arbeitskomplex 3: Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform.....</b>	<b>32</b>
4.1. AP3.100 Funktionale Beschreibung Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform.....	32
4.1.1. Erfassung des Stands der Technik.....	32
4.1.2. Erstellung eines Störungskatalogs .....	32
4.1.3. Ableitung von Anforderungen .....	32
4.1.4. Ableitung von Testfällen und Konsistenzbedingungen .....	32
4.1.5. Review der Arbeitsergebnisse.....	33
4.1.6. Zusammenfassung.....	33
4.2. AP3.200 Systembeschreibung/-architektur Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform.....	33
4.3. AP3.300 Machbarkeitsnachweis Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform.....	34
4.3.1. Kriterien für den Machbarkeitsnachweis.....	35
4.3.2. Komponentenevaluation .....	35
4.3.3. Ergebnis des Machbarkeitsnachweises.....	35
4.4. AP3.400 Definition der Kommunikationsdienste Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform.....	36
4.5. AP3.500 Prüfungswerkzeuge und Testfälle Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform.....	37
4.5.1. Testfallerstellung.....	38
4.5.2. Konformitätsprüfungswerkzeug .....	38
4.6. AP3.600 Entwicklung und Verifikation der Schnittstellen im Labor Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform .....	39
4.7. AP3.700 Enddokumentation und Normierungsvorschlag – Teil Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform .....	40
4.8. AP3.800 Projektleitung und Administration AK3 Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform .....	41
<b>5. Arbeitskomplex 4: Feldtest .....</b>	<b>42</b>
5.1. AP4.100 Feldtest Stuttgart .....	42
5.1.1. Integration der Feldtest- und Demonstrationssysteme .....	42
5.1.2. Feldevaluation mit Fahrgästen der SSB .....	43
5.1.3. Durchführung von Demonstrationsveranstaltungen.....	43

5.2. AP 4.200 Erstellen eines PC-Demonstrators .....	44
5.2.1. Anforderungen an den Demonstrator .....	44
5.2.2. Konzeption und Umsetzung .....	45
<b>6. Arbeitskomplex 5: Projektführung und -koordination, Standardisierung &amp; Normierung (VDV) .....</b>	<b>47</b>
6.1. AP5.100 Steuerkreis .....	47
6.2. AP5.200 Projektleiterkreis .....	47
6.3. AP5.300 Branchenanforderungen .....	47
6.4. AP5.400 Validierung in Bezug auf die Branchenanforderungen .....	47
6.5. AP5.500 Validierung der Forschungsergebnisse .....	48
6.6. AP5.600 Einbindung der nationalen, internationalen Standardisierung und Normierung .....	48
6.7. AP5.700 Öffentlichkeitsarbeit .....	49
6.8. AP5.800 AP Gesamtprojekt-Reporting .....	50
<b>7. Anhang .....</b>	<b>51</b>
7.1. Tabellenverzeichnis.....	51
7.2. Abbildungsverzeichnis.....	51

## 1. Management Summary

Dieses Berichtsdokument beinhaltet alle relevanten Inhalte zur Planung und Durchführung der Inhalte im Rahmen des Forschungsprojektes IP-KOM-ÖV. Vielerorts wird dabei auf die Meilensteinberichte oder VDV-Mitteilungen und Schriften verwiesen, die eine Detail-Dokumentation der Arbeiten darstellen. Die VDV-Dokumente sind frei zugänglich und unter [www.vdv.de/ip-kom-oev](http://www.vdv.de/ip-kom-oev) herunterladbar.

## 2. Arbeitskomplex 1: Kommunikation im Fahrzeug

### 2.1. AP1.100 Funktionale Beschreibung

Innerhalb dieses Arbeitspaketes war der Schwerpunkt, zunächst die konkreten Ziele des Arbeitskomplexes zu erarbeiten. Zu diesem Zweck wurden die folgenden Bereiche behandelt:

- Schwachstellenanalyse
- Anforderungskatalog
- Betriebliche Prüfscenarien
- Anforderungen an die Migration

Dazu wurden im Arbeitskreis gemeinsam die Schwachstellen des heutigen Standards (VDV 300) besprochen und festgehalten. Aus den Verkehrsunternehmen, DIN-AKs und VDV-PTs und der Industrie sind dann die Anforderungen an den neuen Standard festgelegt worden. Anschließend wurden Prüfscenarien erarbeitet, die im Testlabor zum Einsatz kamen. Weitere Prüfscenarien für nicht im Testlabor gezeigte Dienste und Anwendungsfälle sind ebenfalls beschrieben worden. Zum Schluss des Arbeitspaketes 1.100 sind unter den Teilnehmern die Anforderungen an eine Migration diskutiert und niedergeschrieben worden.

#### 2.1.1. Ergebnisse der Schwachstellenanalyse

Mit dem heutigen Standard (VDV 300) ist die Bandbreite auf 1,2 kbit/s begrenzt. Die Telegramme sind vordefiniert und in der Länge vorgegeben. Es können nur eine begrenzte Anzahl von Geräten angeschlossen werden. Durch die Master-Slave-Konfiguration ist eine Kommunikation unterhalb der einzelnen Geräte nur mit erheblichem Zusatzaufwand möglich.

#### 2.1.2. Anforderungskatalog

Die Anforderungen an den neuen Standard müssen mindestens die Funktionen des heutigen Standards einschließen. Hinzu kamen noch Anforderungen an Infotainment, Audioanwendungen, Videoanwendungen, Drahtlos-Kommunikation und mobiles Kundenendgerät. Außerdem wurden Anforderungen an die Kommunikationsprotokolle, Versionsverwaltung, Updatefähigkeit und Erweiterbarkeit beschrieben. In Bezug auf die Sicherheit sind Anforderungen im Zusammenhang mit Zugang zum Netz, Datensicherheit, Systemsicherheit und der Fokus auf das nicht sicherheitsrelevante Fahrzeugsystem definiert worden. Auch in Bezug auf die Übertragungsgeschwindigkeit, Austauschbarkeit, Dimensionierbarkeit und Migration sind Anforderungen festgelegt worden.

Der Anforderungskatalog wurde in der VDV-Mitteilung 3001 „Kommunikation im ÖV (IP-KOM-ÖV) - Technische Anforderungen für Anwendungen im Integrierten Bordinformationssystem (IBIS)“ veröffentlicht.

#### 2.1.3. Prüfscenarien

Um die Verfahren und Funktionen prüfen zu können, wurde ein Testlabor von den verschiedenen Industriepartnern geplant. Im Rahmen dieses Labors sollten einige Aspekte und Funktionen des neu entwickelten Integrierten-Bord-Informationssystems auf Internet Protokoll Basis (IBIS-IP) überprüft werden. U.a. handelte es sich um betriebliche Prüfscenarien, welche Alltagssituationen aus der Durchführung des Verkehrs abbilden

sollen und technische Prüfscenarien, in welche Aspekte der Inbetriebnahme, Wartung und Störungsbeseitigung einfließen.

In zwei Demonstratorfahrzeugen (ein Bus und eine Stadtbahn) der Stuttgarter Straßenbahn AG (SSB) sollte das Zusammenspiel der Komponenten Fahrgastauskunft, mobiles Kundenendgerät und Fahrzeug-IBIS-IP realisiert werden. Hierzu sollte ein Umsetzer entwickelt werden, an den ein IBIS-IP-konformes Gerät angeschlossen werden kann. Dieses ermöglicht über IP-Kommunikation drahtlos Informationen an ein mobiles Endgerät zu senden bzw. von diesem in Empfang zu nehmen.

Außerdem wurden weitere Prüfscenarien, welche nicht im Testlabor und in den Demonstratorfahrzeugen gezeigt worden sind, beschrieben.

#### 2.1.4. Migrationsszenarien

Die Betrachtung der Anforderungen an die Migration erfolgte bezogen auf die Migration von einem Fahrzeug mit IBIS-Wagenbus gemäß VDV 300 hin zu einem Fahrzeug mit IBIS-IP-System.

Je nach Ausrüstung der Fahrzeuge (Geräte und Verdrahtung) ist in den meisten Migrationsszenarien ein Umsetzer notwendig, der die IBIS-IP konformen Daten in VDV 300 konforme Telegramme umwandelt.

Szenario	Zentrale Komponente	Kommunikationsweg	Verteilte, periphere Komponente
1	VDV 300	VDV 300	VDV 300
2	VDV 300	VDV 300	IBIS-IP
3	VDV 300	IBIS-IP	VDV 300
4	VDV 300	IBIS-IP	IBIS-IP
5	IBIS-IP	VDV 300	VDV 300
6	IBIS-IP	VDV 300	IBIS-IP
7	IBIS-IP	IBIS-IP	VDV 300
8	IBIS-IP	IBIS-IP	IBIS-IP

Tabelle 1: IBIS-IP Migrationsszenarien

Darüber hinaus sind Mischzustände zwischen verschiedenen Szenarien möglich. So können z.B. Szenario 1 und Szenario 2 auf einem Fahrzeug zeitgleich vorliegen, wenn neue, IBIS-IP-konforme Geräte zusätzlich zu einer bestehenden Fahrzeugausrüstung auf VDV 300-Standard beschafft werden. Eine Kupplung zwischen IBIS-Fahrzeugen und IBIS-IP-Fahrzeugen ist in den Migrationsszenarien dieses Projektes ausdrücklich nicht vorgesehen.

## 2.2. AP1.200 Systembeschreibung / Architektur

Im Arbeitspaket 1.200 – Systembeschreibung/Architektur – wurde aufbauend auf die Ergebnisse des AP1.100 die Architektur von IBIS-IP erarbeitet. Hierfür wurde zuerst eine Grobarchitektur entwickelt, welche danach in eine Systemarchitektur (Betrachtung der Abläufe und der Schnittstellen zu anderen AK) überführt wurde. Diese Systemarchitektur bildete die Grundlage für die Architektur der Fachkomponenten.

Zugleich wurde festgelegt, welche Fähigkeiten im Rahmen des Gesamtvorhabens umgesetzt werden sollten.

### 2.2.1. Anwendungsfälle

Anhand der in AP 1.100 begutachteten Anwendungsfälle und den daraus abgeleiteten Anforderungen wurde für jeden Anwendungsfall der Datenfluss eingehender betrachtet. Dabei wurde die gesamte Handlung in fachlich unterschiedliche Segmente unterteilt, welche im Weiteren dann als Fachkomponenten ihren Eingang in die Systemarchitektur fanden.

Zusätzlich zu den Datenflüssen wurden anschließend die sinnvollen Aufrufrichtungen der entwickelten Fachkomponenten untersucht, um aus diesen Ergebnissen eine Hierarchisierung und erste Anhaltspunkte hinsichtlich einer „Dienstanbieter/-nutzer“ - Beziehung innerhalb der Fachkomponenten zu entwickeln.

Parallel dazu wurden aufgrund der zu erwartenden Informationsinhalte der Fachkomponenten erste Entscheidungen hinsichtlich der eingesetzten Kommunikationsprotokolle getroffen. Für sich zyklisch ändernde Daten (z.B. Geo-Koordinaten, Wegimpuls) wurde als Übertragungsprotokoll UDP-Multicast festgelegt. Für sich aufgrund von Ereignissen ändernde Daten (z.B. Haltestelle erreicht) wurde als Übertragungsprotokoll HTTP festgelegt, weil dieses, zusätzlich zu der gesicherten Informationsübertragung, weitere Mechanismen beinhaltet, die für Daten-Abonnement-Strukturen als sinnvoll erachtet wurden. Diese Abonnement-Strukturen ermöglichen den Verzicht auf ein Polling und damit auf eine Broadcast-Veröffentlichung von Daten innerhalb des Systems.

Zur Strukturierung der Informationen stehen mit XML und JSON zwei etablierte Standards zur Verfügung, deren Verwendbarkeit im Rahmen des AP 1.200 ebenfalls diskutiert wurde. Hierbei zeigte sich, dass aus technischer Sicht die beiden Formate gleichwertig sind. Da aber die Daten aus der EKAP (siehe Ergebnisse des AK3, ab Seite 32) im XML-Format übergeben werden, wurde aus Symmetriegründen XML für IBIS-IP festgelegt.

### 2.2.2. Systemarchitektur

Anhand der Untersuchungen der verschiedenen Anwendungsfälle ergab sich die in Abbildung 1 dargestellte Systemarchitektur für IBIS-IP.

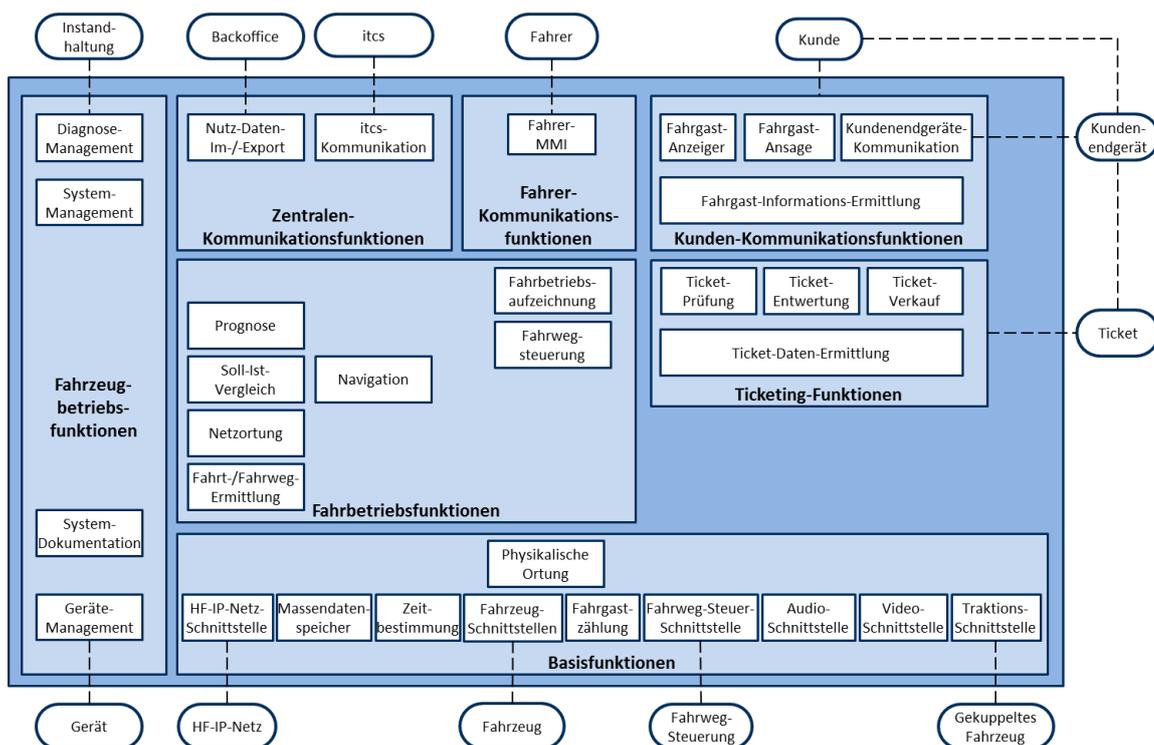


Abbildung 1: Systemarchitektur IBIS-IP

Die VDV-Schrift 301-1 beinhaltet wesentliche Teile der Ergebnisse dieses Arbeitspaketes.

### 2.3. AP1.300 Machbarkeitsnachweis

Im Arbeitspaket AP1.100 wurden Anforderungen an das zu entwerfende System IBIS-IP erarbeitet. Aus diesen wurden im Arbeitspaket AP1.200 Anforderungen an eine Systemarchitektur für das System IBIS-IP abgeleitet, welche im Arbeitspaket AP1.300 zu einem Machbarkeitsnachweis anhand eines Prototyps führte.

#### 2.3.1. Verifikation der Systemarchitektur

Hierzu wurden im Rahmen des Arbeitspaketes 1.300 verschiedene Teilaspekte der Systemarchitektur detaillierter untersucht, um zu überprüfen, ob mit der Systemarchitektur aus AP1.200 eine IP-basierte Kommunikation innerhalb des Fahrzeuges möglich ist.

In einem ersten Schritt wurde untersucht, wie die Daten, die im Fahrzeug benötigt werden, innerhalb von IBIS-IP zu ihrem Ziel kommen.

Anschließend wurde detailliert untersucht, wie in IBIS-IP das System manuell konfiguriert werden kann und welche Möglichkeiten der Automatisierung es für diese Systemkonfiguration gibt.

Bezüglich der automatisierten Konfiguration wurden bereits gewonnene Erfahrungen aus dem EBSF-Projekt aufgegriffen, weiterentwickelt und erneut aus Sicht ihrer Eignung für IP-KOM-ÖV bewertet.

Weiter wurden dann ausgehend vom OSI-Schichtenmodell erste Ansätze und Festlegungen beschrieben, wie zwei Dienste in IBIS-IP miteinander kommunizieren können und Daten austauschen.

Im Rahmen der Abstimmungen zwischen AK1 und AK2 wurden abschließend verschiedene Wege betrachtet, wie vom IBIS-IP des Fahrzeugs mobilen Applikationen Informationen zur Verfügung gestellt werden können. Neben technischen Diskussionen wurden hier auch inhaltliche Aspekte näher beleuchtet.

Auf eine detaillierte Untersuchung des Zusammenspiels aller Dienste der entworfenen Architektur wurde im Rahmen dieses Machbarkeitsnachweises bewusst verzichtet, da die grundsätzliche Machbarkeit von dienstbasierten Systemarchitekturen durch den Praxiseinsatz in verschiedensten Bereichen als bereits nachgewiesen betrachtet werden konnte.

### 2.3.2. Ergebnis

Als Ergebnis dieser Untersuchung zeigte sich, dass mit der vorhandenen Architektur alle heute bekannten bzw. benötigten Datenflüsse in IBIS-IP abbildbar sind und etwaigen Abnehmern auch zur Verfügung gestellt werden können. Hierzu wurde prototypisch eine Kommunikation zwischen einem Fahrgastinformationsservice und einem Anzeiger umgesetzt und ein erster Entwurf eines Protokolls gemacht.

## 2.4. AP1.400 Definition und Umsetzung der Fachdienste

Nachdem im Rahmen eines ersten Machbarkeitsnachweises die Umsetzbarkeit der entworfenen Systemarchitektur erfolgreich überprüft worden ist, bestand jetzt das Ziel ein IBIS-IP-Testsystem aus realen Geräten der beteiligten Industriepartner aufzubauen. Hierbei wurde ein IBIS-IP-System mit folgenden Geräten zu einem IBIS-IP-System aufgebaut.

