

Entwicklung von Anwendungen zur Qualitätssteigerung im ÖPNV auf Grundlage von Echtzeitdaten

**– Nutzung des AIM Basisdienst ÖPNV-
Daten**

Masterarbeit

von

cand. M.Sc. Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)

Benedikt Scheier

Betreuer: Dr.-Ing. Lars Schnieder
Braunschweig, 18. November 2013



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Verkehrssystemtechnik

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer

Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig

Telefon: +49 (0)531 295 – 3401
Telefax: +49 (0)531 295 – 3402

E-Mail: its@dlr.de
Internet: www.dlr.de/ts

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	4
Eidesstattliche Erklärung	6
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Einleitung.....	10
1.1 Motivation / Hintergrund	10
1.2 Begriffsbestimmung: Ist- und Echtzeitdaten	11
2 Stand der Technik.....	12
2.1 Bewertung der Qualität von Nahverkehrsleistungen	12
2.2 Methoden und Verfahren der Anschlusssicherung	16
2.3 Fahrgastinformation	18
2.4 Fazit	22
3 ÖPNV-Datendienst des DLR	23
3.1 Motivation und Hintergrund.....	23
3.2 Anforderungen	23
3.3 Architektur	25
3.3.1 Modulare Fahrzeugdatenplattform (FDP-ÖV)	25
3.3.2 Datenbankmanagementsystem (DBMS-ÖV)	30
4 Use-Cases des ÖPNV-Datendienstes	33
4.1 Fahrgastinformation mittels Echtzeitdaten (Fahrzeugdaten).....	34
4.2 Anschlusssicherung mittels Echtzeitdaten.....	35
4.3 Ermittlung von Fahrzeitanteilen	37
4.4 Floating Bus Data.....	38
4.5 Scan von Verkehrsteilnehmerbewegungen	39
4.6 Assistent für Fahrmanöver an LSA.....	40
4.7 ÖV-Bevorrechtigung an LSA.....	41
4.8 Naturalistic Driving Study (NDS)	42
4.9 Plattform für Studien zur Nutzerakzeptanz	43
4.10 Erweiterung des Basisdienst	44
5 Konzepte für die Anwendung von Echtzeitdaten zur Qualitätssteigerung	46
5.1 Methodik der Konzeptdefinition	46
5.1.1 Akteure der Anwendungen.....	47
5.1.2 Funktionen der Anwendungen.....	48
5.2 Konzept Anwendung „Effizienter Zugang“	51

5.2.1	Motivation und Beschreibung	51
5.2.2	Funktionsallokation.....	52
5.2.3	Umsetzung.....	53
5.2.4	Auswirkung auf die Qualität	55
5.3	Konzept Anwendung „Anschlusswunsch“	56
5.3.1	Motivation und Beschreibung	56
5.3.2	Funktionsallokation.....	57
5.3.3	Umsetzung.....	58
5.3.4	Auswirkung auf die Qualität	59
6	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	61
	Quellenverzeichnis	62
	Anhang.....	65
I.	Datenmodell der ÖPNV-Daten	65
II.	HTML Prototyp der Anwendung Anschlusswunsch.....	71

Aufgabenstellung

Aufgabenstellung für eine

MASTERARBEIT



Institut für Verkehrssystemtechnik

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer

Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig

Telefon: +49 (0)531 295 – 3401

Telefax: +49 (0)531 295 – 3402

E-Mail: its@dlr.de

Internet: www.dlr.de/its

Bearbeiter: cand. M.Sc. Benedikt Scheier
Matrikelnummer: 4208640
Fachbereich: Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer
Betreuer: Dr.-Ing. Lars Schnieder
Bearbeitungsdauer: 24 Wochen
Fachgebiet: Mobilität und Verkehr

Thema: Entwicklung einer Anwendung zur Qualitätssteigerung im ÖPNV auf Grundlage von Echtzeitdaten

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) errichtet mit der Anwendungsplattform intelligente Mobilität (AIM) eine Großforschungsanlage im realen verkehrlichen Umfeld der Stadt und Region Braunschweig. Sie beinhaltet 23 Basisinfrastrukturen, die der Forschungslandschaft für Projekte offen, flexibel und langlebig zur Verfügung stehen werden. Eine dieser Infrastrukturen ist der Basisdienst „ÖPNV-Daten“. Auf Fahrzeugen der Braunschweiger Verkehrs-AG (BSVAG, Anbieter für Leistungen des öffentlichen Personenverkehrs in Braunschweig) werden hierfür Datenplattformen installiert, die über Fahrzeugschnittstellen betriebliche und fahrzeugspezifische Daten erheben (bspw. Fahrgastinformationen über das integrierte Bordinformationssystem (IBIS) und Fahrzeugzustandsdaten über den CAN-BUS wie z.B. der Zustand der Türen). Die Plattform verfügt auch über Kommunikationsschnittstellen zu z.B. mobile Devices von Fahrgästen oder für car2x-Anwendungen. Weitere Sensorik kann in die Plattform integriert werden (z.B. Fahrgastzahl- und Ortungssysteme).

Die Masterarbeit von Herrn Scheier soll die daraus entstehenden Funktionalitäten der ÖPNV-Datenplattform identifizieren und analysieren, darauf basierende Anwendungskonzepte entwickeln und bewerten und nach Möglichkeit ein Konzept zur Anwendung überführen. Der Fokus der Arbeit sollte dabei auf Anwendungen liegen, die das Angebot und den Betrieb des ÖPNV optimieren insbesondere hinsichtlich der Qualität von Anschlüssen und der Vermeidung von Verlustzeiten. Darüber hinaus gehende Anwendungen sind optional zu beschreiben.

Die Aufgabenstellung der Masterarbeit von Herrn Scheier umfasst im Einzelnen:

- Darstellung des aktuellen Stands der Technik (bzgl. Fahrgastinformation u. Anschlusssicherung) und Identifizierung aktueller Innovationen und Trends im ÖV (bspw. Verwendung von Echtzeitdaten, Internet-Protokoll basierte Kommunikationsdienste im öffentlichen Verkehr, individualisierte Fahrgastinformation)
- Darstellung der aktuellen Methodik und der Kriterien zur Bewertung der Qualität von Nahverkehrsleistungen
- Beschreibung des Aufbaus, der Funktionsweise und der Daten des AIM-Basisdienstes „ÖPNV-Daten“
- Es sollen Use-Cases für den ÖPNV-Datendienst identifiziert werden. Darauf aufbauend sollen Umsetzungskonzepte entwickelt, beschrieben und soweit möglich theoretisch bewertet werden

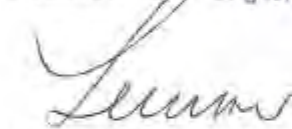
- Ist die aktuelle Bewertungsmethodik und/oder die Bewertungskriterien unzureichend, sind diese entsprechend zu erweitern
- Optional: Eines der entwickelten Konzepte soll zu Testzwecken (teilweise) umgesetzt werden, soweit die Voraussetzungen durch die AIM-ÖPNV-Datenplattform gegeben sind. Die Planung und Durchführung des Tests sind darzustellen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu beschreiben.

Die Ergebnisse der Arbeit sind ausführlich nach den Richtlinien des DLR Instituts für Verkehrssystemtechnik begleitend zu dokumentieren und in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren und zu ergänzen. Da die Arbeit als Grundlage für weitere Arbeiten genutzt wird, sind die Ergebnisse der Untersuchung in tabellarischer Form oder/ und vergleichbarer Darstellung festzuhalten. Weitere Einzelheiten sind mit dem Betreuer abzusprechen.

Eine durch Betreuung des DLR Instituts für Verkehrssystemtechnik angefertigte studentische Arbeit darf nur nach Rücksprache mit dem Institut vom Studenten an Dritte weitergegeben oder veröffentlicht werden. Dies gilt insbesondere auch für so genannte Internetbörsen für studentische Arbeiten.

Über die Ergebnisse der Arbeit darf nur nach Rücksprache mit dem DLR Instituts für Verkehrssystemtechnik verfügt werden. Die Arbeit bleibt Eigentum des Instituts.

Datum der Ausgabe: 30.06.2013
Datum der Abgabe: 18.11.2013



Prof. Dr.-Ing. K. Lemmer


Technische Universität Braunschweig
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen
und Umweltwissenschaften

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig angefertigt und die benutzten Hilfsmittel sowie die befragten Personen und Institutionen vollständig angegeben habe.

Braunschweig, den 18.11.2013

Benedikt Scheier

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Qualitätskreis nach DIN EN 13816 [DIN 2002]	12
Abbildung 2: Screenshot der Live Map der App FahrPlaner der metronom Eisenbahngesellschaft	21
Abbildung 3: Systemarchitektur des Basisdienst ÖPNV-Daten	26
Abbildung 4: Komponenten der FDP_ÖV	27
Abbildung 5: Foto des FMS-CAN Gateway im Bus der BSVAG	27
Abbildung 6: Stereokamera des automatischen Fahrgastzählsystems im Bus der BSVAG	28
Abbildung 7: Minimal-Variante der Fahrzeugdatenplattform nach [KLU 2013]	29
Abbildung 8: Architektur des Kerns der Fahrzeugdatenplattform nach [MBA 2013]	30
Abbildung 9: Software-Architektur der DBMS-ÖV [YAS 2013]	31
Abbildung 10: Daten(-schnittstellen) zwischen der FDP-ÖV und der DBMS-ÖV	32
Abbildung 11: Funktionsallokation der Anwendung Effizienter Zugang	52
Abbildung 12: Beispiel für eine Kartendarstellung von ÖV-Echtzeitdaten [KOH 2011]	54
Abbildung 13: Funktionsallokation der Anwendung Anschlusswunsch	57
Abbildung 14: mögliche Eingangsdaten für die Prognose der Ankunftszeiten	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Qualitätskriterien zur Bewertung von Verkehrsleistungen nach [DIN 2002] und [VDV 2001]	13
Tabelle 2: Zuordnung des Messverfahrens zu den Qualitätsmerkmalen [VDV 2002].....	16
Tabelle 3: Fahrgastinformationen und Übertragungsmedien [BLA 2013]	19
Tabelle 4: Kernanforderungen an den Basisdienst ÖPNV-Daten	24
Tabelle 5: Verwendung von Basisdienst-Komponenten durch mögliche Anwendungen	45
Tabelle 6: Akteure von Echtzeitdatenanwendungen.....	47
Tabelle 7: Funktionen der Kategorie 1 der Echtzeitanwendungen (Datenbereitstellung)	48
Tabelle 8: Funktionen der Kategorie 2 der Echtzeitanwendungen (Datenverarbeitung).....	49
Tabelle 9: Funktionen der Kategorie 3 der Echtzeitanwendungen (Informationsanzeige)	50
Tabelle 10: Handlungen (Kategorie 4) der Echtzeitanwendungen	50
Tabelle 11: Anwendung Effizienter Zugang; Auswirkung auf die Qualität	55
Tabelle 12: Anwendung Anschlusswunsch; Auswirkung auf die Qualität	59

Abkürzungsverzeichnis

AFZ	Automatisches Fahrgastzählsystem
AIM	Anwendungsplattform Intelligente Mobilität
App	Applikation
BSVAG	Braunschweiger Verkehrs-AG
CAN-BUS	Controller Area Network
DB	Deutsche Bundesbahn
DBMS-ÖV	Datenbankmanagementsystem – Öffentlicher Verkehr
DFI	Dynamischer Fahrgastinformationsanzeiger
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
FBD	Floating Bus Data
FCD	Floating Car Data
FDP-ÖV	Fahrzeugdatenplattform – Öffentlicher Verkehr
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FMS	Flottenmanagementschnittstelle
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPRS-E	General Packet Radio Service - Edge
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HMI	Human Machine Interface
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Secure
IBIS	Integriertes Bordinformationssystem
LSA	Lichtsignalanlage
LTE	Long Term Evolution
MIV	motorisierter Individualverkehr
NDS	Natural Driving Studies
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
P+R	Park and Ride
PKW	Personenkraftwagen
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SPAT	Signal Phase and Timing
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VU	Verkehrsunternehmen

1 Einleitung

1.1 Motivation / Hintergrund

Aktuelle Studien und Verkaufszahlen von Personenkraftwagen in Deutschland ergeben, dass die jüngeren Generationen eine geringere Affinität zum Auto aufweisen als es früher der Fall gewesen ist [BRA 2011]. Des Weiteren steigen die Nutzungszahlen des öffentlichen Personenverkehrs, ohne dass eine Steigerung der Bevölkerungszahlen vorausgeht. Gründe für diesen Trendwechsel können derzeit nur vermutet werden. Als ein möglicher Grund wird die neue Affinität zu Smartphones ausgemacht. Das Smartphone wird als das neue Statussymbol vor dem Auto angesehen. Dies ist ein indirekter Nutzen für den öffentlichen Verkehr (ÖV), da als Fahrer eines Fahrzeug das Smartphone nicht genutzt werden kann/darf, während im öffentlichen Verkehrsmittel weiter im Internet gesurft und die Vernetzung mit Bekannten und Freunden aktiv gelebt werden kann. Die Autoindustrie ist dabei das vernetzte Auto zu entwickeln, um diesem Trend entgegenzutreten zu können [SPE 2013].

Die Branche des öffentlichen Verkehrs sollte aus diesem indirekten Nutzen direktes Kapital schlagen, in dem es die Fahrgäste in den Betrieb des ÖV besser einbindet; angefangen mit zeitlich (aktuelle) und räumlich hoch verfügbarer Fahrgastinformation. Aktuelle Daten, so genannte Ist-Daten sollten in „Jetzt-Zeit“ (Echtzeit) dem Fahrgast zur Verfügung stehen (für Begriffsdefinitionen siehe Kapitel 1.2).

Ein Ziel der Arbeit ist die Konzeptionierung von Anwendungen auf Basis von Ist-Daten, die wiederum als Ziel haben die Qualität des ÖV zu erhöhen. Dabei soll der Fokus auf der Anschlusssicherung liegen.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) baut mit der Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) in der Region Braunschweig eine Großforschungsanlage für die Forschung, Entwicklung und Erprobung innovativer intelligenter Mobilitätsdienste auf. AIM besteht aus 23 Basisinfrastrukturen, Basisdienste genannt. Die Basisdienste bieten verschiedene Funktionalitäten [AIM 2012].

Ein Teil von AIM stellt der Basisdienst ÖPNV-Daten dar. Dieser baut eine Infrastruktur auf, mit der Aufgabe Ist-Daten des öffentlichen Verkehrs direkt auf den Fahrzeugen zu „gewinnen“ und diese zum Beispiel Echtzeit-Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Identifizierung von Use-Cases des Basisdienstes.

Das Kapitel 0 greift den aktuellen Stand der Methoden der Anschlusssicherung und der Fahrgastinformation auf. Ferner wird die Bewertung der Qualität von Nahverkehrsleistungen beleuchtet. Das Kapitel 3 beschreibt den Basisdienst in seinen Anforderungen, seiner Architektur und Funktionsweise. Dabei wird zwischen der dezentralen Infrastruktur auf den Fahrzeugen und der zentralen Infrastruktur für das Datenmanagement unterschieden. Kapitel 4 beschreibt die identifizierten Use-Cases, wobei nicht von einer gewissen Vollständigkeit ausgegangen werden darf. Zwei der Use-Cases werden im Kapitel 5 als Konzept näher ausgeführt und auch auf deren möglichen Umsetzung eingegangen. Eines dieser Konzepte wird im Rahmen eines AIM-angelegten Forschungsprojekts ausgearbeitet und wenigstens zum Teil realisiert (Projekt TrafficLink).

Erwähnenswert ist, dass der Autor der vorliegenden Arbeit Projektleiter sowohl vom AIM Basisdienst ÖPNV-Daten als auch vom Projekt TrafficLink ist. Er wird dabei jeweils von einem interdisziplinären Team aus Verkehrsingenieuren, Psychologen und Informatikern unterstützt. Für den Aufbau des AIM Basisdienst wurden und werden auch Unterauftragnehmer für die Umsetzung beauftragt. Der Aufbau des Basisdienstes ist bis Ende 2013 im Rahmen der Förderung von AIM abgeschlossen. Das Projekt TrafficLink endet im ersten Quartal 2014.

1.2 Begriffsbestimmung: Ist- und Echtzeitdaten

Ist-Daten: Ist-Daten sind im Vergleich zu den Soll-Daten zu beschreiben. Soll-Daten werden bei der Planung von Prozessen erzeugt, haben somit einen theoretischen Hintergrund. Im ÖV werden sie beispielsweise bei der Fahrplanung generiert: Der geplante theoretische Fahrplan gibt deren Soll-Daten wieder. Im Gegensatz hierzu stammen die Ist-Daten aus dem Praktischen: aus dem Betrieb des öffentlichen Verkehrs. Eine Linienfahrt nach Fahrplan ist oftmals Störungen unterlegen und es entstehen dem Fahrplan abweichende Ankunfts- und Abfahrtszeiten. Diese zeitabhängigen Daten sind im Gegensatz zu den Soll-Daten die Ist-Daten. Ist-Daten können unverarbeitet gespeichert werden, um z.B. für spätere Untersuchungen oder für planerische Zwecke zur Verfügung zu stehen

Echtzeitdaten: Im Gegensatz zu den Ist-Daten wiederum sind die Echtzeitdaten nicht nur dem Namen nach vergänglich. Nach dem Duden ist die Echtzeit eine „simultan zur Realität ablaufende Zeit“ [DUD 2013]. Echtzeitdaten sind Daten, die in der Vergangenheit keinen Bestand mehr haben können. Zum Zeitpunkt des Abrufs vom Nutzer sind sie im parallel laufenden Betriebsgeschehen aktuell. Im ÖPNV werden sie auch als Prognosedaten bezeichnet [VDV 2011a]. Aber auch Ist-Daten, die im Zeitpunkt des Abrufs an ihrer Aktualität nicht verloren haben, gelten im Rahmen dieser Arbeit als Echtzeitdaten.

2 Stand der Technik

2.1 Bewertung der Qualität von Nahverkehrsleistungen

Nach der Norm zum Qualitätsmanagement – EN ISO 9000:2005 – wird der Begriff Qualität als „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“ definiert [EN 2005].

Qualität ist nach dieser Definition ein Maß, inwieweit ein Produkt (Ware oder Dienstleistung) nach objektiv messbaren Merkmalen seinen Anforderungen entspricht. Die Messgröße an sich kann beliebig sein, z.B. ein Erreichungsgrad in [%] oder eine geforderte (Mindest-) Länge in [m].

Das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) fordert von den Bestellern (Aufgabenträger) der Verkehrsleistung Anforderungen an Umfang und Qualität des Verkehrsangebotes zu definieren, damit eine ausreichende Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen sichergestellt ist. Damit die Aufgabenträger und die Verkehrsanbieter (Verkehrsunternehmen) dasselbe Verständnis von Qualität im ÖPNV haben, wurde mit der DIN EN 13816 eine Norm geschaffen, die Kriterien definiert [DIN 2002]. Diese haben das Ziel die Qualität verschiedener Anbieter vergleichen und verbessern zu können. Wichtig ist, dass die Qualität objektiv gemessen werden kann. Die Norm greift mit dem Qualitätskreis die Sicht sowohl der Endkunden (Fahrgäste) als auch der Dienstleistungsanbieter (Verkehrsbetreiber) auf. Gemessen wird dabei bei dem Verkehrsbetreiber die Erfüllung der geplanten bzw. geforderten Verkehrsleistung mittels der erbrachten Leistung und aus Sicht der Fahrgäste kann die Erfüllung der erwarteten Qualität anhand der wahrgenommenen Qualität gemessen werden (siehe Abbildung 1).