- Bordrechner (INIT)
- Bordrechner (IVU)
- LED-Außenanzeiger (ANNAX)
- Multifunktionsanzeiger (ANNAX)
- Fahrscheinautomat (S&B)
- elektronischer Entwerter (S&B)

Es wurde ein verteiltes Testlabor bei den Herstellern vor Ort aufgebaut, welches unter Nutzung der durch IP zusätzlichen Möglichkeiten zusammengeschaltet wurde. Damit konnten im Rahmen der Entwicklung die Anzahl notwendiger Vor-Ort-Termine der Entwickler auf ein Minimum reduziert werden. In einer zweiten Phase wurde ein Testlabor bei den SSB in Stuttgart aufgebaut.

Auf diesen Geräten wurden dann alle notwendigen Dienste und dienstnutzenden Applikationen implementiert. Bei der Auswahl der zu entwickelnden Dienste lag das Hauptaugenmerk auf der Umsetzbarkeit der entworfenen Systemarchitektur mit einer dienstbasierten Architektur.

Um dieses IBIS-IP-Testsystem zum Funktionieren zu bringen, wurden folgende komplexe Anwendungsfälle zur Umsetzung ausgewählt:

- der Systemstart
- die direkte Kundeninformation

Die daraus resultierenden Dienste mussten spezifiziert, sowie die dazugehörigen Datenaustauschprotokolle entworfen und definiert werden. Ziel dieser Definitionen war die Schaffung einer Basis zur realen programmtechnischen Umsetzung. Dabei wurde darauf geachtet, dass eine durchgängige Struktur der Dienste zu realisieren ist, damit die ausgewählten Anwendungsfälle auch vollständig umgesetzt werden können.

### 2.4.1. Umsetzung der Dienste

Bei der Umsetzung der für die im vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Anwendungsfälle notwendigen Dienste wurden alle Funktionen in Form von HTTP-Aufrufen und die dazugehörigen Aufruf- und Antwortdatentelegramme in Form von XML-Daten definiert. Als Grundlage für das Bekanntgeben eines Dienstes in einem IBIS-IP-System dient das Verfahren „DNS-SD“. Damit wird gewährleistet, dass allen Beteiligten alle notwendigen Informationen über die im System vorhandenen Dienste, wie z.B. Dienstname, IP-Adresse und Port, ohne eigenes Wissen darüber erhalten und somit auch Dienste ansprechen und nutzen können.

Dieses Verfahren wurde von den Industriepartnern für die Dienste realisiert, welche auf den von ihnen zur Verfügung gestellten Geräten umgesetzt wurden. Es ist darauf geachtet worden, dass die Dienste, welche für die Anwendungsfälle notwendig sind, so auf die Industriepartner verteilt wurden, dass die Interaktion und Verfahren der Dienste untereinander getestet werden konnten.

Der Dienst „DeviceManagementService“ musste auf allen Geräten implementiert werden, da dieser für den Systemstart notwendig ist. Mit diesem, auf jedem Gerät implementierten Dienst und dem implementierten Diensten „SystemManagementService“ und „SystemDocumentationService“ wurde der Systemstart eines IBIS-IP-Systems umgesetzt. Dabei wurde der „SystemManagementService“ und die „SystemDocumentationService“ auf unterschiedlichen Geräten verschiedener Hersteller implementiert, um die Interaktion dieser beiden Dienste und damit Grundlagen für ein IBIS-IP-System zu testen. Dies stellte den Beweis dar, dass es möglich ist, auf unterschiedlichen Geräten Dienste zur Verfügung zu stellen, welche einander bedingen.

Bei den Tests des Startens und Findens des IBIS-IP-Systems im Testlabor konnte nachgewiesen werden, dass auf Grund der Wahl der Start- und Findungsmechanismen keine Startreihenfolge einzuhalten ist. Geräte die sich zeitlich später im IBIS-IP-System melden, werden erfolgreich in das System eingebunden. Genauso konnte im Testlabor nachgewiesen werden, dass im System fehlende und/oder ausgefallene Geräte und Dienste erkannt werden und dies allen Geräten mitgeteilt werden kann. Ebenso wurde im Testlabor der Nachweis erbracht, dass Dienste so konfiguriert werden können, dass sie nur dann starten, wenn alle notwendigen anderen Dienste gestartet sind.

Die Dienste, welche für die direkte Kundeninformation notwendig sind, sind durch die beteiligten Industriepartner umgesetzt worden. Bei der Umsetzung der direkten Kundeninformation wurde vor allem der Mechanismus der ereignisgesteuerten Information, das Einrichten eines Abonnements, getestet. Dies bedeutet, dass der Informationsnutzer bei jeder Änderung der Information durch den Informationsanbieter automatisch mit den geänderten Daten versorgt wird. Die Einrichtung dieses Mechanismus bedarf keine systemweiten Konfiguration, sondern nur der Anmeldung des datenabnehmenden Nutzers am datenliefernden Nutzer. Gleichzeitig wird einerseits eine deutliche Reduzierung der zu übertragenden Datenmenge gegenüber einer zyklischen Übertragung bewirkt und andererseits ein großer Zeitversatz die übertragenen Datensätze in Bezug auf das Ereignis vermieden.

### 2.4.2. Prototyp

Im Rahmen der Arbeiten des AP 1.400 ist ein erster Prototyp eines funktionsfähigen IBIS-IP-Systems entstanden. Alle Verfahren, Funktionen und Operation, welche zuvor in der Systemarchitektur beschrieben worden sind, konnten im Testlabor erfolgreich um-

gesetzt werden. Es entstand ein IBIS-IP-System, an dem die grundlegenden Verfahren, Funktionen und Operationen von IBIS-IP erprobt werden konnten.

Es wurde der Nachweis erbracht, dass die Umsetzung einer SOA-Architektur im Bereich der Kommunikation von Geräten auf Fahrzeugen im ÖPNV untereinander, als Ablösung des betagten IBIS-Busses, erfolgen kann. Da es mit IBIS-IP möglich ist, dass jedes im Fahrzeug befindliche Gerät auf alle im Fahrzeug befindlichen Daten zugreifen kann, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten z.B. für die Fahrgastinformation.

Alle Verfahren und Funktionen der realisierten Dienste sind in der VDV-Schrift 301-2 ausführlich beschrieben und Standard konform im Testlabor umgesetzt worden.

## **2.5. AP1.500 Prüfungswerkzeuge & Test der Fachdienste**

Im Rahmen des Arbeitspaketes 1.500 sollten Werkzeuge zum Prüfen von Diensten und Geräten erstellt werden und die im Rahmen des Arbeitspaketes 1.400 erarbeiteten Fachdienste getestet werden.

### **2.5.1. Prüfwerkzeuge**

Um in die Implementierung des Prüfwerkzeuges zu gehen, bedurfte es einer Sammlung an Anforderungen und Rahmenbedingungen, um eine zu den fachlichen Anforderungen passende Systemarchitektur des Prüfwerkzeuges zu entwerfen. Erschwerend für die Findung einer Architektur des Prüfwerkzeuges zeigte sich, dass es im Rahmen der Kooperationsvereinbarung keine Vorgabe über die Nutzung des Prüfwerkzeuges über das Projektende hinaus gab. Da seitens der Projektpartner auch kein Potential für eine gemeinsame Vermarktung identifiziert werden konnte, stellte sich zusätzlich die Anforderung an das Prüfwerkzeug, dass dieses, ohne weiteren Implementierungsaufwand auch über das Projektende hinaus nutzbar bleiben sollte und auf einfache Art und Weise erweiterbar ist. Hierfür mussten verschiedene, sowohl maschinenlesbare als auch leicht editierbare Wege zur Beschreibung eines dienste-basierten Systems untersucht werden, um eine entsprechende Lösung zu schaffen. Zusätzlich zeigte sich, dass ein gemeinsames Arbeiten an einer Applikation seitens der Unternehmen als nicht praktikabel gesehen wurde, da in die Entwicklung firmenspezifisches Knowhow einfließt, welches man so, aufgrund der Wettbewerbssituation untereinander, nicht preisgeben konnte.

Parallel zum Prüfwerkzeug wurden Ideen gesammelt, wie die Fachdienste getestet werden können. Auch hier zeigte sich, dass es nicht mit einem einfachen Testprozedere getan ist, sondern dass unterschieden werden muss in eine automatisiert mögliche Prüfung und einer manuell durchführbaren Prüfung.

### **2.5.2. Test und Testlabor**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden von den Industriepartnern Annax, INIT und IVU jeweils eigenständige Prüfwerkzeuge geliefert, die zur Abbildung der Dienstarchitektur eine WSDL-Datei (WebServicesDescriptionLanguage) einlesen und zur Abbildung der Datenstrukturen eine XSD-Datei. Mit diesen beiden Dateien (sowohl maschinen- als auch von Menschen lesbar) ist eine Erweiterung der Prüfwerkzeuge möglich, solange das Systemverhalten in seiner derzeitigen Form erhalten bleibt.

Mit Hilfe dieser Werkzeuge lassen sich die Fachdienste automatisiert darauf überprüfen, ob alle Operationen dieser Fachdienste implementiert wurden und ob diese Operatio-

nen standardgemäß antworten. Eine fachliche Prüfung der Inhalte und Systemabläufe kann jedoch mit diesen einfachen Werkzeugen nicht erfolgen, da die fachlichen Aufgaben nicht mit Hilfe eines einfachen Werkzeuges abgebildet werden können. Dieses Werkzeug wird nach Projektende interessierten Verkehrsunternehmen unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung über den VDV zur Verfügung gestellt.

Zur Umsetzung der in AP 1.400 entwickelten Schnittstellen wurde ein Testlabor eingerichtet. Die Integration zweier Bordrechner in das Testlabor mag auf den ersten Blick als unnötig scheinen, wurde aber notwendig, um das Zusammenspiel der Dienste in der dienste-basierten Architektur im Rahmen der Systemfindung zu demonstrieren und die grundsätzliche Funktionsfähigkeit nachweisen zu können. Für die fachliche Prüfung wurde ein Katalog an Testszenarien erstellt, anhand dessen das Testlabor des AK1 erfolgreich getestet wurde.

Für die integrative Demonstration unserer Ergebnisse hat die SSB Räumlichkeiten für ein „IBIS-IP“-Testator zur Verfügung gestellt, die es ermöglichten, das Testlabor in die Besichtigungen des Feldtests einzubinden. Hierbei konnte der AK übergreifende Umfang des IP-KOM-ÖV demonstriert werden (vgl. AK4, ab Seite 42).

## **2.6. AP1.600 Enddokumentation & Normierungsvorschlag**

Das Arbeitspaket 1.600 diente zur Erarbeitung eines Normierungsvorschlags und zur Erstellung der Schlussdokumentation, um die Nachhaltigkeit der Projektergebnisse sicherzustellen.

### **2.6.1. Dokumentation**

Das Arbeitspaket 1.600 hatte eine planmäßige zeitliche und inhaltliche Überlappung mit den Arbeitspaketen 1.400 „Definition und Umsetzung der Fachdienste“ und 1.500 „Prüfwerkzeuge und Test der Fachdienste“. Funktionierende Spezifikationen konnten somit umgehend getestet werden und Eingang in den Normierungsvorschlag finden. Aufgrund der Überlappung der Arbeitspakete konnten aber auch Erfahrungen aus den Tests der Fachdienste (1.500) zu einer umgehenden Anpassung in der Definition und Umsetzung der Fachdienste genutzt werden (1.400). Letztlich führte aber auch die Arbeit an der Enddokumentation dazu, dass noch bestehende Lücken in der Spezifikation gefunden und uneinheitliche Bezeichnungen bei verschiedenen Diensten vereinheitlicht wurden. Dies führte wiederum zur Anpassung der Definition und Umsetzung und erneuten Tests. Dieser Prozess gegenseitiger konstruktiver Beeinflussung kostete mehr Zeit als ursprünglich geplant. Der Normierungsvorschlag wurde zum Ende des Arbeitspakets 1.600 im August 2013 fertiggestellt.

Der Normierungsvorschlag wurde im Rahmen des Gelbdruckverfahrens des VDV allen Verkehrsbetrieben, die Mitglied im VDV sind, zum Review vorgelegt. Auch Mitglieder der beratenden Gremien des VDV (vgl. AP5.400, Seite 47) waren eingeladen, Rückmeldung zum Normierungsvorschlag zu geben. Das Feedback der Verkehrsunternehmen zum Normierungsvorschlag wurde nach Ende der etwa 6-wöchigen Review-Phase im Oktober 2013 gesichtet und soweit als möglich berücksichtigt.

### 2.6.2. Ergebnisse aus AK1

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden von den 33 verschiedenen Applikationen, Diensten und Schnittstellen (vgl. Kap. 2.2), die die IBIS-IP-Systemarchitektur ausmachen,

- zehn Dienste spezifiziert und umgesetzt und
- ein Dienst spezifiziert, ohne umgesetzt worden zu sein.

Im Testlabor wurden weitere fünf Fachkomponenten umgesetzt, welche die IBIS-IP-Dienste nutzen.

Alle Fachkomponenten werden im Normierungsvorschlag beschrieben.

Es bleibt aber ein weites Feld für nachträgliche Anpassungen des Standards, einerseits um bereits spezifizierte Dienste um weitere Funktionalitäten zu ergänzen, andererseits um bislang nicht spezifizierte Dienste zu beschreiben.

Bei anderen Teilen, wie z.B. der IBIS-IP-Systemarchitektur, ist dagegen davon auszugehen, dass sie im Verlauf der Zeit keinen oder doch zumindest deutlich weniger Änderungen unterliegen werden.

Um einerseits den Anspruch nach einer verlässlichen und zeitlich stabilen Beschreibung des Standards und andererseits dem Anspruch nach Offenheit für regelmäßige zeitnahe Aktualisierungen zu befriedigen, wurde der Normierungsentwurf in zwei Teile geteilt.

#### Teil 1 des Normierungsentwurfs

- dient der Einordnung in den Gesamtkontext des Forschungsprojekts
- gibt eine Übersicht über die Methodik der Architektur-Erstellung
- führt verwendete Begriffe ein
- gibt eine Übersicht über die Systemarchitektur und
- beschreibt die Rolle und Aufgabe der einzelnen Fachkomponenten.

Er dient also zur Beschreibung der Teile des Standards, die sich nicht oder nur selten ändern.

#### Teil 2 des Normierungsentwurfs

- beschreibt die Konfiguration eines IBIS-IP-Systems
- beschreibt verwendete Kommunikationsprotokolle
- beschreibt Mechanismen der Dienstveröffentlichung und Dienstfindung
- beschreibt zugrundeliegende, für alle Dienste gültige Konzepte
  - o der Namensgebung,
  - o der Operationsfestlegung (Get → Abo)
  - o der Dienststeuerung
  - o des Zusammenhangs zwischen Gerät und Dienst
- beschreibt den Systemstart eines IBIS-IP-Systems
- spezifiziert die einzelnen Dienste und ihre zugehörigen Operationen
- spezifiziert die zugehörigen Datenstrukturen

Er dient also zur Beschreibung der Teile des Standards, die nachträglichen Ergänzungen und Anpassungen unterliegen können bzw. werden.

Beide Teile des Normierungsvorschlags werden als VDV-Schriften 301-1 und 301-2 veröffentlicht. Die vollständigen Titel der Schriften lauten:

- VDV-Schrift 301-1: Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP, Teil 1: Systemarchitektur

bzw.

- VDV-Schrift 301-2: Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP Teil 2: Schnittstellenspezifikation v1.0

Beide Dokumente sind über den VDV zu beziehen (vgl. AK5, ab Seite 47).

## **2.7. AP1.700 AK-Projektleitung & Administration**

Aufgabe des Arbeitspaketes 1.700 war es in erster Linie, die verschiedenen Arbeiten innerhalb des AK1 zu koordinieren, die eigenen Ergebnisse im Hinblick auf die Projekt-Meilensteinen zu dokumentieren, die Ergebnisse der anderen Arbeitskomplexe zu begutachten und die eigenen Ergebnisse der Öffentlichkeit zu präsentieren.

Ein wesentlicher Baustein der Arbeiten des AK1 waren die gemeinsamen Arbeitstreffen der verschiedenen Projektpartner. Bei diesen Treffen wurde in aller Regel gemeinsam der aktuelle Stand der Arbeiten zusammengetragen und bis dahin im kleinen Kreis getroffene Entscheidungen im großen Rahmen erneut diskutiert, begutachtet und hinsichtlich ihrer weiteren Auswirkungen betrachtet. In einem weiteren Schritt innerhalb dieser Arbeitstreffen wurden anschließend die notwendigen weiteren Schritte vorbereitet und die entsprechenden Aufgaben delegiert. Der Arbeitsfortschritt wurde in den entsprechenden Meilensteinberichten dokumentiert.

Die Ergebnisse des AK1 wurden in den folgenden Meilensteinberichten niedergelegt:

- Meilensteinbericht AP1.100 – Funktionale Beschreibung
- Meilensteinbericht AP1.200 – Systembeschreibung / Architektur
- Meilensteinbericht AP1.300 – Machbarkeitsnachweis
- Meilensteinbericht AP1.400 – Definition und Umsetzung der Fachdienste

### 3. Arbeitskomplex 2: Kommunikationsdienste für Kundengeräte

#### 3.1. AP 2.100 Vorstudie und Funktionale Beschreibung

Der Fokus des AP2.100 lag in der zielgruppenspezifischen Anforderungsanalyse mit Nutzern, Aufgaben und mobilen Endgeräten. Die Ziele lagen insbesondere in der Beschreibung der Nutzer, der Entwicklung typischer Szenarien und Anwendungsfälle sowie in der Ableitung von Anforderungen an das System. Um diese Ziele zu erreichen, wurden der Informationsbedarf und der Umgang mit Störungen aus Sicht der Fahrgäste und der Verkehrsunternehmen analysiert. Im AP 2.100 sind in diesem Zusammenhang 7 Persona-Beschreibungen, 19 Szenarien und 26 Anwendungsfälle entstanden.

##### 3.1.1. Methodisches Vorgehen

Zur Analyse der unterschiedlichen Perspektiven der Fahrgäste und Verkehrsunternehmen war eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Untersuchungsmethoden notwendig (Tabelle 2). Die Sicht der Abteilungen Leitstelle, Servicecenter und Fahrgastinformation der Verkehrsunternehmen wurde in Experteninterviews mit Abteilungsleitern und Mitarbeitern der jeweiligen Fachgebiete erfasst. Die Daten zur Analyse der Fahrgastperspektive wurden in Fokusgruppen und Befragungen mit Fahrgästen des ÖPV erhoben.

Sicht	Analysemethode	Umsetzung	Inhalt
Verkehrsunternehmen	Experteninterviews	6 Interviews mit Mitarbeitern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abläufe bei Störungen</li> <li>• Erhebung von Anfragen</li> <li>• Informationsbedarf der Mitarbeiter</li> <li>• Konzepte der Fahrgastinformation</li> </ul>
Fahrgäste	Fokusgruppen	2 Fokusgruppen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit Störungen</li> <li>• Inhalte von Störungsmeldungen</li> <li>• Allgemeiner und mobiler Informationsbedarf der Fahrgäste</li> </ul>
	Befragung	145 Teilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhalten bei Störungen im ÖPV und im Individualverkehr</li> <li>• Kanäle für die Fahrgastinformation</li> </ul>

Tabelle 2: Übersicht über die Inhalte der qualitativen und quantitativen Analysen

##### 3.1.2. Ergebnisse der Nutzeranalyse

Für das Projekt IP-KOM-ÖV konnten sieben Nutzerbeschreibungen in Form von Personas erstellt und validiert werden. Diese spiegeln das breite Spektrum an Fahrgästen, vom Berufspendler bis zum Ad-hoc-Nutzer, der primär sein Auto nutzt, wider.

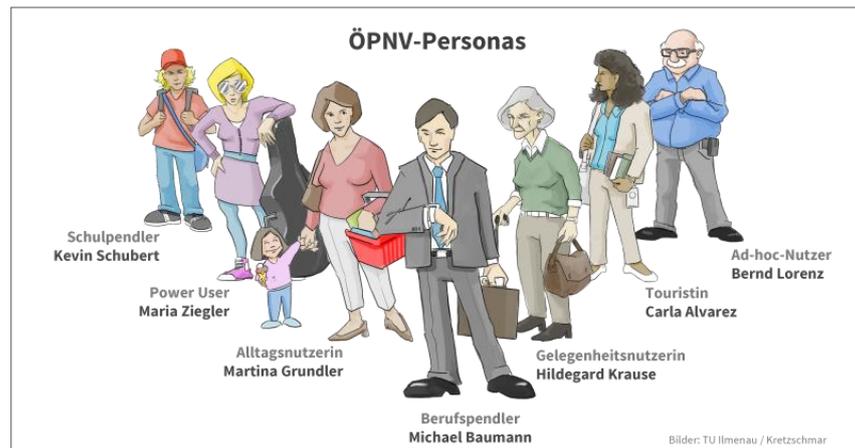


Abbildung 2: Ergebnisse der Nutzeranalyse in Form von Personas

Für jede dieser sieben Personas (siehe Abbildung 2) wurde eine Übersicht erstellt, die es ermöglicht, die Persona schnell zu erfassen und in den Entwicklungsprozess einzu-beziehen. Die Hauptelemente dieser Übersicht sind das persönliche Profil, das ÖPV-Profil, die Erwartungen an den ÖPV sowie die Alltagssituation. Zusammen bilden diese Elemente eine Beschreibung der jeweiligen Persona. Die Ergebnisse wurden so aufbe-reitet, dass sie über das Projekt hinaus nutzbar sind.

### 3.1.3. Ergebnisse der Aufgabenanalyse

Die in den Persona-Beschreibungen bereits enthaltenen Alltagssituationen stellen ledig-lich einen Auszug aus den typischen Nutzungssituationen der Personas dar. Aus die-sem Grund wurden 19 Szenarien erstellt, die die Personas in weiteren typischen Situa-tionen im öffentlichen Personenverkehr zeigen und die Ableitung von Anwendungsfällen ermöglichen. Zur Steigerung der Übersichtlichkeit wurden die abgeleiteten Anwen-dungsfälle in fünf Bereiche eingeteilt:

- Setup (z. B. Installation, Individualisierung)
- Reiseplanung (z. B. Reiseoptionen, Planung)
- Reisephase (z. B. Reiseinformation, Reisenavigation)
- Abweichungen (z. B. Störungsmeldungen, Störungsabfrage)
- Mehrwertdienste (z. B. Information von Kontaktperson, Fahrkarteninformation)

Die Szenarien und Anwendungsfälle spiegeln die anwenderspezifischen Erwartungen an das zu entwickelnde System wider und bieten somit eine lösungsunabhängige Sicht.

### 3.1.4. Ableiten der Nutzer- und Systemanforderungen

Die anhand der Anwendungsfälle erstellten Anforderungen wurden in ein einheitliches Dokument überführt, hinsichtlich ihrer Konsistenz überarbeitet und einem abschließen-den Review durch die Projektpartner unterzogen. Nach der Konsolidierung wurden für die weiteren Projektarbeiten, insbesondere die Erstellung der Systemarchitektur, 71 funktionale und nichtfunktionale Anforderungen dokumentiert (siehe Abbildung 3). Jede Anforderung wurde dabei hinsichtlich ihrer Umsetzung im Projekt und im abschließen-den Demonstrator priorisiert.

**2.3.3. Anforderung Fahrgastposition (Funktional)**

Kurzbezeichnung: RE2.Anwendung.3

Beschreibung: Die Position des Fahrgastes muss dem System bekannt sein.

Betroffene Schnittstelle(n): Mobil EKAP

Die Priorität der Anforderung ist sehr hoch.

Die Priorität der Anforderung für die Demonstrator-Implementierung ist sehr hoch.

Abbildung 3: Beispiel Anforderungen aus dem Arbeitskomplex 2

Die Arbeitsergebnisse dieses AP wurden in der VDV-Mitteilung 7025 veröffentlicht.

## 3.2. AP2.200 Systembeschreibung/-architektur

Der Fokus des AP 2.200 lag auf der Erstellung eines Architekturentwurfs für die im Rahmen von IP-KOM-ÖV zu entwickelnde Funktionalität. Bei diesen Arbeiten wurde einerseits auf mehreren, unterschiedlich feingranularen Ebenen vorgegangen, andererseits wurden Abgleiche mit den erkannten Anforderungen durchgeführt, um eine vollständige Abdeckung der Anforderungen zu gewährleisten.

Die besonderen Schwerpunkte lagen dabei auf der Unterteilung der Funktionalität in zusammengehörige Funktionsgruppen, deren Schnittstellen untereinander sowie den Schnittstellen des Gesamtsystems nach außen hin. An Punkten wie der Identifikation des Fahrzeugs, in dem sich der Fahrgast aufhält, die als besondere Schwierigkeiten erkannt wurden, wurden bereits konkretere Umsetzungsmöglichkeiten erarbeitet, um die Umsetzbarkeit der Architektur in späteren Projektphasen sicherzustellen.

Inhaltlich befasste sich das AP 2.200 nicht nur mit der Kommunikation mit mobilen Endgeräten und echtzeitfähigen Benachrichtigungstechniken, sondern auch mit den zugrundeliegenden Daten, wie personalisierten und kontextbezogenen Datenbeständen. Dies umfasste auch die Betrachtung von Möglichkeiten für deren Verarbeitung für und durch die mobilen Endgeräte. Hierzu waren sowohl Überlegungen in technischer Hinsicht als auch in der Anwendungsdomäne des öffentlichen Verkehrs notwendig.

### 3.2.1. Aufteilung in Dienste und Komponenten

Die in den Anforderungen erkannten Funktionen lassen sich zu Diensten gruppieren, welche jeweils die Funktionalität für einen Aspekt des Gesamtsystems zusammenfassen. Die so entstandenen 34 Dienste wurden schwerpunktmäßig von unterschiedlichen Projektpartnern entworfen, wobei durch eine enge Verzahnung der Arbeiten sichergestellt wurde, dass ausreichende Schnittstellen zum Datenaustausch zwischen den Diensten hergestellt wurden.

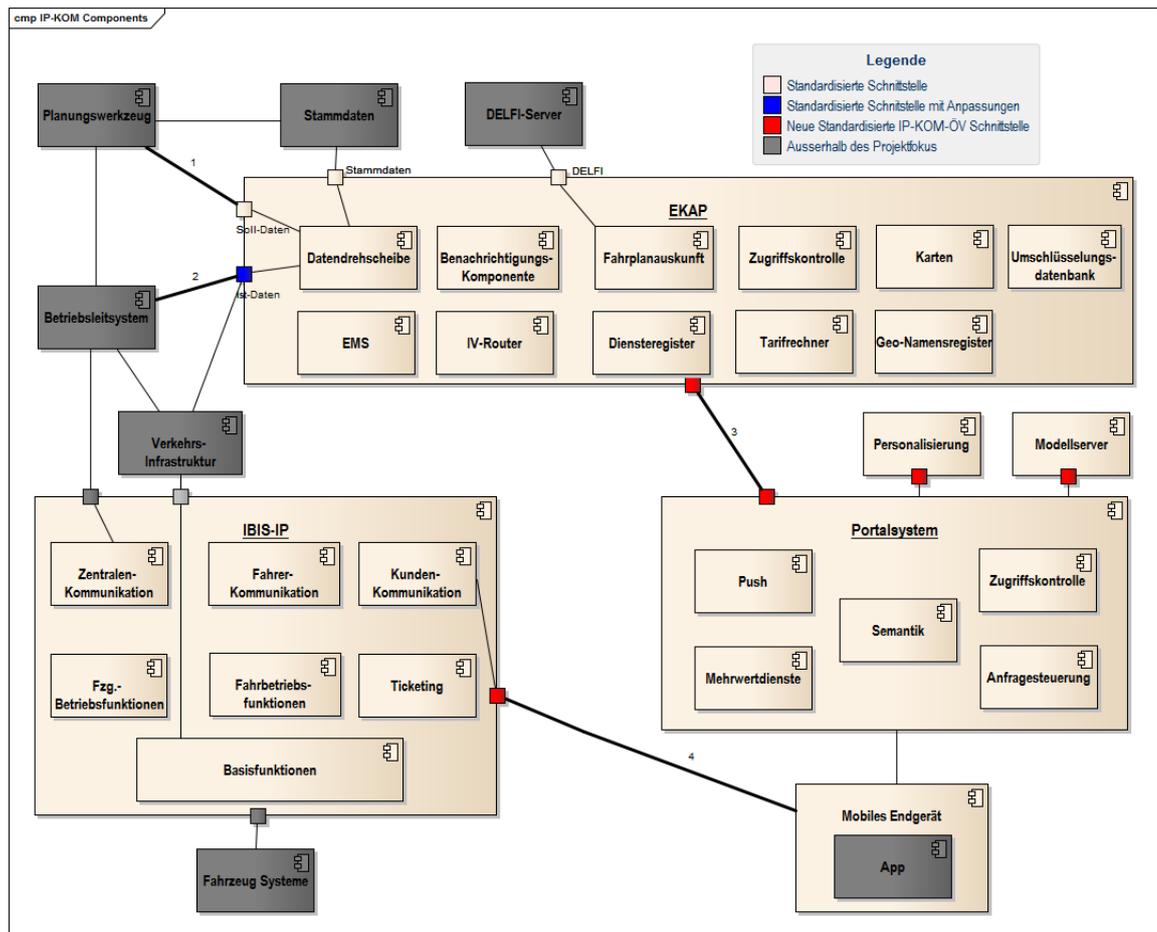


Abbildung 4: Gesamtarchitektur IP-KOM-ÖV

Zusätzlich zu den Diensten wurden Vorschläge für Komponenten entworfen, welche jeweils mehrere, üblicherweise gemeinsam verwaltete Dienste zusammenfassen (z.B. weil die Dienste dieselben Daten benötigen). Die vorgeschlagene Aufteilung, wie in Abbildung 4 als Gesamtarchitektur dargestellt, sieht dabei vor, dass mobile Anwendungen sowohl über ein Portalsystem mit der zentralen Auskunftsplattform (der EKAP) verbunden sind, als auch für bestimmte Funktionen eine direkte Verbindung zum Fahrzeug herstellen können. Nur die Schnittstellen zwischen mobiler Anwendung und Fahrzeug sowie Portalsystem und EKAP sind hierbei im Entwurf ausdefiniert. Die Schnittstelle zwischen mobiler Anwendung und Portalsystem wurde bewusst als herstellerspezifisch angenommen, um Zusatzfunktionen, wie eine Anreicherung der Auskunftsdaten durch Informationen von Drittanbietern, zuzulassen.

Die entwickelte Gesamtarchitektur lässt auch andere Zusammensetzungen der Dienste und Komponenten zu. Unterschiedliche Möglichkeiten wurden im Entwurf berücksichtigt und exemplarisch beschrieben, um eine flexible Anpassung an die Anforderungen und verfügbaren Ressourcen beim zukünftigen Einsatz IP-KOM-ÖV-konformer Systeme offenzulassen. Dabei wurde auch die Einbindung externer Komponenten berücksichtigt, um den Zugriff auf bestehende Daten und Systeme zu ermöglichen.

Bei der Aufteilung und Strukturierung des Systems wurden durch die Projektpartner Kenntnisse und Erfahrungen aus vorausgehenden Projekten eingebracht. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen AP 2.200 und AP3.200 wurde sichergestellt, dass die entworfenen Schnittstellen mit den Entwurfsergebnissen aus dem AK3 zusammenpassen.

Für die Planung der Integration und Kommunikation wurden modulare Entwurfsmuster herangezogen, durch welche eine spätere Erweiterbarkeit des Systems sichergestellt ist. Dies beinhaltete die Einführung eines Dienstregisters, welches ein dynamisches Verzeichnis der verfügbaren Dienste darstellt und in zukünftigen Implementierungen dazu verwendet werden kann, den implementierten Funktionsumfang von einzeln oder gemeinsam verwendeten Diensten abzurufen. In den externen Schnittstellen wurde dabei auch eine Möglichkeit zur Push-Benachrichtigung vorgesehen, um Benutzer zeitnah über extern erzeugte Ereignisse, wie zum Beispiel Störungen, aktiv informieren und eine IP-KOM-ÖV-basierte Reiseplanung kurzfristig anpassen zu können.

Da die benutzerzentrierte Betrachtung des Systems einen weiteren zentralen Punkt im AP 2.200 darstellte, wurden auch Speicherungs- und Abrufmöglichkeiten für personalisierte Daten sowie Schutzmechanismen für selbige entworfen. Dabei wurde auf flexible Verwendungsmöglichkeiten durch zukünftig hinzukommende Dienste geachtet. Auch für die Push-Benachrichtigungen wurde ein benutzerorientiertes Abonnementsystem entworfen. Ein weiteres Schlüsselement für die Benutzerorientierung sind die in diesem Arbeitspaket entworfenen Modelle und semantischen Dienste, welche unter Zuhilfenahme von Kontextinformationen über den Benutzer und die verfügbaren Einrichtungen des öffentlichen Verkehrs die Informationsversorgung für Benutzer weiter verbessern können.

### **3.2.2. Überprüfung auf Erfüllung der Anforderungen**

Um zu gewährleisten, dass die entwickelten Schnittstellen die in vorherigen Arbeitsschritten gesammelten Anforderungen vollständig erfüllen, wurde ein direkter Abgleich der Funktionen mit den Anforderungen durchgeführt. Des Weiteren wurden die Funktionen, Anpassbarkeit und Erweiterungspunkte der Dienste in von allen Projektpartnern ausgeführten Reviews auf Vollständigkeit hin überprüft. Dabei wurde insbesondere auf Störungssituationen und unterschiedliche Kanäle der Fahrgastinformation geachtet.

### **3.2.3. Vorbereitung auf folgende Projektphasen**

Um eine aussagekräftige Überprüfung zukünftiger Implementierungen inklusive unvollständiger prototypischer Implementierungen zu gewährleisten, wurden Testfälle für die definierten Funktionen vorbereitet. Gleichmaßen wurde bereits festgehalten, auf welche Weise prototypische Systeme implementiert werden müssen, um spätere Umsetzbarkeitstests sinnvoll zu gestalten.

Da für einige der entworfenen Funktionen technische Hindernisse absehbar waren, bestand ein Teil der Entwurfsarbeit auch darin, konkrete technologische Umsetzungsmöglichkeiten für die angedachte Funktionalität zu vergleichen und zu diskutieren. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass insbesondere im Bereich der echtzeitfähigen Kommunikation mit den mobilen Endgeräten der Entwurf nicht nur theoretische Gültigkeit haben kann, sondern sich auch mit marktüblichen mobilen Endgeräten zusammen einsetzen lässt. In Vorbereitung des bevorstehenden Feldtests im Rahmen des AK 4 wurde schon im AP 2.200 darauf geachtet, die bevorstehende Planung für den Feldtest möglichst reibungslos zu gestalten. Dabei wurden geeignete Szenarien für die Funktionsdefinitionen zu Grunde gelegt und entsprechende Testfälle ausgewählt.

### **3.3. AP2.300 Machbarkeitsnachweis und Prototyping für Interaktion, Mobilgeräte und Service-Orientierung**

In diesem Arbeitspaket wurden zunächst die Schnittstellen der Kommunikationsdienste definiert, die im Portalsystem verortet sind. Dies erfolgte in enger Abstimmung mit den Arbeiten im Arbeitskomplex 3, AP 3.400. Hierzu wurde für alle im Rahmen der Anforderungsanalyse erfassten und relevanten Dienste ein XML-basiertes Datenformat zum Datenaustausch spezifiziert und im XSD Format (XML Schema Definition Language) beschrieben. Die gemeinsamen Grundstrukturen für die Dienste-Schnittstellen wurden AK-übergreifend festgelegt. Aufbauend darauf und parallel dazu wurden in AP 2.300 mit den definierten Diensten die Konzepte und Entwürfe aus den vorigen Arbeitspaketen prototypisch umgesetzt und in Labortests auf Machbarkeit geprüft. Die in AP 2.100 erhobenen Anforderungen wurden in der Bearbeitung von AP 2.300 dazu genutzt, um die entwickelten Schnittstellen und darauf aufbauende Prototypen in Labortests systematisch zu evaluieren. Das Prototyping wurde iterativ durchgeführt. Der Machbarkeitsnachweis durch Prototyping umfasste dabei:

- Kommunikationsdienste eines Portalsystems nach Dienstedefinition
- Verschiedene beispielhafte Architekturvarianten eines Portalsystems: diensteorientierte Architektur, schlankes Portalsystem, semantisches Portalsystem
- Visualisierungs- und Interaktionskonzepte durch prototypische mobile Applikationen
- Usability-Tests der Usability-Pattern (Ergonomische Benutzerschnittstellen)
- Einsatz der Modelle in einem semantischen Portalsystem
- Kopplung mit einer EKAP

#### **3.3.1. Dienste-orientierter Prototyp und Machbarkeit der Dienste-orientierten Architektur**

Diese Prototyp-Variante zeigt die Machbarkeit der Dienste-orientierten Architektur für das Portalsystem und die EKAP. Der Labor-Prototyp besteht aus einer mobilen Applikation, einem Portalsystem und einer EKAP-Implementierung. Er wurde im Eisenbahnbetriebsfeld Darmstadt (EBD) getestet, welches betriebliche Abläufe in einem Schienenverkehrsunternehmen simuliert. Mithilfe dieses Entwicklungsabschnitts wurde die Implementierbarkeit der zu standardisierenden Schnittstelle gezeigt. Ebenfalls wurden hiermit gangbare Wege aufgezeigt, wie ein Auskunftsdienst aus unterschiedlichen Teilsystemen zusammengestellt werden kann. So bindet dieser Prototyp sowohl einen Auskunftsdienst eines Drittanbieters als auch die im EBD eingesetzte Systemtechnik zur Bereitstellung von Soll- und Ist-Daten mit an.