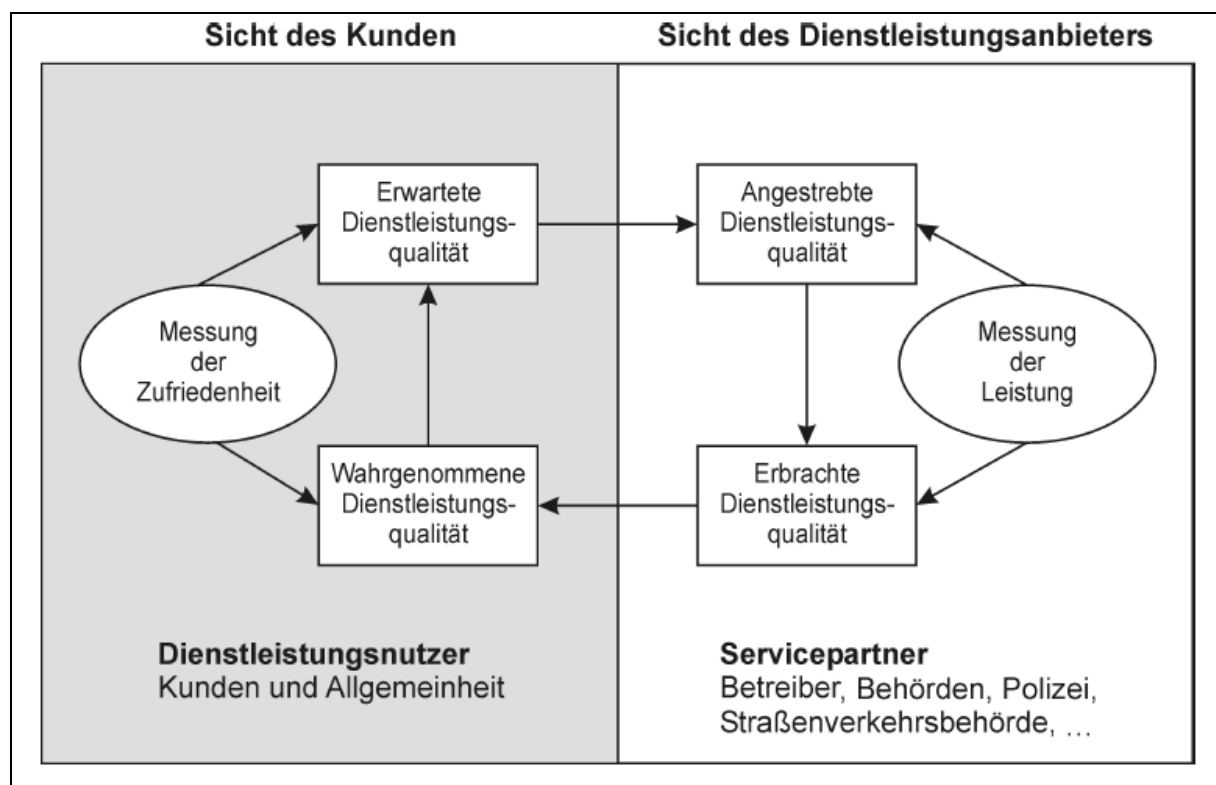


Abbildung 1: Qualitätskreis nach DIN EN 13816 [DIN 2002]

Nach [DIN 2002] sind acht Kategorien von Qualitätskriterien, unterteilt in insgesamt drei Ebenen, definiert worden. Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) hat diese Einteilung der Qualitätskriterien aufgegriffen und für die jeweilige dritte Ebene Einzelkriterien in ihrer Mitteilung 7012 definiert [VDV 2001]. Des Weiteren wurden vom VDV auch Beispiele für Messgrößen genannt. Im Folgenden werden die 3 Ebenen der Qualitätskriterien und einige Beispiele für Einzelkriterien aufgeführt:

Tabelle 1: Qualitätskriterien zur Bewertung von Verkehrsleistungen nach [DIN 2002] und [VDV 2001]

1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Einzelkriterien (Beispiele nach [VDV 2001])
Verfügbarkeit	Verkehrsmittel	Verkehrsmittelverfügbarkeit	
	Netz / räumliche Verfügbarkeit	Entfernung zu Haltestellen, Notwendigkeit umzusteigen, Bedientes Gebiet	Haltestellenstandorte
	Betrieb / zeitl. Verfügbarkeit	Betriebszeiten, Takt, Reaktion auf Nachfragespitzen	Taktfolge, Betriebsbeginn und -ende
	Eignung	Gestaltung und Ausrüstung von Fahrzeugen	Erfüllung von Vorgaben (Mobilitätseingeschränkte, Kinderwagen)
	Zuverlässigkeit	Ersatzverkehr, Störungsmanagement, Beschleunigungssysteme, Betriebsmanagement/Leitstelle	
Zugänglichkeit	Externe Schnittstellen	Zu Fußgängern, Radfahrern, Taxikunden, Benutzern privater Pkw	Fahrradabstellmöglichkeiten, P+R Anlagen
	Interne Schnittstellen	Ein-/Ausgänge, Bewegung innerhalb des Systems, Umsteigen in andere Verkehrsmittel	Wegelängen, -zeiten
	Ticketing/Fahrausweise (Verfügbarkeit)	Kauf innerhalb/außerhalb des Systems, Ticketkontrolle	
Information	Allgemeine Information	Über Verfügbarkeit, Zugänglichkeit, Informationsquellen, Fahrzeit, Kundenbetreuung, Komfort, Sicherheit und Umwelteinflüsse	Aktualität, Genauigkeit, Verständlichkeit, Nützlichkeit
	Reiseinformationen unter Normalbedingungen	Ausschilderung auf der Straße, Kennzeichnung der Haltestellen, Fahrweganzeiger an den Fahrzeugen, über Strecke, über Zeit, über Fahrpreis und über Fahrausweisart	
	Reiseinformationen unter Sonderbedingungen	Über aktuellen/zukünftigen Zustand des Netzes, verfügbare Alternativen, Rückerstattung/Entschädigung, Vorschläge	Informationen über Störungen an Haltestellen und in

1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Einzelkriterien (Beispiele nach [VDV 2001])
		und Beschwerden, verlorene Gegenstände/Fundsachen	Fahrzeugen
	Bereitstellung von Betriebsdaten	Vertriebsdaten, Fahrgastzählungen, Einnahmesteuerung, Schwerbehindertenzählungen, statistische, fahrzeitspezifische Daten, Bereitstellung von statistischen, planerischen Daten, Ist-Daten für betriebswirtschaftliche Berechnungen	
Zeit	Reisezeit	Reiseplanung, Zugang/Abgang, an Haltestellen und Umsteigepunkten, im Fahrzeug	Zugangs-/Abgangszeit, Verlustzeitminimierung an LSA
	Einhaltung des Fahrplans/Betriebsmanagement	Pünktlichkeit, Regelmäßigkeit, Zuverlässigkeit der Bedienung, Ersatzverkehr, Störungsmanagement, Leitstelle/Notruffunktion	Verfrühte/verspätete Abfahrten, ausfallende Fahrten
Kundenbetreuung	Engagement	Kundenorientierung, Innovation und Initiative	Einhaltung von Fahrgast-service
	Schnittstelle zum Kunden	Anfragen, Beschwerden/Lob/Anregungen, Entschädigungen	Korrekte Erfassung der Beschwerden, Entschädigungssystem
	Personal	Verfügbarkeit, Verhalten, Fähigkeiten/Qualifikation, Erscheinungsbild	Ausreichend Personal, Freundlichkeit des P.
	Unterstützung	Bei Betriebsstörungen, für Kunden, die Hilfe benötigen	Information und Hilfestellung
	Fahrausweisoptionen/Tarife	Flexibilität, Fahrpreismäßigungen, durchgehende Fahrausweise, Zahlungsmöglichkeiten, konsistente Preiskalkulation	Vielfahrerrabatte, Verbundtarif
Komfort	Benutzbarkeit von Fahrgasteinrichtungen	An Haltestellen, in Fahrzeugen	Komfort unterirdischer Haltestellen
	Raumangebot	An Haltestellen, in Fahrzeugen	Bahnsteigbreite

1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Einzelkriterien (Beispiele nach [VDV 2001])
	Fahrkomfort	Während der Fahrt, beim Anfahren/Anhalten, aufgrund externer Einflüsse	Gleichmäßige, ungestörte Fahrt, Brems- Beschleunigungsverhalten des Fahrers
	Das Umfeld betreffende Bedingungen	Witterungsbedingungen, Wetterschutz, Sauberkeit, Freundlichkeit/Helligkeit, Staus/Überlastung, Lärm, Sonstige unerwünschte Einflüsse	Reinigungsstandard
	Zusätzliche Einrichtungen	Toilette/Waschraum, Gepäck und andere Gegenstände, Kommunikation, Erfrischungen, Einkaufsmöglichkeiten, Unterhaltung	Toiletten, Kiosk, Geschäfte, Informationsmedien im Fahrzeug
	Ergonomie	Bewegungsfreiheit, Design des Mobiliars	Gestaltung von Sitzgelegenheiten
Sicherheit und Sauberkeit	Verbrechensvermeidung	Gestaltung der Verbrechensvorbeugung, Beleuchtung, Sichtbare Überwachung, Anwesenheit von Personal/Polizei, Gekennzeichnete Notfallstellen	Gute Beleuchtung, Sicherheitskräfte
	Unfallvermeidung	Vorhandensein/Sichtbarkeit von Hilfseinrichtungen, wie z.B. Haltegriffe, Vermeidung/Sichtbarkeit von Gefahren, Aktive Sicherung durch Personal	Regelmäßige Wartung
	Notfallmanagement	Notfallmanagement, Notruffunktion	Festgelegte Zuständigkeiten
Umwelt	Verschmutzung (Abgas-, Lärmemissionen)	Abgaswerte, Lärmgrenzwerte, Abgasfiltersysteme	Motoren, Abgasnormen
	Natürliche Ressourcen	Energie, Raum	Verringerung Energiebedarf und Flächenverbrauch
	Infrastruktur		
	Kraft- und Betriebsstoffe	Verwendung von Kraftstoffen mit geringer Schadstoffbelastung, Einsatz alternativer Kraftstoffe, Entsorgung	

Die Qualität lässt sich anhand verschiedener Verfahren messen [DIN 2002][VDV 2002]:

- Ermittlung der Kundenzufriedenheit (Umfragen)
- Testkundenverfahren (Beurteilung durch Testkunden)
- Unmittelbare Leistungsmessung (direktes Messverfahren)

Folgende Tabelle gibt wider, welche Qualitätsmerkmale mit welchen Verfahren gemessen werden können:

Tabelle 2: Zuordnung des Messverfahrens zu den Qualitätsmerkmalen [VDV 2002]

Merkmale	Bewertung der Leistung eines Erstellers durch		
	Direktes Messverfahren	Testkunden-Verfahren	Ermittlung der Kundenzufriedenheit
Fahrgastinformation	X	X	X
Entfernung zur Haltestelle	X		
Ausstattung	X	X	X
Sauberkeit		X	X
Schutz vor Belästigung			X
Fahrscheinverkauf		X	X
Takt			X
Pünktlichkeit	X	X	X
Fahrzeit			X
Klima		X	X
Freundlichkeit des Personals		X	X
Fahrstil		X	X
Anschlüsse	X	X	X
Störungsmanagement	X		X
Schadstoffausstoß	X		

2.2 Methoden und Verfahren der Anschlusssicherung

Nach [FGSV 2004] ist ein Anschluss folgendermaßen definiert:

„Anschlüsse sind das räumlich und zeitlich aufeinander abgestimmte Zusammenführen mehrerer Fahrten, bei denen die Fahrgäste ihre Weiterfahrt nach Zurücklegen erforderlicher Um-/Übersteigewege und entsprechender Um-/Übersteigezeiten innerhalb angemessener "anschlussbedingter Wartezeit" fortsetzen können.“

Neben der Pünktlichkeit ist das Erreichen der Anschlüsse eines der maßgeblichen Kriterien für die wahrgenommene Qualität aus Kundensicht. Daher sind die Verkehrsunternehmen motiviert auch im Störfalle Anschlüsse zu sichern. Das Gewähren eines Anschlusses durch das Warten des Anschlussfahrzeuges auf die Anschlussfahrgäste steht in den meisten Fällen jedoch im Zielkonflikt mit der Reisezeit der Transitfahrgäste. Des Weiteren darf sich das Anschlussfahrzeug nicht insofern (weiter) verspäten, dass spätere Anschlüsse auf deren Linienverlauf gefährdet sein könnten. Es ist somit eine Entscheidung zu fällen, die auf meistens sehr komplexen Einflussparametern beruht:

- Wie lange muss das Anschlussfahrzeug auf das Zubringerfahrzeug warten (Übertrag der Verspätung als Folgeverspätung)?
- Gibt es durch Kapazitätsengpässe möglicherweise einen zusätzlichen Verspätungsübertrag auf andere Fahrzeuge (Fahrzeugstellplätze an Bushaltestellen oder Bahnsteige in Bahnhöfe)?
- Wirkt sich die Verspätung des Anschlussfahrzeugs unter Umständen auf Anschlüsse an im weiteren Linienverlauf aus?
- Wie viele Fahrgäste wollen den Anschluss erreichen (Anschlussfahrgäste)?
- Wie viele Transitfahrgäste erfahren eine Reisezeitverlängerung durch die Sicherung des Anschlusses?
- Gibt es für die Anschlussfahrgäste bei einem nicht gesicherten Anschluss Alternativen und wie sehen die aus (Wartezeit, Kosten für Taxierstattung oder sogar Hotelübernachtung)?

Insbesondere bei komplexeren Netzen muss diese Entscheidung durch erfahrene Disponenten in der Leitstelle getroffen werden. Bei einfachen Randbedingungen können die Fahrer untereinander das Sichern eines Anschlusses abstimmen. Folgende Verfahren werden bei der Anschlusssicherung angewandt:

- a) Der Fahrer des Zubringerfahrzeugs fragt bei dem Fahrer des Anschlussfahrzeugs die Sicherung des Anschlusses an. Der Fahrer des Anschlussfahrzeugs trifft die eigentliche Entscheidung. In der Regel wird dies ausschließlich auf Bitten der Fahrgäste durchgeführt und auch nur wenn es der Betrieb zulässt. Dies kann demnach oftmals nur in zeitlichen und/oder räumlichen Randlagen erfolgen.
- b) Der Fahrer des Zubringerfahrzeugs fragt bei der Leitstelle die Sicherung des Anschlusses an. Die Leitstelle trifft die Entscheidung und teilt diese den Fahrern mit. In der Regel wird dies ausschließlich auf Bitten der Fahrgäste durchgeführt und auch nur wenn es der Betrieb zulässt. Dies kann demnach oftmals nur in zeitlichen und/oder räumlichen Randlagen erfolgen.
- c) Der Fahrer des Anschlussfahrzeugs kann aufgrund der aktuellen Verkehrssituation die Entscheidung zur Anschlusssicherung treffen (z.B. der Fahrer sieht das Zubringerfahrzeug bereits).
- d) Die Leitstelle trifft unabhängig von den Fahrern die Entscheidung, ob ein Anschlussfahrzeug auf einen Anschluss zu warten hat. Die Fahrzeugpositionen bzw. die Fahrplanlage der Fahrzeuge müssen dafür mindestens in der Leitstelle bekannt sein. Der Disponent der Leitstelle kann dies allein aufgrund seiner Erfahrung durchführen oder anhand von Anschlusskategorien.

Die FGSV hat vier Anschlusskategorien definiert, die beschreiben, wie mit einem Anschluss im Störfalle zu verfahren ist:

1. Garantierter Anschluss: Der Anschluss wird gehalten oder dem Nutzer eine Zusatzbeförderung angeboten (z.B. Taxi)
2. Limitierter Anschluss: Der Anschluss wird bis zu einer ausgewiesenen Verspätung des Zubringerfahrzeugs gehalten.
3. Vorgesehener Anschluss: Der Anschluss kommt nur im planmäßigen Betrieb zustande.
4. Nicht vorgesehener Anschluss: Der Anschluss kommt nur bei Verspätung des Anschlussfahrzeugs zustande.

Die Anschlusssicherung wird durch technische Systeme unterstützt. Dabei kommen Sprechfunksysteme, Leitsysteme und für verkehrsunternehmensübergreifende Anschlusssicherung müssen die Leitsysteme gekoppelt werden [FGSV 2004].

2.3 Fahrgastinformation

Für die Nutzung des ÖPNV ist das Informieren des Fahrgastes über den Betrieb durch das Verkehrsunternehmen unerlässlich. Nach [REI 2011] hat die Fahrgastinformation vier grundsätzliche Aufgaben:

- Abbau von Zugangshemmnissen zum System ÖV, insbesondere Reduzierung objektiver Nutzungshindernisse wegen fehlender Kenntnisse zum Angebot und zur Handhabung
- Verhaltenslenkung bei Abweichung vom Regelbetrieb (Störungen)
- Fahrgastlenkung bei großer Nachfrage (z.B. Großveranstaltungen)
- Aktive Vermarktung und damit Reduzierung subjektiver Hinderungsgründe

Der Fahrgast kann vor, während und nach der Fahrt mittels verschiedener Medien informiert werden. Die Informationen können hinsichtlich der zeitlich benötigten Abfolge folgendermaßen eingeteilt werden (nach [DAD 2006]): Grundinformationen, Vorinformationen, Zugangsinformationen, Haltestelleninformationen, fahrzeugbezogene Information und Umgebungsinformation. Welche typischen Informationen den Fahrgästen über welche Medien übermittelt werden (können), ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Voll umfänglich informiertes und in allen Fahrzeugen und an allen Haltestellen für die Fahrgäste verfügbares Servicepersonal (insbesondere im Störfall) ist hinsichtlich der Fahrgastinformation das Optimum. Allein aus Kostengründen ist diese Informationsmöglichkeit leider nur teilweise gegeben. Aus diesem Grund müssen andere Informationskanäle hoch verfügbar und kostengünstig vorhanden sein. An (größeren) Haltestellen haben sich auch bei nur mittelgroßen Verkehrsbetrieben die dynamischen Fahrgastinformationsanzeiger (DFI) durchgesetzt. Diese geben die Ist-Abfahrtszeiten der an der Haltestelle verkehrenden Linien wieder. Auch kann die Leitstelle Informationen zu kurz- und langfristigen Planänderungen als Text an der DFI anzeigen lassen. Eine Anzeige von Ist-Daten (Verspätungen, Anschlüsse) ist nur in den seltensten Fällen gegeben.