#### **3.3.2. Prototyping und Machbarkeit eines schlanken Portalsystems**

Diese Prototyp-Variante setzt ein Portalsystem um, das die Basisfunktionalität eines Portalsystems sowie die Bündelung und Sicherstellung der Kommunikation zwischen Applikationen auf mobilen Endgeräten und Diensten einer EKAP zeigt. Dabei wurde zunächst die schlankste Variante eines Portalsystems umgesetzt. In einer weiteren Iteration des Prototyping wurde exemplarisch ein externer Mehrwertdienst eingebunden, der die Erweiterbarkeit eines schlanken Portalsystems um Zusatzfunktionalität und damit die Modularität der entwickelten Schnittstellen demonstriert. Als EKAP wurde die im AP 3.600 umgesetzte „EKAP für Labortests“ angebunden.

### 3.3.3. Prototyping und Machbarkeit eines semantischen Portalsystems

Die Variante des semantischen Portalsystems zeigt, wie die entwickelten semantischen Modelle (Klassifikationsmodell, Interaktionsmodell und Kontextmodell) eingesetzt werden können, um intelligente Kommunikationsdienste für den Fahrgast bereitzustellen. Beispielhaft wurden für diesen Prototypen intelligente Kommunikationsdienste für Tourismus-Anwendungen umgesetzt und in semantischen Komponenten gebündelt. Zu diesen Komponenten zählt ein semantischer Datenspeicher (Triple Store), der auch als Modellserver fungierte. Weiterhin wurden eine Annotationskomponente und eine Kontextverwaltungskomponente umgesetzt, die nach den semantischen Modellen (Ontologien) modellierte Daten erzeugen und im Triple Store speichern. Diese wurden für eine Komponente zur „Point of Interest“-Suche und Tourenplanung genutzt, die kontextadaptiv Daten zu interessanten Orten und touristischen Touren mit dem ÖV berechnet und für den Fahrgast zur Verfügung stellt. Diese Prototyp-Variante erbrachte den Machbarkeitsnachweis für die Anwendung semantischer Modelle im Portalsystem und die Erweiterungsfähigkeit eines Portalsystems um zusätzliche Dienste und Komponenten.

### 3.3.4. Prototyping einer mobilen Applikation

Es wurde weiterhin eine Basisapplikation als prototypische mobile Applikation zur Veranschaulichung der Funktionalitäten, die über die Dienste und Schnittstellen abgedeckt werden können, entwickelt. Die Basisapplikation wurde zunächst als Variante des Portalsystems innerhalb der Applikation umgesetzt, um die Machbarkeit dieser Architekturvariante zu zeigen. In einer weiteren Iteration wurde ein Server-Portalsystem angebunden und die Kommunikation über das Portalsystem durch Anfragesteuerung und Push-Dienst getestet. Hiermit wurde die Architekturvariante getestet und umgesetzt, die im Feldtest zum Einsatz kam. Es wurden weiterhin, aufbauend auf die Fahrgastinformationen der Dienste des Portalsystems und der darüber angebundenen EKAP, verschiedene Visualisierungs- und Interaktionskonzepte in der Basisapplikation implementiert. Die Basisapplikation zeigte in dieser Variante die Anbindung folgender Dienste:

- Ortsauflösungsdienst
- Verbindungsauskunftsdienst
- Benachrichtigungsdienst
- Abfahrtstafeldienst
- Push-Dienst
- Wetter-Mehrwertdienst

### 3.3.5. Usability Tests und Pattern Katalog

Basierend auf einer Analyse von 30 Applikationen zur Fahrgastinformation auf mobilen Endgeräten wurden Musterlösungen für die Erstellung eines Pattern-Katalogs extrahiert. Die Design-Pattern beschreiben Entwurfsmuster, die etablierte Interaktionslösungen für wiederkehrende Probleme in der Bedienung mobiler Anwendungen zur Fahrgastinformation aufzeigen und abstrahiert visualisieren. Auf der Grundlage der Analyse wurden Testapplikationen entwickelt, mit denen die Usability der jeweiligen Pattern evaluiert wurde.

In der ersten Testphase entstanden für den Aufgabenbereich Reiseplanung drei funktionale Prototypen, in denen insgesamt 20 Pattern getestet wurden. Die zweite Testphase konzentrierte sich auf den Bereich der Reisedurchführung, für den 11 Pattern in zwei funktionalen Prototypen umgesetzt und getestet wurden. In einem komparativen Gebrauchstauglichkeitstest wurden die einzelnen Pattern und deren Zusammenspiel untersucht und hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit sowie Einsatztauglichkeit beurteilt.

Die Pattern mit durchschnittlichen bis überdurchschnittlich guten Evaluationsergebnissen wurden in einem Pattern-Katalog als Ausgangsbasis für die Entwicklung von mobilen Applikationen zusammengefasst.

### **3.4. AP2.400 Erweiterung auf weitere Kommunikationsdienste und Integration für den Feldtest**

Im Rahmen des Arbeitspaketes 2.400 wurden die Ergebnisse des Machbarkeitsnachweises und Prototypings aus dem Arbeitspaket 2.300 zur Entwicklung weiterer ergänzender Komponenten und Verbesserung der bisher entwickelten Konzepte genutzt. Zur dienste-orientierten Architektur wurden weitere Kommunikationsdienste entwickelt und die Prototypen erweitert. Beispielsweise wurden konkret eine Verbindungsüberwachung implementiert, der Kontextdienst erweitert und ein externer Routing-Dienst zur Fahrplanauskunft angebunden. Der Systementwurf konnte auf Basis der Ergebnisse von AP 2.300 weiter verbessert und angepasst werden. Zudem wurden in diesem Arbeitspaket die Interaktions- und Visualisierungskonzepte weiter bearbeitet. Unter anderem durch den Einsatz des Dienstes zur Kontextverwaltung konnten die adaptiven Anteile der Konzepte umgesetzt werden. Die Konzepte zur benutzerorientierten Gestaltung wurden in horizontalen Prototypen umgesetzt und getestet. Die semantischen Modelle wurden erweitert und an die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie angepasst. Insbesondere in der zweiten Hälfte des AP-Bearbeitungszeitraums wurden ausgesuchte Teile der Prototypen für den Feldtest integriert, getestet und fortentwickelt. Inhaltlich und auch in ihrer sich überschneidenden Laufzeit wurden die Arbeiten der Arbeitspakete 2.300 und 2.400 stark verschränkt.

#### **3.4.1. Definition und Umsetzung weiterer Kommunikationsdienste**

In diesem Arbeitspaket erfolgte eine Erweiterung der in AP 2.300 entwickelten prototypischen Auskunftsplattform um weitere Dienste. Hiermit konnten die Implementierbarkeit und Erweiterbarkeit der zu standardisierenden Schnittstelle sichergestellt und Inkonsistenzen in der Schnittstellendefinition aufgedeckt werden. Hierzu wurden sowohl Dienste für das Echtzeit Kommunikations- und Auskunftssystem, das Portalsystem als auch für die Fahrzeugschnittstelle entwickelt. Die komponentenbasierte Erweiterbarkeit wurde mit der Anbindung eines externen Auskunftssystems und der Einbindung der definierten Fahrzeugdienste nachgewiesen.

Darüber hinaus wurden Analysen vorgenommen, in welchen Anwendungsfällen eine Pull-basierte Kommunikation eingesetzt werden sollte, und in welchen Fällen eine Push-basierte Kommunikation vorteilhaft ist. Hierzu wurden sowohl funktionale Anforderungen an ein Informationssystem als auch nicht-funktionale Anforderungen, wie der Energieverbrauch auf Mobilgeräten, berücksichtigt. Ausgehend von dieser Analyse wurden die einzelnen Schnittstellen der Kommunikationsdienste entweder Push- oder Pull-basiert ausgelegt. Diese so gewonnen Erkenntnisse wurden im Rahmen der Entwicklung der Labor-Prototypen umgesetzt. So wurde als Beispiel für die Push-basierte Kommunikation ein Verbindungsüberwachungsdienst implementiert, der den Reisenden automatisch per Push-Nachricht informiert, wenn es zu Verzögerungen im Reiseablauf kommt. Als Beispiel für eine Pull-basierte Kommunikation wurde unter anderem ein Verbindungsauskunftsdienst implementiert.

### 3.4.2. Anpassung des Systementwurfs und Prototyping

Im Rahmen der vorhergehenden Arbeitspakete 2.200 und 2.300 wurde eine diensteorientierte, offene Architektur zum Nachrichtenaustausch konzeptioniert und prototypisch implementiert. Die erstellten Schnittstellenbeschreibungen wurden in AP 2.300 und AP 2.400 sowohl technisch als auch fachlich überprüft. Hierbei aufgedeckte Schwachstellen im Systementwurf wurden in einem zweiten Schritt behoben. Die in AP 2.300 erstellten, prototypischen Implementierungen wurden im weiteren Verlauf von AP 2.400 an die neue Schnittstellendefinition angepasst, um die Implementierbarkeit dieser sicherzustellen. Weiterhin wurde eine Werkzeugkette aufgesetzt, mit der, ausgehend aus der formalen Schnittstellenbeschreibung, entsprechende Schnittstellenklassen automatisch generiert werden können.

### 3.4.3. Überarbeitung des Schnittstellenentwurfs

Die spezifizierten Schnittstellen wurden in diesem Arbeitspaket einem technischen Review unterzogen, um sowohl die Konsistenz und Einheitlichkeit der Spezifikation sicherzustellen, als auch um Fehler in der Spezifikation aufzudecken. Die Ergebnisse dieses Reviews wurden in den Schnittstellenentwurf eingearbeitet, um eine überarbeitete Version der Schnittstelle zu erstellen.

### 3.4.4. Interaktion und Visualisierung

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden die Visualisierungs- und Interaktionskonzepte weiterentwickelt, insbesondere unter dem Aspekt der Adaptivität für verschiedene Benutzergruppen. Anpassbar können dabei sowohl die Art der Fahrgastinformationen (durch kontextadaptive Bereitstellung von Informationen), deren visuelle Darstellung (in verschiedenen Visualisierungsprototypen und Pattern erarbeitet) als auch die Interaktion mit den Informationen (entwickelte Interaktionskonzepte und Pattern) sein. Unter Nutzung verschiedener Adaptivitätsmechanismen, unter anderem der Kontextkomponente, die prototypisch in AP 2.300 entwickelt wurde, wurden einzelne Konzepte in die entstandenen prototypischen mobilen Applikationen übernommen. Basierend auf den Entwicklungsarbeiten zur Patternevaluation aus AP 2.300 wurden die horizontalen Prototypen hinsichtlich der benutzerorientierten Gestaltung weiterentwickelt und insbesondere für die Bereiche Reiseplanung, Reiseinformation, Störungsmeldungen und Kommunikation zum Fahrzeug Konzepte zur Aufbereitung und Darstellung von Fahrgastinformation entwickelt und prototypisch umgesetzt. Diese Arbeiten dienen als Grundlage für die im Feldtest zur Evaluation der neuen Schnittstellen genutzten Applikationen. Diese wurden im Rahmen des AP 2.400 in Kooperation mit dem AK 1 und 3 entsprechend für die Nutzung im Feldtest vorbereitet und anschließend in eine Basisapplikation überführt.

### 3.4.5. Weiterentwicklung der Modelle

Ergebnisse des Machbarkeitsnachweises in AP 2.300 für den Einsatz semantischer Modelle in einem semantischen Portalsystem wurden in AP 2.400 genutzt, um die Modelle weiterzuentwickeln und zu verbessern. Hierzu gehörten Anpassungen der syntaktischen Modellierung, um die Verarbeitbarkeit von nach den Modellen strukturierten Daten sicherzustellen, auch im Hinblick auf gängige Softwarewerkzeuge. Weiterhin wurden die Modelle inhaltlich angepasst, um die erhobenen Anforderungen besser abzudecken und mit den überarbeiteten Schnittstellen kompatibel zu bleiben.

### 3.4.6. Integration für den Feldtest

Vor allem in der zweiten Hälfte der Bearbeitungszeit des AP 2.400 wurden ausgewählte prototypisch implementierte Systeme zur Nutzung im Feldtest erweitert und integriert. Hierzu wurde das prototypische semantische Portalsystem mit den nötigen nicht-semantischen Komponenten erweitert. Zusätzlich zur Anbindung der Labortest-EKAP aus AP 2.300 wurde eine weitere EKAP angebunden. Die Dienste beider EKAPs wurden getestet und mit dem Portalsystem und der Basisapplikation integriert. Die Basisapplikation selbst wurde weiterentwickelt, um die für die Testszenarien nötigen Dienste bereitzustellen. Ebenso wurde die Integration der Fahrzeugschnittstelle in die Basisapplikation vorangetrieben und im Labor getestet. Abschließend erfolgte hinsichtlich der Ziele für den Feldtest ein Abgleich der Testanforderungen mit der für den Feldtest umgesetzten Funktionalität. Die Ergebnisse dienten als Grundlage für die finale Anpassung der Systeme im Rahmen des AP 4.100.

## 3.5. AP2.500 Ausarbeitung Testfälle und Entwicklung Prüfwerkzeuge

Der Schwerpunkt des AP 2.500 lag auf der Erstellung und der Ausarbeitung von Testfällen sowie der Entwicklung von Prüfwerkzeugen zur Sicherstellung der Konformität mobiler Kommunikationsdienste. Aufgrund der inhaltlichen Nähe zum AP 3.500 fand die Entwicklung eines Konformitäts- und Prüfungswerkzeuges sowie die Erstellung von Testfällen gemeinsam mit dem AK 3 statt. Darüber hinaus wurden in diesem AP 2.500 Vorbereitungen zum Feldtest im AK 4 getroffen. Mithilfe der hier erstellten Testfälle und des Konformitätsprüfwerkzeuges kann sichergestellt werden, dass Softwarerealisierungen die Kommunikationsdienste gemäß den Vorgaben des TRIAS Standards bedienen können. Hiermit ist sichergestellt, dass Verkehrsunternehmen und Verbände neu anzuschaffende Systemtechnik verifizieren und abnehmen können.

In diesem Arbeitspaket wurden zunächst, ausgehend aus der Liste aller Anforderungen, geeignete Testfälle abgeleitet, formalisiert und implementiert. Aufbauend darauf wurde ein Konformitätsprüfungswerkzeug entwickelt, um relevante Systemkomponenten im Hinblick auf ihre Konformität zu überprüfen. Die so erstellten Tests wurden von den Verkehrsunternehmen im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit analysiert und sowohl in einem Laborsystem als auch in einem vorhandenen System auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind eine wichtige Grundlage für die Entwicklung neuer Komponenten sowie die Integration von schnittstellenrelevanten Systemtechnik-Komponenten in bereits existierende Infrastrukturen von Verkehrsunternehmen und Verbänden.

### 3.5.1. Testfallerstellung

Aufbauend auf AP 2.200 und in enger Zusammenarbeit mit dem AP3.500 wurde ein gemeinsamer Katalog von Testfällen aus den Anforderungen an ein Echtzeit Kommunikations- und Auskunftssystem abgeleitet. In einem zweiten Schritt erfolgte dann eine Formalisierung dieser Testfälle durch das Entwickeln von XQuery-Konsistenzbedingungen. Alle Testfälle wurden auf Dienste-Granularität entwickelt und für alle Testfälle wurde ein zweistufiges Review vorgenommen, um sowohl die technische Angemessenheit und Korrektheit als auch die fachliche Eignung der Testfälle sicherzustellen. Hierbei erfolgte die Sicherstellung der fachlichen Korrektheit durch die Anwendungspartner. Anschließend erfolgte für alle schnittstellenrelevanten Dienste eine

Überarbeitung der Testfälle und Konvertierung in ein durch das Konformitätsprüfungswerkzeug ausführbares Format.

In Summe wurden mehr als 2 000 unterschiedliche Testfälle für alle schnittstellenrelevanten Dienste der in IP-KOM-ÖV spezifizierten TRIAS-Schnittstelle erstellt. Diese Testfälle dienen hauptsächlich zum Testen der serverseitigen Auskunftsdienste. Einige Testfälle sind aber auch dazu geeignet, die Korrektheit des Clients zu überprüfen.

### 3.5.2. Konformitätsprüfungswerkzeug

Zur Ausführung dieser formalen Testfälle wurde ein modulares Konformitäts- und Prüfungswerkzeug erstellt. Ein spezieller Fokus wurde hierbei darauf gelegt, das Ausführen von Testfällen für die serverseitige Kommunikationssystemtechnik zu vereinfachen. Mit Hilfe des Prüfwerkzeuges ist es auch möglich, clientseitige Testfälle auszuführen. Das Prüfwerkzeug kann ohne Änderungen an der Programmierung erweitert werden und neue Testfälle können als XML-Testfälle mit eingebunden und automatisch ausgeführt werden.

Das Prüfwerkzeug beinhaltet einen ausführlichen Testfallkatalog zur Überprüfung der Konformität. Es ist einfach möglich, zusätzliche zustandslose Testfälle zu erstellen. Darüber hinaus existiert die Möglichkeit zur Erstellung und Ausführung von tiefer gehenden, zustandsbehafteten sequenziellen Testfällen. Um generische Testfälle zu ermöglichen, ist die Benutzung von Variablen in Testfalleingabedateien möglich. Zusammen mit ausgefeilten Testfall-Ablaufsteuerdateien kann so die Erhöhung der Wiederverwendbarkeit von Testfällen sichergestellt werden. Mithilfe dieses Werkzeuge ist sowohl eine Untersuchung der Schnittstellenfunktionalität als auch des Schnittstellenverhaltens möglich. Das Konformitäts- und Prüfwerkzeug ermöglicht eine grafische Visualisierung der Testfälle sowie der Testfallergebnisse. Des Weiteren werden die Testfallergebnisse in einer Textdatei protokolliert.

Mithilfe des Konformitäts- und Prüfwerkzeuges ist es gelungen, ein generisches Testsystem für die zu standardisierende Schnittstelle zu entwickeln. Mithilfe dieses Programms ist es sowohl Programmierern als auch Entscheidern möglich, die Validität von Schnittstellenimplementierungen zu überprüfen.