Die Fahrplanauskunft respektive der Routenplaner im Internet ist für alle Verkehrsträger des öffentlichen Verkehrs schon lange Stand der Technik. In der Regel wird dieser für die Reiseplanung vor Antritt der Reise genutzt.

Tabelle 3: Fahrgastinformationen und Übertragungsmedien [BLA 2013]

Medien	Fahrgastinformation														
	Linienverlauf	Abfahrts- / Ankunftszeiten	Netzplan	längerfristige Betriebsstörung (Baustelle)	kurzfristige Betriebsstörung (Unfall, technischer Defekt)	aktuelle Fahrplanlage (Verspätungen)	geplante Anschlüsse	Erreichung Plananschlusses	ungeplante Anschlüsse	Tarif / Preise	Haltestellenausstattung	Fahrzeugausstattung (Niederflur, klimatisiert, etc.)	Liniennummer des Fahrzeugs	Endhaltestelle des Fahrzeugs	Fahrzeugposition (nächste Haltestelle)
Fahrrerdurchsagen (inner- und ausserhalb Fzg.)					x			x	x						
Haltestellenaushang	x	x	x	x						x		(x)			
Aushang im Fahrzeug	x		x	x						x		x			
sonstige Informationen am Fahrzeug (außen)												x	x	x	
Bücher / Broschüren (von VU herausgegeben)	x	x	x	x			x			x	x	(x)			
Zeitung				x						x					
eigene persönliche Erfahrungen / Gedächtnis	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x
Personen vor Ort (Busfahrer, Servicepersonal)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Haltestellendurchsage					x			x	x						
Fahrscheinautomat	x	x	x		(x)	(x)	x			x		(x)			
Anzeiger im Fahrzeug	x					(x)	(x)						x	x	x
Anzeiger am Fahrzeug (außen)													x	x	
Telefonanruf (z.B. Servicehotline)	x	x	x	x			x			x	x	x			
Radio				x						x					
Fernsehen (inkl. Videotext)				x						x					
DFI (dyn. Fahrgastinfo) an Haltestelle		x		x	x	x							x	x	
Internetseiten (Verkehrsunternehmen)	x	x	x	x	(x)	(x)	x			x	x	(x)			
Smartphone-Anwendungen (Apps)	x	x	x	x	(x)	(x)	x			x		(x)			

Mit den Mobilfunknetzen kam die Möglichkeit auf das Internet auch unterwegs zugreifen zu können. Schon 2000 sah der VDV in der mobilen Fahrgastinformation eine Möglichkeit die Servicequalität deutlich zu verbessern (damals noch mittels der WAP-Technologie auf Handys [VDV 2000]. Jedoch erst mit den Smartphones – die gegenüber herkömmliche Handys größere, hochaufgelöste Displays und innovative Eingabemöglichkeiten haben (Touchscreens) – ausgebauten Netzen (hinsichtlich räumlicher Abdeckung und Übertragungsgeschwindigkeiten) und bezahlbaren Tarifen, ist eine nennenswerte Marktdurchdringung des mobilen Internets erreicht worden.¹ Erst dieser Umstand macht die Fahrgastinformation über das Internet auch während der Reise sinnvoll. Der Fahrgast nutzt das mobile Internet im Wesentlichen bei Reiseplanänderungen (durch eigenen Antrieb oder durch Betriebsstörungen) und für die ad-hoc-Nutzung des ÖV, insbesondere bei unzureichender Ortskenntnis.

Die Verkehrsunternehmen bzw. der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) haben die Potentiale des mobilen Internets erkannt und eine Vielzahl von (Forschungs-) Projekte initiiert, um diese Potentiale heben zu können [SCH 2013]. An dieser Stelle seien nur einige interessante Projekte genannt:

- DEFAS: Der Freistaat Bayern und die Bayerische Eisenbahngesellschaft initiieren dieses Projekt mit dem Ziel bayernweite Fahrgastinformationen auf Basis von Echtzeitdaten bieten zu können [BAY 2013]
- DIMIS: Ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) in Auftrag gegebenes Projekt zur Schaffung einer Anwendung zur durchgängigen, intermodalen und barrierefreien ÖV-Navigation [TÜV 2013]
- VDV, IP-KOM-ÖV: Schnittstelleninitiative mit dem Ziel die Datenschnittstellen des ÖV zu vereinheitlichen (IP-basierend), damit Fahrgastinformationen effizienter zur Verfügung stehen [VDV 2013]
- Smart-Way: Ergebnis eines EU-Forschungsprojekts ist die Applikation Smart-Way, die u.a. im Netz der Dresdner Verkehrsbetriebe als Beta-Version läuft. Diese App bietet dem (ortsunkundigen) Nutzer eine Echtzeitnavigation, z.B. wird der Nutzer informiert wo und wann er umsteigen muss. [SMA 2013]

Daraus lassen sich aktuelle Trends der Forschung und Entwicklung im Bereich der Fahrgastinformation ableiten (nach [SCH 2013]):

- Assistenzsysteme für mobilitätseingeschränkte und/oder ältere Menschen
- Navigationssysteme für den öffentlichen Verkehr
- Systeme, die eine Indoor-Navigation ermöglichen
- Entwicklung von Standards für (Daten-) Schnittstellen und das elektronische Ticketing

Es sind auch schon einige Anwendungen für mobile Endgeräte auf dem Markt verfügbar, die über eine mobile Ansicht herkömmlicher Websites hinausgehen (Smartphone-Apps). Einige dieser Apps haben neben der von den Internetseiten schon bekannten Routenplanerfunktionalität eine Echtzeitdatenschnittstelle an die Verkehrsleitzentralen für die Übertragung der Fahrplanlage der Fahrzeuge (Anzeige der Verspätungen in Minuten). Als Beispiel sei hier die App DB Navigator der Deutschen Bahn [DB 2013] genannt. Im ÖPNV ist die Anzeige der aktuellen Ankunfts- bzw. Abfahrtszeiten (noch) nicht Stand der Technik. Eine App, die den aktuellen Fahrplan, den Standort der Haltestellen und eine Routenplanerfunktionalität hat, hat fast jedes mittelgroße Verkehrsunternehmen in Deutschland. Einige Verkehrsbetriebe bieten Anwendungen an, die die Fahrzeugpositionen in Echtzeit auf einer Karte anzeigen, damit sich der Nutzer über den Be-

¹ 1 Milliarde Smartphones weltweit [STA 2013]; 80 % der verkauften Handys in Deutschland sind Smartphones, 40% aller Bundesbürger ab 14 Jahren haben ein Smartphone und allein im 1. Halbjahr 2013 stieg die Durchdringung in der Altersklasse der 50 – 64-Jährigen von 26 auf 39 Prozent [BIT 2013]

triebszustand einen Überblick verschaffen kann. Folgende Anwendungen mit dieser Funktionalität sind derzeit verfügbar:

- Train Map der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB): Anzeige der Zugpositionen auf einer Kartendarstellung von Google im herkömmlichen Webbrowser. Zugpositionen haben eine Aktualisierungsrate von ca. 1 Hz (Anzeige, über die Positionsübermittlung kann keine Aussage getroffen werden). Wird die Maus über einen Zug gefahren, werden Start- und Endhaltestelle und die aktuelle Geschwindigkeit angezeigt. Nach Klick auf einem Zug ist der Fahrtverlauf einzusehen. Ende des Jahres soll auch eine Smartphone-App zur Verfügung stehen. [SBB 2013]
- S-Bahn München (DB): Ähnlicher Funktionsumfang wie die Train Map der SBB, nur für die S-Bahn München. Nach Klick auf einen Zug werden der Fahrtverlauf und die zu erwartenden Verspätungen angezeigt. Smartphone-Varianten sind verfügbar. [DB 2013]
- metronom: Der Metronom (regionales Nahverkehrsunternehmen) hat eine App, die ebenfalls eine Live Map zur Verfügung stellt. Die Aktualisierungsrate ist nicht so hochfrequent, dafür wird nach einem Klick auf einen Zug sofort die Verspätung angezeigt; siehe folgende Abbildung. [MET 2013]

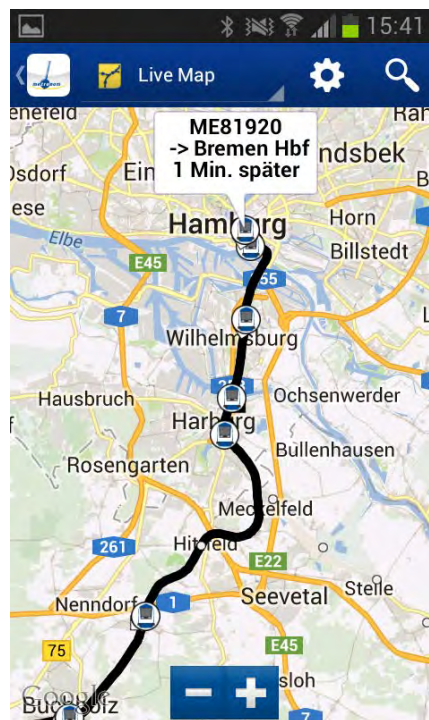


Abbildung 2: Screenshot der Live Map der App FahrPlaner der metronom Eisenbahngesellschaft

Für den städtischen Nahverkehr sind noch keine „Live Maps“ verfügbar. Aufgrund der langsamen Durchschnittsgeschwindigkeiten im städtischen öffentlichen Verkehr könnten Darstellungen der Fahrzeugposition mit hochfrequenter Aktualisierungsrate jedoch durchaus sinnvoll für ortskundige Nutzer sein. Diese könnten mittels Ihrer Ortskenntnis vermutlich eine bessere Prognose der Ankunftszeit des Fahrzeugs ermitteln als mit dem aktuellen Stand der Technik (der Prognosen) möglich.

2.4 Fazit

Obwohl technische Unterstützung vorhanden ist, ist aufgrund der möglichen Komplexität der Auswirkungen die Erfahrung des Disponenten maßgeblich für die Entscheidung zur Anschlusssicherung. Die Wünsche der Fahrgäste gehen als Entscheidungsgrundlage dabei zumeist nur indirekt ein. Nur in seltenen Fällen werden Fahrgastwünsche direkt ausgesprochen und an die Disponenten weitergegeben. Interessante Informationen für die Anschlusssicherungsentscheidung liegen dem Disponenten demnach nicht vor. Ferner werden die Fahrgäste gar nicht, zu spät oder am falschen Ort über die Entscheidung informiert.

Im Ausgleich der Informationsasymmetrie liegt vermutlich ein hohes Potential zur Steigerung der (wenigstens wahrgenommenen) Qualität. Als mobile hochverfügbare Ein- und Ausgabegerät für (Echtzeit-) Informationen bietet das Smartphone die Chance dieses Potential zu heben.

Durch die Verfügbarkeit von Ist-Daten werden die Soll-Daten (wie der Soll-Fahrplan) für Reisende ungeplanter ad-hoc Reisen – wie im städtischen Nahverkehr oft durchgeführt werden – immer weniger wichtig. Der Fahrgast hat in Zukunft vermehrt den Anspruch darüber informiert zu werden, wann die nächste Fahrt zu seinem Zielort stattfindet und nicht wann die nächste Fahrt nach einem ursprünglichen Plan stattfinden sollte.

3 ÖPNV-Datendienst des DLR

3.1 Motivation und Hintergrund

Das DLR schafft mit AIM eine Großforschungsanlage für Forschung und Entwicklung im Bereich der intelligenten Mobilitätsdienste. Dabei besteht diese Anlage nicht „nur“ aus einem stationären und von der Realität abgekapselten Labor, sondern besitzt wesentliche Anteile im realen Umfeld der Stadt Braunschweig und der Region Braunschweiger Land. Im Rahmen von AIM wurden 23 so genannte Basisdienste konzeptioniert und bis Ende 2013 aufgebaut. Einige Basisdienste übernehmen sensorische Aufgaben im Stadtgebiet Braunschweig, um das tägliche Verkehrsverhalten aufnehmen zu können. Dies dient der Gewinnung von Eingangsdaten für die Simulatoren der schon bestehenden Laborlandschaft des DLR und für Studien des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern unterschiedlicher Verkehrsträger (Fußweg, Straße, Schiene). AIM ist für eine nachhaltige Nutzung ausgelegt und soll so eine wirtschaftlich nutzbare Infrastruktur für viele Forschungsprojekte unterschiedlichster Beteiligter bieten. [DLR 2013]

Der in dieser Arbeit betrachtete Basisdienst „ÖPNV-Daten“ hat zum Ziel eine Infrastruktur zu bieten zur Gewinnung, Verarbeitung und Nutzung von Daten des öffentlichen Verkehrs. Auf Fahrzeugen (z.B. Busse und Stadtbahnen) sollen betriebliche Daten und Fahrzeugzustandsdaten ermittelt werden, die von Verkehrsbetrieben, Fahrgästen und Forschern genutzt werden, um den ÖPV für alle Beteiligten besser nutzbar zu machen und wirtschaftlicher gestalten zu können. Die Daten können „live“ in Echtzeit genutzt werden oder auch als historische Daten zu einem späteren Zeitpunkt aufgerufen werden (Beispielsweise für Auswertungen, Studien, verkehrsplannerische Zwecke). Der Basisdienst kann für vielfältige Zwecke verwendet werden. Die Verwendungszwecke können in drei „Klassen“ eingeteilt werden:

1. Erhebung empirischer Daten
2. Sensorplattform für Durchführung von Studien im Feld
3. Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

3.2 Anforderungen

In einem ersten Schritt wurden Anforderungen an den Basisdienst definiert. Für eine sinnvolle Einteilung der Anforderungen wurde – bevor die Architektur definiert wurde – der Basisdienst in zwei Kernmodule aufgeteilt:

1. Die modulare Fahrzeugdatenplattform des öffentlichen Verkehrs (FDP-ÖV)
2. Die zentrale Datenhaltung, das Datenmanagementsystem des öffentlichen Verkehrs (DBMS-ÖV)

Eine Auflistung aller aufgestellten Anforderungen ist im Rahmen dieser Arbeit zu umfangreich. Im Folgenden werden daher zwecks Übersichtlichkeit nur die Kernanforderungen der Fahrzeugplattform und der zentralen Datenhaltung aufgelistet:

Tabelle 4: Kernanforderungen an den Basisdienst ÖPNV-Daten

Anforderung	Kategorie	Subsystem
Die Fahrzeugplattform darf nicht Fahrzeugherstellerspezifisch sein.	Nicht funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss eine Datenschnittstelle zu dem integrierten Bordinformationssystem (IBIS) des Fahrzeugs haben. Die Schnittstelle muss rückwirkungsfrei sein.	Funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss eine Datenschnittstelle an den CAN-BUS (nur bei Linienbusse) des Fahrzeugs haben. Die Schnittstelle muss das rückwirkungsfreie FMS-Gateway des CAN-BUS vorsehen können.	Funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss einen GNSS-Receiver vorsehen.	Funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss modular gestaltet sein, d.h. Schnittstellen für weitere Sensoren bieten.	Funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss Daten über UMTS versenden können.	Funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss derart gestaltet und verbaut sein, dass sie in Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs für Fahrgäste und Betriebspersonal sicher und nicht sichtbar ist.	Nicht funktional	Fahrzeugplattform
Die Fahrzeugplattform muss auch hinsichtlich wirtschaftlicher Gesichtspunkten derart gestaltet sein, dass sie bei späterer Projektnutzung auf eine Vielzahl von Fahrzeugen installiert werden kann. ²	Nicht funktional	Fahrzeugplattform
Für jedes Fahrzeug müssen die Daten des Fahrzeugs als ein Track gespeichert und abgelegt werden.	Funktional	Zentrale Datenhaltung
Der Track eines Fahrzeugs, welches noch nicht vollendet ist, muss als ad-hoc-Daten abgelegt werden, um einen direkten Zugriff als Echtzeitdaten zu ermöglichen.	Funktional	Zentrale Datenhaltung
Ein Track muss als Fahrt von Starthaltestelle zur Endhaltestelle eines Teilumlaufs in der Datenbank definiert sein.	Nicht funktional	Zentrale Datenhaltung
Ist ein Track angeschlossen, muss er in der Datenbank so abgelegt werden, dass er für spätere Auswertungen verfügbar ist (Aufruf historischer Daten aus einem Track-Archiv).	Funktional	Zentrale Datenhaltung

² Diese Anforderung ist unkonkret, da keine Zielkosten oder ähnliches vorab definiert werden konnten. Um dieser Anforderung möglichst gerecht zu werden, wurde neben der eigentlichen Fahrzeugplattform eine „low-Budget“-Variante auf Basis eines Raspberry Pi Computers entwickelt. Die eigentliche Fahrzeugplattform ist gleich der hochperformanten und „teuren“ Hardwarearchitektur des AIM-Basisdienstes Fahrzeugflotte. (siehe Kapitel 3.3.1.1).

Tracks müssen aus dem Track-Archiv ausgelesen werden können (Exportfunktionalität).	Funktional	Zentrale Datenhaltung
Der Exporter muss derart gestaltet sein, dass dieser von einem Bediener ohne Datenbankkenntnis ausgeführt werden kann.	Nicht funktional	Zentrale Datenhaltung
Die Speicherung der Tracks im Archiv muss möglichst minimal hinsichtlich des Speicherbedarfs sein.	Nicht funktional	Zentrale Datenhaltung
Für Fahrzeugdaten, die nicht über UMTS „live“ in die Datenbank geschrieben werden, muss eine Importfunktionalität vorhanden sein.	Funktional	Zentrale Datenhaltung
Die Datenbank muss von verschiedenen Nutzern mit unterschiedlichen Rechten genutzt werden können, damit sichergestellt wird, dass ein bestimmtes Verkehrsunternehmen nur auf Daten seiner eigenen Fahrzeuge zugreifen kann (Mandantenfähigkeit).	Funktional	Zentrale Datenhaltung
In der Datenbank müssen Haltestellen mit Ihren Eigenschaften hinterlegt werden können.	Funktional	Zentrale Datenhaltung
In der Datenbank müssen Eigenschaften der Fahrzeuge (Datenlieferanten) hinterlegt werden können.	Funktional	Zentrale Datenhaltung
Die Datenbank muss derart gestaltet sein, dass wenigstens die Positionsdaten der Fahrzeuge in sekundlicher Frequenz gespeichert und wieder abgerufen werden können.	Nicht funktional	Zentrale Datenhaltung

3.3 Architektur

Der Basisdienst besteht – wie schon im Kapitel Anforderungen vorweggenommen – aus den Datenquellen (Fahrzeuge als Datenlieferanten) und der zentralen Datenverarbeitung. Die zentrale Datenverarbeitung hat zum Ziel Daten den Datensinken zur Verfügung zu stellen. Diese sind jedoch nicht mehr Teil des Basisdienstes, sondern werden im Laufe der zu entwickelnden Anwendungen definiert und geschaffen.