### 3.5.3. Vorbereitung des Feldtests

Parallel zur Entwicklung des Konformitätswerkzeuges erfolgte die Auswahl von Kernszenarien für die Durchführung des Feldtests. Dazu wurden basierend auf den Nutzungsszenarien des AP 2.100 und den im Rahmen des Konformitätswerkzeuges erstellten Testfällen solche Szenarien und Testfälle identifiziert, die für eine Evaluation mit Nutzern im Feld geeignet sind und Rückschlüsse auf die Definition und Umsetzung der Schnittstelle zulassen. Basierend auf diesen Szenarien wurde kontinuierlich in Verbindung mit den Arbeiten in AP 2.400 die Durchführung des Feldtests vorbereitet. Zudem wurden die Möglichkeiten der einzelnen Partner zur Umsetzung bestimmter Funktionalitäten erörtert und der Funktionsumfang festgelegt. Der Abschluss der Feldtestvorbereitung erfolgte in einem dreitägigen Pretest, indem folgende Punkte evaluiert und getestet wurden:

- Funktionsfähigkeit der Schnittstellen
- Kommunikation zwischen den Modulen EKAP, Portalsystem und Fahrzeug
- Szenarienauswahl und Aufgabenstellung
- Evaluationsequipment

- Testablauf

Die notwendigen Anpassungen in den Teilbereichen sowie die Durchführung der Evaluation im Feld, erfolgte in den APs 2.400 und 4.100.

### **3.6. AP2.600 Enddokumentation und Normierungsvorschlag**

Im Rahmen des AP 2.600 erfolgte die Definition des Normierungsvorschlages zur mobilen Kundeninformation im ÖV, des Normierungsvorschlages zu den semantischen Modellen sowie die abschließende Dokumentation der Projektergebnisse. In einen zweiten Schritt wurden die so entwickelten Normierungsvorschläge einem zweistufigen Review-Verfahren unterzogen und überarbeitet. In Ergänzung zu den Normierungsvorschlägen wurden wichtige Ergebnisse des Projektes in Form von VDV-Mitteilungen dokumentiert und veröffentlicht.

#### **3.6.1. Normierungsvorschlag VDV 430 „Mobile Kundeninformation im ÖV – Systemarchitektur“**

Die Definition der TRIAS-Schnittstelle (Travellers Realtime Information and Advisory Standard) erfolgt in den drei VDV-Schriften 430, 431-1 sowie 431-2. Der Normierungsvorschlag VDV-Schrift 430 beinhaltet dabei die im AK 2 bearbeitete mobile Kundeninformation im ÖV und stellt die dafür notwendige Systemarchitektur dar.

Diese Systemarchitektur lässt sich im Wesentlichen in die zwei Teilsysteme Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform (EKAP) sowie Portalsystem aufteilen. Der in AK3 spezifizierte Schnittstellenentwurf beschreibt die Schnittstelle zwischen dem Portalsystem und der EKAP. Im Feldeinsatz ist vorgesehen, dass Portalsysteme und EKAPs unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren können. Daher ist eine formal korrekte und gut spezifizierte Schnittstelle zwischen diesen Systemen unerlässlich. In diesem Arbeitspaket werden daher sowohl die Verantwortlichkeiten als auch die Architekturen aller relevanten Schnittstellendienste beschrieben.

##### **3.6.1.1 Struktur des Normierungsvorschlags**

Zu wesentlichen Teilen besteht der Normierungsvorschlag von TRIAS aus den Architektur-Beschreibungen von einzelnen TRIAS-Diensten. Diese sind im Wesentlichen:

- Architektur des Portalsystems und umliegender Komponenten
  - Personalisierung
  - Semantik
  - Push-Dienst
  - Zugriffskontrolle
  - Anfragesteuerung
  - Schnittstelle zum mobilen Endgerät
  - Mehrwertdienste
- Dienste und Dienstarchitektur
  - Fahrtinformation EKAP und Fahrzeug
  - Haltewunsch
  - Personalisierungsdienst
  - Modellverwaltung
  - Push-Dienst
  - Mehrwertdienste

- Anfragesteuerung und Registerdienst
- Physikalische Ortung

Ergänzt wird der Normierungsvorschlag durch eine Aufarbeitung des aktuellen Entwicklungsstands bekannter Technologien zur Umsetzung und die Darstellung besonderer Problemstellungen und Herausforderungen.

Für die Dienste und die dienst-orientierte Architektur wurde basierend auf den Ergebnissen von allen am AP2.600 beteiligten Partnern ein Normenentwurf erarbeitet, der eine Standardisierung der Kommunikationsdienste und der Referenzarchitektur ermöglicht.

### **3.6.1.2 Überarbeitung des Normierungsdokuments**

Dieser Normenentwurf wurde basierend auf den Projektergebnissen aller Projektpartner in den vorangehenden Arbeitspaketen erstellt. Die so erstellte Normierungsschrift wurde dann zunächst einem technischen Review durch die Projektpartner unterzogen, um in einem zweiten Schritt, der sogenannten Gelbdruck-Phase, durch die Verkehrsverbände fachlich geprüft zu werden. Die so gesammelten Anmerkungen und Änderungsmarkierungen werden vor der Veröffentlichung in die Normierungsschrift eingearbeitet.

### **3.6.2. Normierungsvorschlag zu „Mobile Kundeninformation im ÖV - Ontologien“**

Um die Standardisierung der entwickelten semantischen Modelle (Ontologien) zu ermöglichen, wurde ein Normierungsvorschlag erarbeitet, der die technischen Grundlagen der Modelle und ihrer Anwendung erläutert, sowohl Syntax als auch Semantik der Modelle aufbereitet und die für die Modellierung angewandten Konventionen beschreibt, um die Modelle erweiterbar und universell einsetzbar zu halten. Es wurden die Grundstrukturen der einzelnen Ontologien skizziert und weiterhin Beispiele zur Anwendung für intelligente Kommunikationsdienste mit der TRIAS-Schnittstelle gegeben, um den Anwendungsbereich der Ontologien darzulegen. Nach einem internen Review durch Projektpartner wurde der Normierungsvorschlag überarbeitet und dem VDV vorgelegt.

Die VDV-Ausschüsse haben den Vorschlag diskutiert und sind dabei zu dem Schluss gekommen, dass die vorgestellten Themen wichtig für die Verkehrsunternehmen sind, um die Inhalte des ÖVs auf weiter Ebene effizient bereitstellen zu können. Jedoch sind die Entwicklungen in diesem Bereich derzeit sehr dynamisch und somit wird eine Normierung mittels einer VDV-Schrift noch nicht als sinnvoll erachtet. Die VDV-Ausschüsse beschließen den Vorschlag als VDV-Mitteilung in 2014 zu veröffentlichen und somit der ÖPNV-Branche zur Verfügung zu stellen.

#### **3.6.2.1 Struktur des Normierungsvorschlags**

Der Normierungsvorschlag teilt sich in einen grundlegenden Teil und einen Ontologiespezifischen Teil:

- Grundlagen
  - Anwendungsbereich der Ontologien
  - Wissensrepräsentation für intelligente Systeme
  - Konventionen
  - Technische Grundlagen
  - Anhang – Beispielhafte Umsetzung eines semantischen Portalsystems
- Ontologien
  - Klassifikationsmodell
  - Interaktionsmodelle und Teile
  - Kontextmodell

### 3.6.3. Integration der Ergebnisse zur Enddokumentation

In der Enddokumentation wurden die Ergebnisse aller am AK2 beteiligten Partner zusammengeführt, dargestellt und abschließend einem projektinternen Review unterzogen. Ergebnisse, die den Umfang der Enddokumentation übersteigen würden, jedoch für nachfolgende Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie die Nutzung der entstandenen Schnittstellen einen besonderen Mehrwert darstellen, wurden und werden gesondert in VDV-Mitteilungen dokumentiert und veröffentlicht.

Entstandene und entstehende VDV-Mitteilungen:

- Nr. 7023 „Szenarien & Personen sowie deren Anforderungen an die Kundeninformationen“, 2012
- Nr. 7025 „Anwendungsfälle im Umfeld der Echtzeit-Kundeninformation“, 2012
- Nr. 4016 „Smarte Informationsdienste für den ÖV – Ontologien“ (geplant für 2014)

### 3.7. AP2.700 AK2 – Projektleitung und Administration

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden insbesondere die Koordinationsaufgaben innerhalb des Arbeitskomplexes 2 und zu den weiteren Arbeitskomplexen geleistet. Ebenso fiel die Koordination und Erstellung von Ergebnisdokumentationen sowie die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen teilweise in dieses Arbeitspaket.

#### 3.7.1. Koordination des Arbeitskomplexes

Es wurde in diesem Arbeitspaket sichergestellt, dass die inhaltlichen Arbeiten in den einzelnen Arbeitspaketen miteinander abgestimmt durchgeführt wurden. Die Abstimmungen in den Arbeitskomplexen und auch zwischen den Arbeitskomplexen wurden in regelmäßigen Sitzungen getroffen. Hier hatte sich nach kurzer Zeit etabliert, dass von den Arbeitskomplexen 2 und 3 gemeinsame Sitzungen durchgeführt wurden, um die enge Abstimmung von gemeinsamen Themen zu ermöglichen. Durch die Teilnahme des AK1-Leiters wurde sichergestellt, dass wichtige Ergebnisse aus diesem Arbeitskomplex in die Arbeiten des AK 2 und des AK 3 einfließen konnten. Die Einzelergebnisse der Partner wurden in den Arbeitssitzungen und durch Nutzung entsprechender Software-Plattformen, wie einem OWL-Server zur Ablage von Präsentationen, Berichten, etc. und einem Sharepoint-Server zur gemeinsamen Arbeit an Dokumenten zusammengeführt. Ebenso wurden in diesem Arbeitspaket die begleitenden Unteraufträge der TTI GmbH koordiniert.

#### 3.7.2. Koordination und Erarbeitung der Projektberichte

In Projektberichten zu den Meilensteinen wurden die Ergebnisse einzelner Arbeitsabschnitte des Arbeitskomplexes zusammengeführt. Die Arbeiten an den Projektberichten sowie deren Reviews wurden im Rahmen dieses Arbeitspaketes durchgeführt. Durch jeweils eine intensive Reviewphase durch die Projektpartner wurden deren inhaltliche und formale Konsistenz sichergestellt. Da für die Arbeitskomplexe 2 und 3 häufig gemeinsame Grundlagen erarbeitet wurden, wurden die Projektberichte zu den Meilensteinen häufig in gemeinsamer Arbeit und als integrierte Dokumente verfasst. Die Meilensteinberichte bildeten die Arbeitsgrundlage für die jeweils darauf folgenden Projektphasen. Zu folgenden Meilensteinen wurden Berichte erarbeitet:

- Meilenstein „Anforderungen abgeschlossen“ in drei Teilen
  - Persona und Szenarien
  - Anwendungsfälle

- Anforderungen
  - Meilenstein „Systemarchitektur definiert“
  - Meilenstein „Machbarkeitsnachweis erbracht“
  - Meilenstein „Definition, Umsetzung und Labortests fertig“

## **4. Arbeitskomplex 3: Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform**

### **4.1. AP3.100 Funktionale Beschreibung Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform**

In diesem Arbeitspaket wurden funktionale Anforderungen an eine Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform erfasst. Hierzu wurde zunächst der aktuelle Stand der Technik ermittelt. Ausgehend von diesem wurde ein Katalog „Anwendungsfälle und (betrieblichen) Störungen“ erfasst. Basierend auf diesem Katalog wurden funktionale Anforderungen an die zu erstellende EKAP abgeleitet und dokumentiert. Weiterhin wurden erste Testfälle zur Sicherstellung der Datenkonsistenz definiert.

Die detaillierten Ergebnisse des AP 3.100 finden sich auch in den Meilensteinberichten zu den Anforderungen und Anwendungsfällen wieder.

#### **4.1.1. Erfassung des Stands der Technik**

Zunächst wurde der Stand der Technik im Bereich von echtzeitbasierten Kommunikations- und Auskunftssystemen einschließlich der existierenden Schnittstellen erfasst. Dabei wurden vor allem die Schnittstellen VDV-Schrift 453/454, SIRI, Transmodel, DELFI und IFOPT berücksichtigt. Der Stand der Technik bestehender Auskunftssysteme wurde durch eine Analyse der bestehenden Systeme auf dem Markt ermittelt.

#### **4.1.2. Erstellung eines Störungskatalogs**

Aufbauend auf betrieblichen Abläufen und unter Einbezug der Szenarien aus AK2 wurde, ausgehend vom aktuellen Stand der Technik, in einer Analysephase eine Liste mit (betrieblichen) Störungen und ihren Auswirkungen auf die Reisenden erfasst. Dabei wurde einerseits zwischen Störungen und andererseits betrieblichen Maßnahmen zur Begegnung einer Störung unterschieden. Daraus wurden (betriebliche) Anwendungsfälle erstellt. Die Inhalte des Störungskatalogs und die Anwendungsfälle sind unter anderem in das „Begleitheft zum Entwicklungsprozess“ eingeflossen.

#### **4.1.3. Ableitung von Anforderungen**

Ausgehend vom Störungskatalog, einschließlich der betrieblichen Maßnahmen, wurden Anforderungen an eine Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform (EKAP) erfasst. Hierbei wurden die Anforderungen an ein solches System sowohl aus Benutzer- als auch aus Betreibersicht gesammelt, so dass ein Verkehrsunternehmen in der Lage ist, Reisende umfassend über eine Störung und die ergriffenen Maßnahmen zu informieren. Dabei wurden auch unterschiedliche Anforderungen an die EKAP zur Sicherstellung der Datenkonsistenz aufgelistet.

#### **4.1.4. Ableitung von Testfällen und Konsistenzbedingungen**

Ausgehend von den Anforderungen und den vorab erfassten Störungen und Maßnahmen wurde eine strukturierte Liste mit Anforderungen und System-Testfällen zusammengestellt. Mithilfe dieses Sets von Testfällen soll sichergestellt werden, dass die von der EKAP bereitgestellten Daten nützliche, klare und widerspruchsfreie Informationen darstellen, die dem Benutzer in personalisierter Form bereitgestellt werden können.

Die so spezifizierten Testfälle wurden in AP3.500 den eigenständigen Teilkomponenten der EKAP, den sogenannten Schnittstellendiensten, zugeordnet und formalisiert.

#### **4.1.5. Review der Arbeitsergebnisse**

In diesem Arbeitsschritt wurden die Arbeitsergebnisse dieses Arbeitspakets, also die Liste mit Testfällen und Konsistenzbedingungen sowie die Liste der Anforderungen, einem gegenseitigen Review unterzogen.

#### **4.1.6. Zusammenfassung**

Das Ergebnis der hier vorgenommenen Arbeiten bildet den Grundstein für die gesamte weitere Entwicklung des Projekts IP-KOM-ÖV. Daher finden sich direkte Ergebnisse dieses Arbeitspaketes in allen weiteren Arbeitspaketen und sind im ersten Meilensteinbericht verankert.

### **4.2. AP3.200 Systembeschreibung/-architektur Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Aufbauend auf der in AP 3.100 erarbeiteten, umfassenden Sammlung von Störungsfällen als Anwendungsfälle beim Betrieb des Öffentlichen Verkehrs wurden in diesem Arbeitspaket die notwendigen Systemkomponenten abgeleitet, die für eine echtzeitbasierte, proaktive Information des Fahrgasts im Störfall notwendig sind. Dabei wurden unter anderem folgende Komponenten im Gesamtsystem identifiziert und weitergehend analysiert: Solldatenversorgung, Betriebsleitsystem, Datendrehscheibe, Fahrplanauskunft, Kartenmodul, Benachrichtigungskomponente, Ereignis-Managementsystem, Tarifrächner und Zugriffskontrolle.

Für die reibungslose Zusammenarbeit dieser Komponenten untereinander und mit den Komponenten aus AK 1 und 2, sowie mit externen Komponenten sind Spezifikationen von Schnittstellendiensten notwendig. In diesem Arbeitspaket wurden diese Dienste aus den in AP 3.100 gewonnenen Anforderungen abgeleitet und ihr Interaktionsmodell mit den zugrundeliegenden Datenflüssen dargestellt. Die wichtigsten betrachteten Dienste sind: Verbindungssuche, Abfahrtstafeln, Ereignisinformationsdienst, Benachrichtigungsdienst, Kartendienst, Ortsauflösung, Fahrtinformation, Fahrzeuginformation und Anschlussstatus. Die Darstellung der Interaktionsmodelle erstreckte sich bis auf die Ebene einzelner Funktionen, die von den Schnittstellendiensten bereitgehalten werden. Auf diese Weise kann die Funktionsweise des Gesamtsystems in den einzelnen Anwendungsszenarien bereits sehr anschaulich und nachvollziehbar dargestellt werden. Für jede einzelne Funktion wurden die benötigten Ein- und Ausgabeparameter skizziert, was als Vorarbeit für die tatsächliche Spezifikation der Schnittstellendienste in Form einer geeigneten formalisierten Darstellung (vgl. AP 3.400) betrachtet werden kann.

Bei der Definition der Datenflüsse wurde sehr stark Bezug genommen auf die besonderen Abläufe in Leitstellen, die im Gange sind, solange Störungen oder andere Betriebsabweichungen vorliegen. Dazu wurde der in AP 3.100 erarbeitete Katalog von betrieblichen Maßnahmen in Leitstellen, ihrer Systemvorgänge und Bedienhandlungen von Disponenten herangezogen. Aus diesem Katalog geht hervor, in welcher Art von Störungssituation welche Art von betrieblicher Maßnahme zum Einsatz kommt, so dass sich die möglichen und sinnvollen Aktionen zur Information der Fahrgäste ableiten ließen und Einfluss genommen haben auf die Gestaltung der Datenflüsse in den Schnittstellendiensten.

Eine besondere Erwähnung verdienen hier die aktiven Benachrichtigungsmethoden, bei denen das System von sich aus aktiv wird, um Fahrgäste über neue Ereignisse, Störungen oder Zusatzverkehre zu benachrichtigen. Grundlage für diese Art der Kommunikation (Benachrichtigungsdienst) ist die Definition von Abonnement-Mechanismen, die Fahrgäste nutzen können, um ihr Interessen an bestimmten Linien, Haltestellen oder Verbindungen im System zu hinterlegen. Für die Unterstützung dieser Szenarien wurden in der Systemarchitektur die notwendigen Komponenten (Datendrehzscheibe, Ereignis-Management-System, Benachrichtigungskomponente, Personalisierungskomponente) vorgesehen und im Kommunikations- und Interaktionsmodell verankert.

Darüber hinaus wurde der Aspekt der Datenkonsistenz im Gesamtsystem diskutiert. Die Informationen, die ein Fahrgast erhält, sollen im Idealfall ein stimmiges Bild ergeben, anhand dessen sich der Fahrgast orientieren kann und mit dessen Hilfe er ggf. neue Entscheidungen fällen kann. Wenn Daten in einem komplexen System jedoch unterschiedliche Wege nehmen, zu unterschiedlichen Zeiten aktualisiert werden oder sich zum Teil gegenseitig außer Kraft setzen, droht Inkonsistenz. Dieses Arbeitspaket liefert bei der Bewältigung dieser Problemstellungen einen Beitrag durch Standardisierung der Abläufe und Datenflüsse.