3.3.1 Modulare Fahrzeugdatenplattform (FDP-ÖV)

Die modulare Fahrzeugdatenplattform des öffentlichen Verkehrs (FDP-ÖV) ist für Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs hin entwickelt worden und übernimmt drei wesentliche Aufgaben:

- Die auf dem Fahrzeug vorhandenen Daten der Datenbusse werden rückwirkungsfrei abgegriffen (nur lesender Zugriff)
- Zusätzliche Sensoren, die im Fahrzeug verbaut werden, können gesteuert und deren Daten fusioniert werden (auch mit den vorhandenen Daten des Fahrzeugs)
- Komponenten für die Kommunikation von Daten können angesteuert werden. Die Kommunikation richtet sich in erste Linie zu dem Datenmanagementsystem hin, z.B. über UMTS. Eine Kommunikation mittels verschiedener W-LAN Standards sind denkbar, z.B. mit den Fahrgästen nach IEEE 802.11b/g/n oder nach IEEE 802.11p zur car2infrastructure-Kommunikation

Vom Prinzip besteht die Fahrzeugplattform aus einem Rechnerkern und die Möglichkeit eine Vielzahl von Komponenten anzubinden. Dies begründet die Modularität der Fahrzeugplattform, zu sehen in der folgenden Abbildung:

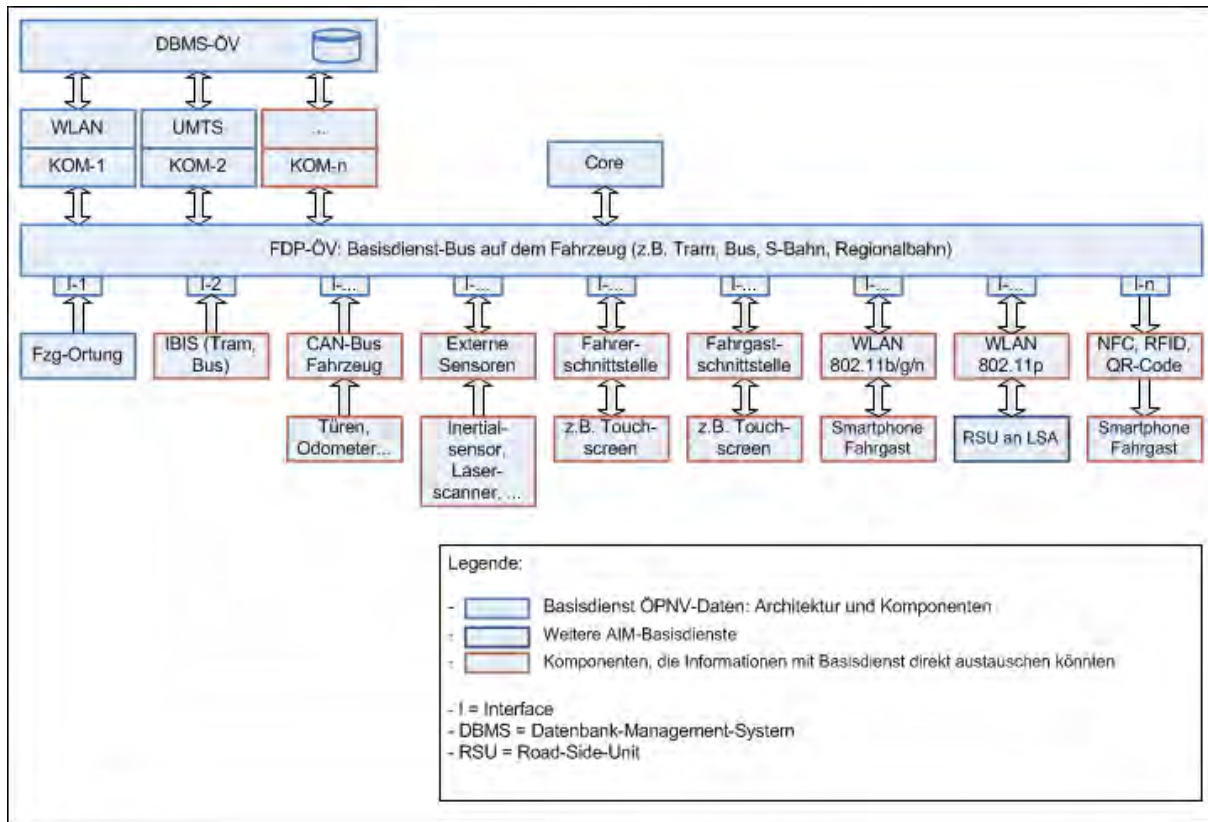


Abbildung 3: Systemarchitektur des Basisdienst ÖPNV-Daten

Im Rahmen des Aufbaus des Basisdienstes wird eine Grundfunktionalität hergestellt, in dem einige der in Abbildung 3 abgebildeten Komponenten tatsächlich angebunden werden. Die verwendeten Komponenten sind der Abbildung 4 zu entnehmen und werden im Folgenden kurz beschrieben:

- IBIS (integriertes Bordinformationssystem); der Abgriff der Daten erfolgt über den standardisierten IBIS-Wagenbus. [VDV 2011]
- FMS-CAN; der Abgriff einiger Daten des CAN-BUS erfolgt über die standardisierte rückwirkungsfreie Flotten-Management-Schnittstelle (FMS) nach Bus-FMS-Standard. [FMS 2012] [FMS 2013]
- AFZ (automatisches Fahrgastzählsystem); es wurde ein System der Firma I+ME Actia GmbH verbaut, welches die einsteigenden und aussteigenden Fahrgäste an jeder Tür mittels einer Stereokamera zählt; der Abgriff der Daten wird über eine IP-Schnittstelle realisiert (siehe auch Abbildung 6).
- UMTS-Modul für die Übertragung der Daten zu dem DBMS-ÖV
- GNSS-Receiver für die Generierung der Fahrzeugposition mittels Geo-Koordinaten (WGS84)
- Bluetooth-Receiver für das identifizieren von Bluetooth-Mac-Adressen in der Umgebung (werden sofort nach der Identifizierung „gehashed“)(siehe auch Kapitel 4).
- COM: Synonym, welches für verschiedenste Kommunikationsmedien steht; Ziel ist die ortsabhängige Signalstärke von Kommunikationsnetzen aufzuzeichnen zu können (GPRS, UMTS, LTE, etc.)(siehe auch Kapitel 4).

- FDP-ÖV Kern: Der eigentliche Rechner der Fahrzeugplattform der die Komponenten ansteuert, die Datenfusion auf Grundlage der UTC durchführt und die Generierung der Datentelegramme für die Datenkommunikation zur DBMS-ÖV vornimmt.

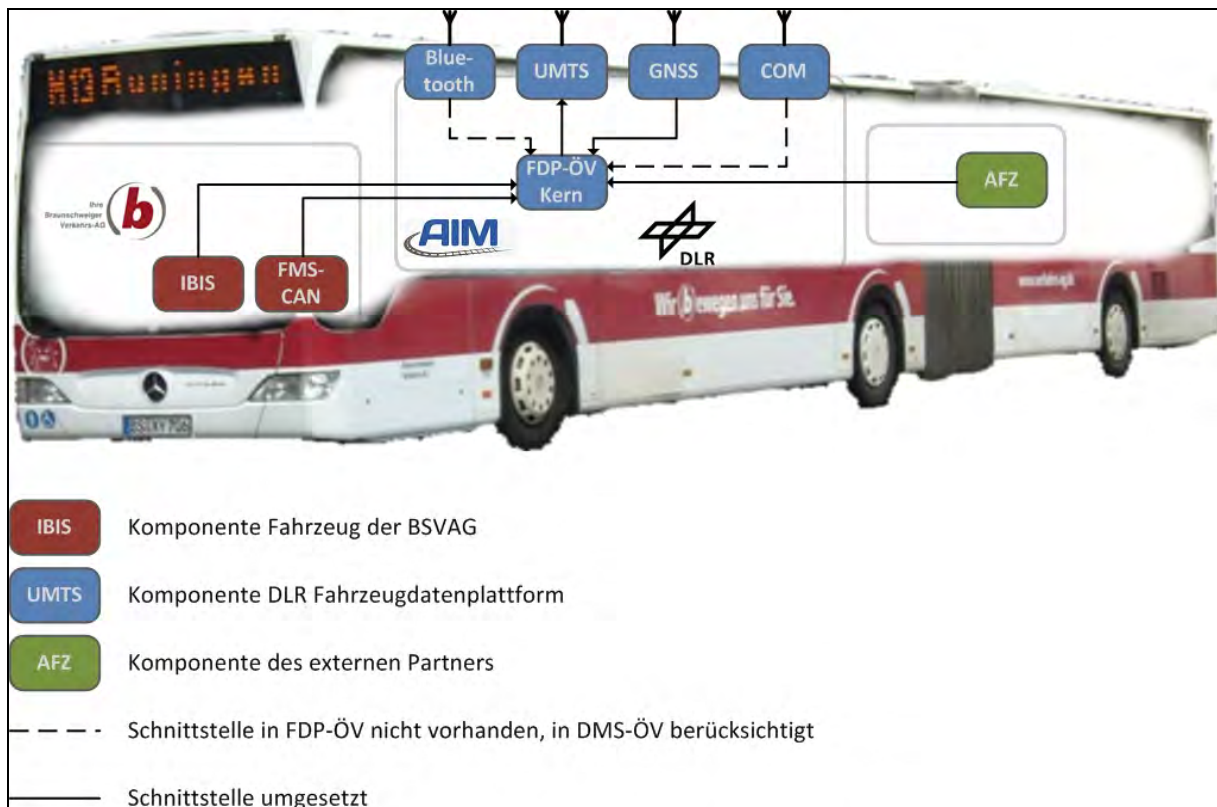


Abbildung 4: Komponenten der FDP_ÖV



Abbildung 5: Foto des FMS-CAN Gateway im Bus der BSVAG

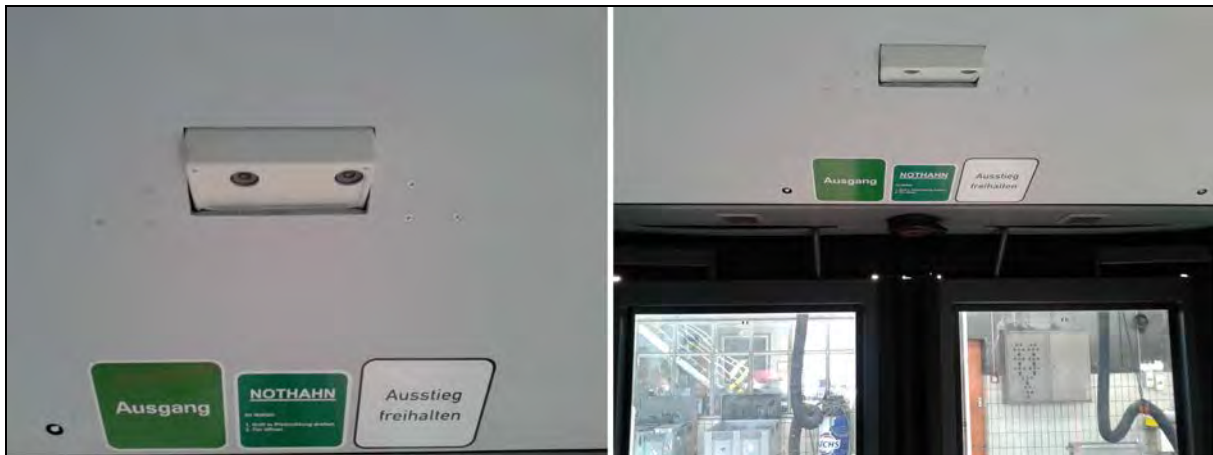


Abbildung 6: Stereokamera des automatischen Fahrgastzählsystems im Bus der BSVAG

3.3.1.1 FDP-ÖV Kern – Hardware-Architektur

Es wird dieselbe Hardware verwendet, die für den AIM-Basisdienst Fahrzeugflotte entwickelt wird. Diese Hardware wurde eigens für Anwendungen im Automotive-Bereich spezifiziert, entwickelt und umgesetzt. Die modulare Fahrzeugplattform des Basisdienst Fahrzeugflotte sieht zwei Einheiten vor; die Application Unit (AU) und die Communication Unit (CCU).

Die AU basiert auf einem EPIC Board mit Core i5 (oder besser) Prozessor und 4 GB RAM und einer 256 GB SSD. Sie enthält zwei USB 2.0 Anschlüsse, Bluetooth 2.0 und 2.1, 4 x CAN und zwei RS-232 Schnittstellen. Weiterhin eine Gigabit-Ethernet-Schnittstelle, eine 802.11a/b/g/n WLAN-Karte und ein UMTS-Modem. Für das Bluetooth-Modul, die WLAN-Karte und das Mobilfunk-Modem gibt es jeweils einen externen Antennenanschluss. Die CCU basiert auf einem Atom Z520PT. Sie enthält zwei 802.11p WLAN-Karten, einen GPS-Receiver und eine Gigabit-Ethernet-Schnittstelle. Für den GPS-Receiver und die WLAN-Karten gibt es jeweils einen externen Antennenanschluss. [NOR 2012]

Die Software-Architektur des Basisdienstes Fahrzeugflotte wird für den ÖPNV-Daten Basisdienst nicht übernommen. Hier wird eine eigene Software geschrieben (siehe folgendes Kapitel).

Alternativ zu dieser Hardware wird ein Hardwarekonzept auf Basis eines Raspberry Pi verfolgt. [RAS 2013][RAS 2013a]

Ziel ist, die Kosten für die Anschaffung und den Platzbedarf im Fahrzeug zu minimieren. Der Raspberry Pi ist ein nur kreditkartengroßer Computer mit einem ARM 700-MHz-Prozessor und 512 MB RAM. Er hat diverse Schnittstellen wie z.B. Ethernet und USB-Ports, die für die Anbindung einer Vielzahl von Sensorik und Datenschnittstellen ausreicht. Das Betriebssystem und die Software zur Verarbeitung der Daten laufen auf einer SD-Speicherkarte. Ob die Performance des Mini-Computers ausreichend ist, werden die ersten Tests des Prototypen zeigen, der zu dem Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch nicht stattgefunden hat. Mit dem Raspberry Pi als Computer, einem GPS- und einem UMTS-Modul und der Schnittstelle zu dem IBIS (FMS-CAN-Schnittstelle ist in der Entwicklung³) konnte eine Minimal-Variante der Fahrzeugdatenplattform für erste Tests hinsichtlich der Funktionalität entwickelt werden. [KLU 2013] (siehe Abbildung 7 für Innenansicht des ersten Testaufbaus)

³ Stand: 18.11.2013 (Abgabe der Arbeit)

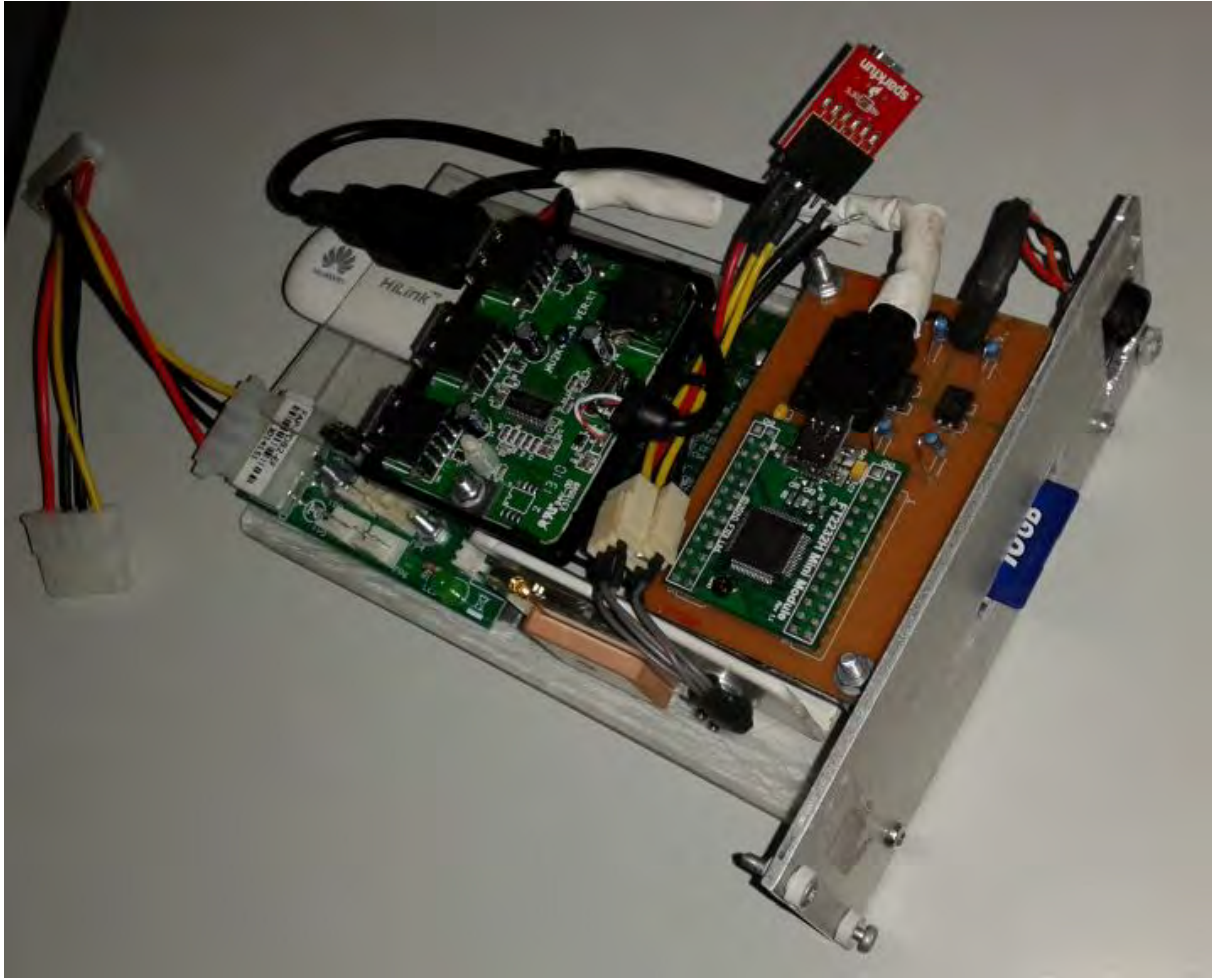


Abbildung 7: Minimal-Variante der Fahrzeugdatenplattform nach [KLU 2013]

3.3.1.2 FDP-ÖV Kern – Software-Architektur

Die Fahrzeugdatenplattform benötigt neben der Hardware eine Software, die die Daten der Datenschnittstelle verarbeiten kann (siehe Abbildung 8). Diese Software muss folgende Aufgaben bewältigen können:

- Die Daten der jeweiligen Datenschnittstellen müssen in ein verständliches Format gebracht werden. Dies erledigen die Software-Module, die eigens für eine Datenschnittstelle bzw. Sensor geschrieben werden.
- Es muss eine Software vorhanden sein, deren Logik entscheidet, wann welche Daten versendet werden. Dies erledigt die Central processing unit (CPU).
- Ferner muss ein Algorithmus erkennen, auf welchem Umlauf des Fahrplans das Fahrzeug sich zurzeit befindet. Dies übernimmt der Timetabel-Manager (TTM). Mittels der Linien-Nr., der Zielhaltestelle, der aktuellen Zeit und des hinterlegten Soll-Fahrplans kann dieser die Fahrt zuordnen.
- Die Software SAR (Send and Receive) bringt die Daten, die an die Datenbank gesendet werden sollen, in das spezifizierte Format. Über https werden die Daten verschickt.