Für die Effektivität der Handlungsempfehlungen an den Fahrgast ist die Qualität der Daten, insbesondere der Echtzeit- und Prognosedaten von entscheidender Bedeutung. In diesem Arbeitspaket wurde daher der Prozess der Gewinnung von Echtzeitdaten und der daraus entstehenden Prognosen eingehend betrachtet. Prognosedaten lassen sich in verschiedene Qualitätsstufen einteilen, die typischerweise mit unterschiedlichen betrieblichen Maßnahmen und Zuständen einhergehen. Darauf wurde bei der Definition der Schnittstellendienste für Echtzeitinformation der Fahrgäste Rücksicht genommen.

Insgesamt entstand so eine funktionale Systemspezifikation, die die Rollen der an den Prozessen beteiligten Akteure in Form von Systemkomponenten abstrahierte. Die notwendige Kommunikation zwischen den Komponenten wurde in Schnittstellendiensten gebündelt und bis auf Funktionsebene herunter gebrochen. Dadurch entstand ein umfangreiches Interaktionsmodell, das die entscheidenden Datenflüsse summarisch beschreibt. Dabei erfolgte eine enge Abstimmung mit den im AP 2.200 durchgeführten Arbeiten, um die Systemarchitektur der Benutzerschnittstelle und der Hintergrundsysteme aufeinander abzustimmen.

Dieses funktionale Modell wurde zunächst im Machbarkeitsnachweis (AP 3.300) auf kritische Punkte hin untersucht und diente dann als Ausgangspunkt für die formale Spezifikation der Schnittstellendienste als programmierbares Software-Artefakt (AP 3.400).

### **4.3. AP3.300 Machbarkeitsnachweis**

#### **Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Im Rahmen der Projektarbeiten des AP 3.300 wurden die entwickelte Systemarchitektur für die EKAP und in Kooperation mit dem AP 2.300 die Komponenten des Portalsystems hinsichtlich der Kriterien Vollständigkeit, Konsistenz, Fehlertoleranz, Informationsfluss, Modularität, Zugriffskontrolle, Kompatibilität, Erweiterbarkeit und Benutzbarkeit evaluiert. Diese Kriterien wurden aus den Bereichen Aufgabe, System, Umfeld und Nutzer abgeleitet, mit einer nutzerzentrierten Sicht auf die Umsetzung der EKAP und die Nutzung der zu konzipierenden Schnittstellen.

### 4.3.1. Kriterien für den Machbarkeitsnachweis

Für die Durchführung des Machbarkeitsnachweises wurden für das AK 3 in einer prototypischen Umsetzung der EKAP in Form einer Simulation, die in der folgenden Tabelle 3 dargestellten Kriterien evaluiert.

Kriterium	Operationalisierung
Vollständigkeit	Erfüllungsgrad in Abhängigkeit vom Informationsbedarf der Nutzer
Konsistenz	Einheitlichkeit der Datenbezeichnungen
	Übereinstimmung der Ein- und Ausgabedaten bei der Dienstekommunikation
Fehlertoleranz	Grad der Betriebsfähigkeit bei unterschiedlichen Informationszuständen
Informationsfluss	Effizienz des Informationsaustausches
Modularität	Grad der Betriebsfähigkeit in unterschiedlichen Ausbaustufen

Tabelle 3: Kriterien Machbarkeitsnachweis AK3

### 4.3.2. Komponentenevaluation

Die Evaluation mittels EKAP-Simulation erfolgte anhand eines horizontalen einfachen Prototyps, der eine mögliche Umsetzung der Dienste innerhalb der EKAP simuliert. Innerhalb der Simulation wurden nutzerorientierte Anfragen an den Prototyp gerichtet und die resultierenden Ausgaben mit dem Informationsbedarf der Nutzer verglichen. Durch diesen Ablauf sind zusätzlich Analysen hinsichtlich des Informationsflusses und der Modularität möglich.

Für die Durchführung des Tests mit der entwickelten EKAP-Simulation wurden 13 Anfrageschablonen mit 46 Anfragen sowie Alternativanfragen erstellt. Die von der Anfrage betroffenen Dienste und Komponenten wurden ausgewiesen und der simulierte Informationsfluss dargestellt.

### 4.3.3. Ergebnis des Machbarkeitsnachweises

Der Machbarkeitsnachweis lieferte detaillierte Ergebnisse zur Weiterentwicklung der Dienste. Somit konnte Mehrarbeit insbesondere bei der Konsistenz der Datenbezeichnungen, der Vollständigkeit der Ein- und Ausgabedaten sowie des Informationsflusses vermieden werden. Zudem wurden für die zuliefernden Schnittstellen VDV 453/454 Vorschläge zur Erweiterung der Schnittstellen entwickelt und eingebracht, um eine Versorgung der EKAP mit den notwendigen Daten zu gewährleisten.

Hinsichtlich des Demonstrators erfolgte im Rahmen des Machbarkeitsnachweises bereits die Erstellung und Evaluation eines Fahrzeug-Fahrt-Abbilders, der aus den folgenden Komponenten besteht:

- **Echtzeit-Fahrtlokalisierer:** Fragt von EKAP in regelmäßigen Abständen Fahrpläne und Fahrtlagen ab und legt die entsprechende Information in eine Datenbank (Echtzeit-Wissensbasis) ab. Ist auf Basis der abgelegten Informationen dazu in der Lage, Fahrten auf Anfrage zu lokalisieren.
- **Abbildungs-Aktualisierer:** Empfängt Informationen vom Fahrzeug (durch eine Migrationskomponente auf dem Fahrzeug) und lässt bestimmte Fahrten vom

Echtzeit-Fahrtlokalisierer orten. Aktualisiert auf Basis der Lokalisierungsinformationen gegebenenfalls eine Abbildungstabelle Fahrzeug-Fahrt.

- **Anfrage-Server:** Liefert auf Anfrage die Fahrt-ID (Identifikator der derzeit ausgeführten Fahrt) zu einer übergebenen Fahrzeug-ID.

Die entwickelte Lösung zeigt zudem eine mögliche Migrationsstrategie für die spätere Nutzung der Projektergebnisse auf.

#### **4.4. AP3.400 Definition der Kommunikationsdienste Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform**

In diesem Arbeitspaket wurden zum Einen vorhandene Schnittstellen zur Übertragung von Echtzeit-, Prognose- und Störungsdaten betrachtet, zum Anderen aber auch neue, notwendig gewordene Schnittstellendienste zur Bereitstellung von aktuellen ÖV-Verkehrsinformationen auf Smartphones mittels Applikationen definiert.

Als Ausgangspunkt diente das Datenflusskonzept der Gesamtsystemarchitektur aus AP 3.200. Auf Basis der darin enthaltenen Anforderungen an die Echtzeitschnittstellen wurden die Standards VDV 453/454 und die diversen SIRI-Dienste daraufhin untersucht, ob sie die notwendigen Schnittstellenelemente bereits zur Verfügung stellen. Diese Untersuchung zeigte, dass neben kleinerer Unzulänglichkeiten vor allem die Übertragung der tatsächlichen Ankunfts- und Abfahrtszeiten der Fahrzeuge an den Haltestellen, die Zuordnung der Verkehre zu den verantwortlichen Verkehrsunternehmen und die Übertragung einer Fahrzeug-ID für jede Fahrplanfahrt in der Schnittstelle VDV 454 noch nicht ausreichend berücksichtigt sind. Diese Änderungswünsche wurden noch in der Projektlaufzeit in den zuständigen VDV-Ausschuss eingebracht.

Für die Kommunikation mit den Applikationen auf Smartphones wurde in diesem Arbeitspaket eine neue Schnittstellenfamilie TRIAS (Travellers' Realtime Information and Advisory Standard) geschaffen. TRIAS erlaubt es den Applikationen, Informationen von Fahrzeugen und Hintergrundauskunftssystemen (EKAPs) auf Basis von Internet-Protokoll-basierter Kommunikation standardisiert abzurufen. TRIAS stützt sich dabei auf das bereits in SIRI etablierte Kommunikationsschema ab. Die TRIAS Schnittstellendienste sind in XML-Schema definiert. Durch diese Abstützung auf vorhandene und bereits weit verbreitete Standards wird die Einstiegshürde zur Verwendung der neuen TRIAS-Dienste deutlich nach unten verlegt, da Softwarefirmen bereits vorhandene Komponenten wiederverwenden können.

Bei der Erstellung der Dienstdefinitionen wurde großer Wert auf einen modularen Aufbau gelegt, der eine langjährige Pflege und Aktualisierung der Schnittstellen erleichtern soll. Die Terminologie der Elemente orientiert sich – soweit es sinnvoll erschien – an TRANSMODEL, um eine etwaige Standardisierung auf europäischer Ebene vorzubereiten. Vorhandene Objektmodelle aus SIRI, vor allem aus dem Bereich der Störungsmodellierung und der Haltestellen- und Fahrzeugeinrichtungen, wurden eingebunden, um Doppeldefinitionen zu vermeiden. Eine Orientierung an anderen vorhandenen Schnittstellenstandards zur Fahrgastinformation wie DELFI und JOURNEYWEB fand statt, wo es inhaltlich sinnvoll war. Durch diese Vorgehensweise versuchte man die TRIAS-Schnittstellen so gut wie nur möglich in die vorhandene Landschaft der Standards einzugliedern.

Für jeden TRIAS-Schnittstellendienst wurden die möglichen Fehlerzustände identifiziert und durch einheitliche Fehlercodes in Klassen eingeteilt, so dass eine einheitliche Fehlerbehandlung vorbereitet und erleichtert wird.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Metadaten gelegt. Das sind Daten, die über Systemgrenzen hinweg bekannt sein müssen, um ein Funktionieren des Gesamtsystems zu gewährleisten. In der Praxis läuft dies auf allgemein bekannte Referenzen für gemeinsam genutzte Objekte hinaus: Identifikatoren für Haltestellen und Haltepunkte, Orte und Gemeinde, Verkehrsunternehmen, Linien, Fahrzeuge, Fahrten etc. In diesem Arbeitspaket wurden für die Syntax dieser Identifikatoren umfangreiche Vorschläge gemacht, die sich eng an die Vorschriften aus dem CEN-Standard IFOPT anlehnen.

Für jeden TRIAS-Dienst wurden alle Datenelemente für jede Anfrage- und Antwortstruktur beschrieben. Die Beschreibung umfasst dabei den Namen des Elements, Angaben zur Kardinalität, zum Datentyp, etwaige Kindelemente und eine Erläuterung der Bedeutung und der Verwendungsmöglichkeiten des Elements. Diese Angaben wurden in einer einheitlichen komprimierten Tabellenform gemacht, die es erlaubt, auch bei großem Umfang an Strukturen Übersichtlichkeit zu bewahren. Daneben liegen die Schnittstellendienste auch in der Form von XML-Schema-Dateien (XSDs) vor. Diese sind hierarchisch aufgebaut und inkludieren sich gegenseitig. XSDs können von entsprechenden Softwarewerkzeugen validiert werden, was eine erste formale Prüfung der Schnittstelle erlaubt. Auch später können TRIAS-Nachrichten auf Konformität gegen die XSDs validiert werden. Die XSDs sind die Grundlage für Programmierer, um TRIAS-Dienste zu entwickeln.

Die Schnittstellendefinitionen und –beschreibungen wie auch die XSD-Dateien wurden von den Projektpartnern gegenseitig einem strengen Review unterzogen, um der Gefahr von Flüchtigkeitsfehlern und Inkonsistenzen möglichst zu begegnen.

#### **4.5. AP3.500 Prüfungswerkzeuge und Testfälle Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Der Schwerpunkt des AP 3.500 lag auf der Erstellung und der Ausarbeitung von Testfällen sowie die Entwicklung von Prüfwerkzeugen zur Sicherstellung der Schnittstellenkonformität mobiler Kommunikationsdienste. Mithilfe der hier erstellten Testfälle und des Konformitätsprüfwerkzeuges kann sichergestellt werden, dass Softwarerealisierungen die Kommunikationsdienste gemäß den Vorgaben des IP-KOM Standards bedienen können. Hiermit ist sichergestellt, dass die innerhalb des Projekts erstellten Demonstratoren und Prototypen gemäß der Schnittstellendefinition funktionieren. Das im Rahmen dieses Arbeitspaketes erwähnte Prüfwerkzeug wurde aufgrund der inhaltlichen Nähe zum AP 2.500 gemeinsam mit dem Projekt-Team des AK 2 spezifiziert, konzeptioniert und entwickelt. Hierbei wurde sowohl von AP 2.500 als auch von AP 3.500 an der Entwicklung des Konformitätsprüfwerkzeuges und der Erstellung von Testfällen mitgewirkt.

In diesem Arbeitspaket wurden zunächst, ausgehend aus der Liste aller Anforderungen, geeignete Testfälle abgeleitet, formalisiert und implementiert. Aufbauend darauf wurde ein Konformitätsprüfungswerkzeug entwickelt, um relevante Systemkomponenten im Hinblick auf ihre Konformität zu überprüfen. Der Schwerpunkt der im Rahmen von AP 3.500 durchgeführten Arbeiten lag hierbei in der Erstellung von Testfällen. Die so erstellten Tests wurden von den Verkehrsunternehmen im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit analysiert und sowohl in einem Laborsystem als auch in einem vorhandenen System auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind eine wichtige Grundlage für die Entwicklung neuer Komponenten sowie die Integration von schnittstellenrelevanten Systemtechnik-Komponenten in bereits existierende Infrastrukturen von Verkehrsunternehmen und Verbänden.

#### **4.5.1. Testfallerstellung**

Aufbauend auf dem Arbeitspaket 3.200 wurden aus den Anforderungen an die zu spezifizierende Schnittstelle Testfälle abgeleitet und in einem zweiten Schritt formalisiert. Diese Testfälle wurden auf Dienstebene ausgearbeitet, so dass sie modular dienstspezifisch ausgeführt werden konnten.

Anschließend erfolgte ein zweistufiges Review-Verfahren. Hierbei wurde zunächst die technische Angemessenheit der Testfälle überprüft. Anschließend fand eine Sicherstellung der fachlichen Korrektheit der so erstellten Testfälle durch die Verkehrsunternehmen und -verbände statt.

Zum Schluss wurden alle schnittstellenrelevanten Dienste-Testfälle einer Überarbeitung unterzogen und von den Projektpartnern in ein durch das Konformitätsprüfungswerkzeug ausführbares Format übersetzt.

In Summe wurden mehr als 2.000 unterschiedliche Testfälle für alle schnittstellenrelevanten Dienste der in IP-KOM-ÖV spezifizierten TRIAS-Schnittstelle erstellt. Alle diese Testfälle können mit dem Konformitäts- und Prüfwerkzeug automatisch ausgeführt werden.

#### **4.5.2. Konformitätsprüfungswerkzeug**

Zur Ausführung dieser formalen Testfälle wurde ein modulares Konformitäts- und Prüfungswerkzeug erstellt. Ein spezieller Fokus wurde hierbei darauf gelegt, das Ausführen von Testfällen für die serverseitigen Auskunftsdienste zu vereinfachen. Mit Hilfe des Prüfwerkzeuges ist es aber auch möglich, Client seitige Testfälle auszuführen. Das Prüfwerkzeug kann ohne Änderungen an der Programmierung erweitert werden und neue Testfälle können als XML-Testfälle mit eingebunden und automatisch ausgeführt werden.

Das Prüfwerkzeug greift auf einen ausführlichen Testfallkatalog zur Überprüfung der Konformität zu. Neben der Validierung des Schemas von ein- und ausgehenden Nachrichten ist es einfach möglich, zusätzliche zustandslose Testfälle zu erstellen. Darüber hinaus existiert die Möglichkeit zur Erstellung und Ausführung von tiefergehenden, zustandsbehafteten sequenziellen Testfällen. Um generische Testfälle zu ermöglichen, ist die Benutzung von Variablen in Testfalleingabedateien möglich. Zusammen mit ausgefeilten Testfall-Ablaufsteuerdateien kann so die Erhöhung der Wiederverwendbarkeit von Testfällen sichergestellt werden. Mithilfe dieses Werkzeuge ist sowohl eine Untersuchung der Schnittstellenfunktionalität als auch des Schnittstellenverhaltens möglich. Das Konformitäts- und Prüfwerkzeug wird mit einem ausführlichen Testfallkatalog ausgeliefert, der nach Bedarf um eigene Testfälle erweitert werden kann.

Das so entwickelte Konformitäts- und Prüfungswerkzeug wurde gemeinsam von AP 2.500 und AP 3.500 konzeptioniert. Wesentliche Beiträge zur Ablaufsteuerung der Test-

fälle wurden von den Partnern aus AK 3 geliefert während die Benutzeroberfläche im Wesentlichen von den Partnern im AK 2 entwickelt wurde.

Im Rahmen des Projekts wurde als Hauptziel das Testen von Auskunftsdienstservern identifiziert. Daher richtet sich das Prüfwerkzeug hauptsächlich an Entwickler von solchen Systemen oder an Entscheider, welche die Konformität dieser Systeme überprüfen wollen. Die Ausführung von clientseitigen Testfällen zur Überprüfung der Konformität von Schnittstellen-Clients ist ebenfalls möglich, aber deutlich aufwändiger.

Das Konformitäts- und Prüfwerkzeug ermöglicht eine graphische Visualisierung der Testfälle sowie der Testfallergebnisse. Des Weiteren werden die Testfallergebnisse in einer Textdatei protokolliert.

Weiterhin wurde eine Benutzerdokumentation für das so entwickelte Werkzeug erstellt. Mithilfe dieser Dokumentation können sich Dritte in seine Verwendungsmöglichkeiten einarbeiten und eigene oder neue Testfälle sowohl für Clients als auch für Server erstellen.

#### **4.6. AP3.600 Entwicklung und Verifikation der Schnittstellen im Labor Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Die Aufgabe dieses Arbeitspakets war es, die Praxistauglichkeit der in AP 3.400 definierten Schnittstellen durch Labortests nachzuweisen. Hierzu flossen nun die Ergebnisse einiger vorangegangener Arbeitspakete ein. Zunächst wurden für die wichtigsten Dienste die Schnittstellendefinitionen aus AP 3.400 implementiert und in vorhandene echtzeitfähige Auskunftssysteme integriert. Die auf diese Weise entstandene serverseitige Testmöglichkeit wurde nun durch Clients aufgerufen, die durch das Konformitätsprüfwerkzeug in AP 3.500 und durch die Entwicklung einer prototypischen Smartphone-App in AK 2 entstanden waren. Basis der Tests waren dabei die Anwendungsszenarien aus den APs 3.100 und 2.100 sowie die in AP 3.500 gesammelten und formalisierten Testfälle.