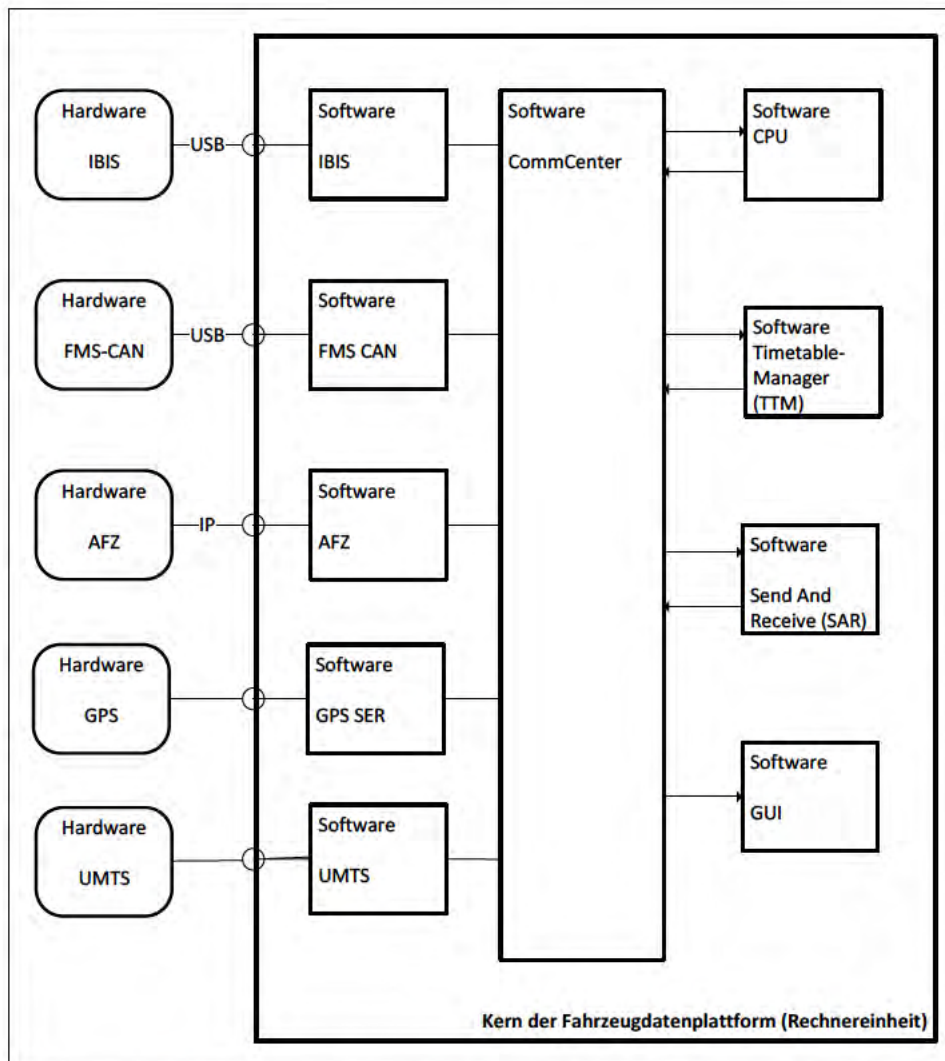


Abbildung 8: Architektur des Kerns der Fahrzeugdatenplattform nach [MBA 2013]

3.3.2 Datenbankmanagementsystem (DBMS-ÖV)

Das Datenbankmanagementsystem besteht aus folgenden Komponenten:

- Eine Datenbank, die Daten aufnimmt und archiviert (aufgrund der zu erwartenden Datenmengen wurde sich für eine Oracle-Datenbank entschieden)
- Webschnittstellen, die es ermöglichen Daten über UMTS bzw. das Internet in die Datenbank von den Datenlieferanten einzupflegen bzw. von Anwendungen – die diese Daten nutzen – auszulesen
- Einen Importer, um Daten in die Datenbank manuell einpflegen zu können
- Einen Exporter, um Daten aus dem Archiv der Datenbank wieder auslesen zu können

Es wird ein Format für die Übertragung der Datentelegramme zwischen Datenlieferanten und der Datenbank benötigt. Des Weiteren wird ein Konzept für die Sicherheit der Daten gegenüber ungenehmigten bzw. unerwünschten Zugriff gebraucht. Vorgesehen in der Architektur sind auch schon Erweiterungen für die Umsetzung einer Anwendung zur Anschlussicherung (das Konzept der Anwendung wird in Kapitel 5.2 beschrieben). Der Zusammenhang der Komponenten ist der folgenden Abbildung zu entnehmen:

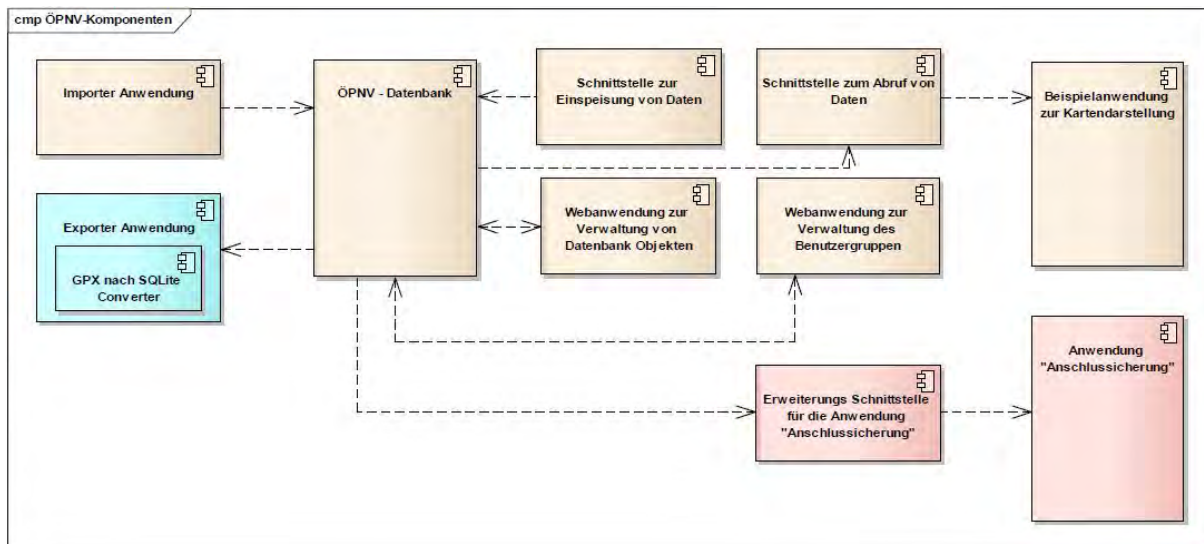


Abbildung 9: Software-Architektur der DBMS-ÖV [YAS 2013]

Das Datenmodell berücksichtigt die Daten, die von der FDP-ÖV aufgezeichnet und an das Datenbankmanagementsystem geschickt wird (siehe Abbildung 10). Diese Daten werden als Track eines Fahrzeugs gespeichert. Der Track ist gleich einem Kurs des öffentlichen Verkehrs. Ein Kurs ist definiert als eine Fahrt von einer Starthaltestelle zu einer Zielhaltestelle einer Linienfahrt (Teilumlauf). Diese Daten werden in der Datenbank zunächst als Live-Daten abgelegt bis der Track abgeschlossen wird. Solange können die Daten des Tracks als Echtzeitdaten aus der Datenbank abgerufen werden. Ist der Track abgeschlossen, wird dieser in das Track-Archiv abgelegt, um eine maximale Komprimierung der Daten zu ermöglichen. Die Tracks werden im gpx-Format⁴ gespeichert, welches um die Spezifika des Basisdienstes erweitert wurde. Mittels des Exporters können die Daten aus dem Archiv wieder ausgelesen werden. Das Datenmodell sieht des Weiteren noch Stammdaten mit Eigenschaften der Fahrzeuge, Haltestellen und den Kursen vor. Über die Kurse erfolgt die Zuordnung zu den Fahrplandaten. Das komplette Datenmodell ist dem Anhang zu entnehmen.

⁴ „Das GPS Exchange Format (GPX) ist ein Datenformat zur Speicherung von Geodaten (GPS-Daten), das von der Firma TopoGrafix entwickelt wurde. Es basiert auf dem allgemeinen XML-Standard. Ein XML-Schema beschreibt die Elemente und den Aufbau des GPS Exchange Formats. Als Dateiendung wird die Abkürzung .gpx verwendet.“ [WIK 2013]

Datenschnittstellen der FDP-ÖV und der DBMS-ÖV

«interface» GNSS	«interface» IBIS	«interface» FMS_CAN-BUS
+unixtime() +longitude() +latitude() +altitude() +hdop() +vdop() +heading()	+kurs() +linie() +sonderzeichen_linie() +datum() +wagennummer() +zuglaenge() +ziel() +innenanzeiger() +naechste_haltestelle() +aussenanzeiger()	+geschwindigkeit() +klimaanlage() +kneeling() +zustand_tuer() +kraftstofffuelstand() +kraftstoffverbrauch() +parkbremse() +aussentemperatur() +innentemperatur() +richtungsanzeiger() +wegstreckenzaehler()
«interface» COM		
+signalstaerke() +carrier()		
«interface» BlueTooth	«interface» AFZ	
+mac_adressen()	+einsteiger_tuer_1() +einsteiger_tuer_2() +einsteiger_tuer_3() +einsteiger_tuer_gesamt() +aussteiger_tuer_1() +aussteiger_tuer_2() +aussteiger_tuer_3() +aussteiger_tuer_gesamt()	

Abbildung 10: Daten(-schnittstellen) zwischen der FDP-ÖV und der DBMS-ÖV

Das Sicherheitskonzept berücksichtigt zwei wesentliche Aspekte:

- Die Datenbank ist Mandantenfähig ausgelegt. Dies bewirkt eine physikalische Trennung der Datenobjekte zwischen den Mandanten. Ein Verkehrsunternehmen ist derzeit z.B. als ein Mandant vorgesehen. Diese Struktur hat den Vorteil, dass ein Verkehrsunternehmen nicht auf die Daten eines anderen Verkehrsunternehmens zugreifen kann. Dies ist daher gehend wichtig, da sich Verkehrsunternehmen im Wettbewerb befindlich sehen können und ein gegenseitiger Datenzugriff wahrscheinlich nicht gewünscht ist.
- Die Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen und des Datenbankmanagementsystem muss gegen nicht autorisierte Zugriffe geschützt ablaufen. Hierfür wurde das sichere Übertragungsprotokoll HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) gewählt. Dieses hat sich im Alltag bewährt, es wird z.B. auch für Online-Banking angewendet.

4 Use-Cases des ÖPNV-Datendiensts

In diesem Kapitel werden Use-Cases (deutsch: Anwendungsfälle) für den ÖPNV-Daten Basisdienst beschrieben. Die Beschreibung folgt einer einheitlichen Struktur:

1. Beschreibung der Aufgabe und des zu erreichenden Ziels des Use Cases
2. Beschreibung der Funktionsweise
3. Beschreibung der potentiellen Nutzer und der zu erwartende Nutzen
4. Wenn der Fahrgast ein potentieller Nutzer ist, wird die zu erwartende Verbesserung der Qualität genannt. Es werden mögliche Kriterien nach der DIN 13816 und [VDV 2001] aufgeführt.
5. Es werden die Daten bzw. Komponenten des Basisdienstes aufgeführt, die vom Use Case genutzt werden.
6. Es werden die Komponenten genannt, die voraussichtlich noch benötigt werden. Dies müssen nicht zwingend Komponenten des Basisdienstes werden.
7. Der Basisdienst bietet drei Klassen von Verwendungszwecken. Es erfolgt eine Zuordnung des Use Case zu einem oder mehrerer der Verwendungszweckklassen.

4.1 Fahrgastinformation mittels Echtzeitdaten (Fahrzeugdaten) (siehe auch Kapitel 5.2 für die Ausarbeitung eines Konzepts zu diesem Use Case)	
Aufgabe / Ziel	Der Fahrgast soll über Fahrzeuginformationen in Echtzeit informiert werden können, die ihm für die Reise einen Nutzen bringen.
Beschreibung	Folgende Fahrzeuginformationen könnten transferiert werden: • Anzeige der Fahrplanlage des Fahrzeugs • Anzeige der Position des Fahrzeugs • Anzeige freier Sitzplätze im Fahrzeug • Anzeige der Innentemperatur des Fahrzeugs • Anzeige, ob das Fahrzeug klimatisiert ist • Anzeige, ob das Fahrzeug ein Niederflurfahrzeug ist (in Kombination mit der Haltestelleninformation könnte angezeigt werden, ob ein ebenerdiger Einstieg bzw. Ausstieg verfügbar ist)
Nutzer	Fahrgast: Die Informationen haben vielfältigen Nutzen für den Fahrgast. Heruntergebrochen kann der Nutzen auf die Aussage, dass der Fahrgast besser einschätzen kann, ob und inwiefern das Fahrzeug seinen persönlichen Anforderungen entspricht.
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Komfort → Raumangebot → in Fahrzeugen → Anzahl der sitzenden Fahrgäste im Verhältnis zur Gesamtzahl der Fahrgäste (Beförderungsqualität) Verfügbarkeit → Eignung → Gestaltung und Ausrüstung von Fahrzeugen → Mitnahme von Mobilitätseingeschränkte; Mitnahme von Tieren, Gegenständen, Fahrrädern und Kinderwagen Informationen → allgemeine Informationen → über Komfort → Information über einsteigerfreundliche Fahrzeuge (insbesondere Aktualität)
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Position des Fahrzeugs (GPS) • Aktuelle Verspätung des Fahrzeug (Zuordnung von Position (GPS), Haltestellen, Fahrplan (beide DBMS-ÖV) und Zeit erforderlich) • Ermittlung der Sitzplatzkapazität anhand des Besetzgrads; Ermittlung über Ein- und Aussteiger an Haltestellen (AFZ) • Innentemperatur (FMS-CAN oder gesonderter Temperatursensor) • Zustand Klimaanlage (FMS-CAN)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.2 Anschlusssicherung mittels Echtzeitdaten

(siehe auch Kapitel 5.3 für die Ausarbeitung eines Konzept zu diesem Use-Cases)

Aufgabe / Ziel	Der Fahrgast erhält eine möglichst genaue Übersicht, welche Anschlüsse für ihn zu erreichen sind, welche nicht mehr erreicht werden können und welche Anschlüsse unsicher sind (aufgrund ungenauer Prognose nicht 100%ig zu bestimmen). Der Fahrgast kann seinen Anschlusswunsch dem Verkehrsunternehmen übermitteln. Nach einer Entscheidung zu dem Anschluss durch das Verkehrsunternehmen sollte der Fahrgast eine Antwort auf seine Übermittlung des Anschlusswunsches erhalten.
Beschreibung	Anhand einer Kartendarstellung erhält der Fahrgast folgende Informationen: • Eigene Position • Fahrzeug- und Haltestellenpositionen (Fahrzeugpositionen in Echtzeit) • Fahrtverlauf inkl. Ist-Daten mindestens zu dem Fahrzeug, in dem sich der Fahrgast befindet • An Haltestellen eine Übersicht mit abfahrenden Fahrzeugen (Anschlüsse) • Einteilung der Anschlüsse in „Nicht mehr zu erreichen“, „in aller Wahrscheinlichkeit zu erreichen“ und „unsicher zu erreichen“ Im dem Fall, dass ein „unsicher zu erreichender“ Anschluss gewünscht ist, kann der Fahrgast dem Verkehrsunternehmen seinen Anschlusswunsch übermitteln.
Nutzer	Verkehrsunternehmen: Aufnahme der Anschlusswünsche der Fahrgäste zur Schaffung einer Datenbasis für planerische Zwecke als auch der Priorisierung von Anschlüssen und zur Unterstützung der Entscheidung zur Anschlusssicherung. Fahrgast: Quasi nebenbei enthält der Fahrgast eine Übersicht über den Betriebszustand (aktuelle Fahrzeugpositionen) und wo sich die Haltestellen befinden. Die Übermittlung seines Anschlusswunsches an das VU hat zum Ziel, dass die Wahrscheinlichkeit steigt, dass der Anschluss gewährt wird. Des Weiteren fühlt sich der Fahrgast als nicht mehr passiver Beteiligter des öffentlichen Verkehrs, sondern als aktiv eingreifender Beteiligter, der Einfluss auf den Verkehrsablauf nehmen kann.

Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Informationen → Reiseinformationen unter Sonderbedingungen → über aktuellen/zukünftigen Zustand des Netzes und über Vorschläge und Beschwerden Zeit → Einhaltung des Fahrplans/Betriebsmanagement → Pünktlichkeit Kundenbetreuung → Engagement → Kundenorientiertheit und Innovation und Initiative Kundenbetreuung → Schnittstelle zum Kunden → Anfragen Kundenbetreuung → Unterstützung → bei Betriebsstörungen
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Position des Fahrzeugs (GPS) • Aktuelle Verspätung des Fahrzeug (Zuordnung von Position (GPS), Haltestellen, Fahrplan (beide DBMS-ÖV) und Zeit erforderlich) • Haltestellenpositionen
Benötigte weitere Komponenten	• Kopplung Fahrgast- und Fahrzeugposition • Klassifizierung der Anschlüsse in Anschlusswahrscheinlichkeiten • Prognose von Ankunft- bzw. Abfahrtszeiten • Datenaustausch mit Leitstelle (Übermittlung Anschlusswunsch und -entscheidung)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.3 Ermittlung von Fahrzeitanteilen	
Aufgabe / Ziel	Der ÖPNV-Datendienst soll Daten erheben, die es ermöglichen den Fahrzeitbedarf analysieren zu können. Ziel ist, Potential für Fahrzeitoptimierungen zu identifizieren, indem die Fahrzeitanteile in ihrer Höhe bestimmt werden.
Beschreibung	Die Fahrzeit besteht aus der Fahrgastwechselzeit, der minimalen Fahrzeit und den folgenden Verlustzeiten: • Verlustzeiten aufgrund Halt an LSA • Verlustzeiten aufgrund Stau / erhöhtem Verkehrsaufkommen • Verlustzeiten an Haltestellen aufgrund: - Zeit für Fahrkartenverkauf durch den Fahrer - Wiedereingliederungszeit in den fließenden Verkehr nach Haltestellenaufenthalt (nur Haltestellenbucht)
Nutzer	Verkehrsunternehmen / Stadtplaner / Finanzierer des ÖV: • Beschleunigungsmaßnahmen des ÖV können (zuerst) dort angewandt werden, wo sie am sinnvollsten sind (Busschleusen, LSA-Bevorrechtigung, etc.) • Aufgrund geringerer Fahrzeiten können u.U. Fahrzeuge und deren Fahrer eingespart werden (Kostensenkung). Fahrgäste: Reisezeitminimierung
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Zeit → Reisezeit → im Fahrzeug → Beschleunigungssystem minimiert Verlustzeiten an LSA
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Positionsverlauf des Fahrzeugs über die Zeit (GPS) • Geschwindigkeitsverlauf des Fahrzeugs über die Zeit (GPS und/oder FMS-CAN) • Liniennummer (IBIS) • Tür-auf-Tür-zu-Kriterium zur Bestimmung der Haltestellenaufenthaltszeit (FMS-CAN) • Fahrtrichtungsanzeiger für die Bestimmung der Wiedereingliederungszeit nach Aufenthalt an einer Haltestellenbucht (FMS-CAN)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten

4.4 Floating Bus Data [VM 2013]	
Aufgabe / Ziel	Erhebung des aktuellen Verkehrszustands auf den öffentlichen Straßen auf Grundlage von Busfahrten.
Beschreibung	Der aktuelle Verkehrszustand wird anhand des Verkehrsflusses bestimmt analog zu Floating Car Data (FCD). Der Verkehrsfluss wiederum wird anhand der Buspositionen ermittelt. Besondere Fahrmanöver von Linienbussen müssen dabei Berücksichtigung finden, die den Verkehrsfluss nicht indizieren können, z.B. Haltestellenaufenthalte).
Nutzer	Verkehrsplaner (empirische Daten für die Verkehrsplanung) Verkehrsnutzer (aktuelle Daten)
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Keine
Benötigte Daten des ÖPNV-Datendienst	• Position des Fahrzeugs (GPS) • Geschwindigkeit des Fahrzeug (GPS oder FMS-CAN) • Tür-auf-Tür-Zu-Kriterium für die Bestimmung von Haltestellenaufenthaltszeiten • Fahrtrichtungsanzeiger für die Bestimmung von Wiedereingliederungszeiten in den Verkehr aufgrund Haltestellenaufenthalt
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.5 Scan von Verkehrsteilnehmerbewegungen [VM 2013]	
Aufgabe / Ziel	Die Bewegung der Verkehrsteilnehmer soll mittels derer Bluetooth-Geräte erkannt werden. Hieraus lassen sich Quelle-Ziel-Bedienungen der Verkehrsteilnehmer und Bewegungsprofile ermitteln.
Beschreibung	Die eindeutige ID eines Bluetooth-Geräts wird mit deren Position und einem Zeitstempel versehen gespeichert. Wird dasselbe Gerät zu einer anderen Zeit und Position erneut erkannt, lässt sich u.U. ein Bewegungsprofil daraus ermitteln.
Nutzer	Verkehrsplaner (empirische Daten für die Verkehrsplanung) Verkehrsnutzer (aktuelle Daten)
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Keine
Benötigte Daten des ÖPNV-Datendienst	Ermittlung, Speicherung und Versenden der Bluetooth-Mac-Adressen (Die Datenbank ist darauf vorbereitet; die Fahrzeugdatenplattform müsste noch entsprechend erweitert werden)
Benötigte weitere Komponenten	Tools für die Auswertung der Daten
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.6 Assistent für Fahrmanöver an LSA	
Aufgabe / Ziel	Der Fahrer eines straßengebundenen Verkehrsmittels (vorrangig Linienbus) erhält eine Anzeige des ablaufenden Signalprogramms der vor ihm liegenden LSA. Der Fahrer kann sein Fahrverhalten an das zukünftige Verhalten der LSA anpassen, z.B. frühzeitiger und somit auch langsamer Bremsen.
Beschreibung	Das Assistenzsystem für den Fahrer zeigt die Restrot- und Restgrünzeiten der vor ihm liegenden LSA an, d.h. wie lange die Phase noch dauern wird in Sekunden. Alternativ kann ihm auch eine davon abgeleitete optimale Geschwindigkeit oder Empfehlung für das Bremsen / Beschleunigen gegeben werden.
Nutzer	Fahrer: Komfortsteigerung für den Fahrer, da dieser z.B. weniger „plötzliche“ Bremsmanöver aufgrund LSA durchführen muss. Verkehrsunternehmen: Es kann eine Energieeinsparung aufgrund „geglätteter“ Fahrregime erwartet werden. Fahrgast: Komfortsteigerung, da „plötzliche“ Bremsmanöver aufgrund LSA vermieden werden. Auch können Verletzungen durch Stürze dieser ruckartigen Fahrmanöver vermieden werden.
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Komfort → beim Anfahren/Anhalten → Bremsverhalten des Fahrers
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Spurgenaue Position des Fahrzeug (Map-Matching mittels GPS und digitaler Karte) • Display für das Fahrerassistenzsystem des Fahrers (noch nicht verfügbar) • WLAN nach IEEE 802.11p für den Empfang der Restrot-, Restgrünzeiten bzw. SPAT-Nachrichten⁵ (noch nicht verfügbar)
Benötigte weitere Komponenten	• Ausrüstung der LSA mit Einrichtung für das Senden von Restrot-, Restgrünzeiten (AIM Basisdienst Referenzstrecke bietet diese Funktionalität für ausgewählte Kreuzungen in Braunschweig)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

⁵ SPaT = Signal Phase and Timing; weitere Use-Cases für die Übermittlung des (aktuellen) Signalprogramms der LSA finden sich auch in [CAL 2011]

4.7 ÖV-Bevorrechtigung an LSA	
Aufgabe / Ziel	Der ÖV wird an LSA-geregelten Kreuzungen gegenüber den anderen Verkehrsströmen bevorzugt, in dem das Signalprogramm der LSA entsprechend beeinflusst wird. Die Bevorrechtigung soll nach dynamischen Parametern ablaufen können.
Beschreibung	Die technische Realisierung wird über die c2x Infrastruktur und dem WLAN-Standard IEEE 802.11p vorgenommen. Stand der Technik ist das Versenden von Telegrammen über Analogfunk. Vorteil ist, dass neben den Standardtelegrammen weitere Informationen einfließen könnten, z.B. eine Bevorrechtigung in Abhängigkeit der Besetzung, des Energiebedarfs oder der Fahrplanlage des Fahrzeugs.
Nutzer	Fahrgast: verkürzte Reisezeiten und höhere Pünktlichkeit Verkehrsunternehmen: geringeren Energiebedarf, höhere Akzeptanz der ÖV-Bevorrechtigung bei städtischen Verantwortlichen und Bürgern Verkehrsteilnehmer: gerechtere Bevorrechtigung des ÖV (Beispiel Extremfall: keine Bevorrechtigung von leeren ÖV-Fahrzeugen)
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Zeit → Reisezeit → im Fahrzeug → Beschleunigungssystem minimiert Verlustzeiten an Lichtsignalanlagen
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Spurgenaue Position des Fahrzeug (Map-Matching mittels GPS und digitaler Karte) • WLAN nach IEEE 802.11p für das Versenden entsprechender Nachrichten für die Bevorrechtigung (Voranmeldung, Anmeldung und Abmeldung) in Abhängigkeit der Fahrzeugposition
Benötigte weitere Komponenten	• Ausrüstung der LSA mit Einrichtung für die Verarbeitung der Nachrichtentelegramme zur Bevorrechtigung des ÖV durch Einfluss auf das Signalprogramm
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.8 Naturalistic Driving Study (NDS) [VDA 2013]	
Aufgabe / Ziel	Es sollen naturalistische Fahrverhaltensbeobachtungen von Bus-, Straßenbahn- und Stadtbahnfahrern durchgeführt werden können.
Beschreibung	Die Fahrzeugdatenplattform des öffentlichen Verkehrs soll für diese Aufgabe erweitert werden und somit eine kostengünstige Plattform für NDS auf öffentlichen Verkehrsmitteln bieten.
Nutzer	Grundlagenforschung, Unfallforschung
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Keine
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Position des Fahrzeugs (GPS) • Betriebliche Informationen, z.B. Liniennummer (IBIS) • Diverse Daten über den Fahrzeugzustand (FMS-CAN)
Benötigte weitere Komponenten	• Sensorik für die Aufnahme des Fahrerverhaltens (Blickbewegungssystem, Puls- und Schweißmesser, etc.) • Sensorik für die Erfassung der Fahrzeugumgebung (Laserscanner, Radar, etc.)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten

4.9 Plattform für Studien zur Nutzerakzeptanz	
Aufgabe / Ziel	Die Plattform soll es ermöglichen die Nutzerakzeptanz innovativer Mobilitätslösungen (z.B. Smartphone-Anwendungen) effizient zu untersuchen, in dem diese im Feld erprobt werden können.
Beschreibung	Der Basisdienst bietet in Braunschweig die technischen Realisierungsmöglichkeiten für verschiedenste Anwendungen einhergehend mit der prototypischen Nutzung im Feld. Ausgewählte Probanden sollen diese Anwendungen in der Praxis nutzen können und ihr Feedback hinsichtlich funktionaler Aspekte und Aspekte der Gestaltung der Anwendung geben.
Nutzer	Entwickler von Anwendungen: diese können in einer früheren Phase der Anwendungsentwicklung ein aussagefähiges Feedback zur Akzeptanz der Funktionalität und Gestaltung ihrer Anwendung bekommen. Fahrgast: Der Fahrgast sollte in Folge von verständlichen und funktional sinnvollen Anwendungen profitieren können.
Qualitätsverbesserung für den Fahrgast nach DIN 13816 und VDV 7012	Die Qualitätsverbesserung hängt stark von der zu entwickelnden Anwendung ab, jedoch sollte für alle Anwendung folgenden Steigerung zu erwarten sein: Informationen → Allgemeine Informationen → über Verfügbarkeit → Aktualität, Genauigkeit, Verständlichkeit, Nützlichkeit
Benötigte Daten / Komponenten des ÖPNV-Datendienst	• Fahrzeugpositionen (GPS) • Betriebliche Informationen (IBIS) • Fahrzeugzustandsdaten (FMS-CAN) • Fahrplan und Haltestelleninformationen (DBMS-ÖV)
Benötigte weitere Komponenten	• Abhängig von der Anwendung (bspw. WLAN auf dem Fahrzeug für eine direkte Kommunikation von Fahrgastinformationen zwischen Fahrzeug und Fahrgast)
Klassifikation der Nutzung des Basisdienst ÖPNV-Daten nach Kapitel 3.1	Erhebung empirischer Daten Sensorplattform für Durchführung von Studien im Feld Erhebung von Ist-Daten für Anwendungen (in Echtzeit)

4.10 Erweiterung des Basisdienst

Anhand der Use-Cases und den vorhandenen Komponenten des Basisdienstes kann an dieser Stelle ein Bedarf für eine Erweiterung des Basisdienstes erkannt werden. Die Tabelle 5 zeigt anhand einer Matrixstruktur welche Komponenten durch welche Use-Cases genutzt werden. Auch sind Komponenten aufgeführt, die noch nicht verfügbar sind. Im Einzelnen sind dies:

- Auf der FDP-ÖV ist noch kein Bluetooth-Empfänger verbaut und die für die Anwendung „Scan von Verkehrsteilnehmerbewegungen“ notwendige Verarbeitungssoftware ist noch nicht verfügbar, die die Mac-Adressen der Bluetooth-Geräte der anderen Verkehrsteilnehmer aufgrund des Datenschutzes anonymisiert.
- Die Integration des WLAN-Empfängers nach dem Standard 802.11p für car2x-Anwendungen hat nicht stattgefunden. Die Hardware ist soweit verfügbar.
- Es wurde keine Sensorik verbaut für Studien zur Untersuchung des Fahrerverhaltens. Dies betrifft sowohl den Fahrzeuginnenraum als auch die Sensorik, die außen am Fahrzeug angebracht werden muss.
- Die Algorithmen zur Berechnung der Fahrzeugfahrplanlage, zur Prognose der Ankunfts- bzw. Abfahrtszeiten und zur Berechnung von Anschlusswahrscheinlichkeiten hängen stark von der verfügbaren Eingangsdatenbasis ab. Die Implementierung der Algorithmen sollte im Rahmen der Umsetzung von Anwendungen erfolgen (für eine Aufzählung der Prognoseeingangsdaten siehe Abbildung 14 in Kapitel 5.3.3, Seite 58).

Tabelle 5: Verwendung von Basisdienst-Komponenten durch mögliche Anwendungen

Use-Cases \ Komponenten	FDP-ÖV	DBMS-ÖV	Live-Daten-Zugriff auf DBMS-ÖV	Hardware-Komponenten und deren Daten										Software-Komponenten				
				GNSS	IBIS	FMS-CAN	AFZ	COM	Bluetooth	WLAN 802.11p	WLAN 802.11 b/g/n	Sensorik für Studien zur Untersuchung des Fahrerverhaltens	Sensorik zur Fahrzeugumfeldüberwachung	Fahrplandatenbank	Haltestellendatenbank	Berechnung: Fahrplanlage der Fahrzeuge	Prognose der Ankunftszeiten	Anschlusswahrscheinlichkeit berechnen
Fahrgastinformation mittels Echtzeitdaten	x	x	x	x	x	x	x								x	x	x	
Anschlussicherung mittels Echtzeitdaten	x	x	x	x	x	x	(x)							x	x	x	x	x
Ermittlung von Fahrzeitanteilen	x	x		x	x	x	(x)							x		x		
Floating Bus Data (FBD)	x	(x)	(x)	x	x	x									(x)			
Scan von Verkehrsteilnehmerbewegungen	x	(x)	(x)	x	x	(x)			x									
Ermittlung Verfügbarkeit von Kommunikationsnetzen	x	x		x				x										
Assistent für Fahrmanöver an LSA	x			x	x					x								
ÖV-Bevorrechtigung an LSA	x			x	x					x								
Naturalistic Driving Study (NDS)	x	(x)		x								x	x					
Plattform für Studien zur Nutzerakzeptanz innovativer Mobilitätsinformationslösungen	x	x	x	x	x	x	x			(x)	x	x	x	x	x	x	x	x

5 Konzepte für die Anwendung von Echtzeitdaten zur Qualitätssteigerung

In diesem Kapitel werden zwei Konzepte ausgearbeitet, die beide Ist-Daten des Basisdienstes verwenden und den Akteuren der Anwendung in Echtzeit zur Verfügung stellt. Das Konzept der Anwendung wird dem Stand der Technik gegenübergestellt. Für die Beschreibung der Konzepte wird ein generisch methodisches Vorgehen aufgestellt, das für die Entwicklung und Beschreibung weiterer Konzepte geeignet ist.

5.1 Methodik der Konzeptdefinition

Jedes Konzept sieht Akteure und Funktionen vor. Die Funktionen werden immer von Akteuren ausgeführt. Aus dem Ergebnis der Funktionsausübung wird früher oder später im Ablauf der Anwendung eine Handlung abgeleitet und ausgeführt. Im ersten Schritt werden die möglichen Akteure beschrieben. In einem zweiten Schritt werden die Funktionen und Handlungen beschrieben, die ausgeführt werden können. Im letzten Schritt werden den Akteuren die auszuführenden Funktionen und Handlungen zugeordnet. Dies ist die Funktionsallokation. Die Darstellung der Funktionsallokation wird durch eine zeitliche Reihenfolge ergänzt und die Schnittstellen zwischen den Akteuren beschrieben.

5.1.1 Akteure der Anwendungen

Tabelle 6: Akteure von Echtzeitdatenanwendungen

Akteur	Beschreibung
Abbringer_Fahrer	Der Fahrer des Abbringerfahrzeugs eines Anschlusses.
DBMS-ÖV	DLR-ÖPNV-Datenbank, welche Daten der Fahrzeugdatenplattformen speichert und zur weiteren Nutzung zur Verfügung stellt (siehe Kapitel 3.3.2).
Fahrgast	Fahrgast beschreibt eine Person die die Nutzung des öffentlichen Verkehrs plant oder gerade durchführt.
Fahrgast_mobileDevice	Gerät, mit dem der Fahrgast „online“ aufbereitete Informationen entgegennehmen kann (z.B. Tablet, Smartphone). Auf dem Gerät können auch Anwendungen laufen und es kann selber als Sensor fungieren (z.B. die Position des Fahrgastes bestimmen).
Fahrzeug_FDP-ÖV	Ein oder mehrere Fahrzeuge, welche mit der FDP-ÖV ausgerüstet sind (siehe auch Kapitel 3.3.1).
Fahrzeug_IBIS	Das Integrierte Bordinformationssystem (IBIS) des Fahrzeugs. Hier ist das Ein- und Ausgabegerät des IBIS für den Fahrer gemeint.
Leitstelle_Disponent	Der Disponent sitzt in der Leitstelle des Verkehrsunternehmens und entscheidet z.B. über die Gewährung von Anschlüssen. Kann Funkkontakt zu den Fahrern aufnehmen.
Leitstelle_RBL	„Rechnerunterstütztes Betriebsleitsystem“ – der zentrale Rechner eines Verkehrsunternehmens zur Überwachung der Verkehrslage. Funktionsumfang und Aufgabe ist in den Verkehrsunternehmen unterschiedlich. Meistens lassen sich die Position und die Fahrplanlage der Fahrzeuge überwachen.
Verkehrsunternehmen	Das Verkehrsunternehmen im Allgemeinen.
Zubringer_Fahrer	Der Fahrer des Zubringerfahrzeugs eines Anschlusses.