Um Tests anhand realer Daten durchführen zu können, wurden zwei Test-EKAPs aufgesetzt, die durch die in AK 2 entwickelten prototypischen Applikationen angefragt werden konnten: eine EKAP mit Fahrplan- und Echtzeitdaten der Deutschen Bahn AG sowie eine EKAP mit den Fahrplandaten des Stuttgarter Verkehrs- und Tarifverbundes (VVS), die an die Datendrehscheibe des VVS angebunden wurde, um Echtzeitdaten der SSB AG zu erhalten.

Auf diese Weise konnten praxisnahe Testszenarien aufgebaut und einer unmittelbaren Überprüfung vor Ort unterzogen werden (Vorbereitung auf den Feldtest in Stuttgart). Zu diesen Szenarien gehörten unter anderem die logische Ortung von Fahrgästen in sich bewegenden Fahrzeugen und ein Szenario für eine geplante Reise, bei der durch eine Störungssituation ein geplanter Anschluss nicht erreicht werden kann, so dass eine Benachrichtigung eines betroffenen Nutzers erfolgt.

Durch die Implementierung in realen Auskunftssystemen und die Durchführung der beschriebenen Tests konnten eine Reihe von Fehlern oder Designschwächen in der Schnittstellendefinition aufgedeckt und bereits während der Laufzeit des Projekts behoben werden.

In der beschriebenen Weise konnten im Rahmen dieses Arbeitspakets die folgende Schnittstellendienste einem Labortest unterzogen werden: Verbindungssuche, Abfahrts- tafeln, Ortsauflösung, Tarifauskunft, logische Ortung und Benachrichtigungsdienst.

In umgekehrter Weise wurden die Laborimplementierungen der Schnittstellendienste in den EKAPs auch für die Prototypenentwicklung in AK 2 genutzt, so dass ein gegenseitiger Testnutzen durch die enge Zusammenarbeit zwischen AK 2 und AK 3 erzielt werden konnte.

#### **4.7. AP3.700 Enddokumentation und Normierungsvorschlag – Teil Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Aufgabe dieses Arbeitspakets war neben der Erstellung der Projektabschlussberichte die Erstellung eines Normierungsvorschlags für die entstandenen Schnittstellendefinitionen. Für die im AK 3 erarbeiteten Ergebnisse sind dazu die beiden folgenden VDV-Schriften entstanden:

- VDV-Schrift 431-1 „Echtzeitkommunikations- und Auskunftsplattform EKAP Teil 1: Systemarchitektur“  
und
- VDV-Schrift 431-2 „Echtzeitkommunikations- und Auskunftsplattform EKAP Teil 2: EKAP-Schnittstellenbeschreibung“

Der Aufbau der Schrift 431-1 gliedert sich in die Teile

- Systemaufbau
- Architekturkomponenten
- Kompatibilität
- Dienste (inkl. Detailarchitekturen)

Der Aufbau des zweiten Teils 431-2 gliedert sich in die Teile

- Notation der XML-Elemente und –Strukturen
- Nachrichtenübermittlung
- Identifikation von Objekten über Systemgrenzen hinweg
- Dienste und XML-Schemata
- Gemeinsam genutzte XML-Strukturen
- Ortsinformationsdienst
- Dienst Verbindungsauskunft
- Dienst Abfahrtstafeln
- Dienst Logische Ortung
- Dienst Fahrtinformation (EKAP)
- Anschlussdienste
- Dienst Fahrpreis- und Tariffberechnung
- Dienst Buchungsinformationen
- Dienst IV-Routing
- Dienst Kartendienst
- Dienst Schadensmeldung / Zustand von Einrichtungen
- Benachrichtigungsdienst
- Personalisierungsdienst
- Fahrzeuginformationen
- Dienst Haltewunsch an Fahrzeug
- Dienst Diensteregister

- Dienst Authentifizierung

Die beiden Schriften 431-1 und 431-2 wurden dem so genannten Gelbdruckverfahren unterworfen, bei dem die Mitgliedsunternehmen des VDV eine Kommentierung vornehmen können, zu der die Autoren Stellung beziehen müssen. Die im Rahmen dieses Reviewverfahrens vorgelegten Kommentare wurden durch die Projektpartner bearbeitet und führten zu punktuellen Verbesserungen des Normierungsentwurfs.

Schließlich konnten die Schriften durch den VDV veröffentlicht werden und stellen nun einen neuen Schnittstellenstandard im Bereich des ÖVs dar. Zusammen mit den Schriften werden auch die im Projekt erarbeiteten XML-Schema-Dateien durch den VDV veröffentlicht. Sie stellen für Programmierer den Ausgangspunkt für Realisierungen der Schnittstellendienste dar.

#### **4.8. AP3.800 Projektleitung und Administration AK3 Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform**

Im Arbeitspaket 3.800 waren alle administrativen Tätigkeiten zur Koordination der Arbeiten im AK 3 gebündelt. In erster Linie ist hier die Sitzungstätigkeit als Rückgrat der Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern zu nennen. Die Besprechungen im AK 3 fanden fast ausschließlich zusammen mit dem AK 2 statt, um wegen der vielfältigen inhaltlichen Berührungspunkte einen unmittelbaren Austausch zwischen den AKs herstellen zu können. Darüber hinaus notwendiger Informationsaustausch mit anderen AKs (insbesondere auch zu AK 1 und AK 4) wurde in Einzelgesprächen, Telefonaten, per E-Mail oder auch kleineren Besprechungsrunden betrieben. Zu den administrativen Aufgaben rund um die Sitzungstätigkeit gehörten die Terminfindung, die Auswahl des Veranstaltungsorts, die Erstellung einer Agenda, das Versenden der Einladung, die Leitung der Sitzung, das Verteilen von protokollarischen Pflichten und das Reviewverfahren für die erstellten Berichte.

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde der Arbeitsfortschritt fortlaufend kontrolliert. Dazu gehörte die klare Verteilung von Arbeitsaufträgen, was meist während der Besprechungen erfolgte. Die Arbeitsaufträge wurden zwischen den Besprechungsterminen bearbeitet, so dass beim Folgetreffen die Ergebnisse vorgestellt werden konnten. Bei inhaltlichen Differenzen war es die koordinierende Aufgabe vor allem der AK-Leiter, zwischen den Positionen moderierend zu vermitteln und eine Einigung und Entscheidung herbeizuführen.

Weitere Aufgabe dieses Arbeitspakets war die Erstellung der notwendigen Berichte. Dazu zählen einerseits die halbjährlichen Berichte an den Projektträger, andererseits die Meilensteinberichte über die Projektergebnisse. Bei letzteren war ebenfalls wieder eine koordinierende Tätigkeit notwendig, um den Umfang in sinnvolle Teile zu gliedern, die Aufgaben zu verteilen, die Zuarbeiten der Partner zu integrieren und eine Endredaktion vorzunehmen.

Für die gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten wurden Dokumentverwaltungssysteme (OWL, Sharepoint) benutzt, die auch eine Versionierung und Sicherung von Projektdokumenten gewährleisten.

## 5. Arbeitskomplex 4: Feldtest

### 5.1. AP4.100 Feldtest Stuttgart

Die in IP-KOM-ÖV entwickelten Schnittstellen TRIAS und IBIS-IP wurden beispielhaft im Rahmen des Feldtest umgesetzt. Dazu wurden zwei Echtzeit-Kommunikations- und Auskunftsplattformen (EKAP), Portalsysteme und mobile Applikationen, in der für die Testfälle notwendigen Ausbaustufe, umgesetzt. Zudem wurden eine Stadtbahn und ein Bus der SSB AG in Stuttgart mit den entsprechenden Komponenten und drahtlosen Schnittstellen für die Fahrgastinformation ausgestattet. Somit konnten verschiedene typische Testfälle evaluiert und demonstriert werden.

Die Vorbereitung und Durchführung des AP 4.100 gliedert sich in drei Phasen. Ausgehend von den Arbeiten in den AK 1, 2 und 3 wurden die entwickelten Prototypen und Testfälle für das Feldtest- und Demonstrationssystem integriert und angepasst. In der zweiten Phase erfolgte eine dreiwöchige Evaluation mit Fahrgästen aus dem Raum Stuttgart. In der dritten Phase wurden die Systeme für die Demonstration vor Fachpublikum eingesetzt.

#### 5.1.1. Integration der Feldtest- und Demonstrationssysteme

Zur Demonstration der Verkehrsmittelunabhängigkeit wurde nicht nur in einer Stadtbahn die Schnittstelle zum mobilen Kundenendgerät zur Verfügung gestellt sondern darüber hinaus auch in einem Bus. Aufgrund der proprietären Fahrzeugausrüstung eines Drittherstellers wurde ein zusätzlicher IBIS-IP-fähiger Bordrechner in die Fahrzeuge verbaut, auf welchem die standardisierten Schnittstellen für die mobile Applikation bereitgestellt wurden. Dies entspricht einem der möglichen Migrationsszenarien.

Zur Demonstration der bidirektionalen Kommunikation wurde im Bus ein von einer mobilen Applikation abgesetzter Haltewunsch so umgesetzt, dass dieser an der Innenanzeige dargestellt wurde. Dafür erfolgte eine direkte Anbindung an die Fahrzeugelektrik.

Zur Demonstration der Interoperabilität wurden zwei verschiedene EKAPs aufgebaut. Die eine deckte den Öffentlichen Verkehr im Raum des Verkehrs- und Tarifverbunds Stuttgart (VVS) ab, die andere den Fernverkehr der DB AG. Die EKAPs griffen auf die bestehenden Hintergrundsysteme zu und stellten Echtzeitdaten aus den jeweiligen Produktivsystemen zur Verfügung. Der Komponentenaufbau der im Feldtest verwendeten EKAPs orientiert sich an der allgemeinen Systemarchitektur, die im AP 3.200 eingeführt worden ist. Folgende Komponenten kamen im Feldtest zum Einsatz: Zugriffskontrolle, Fahrplanauskunft, IV-Router, Tarifrechner, Geo-Namensregister, Ereignis-Management-System, Datendrehzscheibe und die Benachrichtigungskomponente. Auf der Grundlage dieses Aufbaus konnten folgende Dienste im Feldtest gezeigt werden: Ortsauflösung, Verbindungsauskunft, Abfahrtstafeln, Störungsinformation und Benachrichtigungsdienst.

Zur Demonstration der Kundenschnittstelle wurden ein Portalsystem sowie eine mobile Applikation für Android zur Verfügung gestellt und mit den anderen Komponenten des Feldtest- und Demonstrationssystems verbunden. Hierzu gehörte die Anbindung der mobilen Applikation an die zwei EKAPs über das Portalsystem sowie die Anbindung an die Fahrzeugschnittstelle in Stadtbahn und Bus.

Folgende Funktionalitäten wurden für den Feldtest umgesetzt:

- Reiseplanung,
- Echtzeitreiseinformation von Fahrzeug und EKAP,

- individuelle Störungsinformation,
- Haltwunsch.

Zusätzlich wurden für die Demonstrationsszenarien das semantische Portalsystem sowie die semantischen Modelle erweitert und angepasst. Außerdem wurde eine nutzbare semantische Datenbasis aufgesetzt und erweitert sowie die dazugehörigen Dienste in die Benutzungsschnittstelle der Basisapplikation integriert. Die in den semantischen Diensten genutzten Algorithmen wurden vor Ort in Stuttgart in Parametertests getestet und daraufhin angepasst und verbessert.

Zur Vorbereitung des Feldtests und der Demonstrationstermine wurden die Komponenten hinsichtlich der geplanten Szenarios angepasst, integriert und unter realen Bedingungen getestet.

### **5.1.2. Feldevaluation mit Fahrgästen der SSB**

Ziel der Feldevaluation war es, die Gebrauchstauglichkeit der entwickelten Kommunikationsschnittstellen zu testen. Dabei wurde insbesondere die Fähigkeit der Schnittstellen zur Unterstützung des Fahrgasts sowohl bei der Zieldefinition als auch während der gesamten Reisezeit evaluiert. Dies beinhaltet die individuelle Bereitstellung der Informationen zur Reiseplanung, Echtzeit-Reiseinformation und Störungsinformation auf dem mobilen Endgerät in integrierter Form.

Für die Durchführung des Feldtest in Stuttgart wurden ein Testkonzept entsprechend der Anwendungsszenarien erstellt und eine Probandenakquise im Stuttgarter Raum durchgeführt.

Die Feldevaluation erfolgte mit 36 Testpersonen zwischen 18 und 60 Jahren auf der Test- und Demonstrationsstrecke von Plieningen bis „Stuttgart, Berufsbildungszentrum“ mit ca. 12km Länge. Das Testszenario umfasste die Fahrt mit Stadtbahn und Bus sowie den Umstieg am Vaihinger Bahnhof. Die Evaluation wurde durch den Einsatz von Videoaufzeichnungstechnik und entsprechende Methoden des Usability Engineerings unterstützt.

Die Ergebnisse geben u.a. Einblick in die Nutzung der bereitgestellten Funktionen sowie den Einfluss mobiler Applikationen auf die Nutzung des öffentlichen Personenverkehrs allgemein.

### **5.1.3. Durchführung von Demonstrationsveranstaltungen**

Im Rahmen des Feldtests fanden 11 Demonstrationstermine statt, an welchen die Ergebnisse des Projektes IP-KOM-ÖV verschiedenen Besuchergruppen präsentiert wurden. Die Zielgruppe für diese Demonstrationstermine war das Fachpublikum aus der Branche.

Um die Anschaulichkeit der entwickelten IBIS-IP-Schnittstellen zu demonstrieren wurde das AK1-Testlabor zusätzlich in das Demonstrationsprogramm integriert. Dieses beinhaltet ein virtuelles Fahrzeug, in welchem die Leistungsfähigkeit und Interoperabilität der verschiedenen Geräte unter Beweis gestellt wurden.

Im Rahmen der Demonstrationstermine wurde außerdem eine Fahrt im normalen Fahrgastbetrieb durchgeführt, in welcher die Besucher mithilfe der Applikation die Möglich-

keiten der standardisierten Kommunikation zum Fahrzeug und über das Portalsystem zu den Auskunftssystemen und weiteren Hintergrunddiensten selbst erfahren konnten.

Während der Fahrt in den beiden Fahrzeugen auf den Linien U3 und 80 konnten u.a. über die beiden EKAPs die um das Wetter am Zielort angereicherten Verbindungsauskünfte und Abfahrtstafeln an Haltestellen abgefragt werden. Über die Fahrzeugschnittstelle konnte die Linienverlaufsanzeige mit aktueller Position des Fahrzeugs abgerufen und auch ein Haltewunsch abgesetzt werden.

Zusätzlich konnte die Einbindung weiterer semantischer Funktionen zur Reisebegleitung wie z.B. einer touristischen Tourenplanung ausprobiert werden, für welche das Portalsystem auf Informationen aus verschiedenen Diensten und bestehenden Datenquellen zugriff.

Mit den in AP4.100 durchgeführten Arbeiten konnte die Praxistauglichkeit der entwickelten Standards nachgewiesen und die Projektergebnisse dem Fachpublikum anschaulich demonstriert werden. Über einen Zeitraum von sechs Monaten wurden die prototypisch entwickelten Komponenten des Feldtest- und Demonstrationssystems erfolgreich eingesetzt.

Nach Demonstrationseende wurden die Feldtest- und Demonstrationssysteme zurückgebaut.

## **5.2. AP 4.200 Erstellen eines PC-Demonstrators**

Ziel des AP 4.200 war die Aufbereitung und Kommunikation der Projektergebnisse über das Projektende hinaus, insbesondere mit Fokus auf die kundenzentrierte Umsetzung der Schnittstellen. Im AP 4.200 wurden die Ergebnisse aus den AK 1, 2, 3 und 4 aufgenommen und sofern für das Ziel des Arbeitspaketes notwendig, miteinander verknüpft. Damit demonstriert das AP 4.200 die Anwendung der Projektergebnisse und die Ergebnisse selbst in verschiedenster Form.

### **5.2.1. Anforderungen an den Demonstrator**

Im ersten Schritt der Erstellung wurde eine Anforderungsanalyse bei zukünftigen Nutzern des Demonstrators durchgeführt. Der Schwerpunkt lag auf den verschiedenen Zugängen zu den Inhalten, den benötigten und gewünschten medialen Aufbereitungsformen sowie der daraus resultierenden Funktionalität. Als Zielgruppe für den Demonstrator wurden Verkehrsunternehmen und –verbände, Industrieunternehmen sowie Forschungseinrichtungen identifiziert, die die Ergebnisse des Projektes für Ausschreibungen, Weiterentwicklungen sowie Forschungsprojekte nutzen können.

Folgende grundlegende Anforderungen konnten aus der Anforderungsanalyse extrahiert werden:

- Der Demonstrator muss durch Browsing-Zugänge die Inspiration und Ideenfindung unterstützen.
- Der Demonstrator muss dem Nutzer einen Überblick über das Projekt verschaffen.
- Der Demonstrator muss das Nachschlagen einzelner Funktionen unterstützen.
- Der Demonstrator soll eine Einarbeitung in den Standard und eine gezielte Suche nach Dateien ermöglichen.
- Der Demonstrator soll die Möglichkeiten des Standards aufzeigen.

Ergänzend waren die Usability, insbesondere die intuitive Bedienung und eine hohe Lernförderlichkeit, für Erst- und Seltennutzer Grundlage für die Umsetzung.

Aus den zielgruppenspezifischen Analysen konnte extrahiert werden, dass die folgenden Projektergebnisse für die verschiedenen Zielgruppen besonders hohe Priorität haben:

- Verkehrsunternehmen: VDV Schriften & VDV Mitteilungen
- Industrieunternehmen: XSD Schnittstellenschema
- Forschungseinrichtungen: Prototypen, Beispielumsetzungen

Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse bildeten die Grundlage für die Konzeption und Umsetzung des Demonstrators. Aus der Analyse ging hervor, dass der PC-Demonstrator seine Aufgaben und Ziele ganzheitlich nur durch eine Online-Plattform erfüllen kann. Diese Rahmenbedingung war zusätzlich Entscheidungsgrundlage für die mediale Aufbereitung der Ergebnisse.

### **5.2.2. Konzeption und Umsetzung**

Ausgehend von den Analyseergebnissen erfolgte eine erste Konzeption des Demonstrators. Grundlegende Schritte dabei waren die Erstellung von inhaltlichen und funktionellen Konzepten, die Erarbeitung von Visualisierungsvorschlägen unter Berücksichtigung der Prinzipien der Dialoggestaltung und der Usability.