5.1.2 Funktionen der Anwendungen

Die Funktionen, die von den Akteuren ausgeführt werden, können in drei Kategorien unterschieden werden. Des Weiteren können die Akteure aus dem Ergebnis der abgelaufenen Funktionen Handlungen ableiten und vornehmen. Die Handlungen stellen eine vierte Kategorie dar:

- Funktion der Kategorie 1: Bereitstellung eines Datums bzw. von Daten
- Funktion der Kategorie 2: Datenverarbeitung bzw. -aufbereitung zu einer Information
- Funktion der Kategorie 3: Anzeige einer oder mehrerer Informationen
- Kategorie 4: Handlung ausführen oder anweisen

Tabelle 7: Funktionen der Kategorie 1 der Echtzeitanwendungen (Datenbereitstellung)

Funktion	Beschreibung
Einsteiger und Aussteiger ermitteln	Ermittlung von Einsteiger- und Aussteigerzahlen je Haltestelle
Fahrplan bereitstellen	Bereitstellung der Soll-Ankunftszeit eines Fahrzeugs an den vorgesehenen Haltestellen des Fahrtverlaufs.
Fahrzeugeigenschaften bereitstellen	Bereitstellung von Fahrzeugeigenschaften: Klimaanlage, Niederflureinstieg, Innentemperatur, Fahrzeugtyp, etc.
Haltestelleneigenschaften bereitstellen	Bereitstellung von Name, Position einer Haltestelle.
Linien-Nr. Fahrzeug ermitteln	Bereitstellung der aktuellen Linienbezeichnung des Fahrzeugs
Nächste Haltestelle ermitteln	Bereitstellung der nächsten Haltestelle im aktuellen Fahrtverlauf des Fahrzeugs. Es wird der Haltestellenname ausgegeben.
Position Fahrgast ermitteln	Bereitstellung der aktuellen Position des Fahrgastes
Position Fahrzeug ermitteln	Ermittlung der aktuellen Position eines bestimmten Fahrzeugs

Tabelle 8: Funktionen der Kategorie 2 der Echtzeitanwendungen (Datenverarbeitung)

Funktion	Beschreibung
Anschlussfahrzeug (Abbringer) bestimmen	Auswahl des Abbringerfahrzeugs eines Anschlusses einer Reisekette
Anschlusswahrscheinlichkeit berechnen	Die Wahrscheinlichkeit berechnen, ob ein bestimmter Anschluss durchgeführt werden kann. Läuft die Berechnung nicht rechnerunterstützt ab, muss diese vom Nutzer geschätzt werden. Die Qualität der rechnerunterstützten Berechnung ist abhängig von der Güte und Quantität der Eingangsdaten.
Anschlusswunsch absetzen	Übermittlung des gewünschten Fahrzeugs, welches vom Fahrgast erreicht werden soll (bestimmtes Fahrzeug einer Linie, zu einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Haltestelle).
Besetzgrad berechnen (Sitzplätze)	Auslastung der Sitzplatzkapazität eines Fahrzeugs. Alternativ kann auch die verfügbare Sitzplatzanzahl angegeben werden.
Durchschnittsgeschwindigkeit Fahrgast berechnen	Die Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrgastes wird berechnet (im Zugang).
Fahrplanlage ermitteln	Bestimmung der zeitlichen Lage im Fahrplan eines Fahrzeugs (Verfrühung, Pünktlich, Verspätung und Abweichung in x Minuten).
Fahrzeug-Fahrgast-Matching	Ziel dieser Funktion ist es, festzustellen, ob der Fahrgast sich in einem bestimmten Fahrzeug befindet, z.B. über einen Positionsabgleich. Dies kommt einem be-in-be-out-System gleich.
Ist-Abfahrtszeit berechnen (Prognose)	Prognose der Abfahrtszeit eines Verkehrsmittels oder Verkehrsteilnehmers. Die Güte der Prognose hängt stark von den Eingangsdaten ab. Die Quantität und Qualität der Eingangsdaten werden von dem Anwendungskonzept beschrieben.
Ist-Ankunftszeit berechnen (Prognose)	Prognose der Ankunftszeit eines Verkehrsmittels oder Verkehrsteilnehmers. Die Güte der Prognose hängt stark von den Eingangsdaten ab. Die Quantität und Qualität der Eingangsdaten werden von dem Anwendungskonzept beschrieben.
Map-Matching (Position) durchführen	Zusammenführen von Kartenmaterial und Positionsdaten
Starthaltestelle bestimmen	Auswahl der Starthaltestelle der Reisekette eines Fahrgastes.

Tabelle 9: Funktionen der Kategorie 3 der Echtzeitanwendungen (Informationsanzeige)

Funktion	Beschreibung
„Anschluss wird gesichert“ anzeigen → Ja / Nein	Es wird angezeigt, ob der Anschluss gewährt werden kann.
Anschlusswahrscheinlichkeit anzeigen	Die Wahrscheinlichkeit, in der ein Anschluss erreichen werden kann, wird angezeigt.
Befehl „Anschluss sichern“ anzeigen	Anzeigen des Befehls im Fahrerdisplay, dass der Anschluss gewährt werden soll.
Besetztgrad anzeigen (Sitzplätze)	Anzeige des Sitzplatzbesetzgrads; alternativ kann die Sitzplatzverfügbarkeit angezeigt werden
Fahrgastposition anzeigen	Anzeige der Fahrgastposition (Kartendarstellung)
Fahrplanlage anzeigen	Anzeige der aktuellen Fahrplanlage eines Fahrzeugs
Fahrzeugeigenschaften anzeigen	Anzeige der Fahrzeugeigenschaften
Fahrzeugposition anzeigen	Anzeige der Fahrzeugposition (Kartendarstellung)
Geschwindigkeit Fahrgast anzeigen	Anzeige der berechneten Durchschnittsgeschwindigkeit und der aktuellen Geschwindigkeit des Fahrgastes
Haltestelleneigenschaften anzeigen	Anzeige der Position und des Namens einer Haltestelle (Kartendarstellung).
Ist-Abfahrtszeit (Prognose) anzeigen	Die Prognose der Ist-Abfahrtszeit wird für ein Fahrzeug angezeigt.
Ist-Ankunftszeit (Prognose) anzeigen	Die Prognose der Ist-Ankunftszeit wird für ein Verkehrsteilnehmer (Fahrzeug oder Fahrgast im Zugang) angezeigt.
Liniennummer anzeigen	Anzeige der Nummer einer Linie, die das Fahrzeug gerade bedient.

Tabelle 10: Handlungen (Kategorie 4) der Echtzeitanwendungen

Handlung	Beschreibung
Anschluss sichern	Der Anschluss wird gewährt, in dem das Anschlussfahrzeug auf das Zubringerfahrzeug wartet.
Anschluss sichern → Ja / Nein	Das Treffen der Entscheidung einen bestimmten Anschluss zu sichern oder nicht. Wird entweder durch den Fahrer oder den Disponenten getroffen.
Befehl „Anschluss sichern“ absetzen	Das Geben des Auftrags den Anschluss zu gewähren. Wird meistens durch den Disponenten an den Fahrer gegeben.
Geschwindigkeit anpassen	Die Geschwindigkeit wird den aktuellen Gegebenheiten angepasst.
Zugangsbeginn entscheiden	Aufgrund des aktuellen Betriebsgeschehen (z.B. Abfahrtszeit des Verkehrsmittel) und der zur erwartenden Zugangszeit wird der Beginn der Reise festgelegt.

5.2 Konzept Anwendung „Effizienter Zugang“

5.2.1 Motivation und Beschreibung

Im Vergleich des ÖPNV gegenüber dem MIV offenbart sich ein entscheidender Nachteil der öffentlichen Verkehrsmittel. Während im MIV das (eigene) Verkehrsmittel direkt vor oder wenigstens in der Nähe der eigenen Haustür verfügbar ist, muss das öffentliche Verkehrsmittel erst erreicht werden, in dem die Starthaltestelle – zumeist zu Fuß – aufgesucht werden muss. Der Fahrgast stellt sich dabei einige Fragen:

- Wann muss ich losgehen?
- Ist das Fahrzeug pünktlich?
- Ist das Fahrzeug geeignet einen Rollstuhl oder den Kinderwagen mitzunehmen?
- Werde ich einen Sitzplatz bekommen oder sollte ich lieber ein Fahrzeug später nehmen?

Um das Risiko des Verpassens des Fahrzeuges zu minimieren, wird vom Nutzer eine Pufferzeit eingeplant, in derart, dass dieser einige Minuten früher losgeht. In den meisten Fällen hat dies zur Folge, dass einige Minuten Wartezeit an der Haltestelle vergehen. Im schlechtesten Fall wird das Fahrzeug verpasst. Grund hierfür kann neben falsch eingeschätzter Zugangszeit auch eine (leichte) Verfrühung des Fahrzeuges oder eine Uhrzeitdiskrepanz zwischen Uhr des Fahrers und des Nutzers sein.

Leider nur in den seltensten Fällen kann der Nutzer nach Ankunft an der Starthaltestelle in das ankommende Verkehrsmittel einsteigen. Damit dieses Vorgehen nicht mehr so stark dem Zufall unterliegt, soll eine Anwendung den Nutzer insofern assistieren, seine Starthaltestelle rechtzeitig zu erreichen, also nur unwesentlich zu früh und in keinem Falle zu spät anzukommen. Auch soll der Nutzer vor verlassen der Tür wissen, ob das Fahrzeug für Kinderwagen-/Rollstuhltransport geeignet ist. Selbstverständlich können weitere Informationen über den Ist-Zustand des Fahrzeuges gegen werden, z.B. Sitzplatzverfügbarkeit, Innentemperatur.

Die Anwendung „effizienter Zugang“ sieht im Wesentlichen die Verwendung von Echtzeitpositionsdaten des Nutzers und des Fahrzeugs auf einer Karte vor. Die Anwendung soll eine Prognose der Ankunftszeit des Nutzers an der Haltestelle und der Abfahrtszeit des Fahrzeugs geben. Die Prognosen unterliegen immer einer gewissen Ungenauigkeit. Daher soll die Kartendarstellung mit hochfrequenter Anzeige der Positionen auch Ortskundigen, erfahrenen Nutzern neben dem Abgleich seiner Ist-Ankunft mit der Ist-Abfahrt des Fahrzeugs noch eine Möglichkeit bieten den Zugang zur Starthaltestelle zeitlich zu optimieren.

5.2.2 Funktionsallokation

Die Funktionsallokation im Vergleich zu dem Stand der Technik ist der Abbildung 11 zu entnehmen.

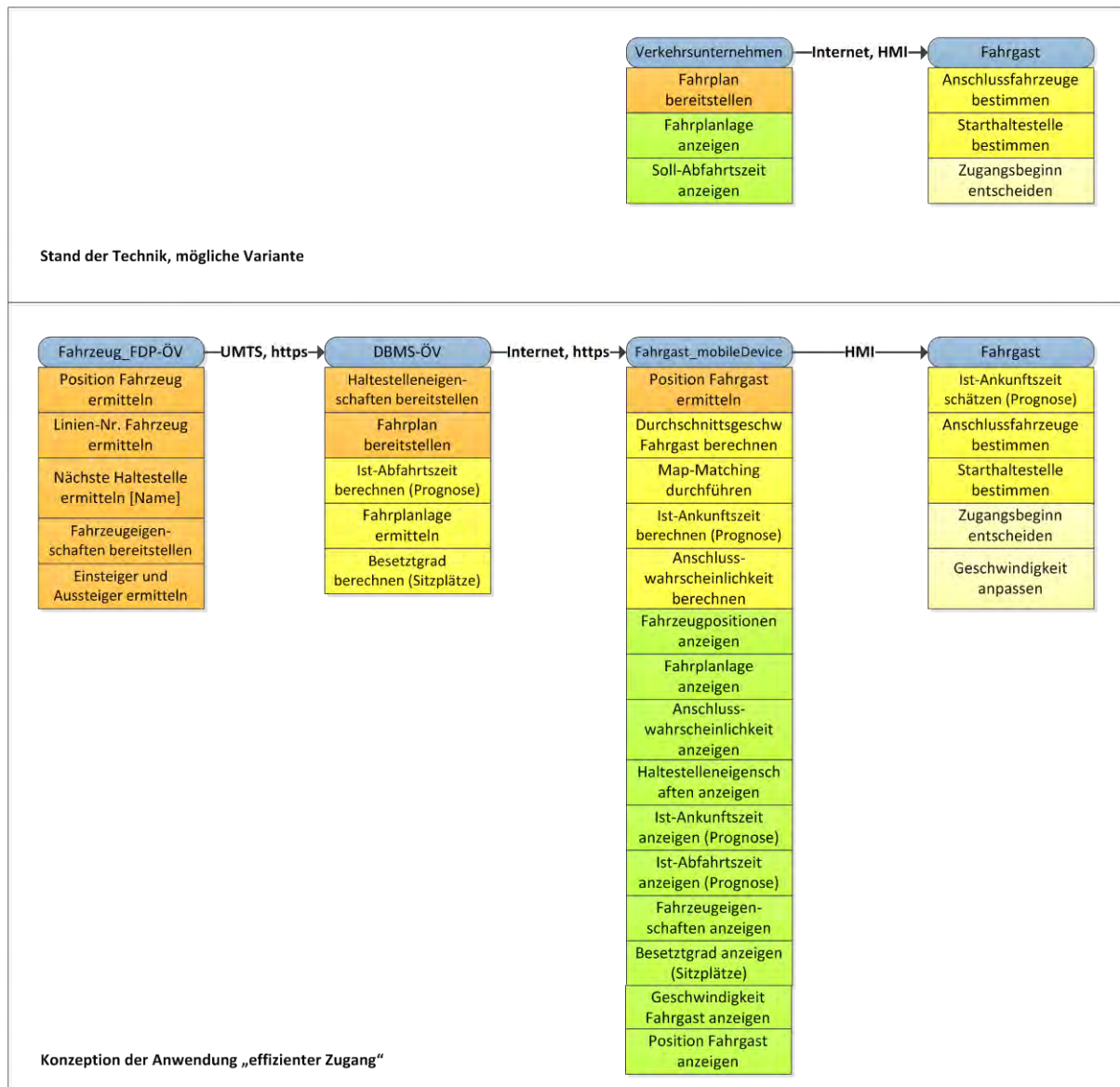


Abbildung 11: Funktionsallokation der Anwendung Effizienter Zugang

5.2.3 Umsetzung

Wesentliches Ziel einer Umsetzung sollte sein, die für den Fahrgast benötigten Informationen übersichtlich anzuzeigen. Hierfür bietet sich eine Kartendarstellung an. In der Karte sind die aktuellen Positionen der Fahrzeuge und die Position des Fahrgastes verzeichnet. Personen mit Ortskenntnis sollten allein aufgrund dieser Darstellung die eigene Ankunft und die Ankunft des gewünschten Verkehrsmittels abschätzen können, um die Wartezeit an der Starthaltestelle minimieren zu können. Wichtig ist, dass die Positionen hochfrequent und genau in ihrer Anzeige sind. Wie hoch die Werte sein sollten, kann im Rahmen dieser Arbeit nur geschätzt werden. Im Rahmen des Basisdienstes wird eine Beispielanwendung umgesetzt, die die Position der Fahrzeuge mit deren Eigenschaften anzeigen wird (Typ, Linie, etc.).⁶ Diese Beispielanwendung müsste mit der Positionsanzeige des Fahrgastes erweitert werden. Auch zusätzliche Werte wie Geschwindigkeit des Fahrgastes, erwartete Ankunft des Fahrgastes und des Fahrzeugs können die Anwendung noch sinnvoll erweitern. Folgende Anforderungen werden an die Anwendung effizienter Zugang gestellt:

- Die Fahrzeug-, Haltestellen- und die Fahrgastposition sind auf einer herkömmlichen Karte (Google Maps oder Open Street Map) in Echtzeit darzustellen. Weitere Informationen sollen ebenfalls direkt in der Karte angezeigt werden, so dass nicht auf eine andere Sicht umgeschaltet werden muss (für eine Beispieldarstellung siehe Abbildung 12).
- die Aktualisierungsfrequenz der Positionsanzeige sollte die Höhe von ca. 1 Sekunde erreichen
- die Positionsgenauigkeit sollte ungefähr 5m sein
- die Karte sollte zoombar sein; die Größe der auf der Karte abgebildeten Symbole sollten von der Zoomstufe abhängig sein
- nach einem Klick auf ein Fahrzeug werden weitere Informationen angezeigt: Liniennummer, Sitzplatzverfügbarkeit, Fahrzeugtyp, Niederflurfahrzeug ja/nein und aktuelle Innentemperatur

Optional:

- Anzeige der Ist-Ankunft des ausgewählten Fahrzeugs an der nächsten Haltestelle
- Nach einem Klick auf eine Haltestelle werden Informationen analog zur DFI angezeigt (Ankunft in Minuten der nächsten ankommenden Linien)
- Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit des Fahrgastes
- Anzeige der zu erwartenden Ankunft des Fahrgastes an der Haltestelle

⁶ Ursprünglich sollte die Beispielanwendung bis Ende Oktober 2013 fertiggestellt sein. Die Fertigstellung verzögert sich bis Ende 2013 und das Ergebnis der Beispielanwendung kann daher in der vorliegenden Arbeit nicht vorgestellt werden.



Abbildung 12: Beispiel für eine Kartendarstellung von ÖV-Echtzeitdaten [KOH 2011]

5.2.4 Auswirkung auf die Qualität

Die Nutzung der Anwendung Effizienter Zugang wirkt sich positiv auf die folgenden Qualitätskriterien aus:

Tabelle 11: Anwendung Effizienter Zugang; Auswirkung auf die Qualität

Qualitätskriterium nach [VDV 2001]	Qualitative Bewertung der Auswirkung
Zeit → Reisezeit → Zugang	Die Anwendung unterstützt den Nutzer dabei, den Zeitpunkt zum Beginn der Reise optimal zu wählen. Während des Zugangs wird der Nutzer unterstützt die optimale Geschwindigkeit zu wählen, damit die Starthaltestelle rechtzeitig erreicht wird und dabei die Wartezeit minimiert wird. Die mittlere Wartezeit an der Starthaltestelle wird sich verringern. Wie hoch die quantitative Veränderung sein wird, hängt von vielen Faktoren ab und kann mit Hilfe eines einsatzfähigen Prototypen auch nur abgeschätzt werden.
Komfort → Raumangebot → in Fahrzeugen → Anzahl der sitzenden Fahrgäste im Verhältnis zur Gesamtzahl der Fahrgäste (Beförderungsqualität)	Der Fahrgast bekommt vor Antritt der Reise eine Übersicht über die Auslastung des Fahrzeugs und kann bei zu hoher Auslastung auf das nächste Fahrzeug mit geringerer Auslastung warten. Die Information „Fahrzeugauslastung“ führt zu einer besseren Verteilung der Auslastung. Eine Prognose der Anzahl ein- und aussteigender Fahrgäste würde das Ergebnis verbessern.
Informationen → allgemeine Informationen → über Komfort → Information über einsteigerfreundliche Fahrzeuge (insbesondere Aktualität) und Verfügbarkeit → Eignung → Gestaltung und Ausrüstung von Fahrzeugen → Eignung für Mobilitätseingeschränkte; Mitnahme von Tieren, Gegenständen, Fahrrädern und Kinderwagen	Die Information, welcher Fahrzeugtyp das Verkehrsmittel ist, beruht auf Soll-Daten. Die Anwendung benutzt Ist-Daten. Daher kann der Nutzer schon vor Antritt der Reise gewiss sein, ob das Fahrzeug seinen Anforderungen genügt.

5.3 Konzept Anwendung „Anschlusswunsch“

Dieses Konzept wurde im Projekt TrafficLink ausgearbeitet und eine (Teil-) Umsetzung des Konzepts wird bis Ende Quartal 2014 angestrebt. [TL 2013][TL 2013a][TL 2013b]

5.3.1 Motivation und Beschreibung

Ein Nachteil des ÖV gegenüber dem MIV ist, dass der Fahrgast dem Betriebsgeschehen ausgeliefert ist. Im Gegensatz zum Fahren des eigenen Autos kann der Fahrgast keinen wesentlichen Einfluss auf den Ablauf der Reise nehmen. In dem der Fahrgast mit dieser Anwendung dem Verkehrsbetreiber seine Wünsche und Ziele übermitteln kann, soll dieser so ein Stück mehr Eigenverantwortung zur Durchführung der eigenen Reise bekommen.