In Zusammenarbeit mit Vertretern der Zielgruppe wurde der Demonstrator hinsichtlich der inhaltlichen Aufbereitung gereviewt und hinsichtlich der Usability evaluiert. Das Ergebnis stellt eine Plattform zur Bereitstellung der Projektergebnisse, insbesondere der technischen Standards, dar, auf die auch nach dem Projektende noch zugegriffen werden kann. Die folgenden Medientypen wurden dabei umgesetzt bzw. integriert:

- Dokumente, insbesondere Schriften und Mitteilungen
- Interaktive grafische Darstellungen
- Erläuternde Texte
- Videos

Inhaltlich spiegelt der Demonstrator u. a. die folgenden Schlüsselergebnisse wieder:

- Normierungsdokumente
- XSD Schnittstellenschema
- VDV Schriften
- VDV Mitteilungen
- Prototypen und Pattern-Datenbank

Der Funktionsumfang der Plattform beinhaltet:

- Suchfunktionen
- Indexierung
- Downloadangebote
- Kontaktfunktionen
- Verknüpfung der unterschiedlichen Projektergebnisse

Mit dieser Breite der Darstellung und Aufbereitung der Projektergebnisse wurde als Ergebnis des AP 4.200 ergänzend zu den erstellten Normen eine einfache und intuitiv zu-

gängliche Plattform geschaffen, die eine Nachhaltigkeit der Ergebnisse, insbesondere für die Projekte „Von Tür zu Tür“, gewährleistet.

Entsprechend eingebundene Dokumentationen des Feldtests und der Ergebnisse des AP 4.100 unterstützten die Demonstration der Schnittstellen und weiterer Projektergebnisse.

Diese Plattform ist zur Sicherung der nachhaltigen Nutzung der Arbeitsergebnisse auf [www.vdv.de/ip-kom-oev](http://www.vdv.de/ip-kom-oev) abrufbar.

## **6. Arbeitskomplex 5: Projektführung und -koordination, Standardisierung & Normierung (VDV)**

### **6.1. AP5.100 Steuerkreis**

Der Steuerkreis, als das Überwachungsgremium und die letzte projektinterne Entscheidungsinstanz in Konfliktfällen, wurde vom Projektkoordinator mehrfach jährlich initiiert. Bei diesen Sitzungen wurden neben dem aktuellen Projektstatus auch über die Aktivitäten der Projektpartner auch die Arbeiten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit berichtet. Durch die klar definierte Kooperationsvereinbarung und die sehr gute Zusammenarbeit musste der Steuerkreis, bis auf die zu Beginn entstandenen Bewilligungsverzögerungen, nicht korrigierend in den Projektablauf eingreifen.

Der Projektführer hat zusammen mit dem Projektbüro hierbei auch bei der Erstellung der fachlichen Zwischenberichte unterstützt und an die Abgabetermine erinnert.

### **6.2. AP5.200 Projektleiterkreis**

Im Projektleiterkreis haben sich die Arbeitskomplexleiter in Abständen von ca. sechs bis acht Wochen, initiiert durch den Projektführer, getroffen. Hierbei wurde von den AK-Leitern ein Statusbericht zu den AKs gegeben. So wurden ein gleichsinniges Fortschreiten des Projektes, sowie die Abstimmung notwendiger Schnittstellen sichergestellt. Übergeordnete fachliche und organisatorische Fragestellungen wurden hier diskutiert und entschieden. Hierdurch ist eine konsistente Ergebnisdokumentation, sowie ein erfolgreiches Erreichen der gemeinsamen Ziele sichergestellt worden. Auch die Brancheneinflüsse über die VDV und DIN-Arbeitsgruppen (vgl. AP5.300) hat in den Diskussionen und Entscheidungen zum Gesamtergebnis beigetragen. Durch die Teilnahme des Projektführers an einer Vielzahl der Arbeitskreissitzungen wurden die Entscheidungen und deren Umsetzung überwacht und unterstützt.

### **6.3. AP5.300 Branchenforderungen**

In den verschiedenen Arbeitskomplexen definierte Branchenforderungen wurden in Begleitung des Projektführers entwickelt. In diesen Prozess wurden auch aktiv externe Branchengruppen einbezogen, die zum Teil speziell hierfür eingerichtet wurden. Die Zusammenarbeit mit diesen externen Partnern ging über den Projektführer als Schnittstelle hinaus, sodass auch die AK-Leiter bei den VDV-Sitzungen fachlich unterstützt haben. Hierbei wurde auf Basis von Anwendungsfällen ein vielseitiger Katalog in den AK's entwickelt der zum Teil auch Anwendungsfälle aus der Praxis dieser Partner enthält.

Auf dieser Basis ist ein umfassender erster Meilenstein im Projekt IP-KOM-ÖV (vgl. AP x.200) entstanden der durch zahlreiche Reviews in der Branche verifiziert wurde. Als nachhaltiges Ergebnis dieser Arbeiten sind beispielsweise die „Personas“ im AK2 entstanden, die diesen Prozess in einer eigenen Veröffentlichung veranschaulicht haben und nun auch in Folgeaktivitäten wieder zu finden sind.

### **6.4. AP5.400 Validierung in Bezug auf die Branchenforderungen**

In den Projektphasen hat der Projektführer zusammen mit den Branchengruppen (DIN-AK, VDV-PT u.a.) die Entwicklungsphasen in zahlreichen Sitzungen der AKs begleitet und die Erfüllung folgender Themenfelder im Fokus gehabt:

- Modulare Systemarchitektur zur Abdeckung der verschiedenen Anforderungen in der Branche
- Umsetzung der Funktionalitäten in Diensten
- Erbringung eines Machbarkeitsnachweises (der z.T. im AK4 besichtigt werden konnte)
- Einforderung von Prüfungswerkzeugen und Testtools

Im Weiteren war die Unterstützung im Bereich von Migrationsszenarien ein wesentlicher Teil in der Erarbeitung der Systemarchitekturen.

Schlussendlich war es durch die Mittelkürzung zur Antragsphase des Projektes nicht möglich auch alle Anforderungen der Branche umzusetzen. So konnte die Anbindung an die Haltestellenanzeiger oder der Mehrfachtraktion von Zügen nicht behandelt werden.

### **6.5. AP5.500 Validierung der Forschungsergebnisse**

Die in den AK erarbeiteten Ergebnisse wurden in gemeinsamer Zusammenarbeit in Normierungsvorschläge überführt und haben nach dem Normierungsprozess im VDV insgesamt fünf Schriften hervorgebracht:

- VDV 301-1 „IBIS-IP Systemarchitektur“
- VDV 301-2 „IBIS-IP Schnittstellenspezifikation v1.0“
- VDV 430 „Mobile Kundeninformation im ÖV – Systemarchitektur“
- VDV 431-1 „EKAP-Systemarchitektur“
- VDV 431-2 „EKAP-Schnittstellenbeschreibung“

In einem aufwendigen Prozess wurden die Normvorschläge in der Branche publiziert und Stellungnahmen abgefragt, die zu einem sehr bereiten Branchenkonsens führten. Der VDV stellt diese Schriften kostenlos auf seiner Homepage zur Verfügung um eine maximale Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Darüber hinaus ist vorgesehen diese Arbeiten im jährlichen Rhythmus in Workshops zu validieren ggf. anzupassen. Über die Ergebnisse, die in die Normierung eingeflossen sind, hat es eine Vielzahl zusätzlicher Veröffentlichungen über den VDV in VDV-Mitteilungen aber auch in der Fachpresse gegeben (vgl. AP5.700).

Aufgrund einer sehr guten Resonanz innerhalb der Branche hat der Projektführer im AK4 öffentliche Demonstrationen (vgl. AP4.100) initiiert und so auch eine Abschlusspräsentation, auch in englischer Sprache, zur Verfügung gestellt.

Zuletzt wurde unter der Koordinierung des Projektführers eine Enddokumentation erstellt, die sich in diesem Bericht wiederfindet.

### **6.6. AP5.600 Einbindung der nationalen, internationalen Standardisierung und Normierung**

IP-KOM-ÖV, als offenes Projekt gestaltet, hat von Beginn an externe Gremien und interessierte Kreise an den Entwicklungen und Ergebnissen teilhaben lassen. So wurde mit den folgenden Gremien ein intensiver Austausch gepflegt:

- VDV Ausschuss K<sup>3</sup>
- VDV Ausschuss ATI UA-itcs
- VDV Ausschuss AIV
- DIN FAKRA AK717.0.3 SpUA 1
- CEN TC 278 WG3 SG1
- VDV-PT1
- VDV-PT2
- VDV-PT3

Auf Basis dieser engen Zusammenarbeit wurde ein breiter Konsens in der Branche erzielt und hat die Platzierung der nationalen Standards flächendeckend ermöglicht.

Auf europäischer Ebene hat dies dazu geführt, dass die Arbeiten an der prEN13149-7/8/9 massiv voran gebracht worden sind. Dabei wurde der Teil pr13149-8 „Physical Layer“ bereits 2013 veröffentlicht. Die Veröffentlichung der beiden weiteren Teile -7 und -9 steht kurz bevor. Hierbei stützen sich die wesentlichen Inhalte auf die Arbeiten und Ergebnisse aus IP-KOM-ÖV und IBIS-IP. Ebenfalls wurde auch ein reger Austausch zwischen dem europäischen Forschungsprojekt EBSF (European Bus System of the Future) betrieben und so auch auf europäischer Ebene die Festigung der nationalen Ergebnisse vorangetrieben. Darüber hinaus wurden Arbeiten aus dem AK2/3 auch in das neue Release der EN 15531 (Echtzeitdatenschnittstellen) eingebracht.

## 6.7. AP5.700 Öffentlichkeitsarbeit

Die Arbeiten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit konnten aufgrund der Kürzungen im Projektauftrag im Wesentlichen nur vom Projektführer wahrgenommen werden. Dennoch haben die Projektpartner in vielen Bereichen der Publikationen tatkräftig in der Präsentation von IP-KOM-ÖV unterstützt.

Publikationen in der Fachpresse:

- Bus&Bahn 2011
- Diverse Veröffentlichungen im „Nahverkehr“
- Begleitheft der TU Ilmenau zur Anforderungsanalyse und „Personas“

VDV Schriften

- VDV 301-1 „IBIS-IP Systemarchitektur“
- VDV 301-2 „IBIS-IP Schnittstellenspezifikation v1.0“
- VDV 430 „Mobile Kundeninformation im ÖV – Systemarchitektur“
- VDV 431-1 „EKAP-Systemarchitektur“
- VDV 431-2 „EKAP-Schnittstellenbeschreibung“

VDV-Mitteilungen

- VDV 3001 „Kommunikation im ÖV (IP-KOM-ÖV) - Technische Anforderungen für Anwendungen im Integrierten Bordinformationssystem (IBIS)“
- Nr. 7023 „Szenarien & Personen sowie deren Anforderungen an die Kundeninformationen“, 2012
- Nr. 7025 „Anwendungsfälle im Umfeld der Echtzeit-Kundeninformation“
- Nr. 4016 „Smarte Informationsdienste für den ÖV – Ontologien“, (Veröffentlichung geplant für 2014)

Publikationen im Internet:

- IP-KOM-ÖV „wiki“ auf [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

- Eigene Website [www.ip-kom.net](http://www.ip-kom.net)
- VDV-Website [www.vdv.de/ip-kom-oev](http://www.vdv.de/ip-kom-oev)

Präsentationen in einschlägigen Fachforen und Messen:

- IT-Trans 2011
  - Messestand
  - Vortrag auf dem ITS Workshop zu IP-KOM-ÖV
- IT-Trans 2014
  - Präsentation in den ITS Workshops zu IP-KOM-ÖV
- CeBit 2011
  - Vortrag zu IP-KOM-ÖV
- Itcs Workshop (jeweils zwei Mal pro Jahr)
  - 2011
  - 2012
  - 2013
- IBIS-IP Workshop
  - Jan 2013
  - Nov 2013
- Workshop „Trends der Zukunft“ 2012
- Kongress „Autobus“ der IGKM in Warschau 2012
- InnoTrans 2012
- 11 öffentliche Demonstrationsveranstaltungen im Rahmen des AK4
- VDV Buskongress 2012

Alle Publikationen werden auf der VDV-Website zum Download angeboten.

## 6.8. AP5.800 AP Gesamtprojekt-Reporting

Zuletzt beschreibt dieses Arbeitspaket die Aufgaben des VDV als Projektführer hinsichtlich des Reportings für das Gesamtprojekt. Dabei war der VDV die Schnittstelle zwischen dem Projektträger und Fördergeldgeber und den einzelnen Projektparteien. In diesem Rahmen hat der VDV die Erstellung der Meilensteinberichte begleitet und überwacht sowie an den Projektträger übergeben.

Neben einer ganzen Reihe administrativer Aufgaben im Kontext des Projektes hat der Projektkoordinator zusammen mit dem Projektbüro auf eine zeitgerechte Pflege des internen und externen Berichtswesens durch alle Projektpartner eingewirkt. So auch in diesem Abschlussreport.

## 7. Anhang

### 7.1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: IBIS-IP Migrationsszenarien .....	8
Tabelle 2: Übersicht über die Inhalte der qualitativen und quantitativen Analysen .....	17
Tabelle 3: Kriterien Machbarkeitsnachweis AK3 .....	35

### 7.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systemarchitektur IBIS-IP .....	10
Abbildung 2: Ergebnisse der Nutzeranalyse in Form von Personas .....	18
Abbildung 3: Beispiel Anforderungen aus dem Arbeitskomplex 2 .....	19
Abbildung 4: Gesamtarchitektur IP-KOM-ÖV .....	20

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -keine-	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Gemeinsamer Schlussbericht IP-KOM-ÖV
3. Titel IP-KOM-ÖV Ergebnisse- Endokumentation	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Alle P-KOM-ÖV Projektpartner	5. Abschlussdatum des Vorhabens 28.02.2014
	6. Veröffentlichungsdatum 01.04.2014
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Alle P-KOM-ÖV Projektpartner	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 19P10003
	11. Seitenzahl 51
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben -
	14. Tabellen 3
	15. Abbildungen 4
16. Zusätzliche Angaben -keine-	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -keine-	
18. Kurzfassung <p>Das von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Forschungs- und Standardisierungsprojekt IP-KOM-ÖV hat in seiner 3 ½ jährigen Laufzeit Konzepte und Architekturen für die effiziente, standardisierte Bereitstellung individueller Fahrgastinformation erarbeitet und in VDV Schriften überführt. Dabei werden ganz speziell drei Hauptaspekte der Fahrgastinformation beleuchtet.</p> <p>Zum einen wird die Fahrzeugarchitektur durch eine moderne Dienste basierte Kommunikationsplattform auf Internetprotokollbasis ersetzt die neben einer hohen Flexibilität für die Betreiber auch eine deutlich verbesserte Information für den Fahrgast liefert. Mit dieser Technologie sind zukünftig die Fahrzeuge, über die gängigen Multimedia-Anwendungen hinaus, in der Lage ÖV-Informationen direkt an das Kunden-Smartphone zu senden oder zu empfangen. Hierdurch soll sich der Fahrgast im ÖV noch sicherer und wohler fühlen.</p> <p>Das zweite Arbeitsfeld befasst sich mit der Anbindung mobiler Endgeräte der Fahrgäste. Mit dem Ansatz über standardisierte Schnittstellen überregionale Informationen abrufen zu können, wurde auch hier eine modulare Architektur geschaffen die neben aktiven Push-Nachrichten auch selbstlernende semantische Datenverarbeitung ermöglicht. So können verschiedene Applikationen für Smartphones mit hochwertigen ÖV-Informationen versorgt werden.</p> <p>Im letzten Arbeitsfeld wird eine Auskunftsplattform definiert die wiederum modular und Dienste basiert aufgebaut ist. Mithilfe dieser sind erst überregionale Auskünfte möglich. Dieses Hintergrundsystem bereitet darüber hinaus alle Daten für die mobilen Kundenendgeräte auf und versorgt diese mit den gewünschten aktuellen und individuellen Echtzeitinformationen. Abgeschlossen wurde das Projekt in einem öffentlichen Feldtest in Stuttgart.</p>	
19. Schlagwörter VDV 300, IBIS, VDV301, IBIS-IP, IP, Internet Protokoll, Dienste, Dienste orientierte Architektur, SOA, Funktionsgruppen, Architektur, IP-KOM-ÖV Schnittstellenspezifikation, XML, Smartphone, Diagnose, VDV, EKAP, TRIAS, SIRI, VDV 430, VDV 431, VDV453, VDV454, DELFI	
20. Verlag -keiner-	21. Preis -keiner-

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -none-	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title „IP-KOM-ÖV Ergebnisse- Endokumentation“- IP-KOM-ÖV Results and final Report	
4. author(s) (family name, first name(s)) All IP-KOM-ÖV project partners	5. end of project 28.02.2014 6. publication date 01.04.2014 7. form of publication Final Report
8. performing organization(s) (name, address) All IP-KOM-ÖV project partners	9. originator's report no.  10. reference no. 19P10003 11. no. of pages 51
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references - 14. no. of tables 3 15. no. of figures 4
16. supplementary notes -none-	
17. presented at (title, place, date) -none-	
18. abstract The Research project IP-KOM-ÖV founded by the German Ministry on economics and energy has focused in the past 3 ½ years concepts and architectures for an efficient and standardized providing of individual customer information. These results are published finally in VDV recommendations. Therefore were faced tree major aspects of modern passenger information. At one hand the old fashioned vehicle communication architecture is refurbished with a modular service oriented architecture based on internet protocols and provides now a high flexibility and higher performance for all stakeholders. With this technology the new vehicles are beside all common multimedia applications able to transmit and receive data from the customer's mobile phone. With such functionalities the passengers are feeling more comfortable and secure. A further aspect of this project is the interface to the mobile customer units. With the target of standardized mobile interfaces for national wide information here is created a service oriented architecture that allows providing active push services to the devices. Based on intelligent semantic data the different applications are able provide high quality information to the costumers. At the last aspect of IP-KOM-ÖV it is defined a modular real time information platform for the backend which works with several specific services for providing individual information to the user. This backend system delivers based on this all necessary information to the mobile devices. Finely the activities and developments were presented in a field demonstration in Stuttgart and at the IT-Trans 2014 in Karlsruhe.	
19. keywords VDV 300, IBIS, VDV 301, IBIS-IP, IP, Internet Protocol, Services, Servcie oriented Architecture, SOA, Function groups, Architecture, IP-KOM-ÖV, Interface specification, XML, Smartphone, Diagnostics, VDV, EKAP, TRIAS, SIRI, VDV 430, VDV 431, VDV453, VDV454, DELFI	
20. publisher -none-	21. price -