Fürchtet der Fahrgast den Verlust seines Anschlusses oder ist er sich einfach unsicher, ob er den Anschluss erreichen wird, muss er zumeist noch Kontakt direkt mit dem Fahrer (ÖPNV) oder mit dem Zugbegleiter suchen. In manchen Zügen sind keine Zugbegleiter vorhanden und in vielen Verkehrsbetrieben ist der Kontakt mit dem Fahrer untersagt. Die Übermittlung des Anschlusswunsches ist für den Fahrgast mit vielen Hürden versehen. Das Hauptziel dieser Anwendung ist es einen technischen Kommunikationskanal zwischen Verkehrsunternehmen und Fahrgast für die Anschlusssicherung zu schaffen. Eine Smartphone-Anwendung soll den Fahrgast zuerst mit den notwendigen Informationen zum aktuellen Betriebsgeschehen versorgen. Nur im Zweifel des Erreichens des Anschlusses, soll es die Möglichkeit geben ein Anschlusswunsch absetzen zu können. Die Anwendung ist von vornherein hinsichtlich optimaler Usability konzipiert und gestaltet. Folgende Ziele sollen mit der Anwendung erreicht werden:

- Komfort- und Attraktivitätssteigerung für den Fahrgast
- Der Fahrgast soll aktiv in das Betriebsgeschehen eingreifen können bzw. das Gefühl haben ein aktiver Teil des Geschehens zu sein
- Der Fahrer soll entlastet werden
- Reisezeitersparnis für den Fahrgast soll erreicht werden
- Das Verkehrsunternehmen soll die Notwendigkeit von Anschlüssen besser erkennen können

Der Fahrgast erhält für die ausgewählte Umsteigehaltestelle Informationen über die aktuell möglichen Anschlüsse. Dabei werden die Anschlüsse in Kategorien der Anschlusswahrscheinlichkeiten eingeteilt:

1. Anschluss kann nicht erreicht werden
2. Anschluss kann mit einer ungewissen Wahrscheinlichkeit erreicht werden
3. Anschluss wird in aller Wahrscheinlichkeit erreicht werden

Liegt der gewünschte Anschluss in der zweiten Kategorie der Anschlusswahrscheinlichkeit, kann der Fahrgast dem Verkehrsunternehmen seinen Wunsch übermitteln. Je nach Reaktion des Verkehrsunternehmens durch den Disponenten erhält der Fahrgast ein entsprechendes Feedback. Soll der Anschluss gewährt werden, erhält der Fahrer eine entsprechende Anweisung.

5.3.2 Funktionsallokation

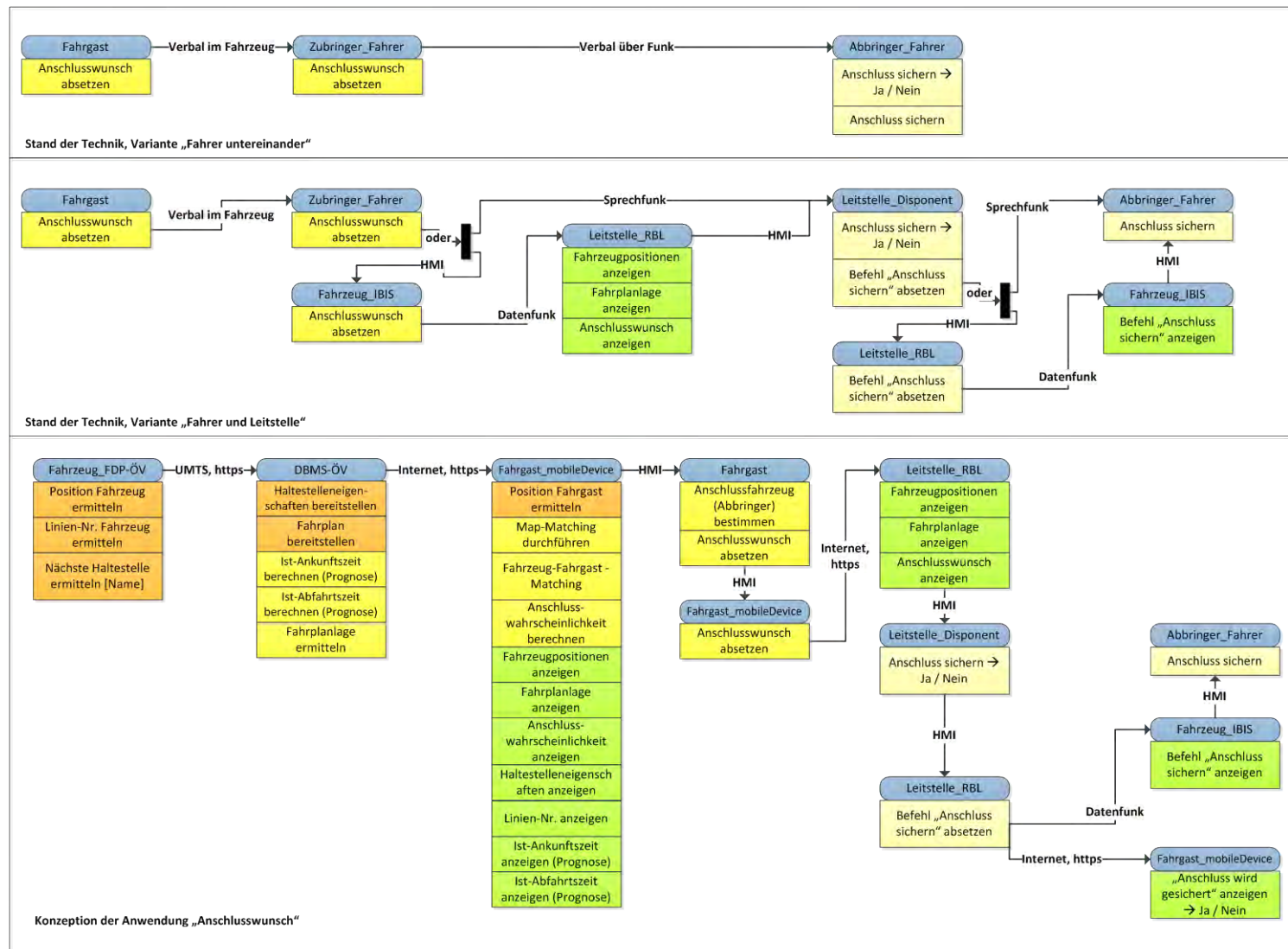


Abbildung 13: Funktionsallokation der Anwendung Anschlusswunsch

5.3.3 Umsetzung

Der Fahrgast erhält auf seinem Smartphone alle benötigten (Echtzeit-) Informationen, die er für die Überwachung seines gewünschten Anschlusses benötigt:

- Anzeige der eigenen Position
- Anzeige, ob sich der Fahrgast in einem Fahrzeug befindet; wenn ja, in welchem
- Anzeige der Ist-Daten des Fahrtverlaufs des aktuellen Fahrzeugs in Echtzeit (Prognosezeiten)
- Übersicht des Fahrtverlaufs (Haltestellenkette)
- Anzeige der möglichen Fahrten ab einer (Umsteige-) Haltestelle mit den aktuellen Abfahrtszeiten

Prognose von Ankunfts- und Abfahrtszeiten: Die Prognose der Abfahrtszeit eines Fahrzeugs sollte in den meisten Fällen gleich der Prognose der Ankunftszeit plus der Prognose der Haltezeit sein. Die Güte der Prognose hängt maßgeblich von der Quantität und Qualität der Eingangsdaten ab. Welche Daten in eine Prognose sinnvoll Eingang finden können, ist für unterschiedliche Verkehrsträger und –mittel der nächsten Abbildung zu entnehmen:

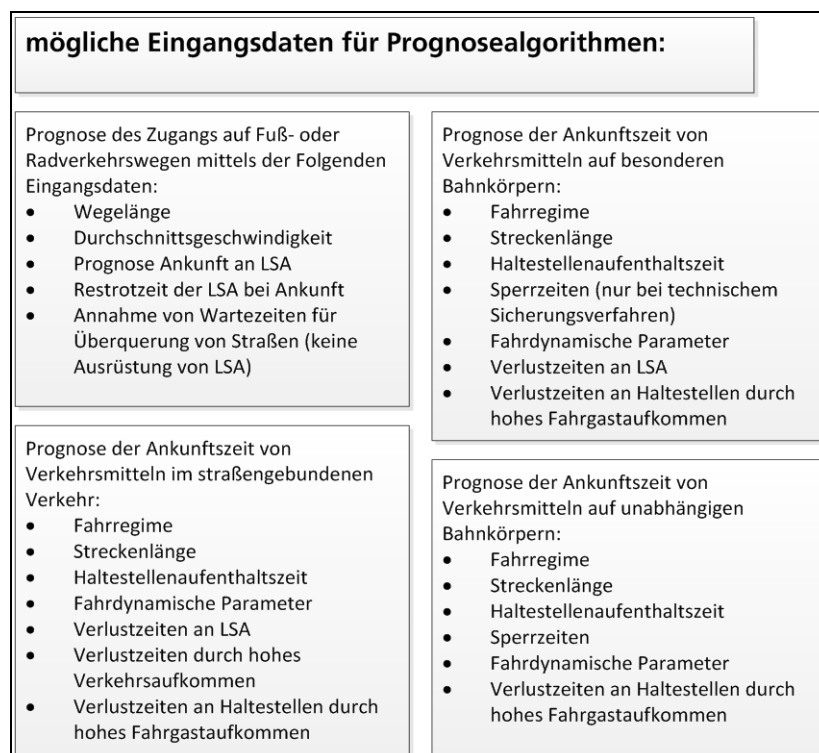


Abbildung 14: mögliche Eingangsdaten für die Prognose der Ankunftszeiten

Wichtig ist, dass die Anwendung eindeutig erkannt hat, ob sich der Fahrgast wirklich im Zubringerfahrzeug befindet. Dies soll vor Missbrauch des Systems schützen. Auf Basis der Fahrgast- und Fahrzeugpositionen soll die Anwendung automatisch erkennen können, in welchen Fahrzeugen der Fahrgast theoretisch sitzen könnte (z.B. in einem Umkreis von 100m). Werden mehrere Fahrzeuge erkannt, wird der Fahrgast das „richtige“ Fahrzeug aus der Liste auswählen müssen. Der Algorithmus läuft in einem gesetzten Intervall periodisch weiter. So kann auch erkannt werden, ob sich der Fahrgast in einem falschen Fahrzeug befindet (und er es in falscher Annahme ausgesucht hatte).

Im Rahmen des Projekts TrafficLink wurde bzw. wird bis Quartal 2 des Jahres 2014 das Folgende umgesetzt:

- Einen interaktiven HTML-basierenden Prototyp, der sowohl auf einem herkömmlichen PC als auch auf einem Smartphone bedient werden kann (für Screenshots aus diesem Prototypen: siehe Anhang)
- Als Smartphone-Anwendung sollen Grundfunktionalitäten umgesetzt werden: die Kartendarstellung mit Anzeige der Fahrzeugpositionen, Haltestellenpositionen und der Fahrgastposition; voraussichtlich auch die Anzeige von Echtzeitdaten zu den Fahrzeugen mit der Prognose der Ankunftszeiten

Die Anwendungsfunktionalität, die die Leitstelle und die Fahrer betreffen, wird nicht umgesetzt werden können. Die Schnittstelle zwischen Fahrer und Leitstelle kann vorerst von einem Altsystem bedient werden (Datenfunk über IBIS oder Sprechfunk).

5.3.4 Auswirkung auf die Qualität

Die Nutzung der Anwendung Anschlusswunsch wirkt sich aus Sicht des Fahrgastes positiv auf die folgenden Qualitätskriterien aus:

Tabelle 12: Anwendung Anschlusswunsch; Auswirkung auf die Qualität

Qualitätskriterium nach [VDV 2001]	Qualitative Bewertung der Auswirkung
Informationen → Reiseinformationen unter Sonderbedingungen → über aktuellen/zukünftigen Zustand des Netzes und über Vorschläge und Beschwerden	Im weiteren Sinne ist die Übermittlung des Anschlusswunsches ein an das Verkehrsunternehmen gerichteter Vorschlag. Das Geben eines Feedbacks auf den Anschlusswunsch ist eine Reiseinformation unter Sonderbedingungen. Es ist zu erwarten, dass die Qualität deutlich steigen sollte, wenn auf die Übermittlung des Anschlusswunsches ein Feedback gegeben wird.
Zeit → Einhaltung des Fahrplans/Betriebsmanagement → Pünktlichkeit	Das Nichterreichen eines Anschlusses hat zumeist sehr große negative Auswirkung auf das pünktliche Erreichen des Zielortes. Die Anwendung kann dabei helfen, dass ein Anschluss doch noch erreicht werden kann.
Kundenbetreuung → Engagement → Kundenorientiertheit und Innovation und Initiative	Durch die Möglichkeit einer Übermittlung des Anschlusswunsches mittels moderner Medien präsentiert sich das Verkehrsunternehmen höchst kundenorientiert und innovativ.
Kundenbetreuung → Schnittstelle zum Kunden → Anfragen und Kundenbetreuung → Unterstützung → bei Betriebsstörungen	Durch die Anwendung wird ein weiterer Kommunikationskanal zwischen Fahrgast (Kunde) und Verkehrsunternehmen eröffnet. Die Übermittlung des Anschlusswunsches ist besonders bei (leichten) Betriebsstörungen erforderlich, da dann die Anschlüsse möglicherweise gefährdet sind. Somit ist die Unterstützung bei Betriebsstörungen deutlich erhöht.

Die wahrgenommene Qualität aus Sicht des Fahrgastes steigt in einem weiteren Kriterium, welches bisher noch von keiner Quelle genannt worden ist. Durch die Anwendung hat der Fahrgast die Möglichkeit nicht nur Empfänger von Nachrichten und Informationen zu sein, sondern ist zugleich ein Sender. Er kann dem Verkehrsunternehmen in einfacher und schneller Art und Weise Informationen zukommen lassen, die auch direkten Einfluss auf den Betrieb nehmen können. Es ist vorgesehen, dass die Informationen des Fahrgastes nicht in einem Kundenbüro oder Servicehotline aufläuft, sondern direkt in der Leitstelle verarbeitet werden soll. Dabei spielt es nur eine unerhebliche Rolle, ob die Informationen für einen Disponenten aufgearbeitet oder ob Algorithmen die „Arbeit“ übernehmen. Wichtig ist, dass der Disponent oder der Algorithmus die Informationen nutzen können, um Entscheidungen zur Anschlusssicherung besser treffen zu können.

Der Fahrgast kann mit der Anwendung Einfluss auf das Betriebsgeschehen nehmen und fühlt sich dem Betrieb nicht mehr gänzlich ausgeliefert. Das neue Kriterium könnte „Eigenverantwortung für den Reiseablauf“ genannt werden.

6 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) baut in der Region Braunschweig die Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) auf. Diese Großforschungsanlage dient der Erforschung, Entwicklung und Erprobung intelligenter innovativer Mobilitätsdienste in einem realen Umfeld. Im Bereich des öffentlichen Verkehrs wird der AIM-Basisdienst ÖPNV-Daten aufgebaut. Mit der modularen Fahrzeugdatenplattform (FDP-ÖV) dieses Basisdienstes wird eine Möglichkeit geschaffen auf Bussen, Stadtbahnen, etc. Fahrzeugzustands- und betriebliche Daten zu gewinnen. Diese Daten können für empirische Forschung und verkehrsplanerische Zwecke verwendet werden. Die Daten werden mittels eines spezifisch entwickelten Datenbankmanagementsystems (DBMS-ÖV) gespeichert und für Auswertungen zur Verfügung gestellt. Ein direkter Nutzen kann erzielt werden, wenn diese Daten in Echtzeit den Beteiligten des Verkehrs wieder zur Verfügung gestellt werden. Um das erreichen zu können, wurde der Basisdienst von Anfang an darauf hin konzipiert die Daten „live“ nutzen zu können.

Die vorliegende Arbeit hat eine Vielzahl von möglichen Use Cases dieses Basisdienstes identifiziert und beschrieben. Einige dieser Use Cases verwenden den Basisdienst für die Nutzung von Echtzeitdaten. Aus diesen wurden zwei Anwendungskonzepte erstellt:

Die Smartphone-Anwendung „effizienter Zugang“ bietet Fahrgastinformationen auf Grundlage von Echtzeitdaten, die den Nutzer dabei unterstützen die Wartezeit an der Starthaltestelle zu minimieren. Der Anwender kann mit dieser Anwendung den optimalen Zeitpunkt des Beginns seiner Reise und seine eigene Geschwindigkeit während des Zugangs festlegen. Weitere Informationen auf Grundlage von Fahrzeugzustandsdaten helfen dem Fahrgast zu entscheiden, ob das Warten auf ein späteres Fahrzeug nicht sinnvoller erscheint. So kann die Angabe der Innentemperatur, die Sitzplatzverfügbarkeit oder die Eignung des Fahrzeugs für mobilitätseingeschränkte Personen oder Personen mit Kinderwagen etc. wichtige Informationen bieten.

Die Smartphone-Anwendung „Anschlusswunsch“ hat das Ziel die bestehende Informationsasymmetrie zwischen Fahrgast und Verkehrsbetreiber zu minimieren. Der Fahrgast erhält Informationen auf Basis von Echtzeitdaten, um die Wahrscheinlichkeit des Erreichens seines gewünschten Anschlusses adäquat einschätzen zu können. Bei unsicherer Wahrscheinlichkeit hat der Fahrgast die Möglichkeit das Verkehrsunternehmen über seinen Anschlusswunsch zu informieren. Das Verkehrsunternehmen wiederum hat den Vorteil weitere Informationen als Eingang für die Anschlussdisposition zu erhalten. Selbst wenn dem Anschlusswunsch nicht entsprochen werden kann, kann der Fahrgast so frühzeitig informiert werden. Diese Anwendung sollte sich besonders vorteilhaft auf die wahrgenommene Qualität aus Sicht des Fahrgastes auswirken. Bisher ist der Fahrgast zumeist ein „passives Element“ bei seiner Reisedurchführung, da er abhängig von bestimmten Reiseparametern ist, die er nicht beeinflussen kann. Mit der Anwendung wird dem Verkehrsunternehmen die Chance gegeben auf die Wünsche der Fahrgäste direkt antworten und eingehen zu können. Schon durch das Übermitteln der Reisewünsche steigt die Eigenverantwortung für den Reiseablauf des Fahrgastes.

Die vorliegende Masterarbeit hat gezeigt, dass der Basisdienst eine umfangreiche Infrastruktur für eine Vielzahl von möglichen Forschungsprojekten im Umfeld des öffentlichen Verkehrs bietet. In der Verknüpfung mit anderen AIM Basisdiensten liegt großes Potential. So sollten Anwendungen auf Basis von Bus2Infrastructure konzipiert werden.

Das DLR hat mit dem AIM Basisdienst ÖPNV-Daten die Chance – neben der Gewinnung empirischer Daten – Echtzeitdatenanwendungen effizient in einem realen Umfeld zu erproben. Die Anwendungen können mit (ausgewählten) Nutzern in ihrem gewohnten Umfeld auf Funktionalität und Usability hin erforscht werden.

Quellenverzeichnis

- [AIM 2012] Schnieder, Lars; Lemmer, Karsten: **Anwendungsplattform Intelligente Mobilität - eine Plattform für die verkehrswissenschaftliche Forschung und die Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste**, in: Internationales Verkehrswesen, Ausgabe 04/2012, Seiten 62-63, DVV Media Group GmbH
- [BAY 2013] Bayerische Eisenbahngesellschaft (BEG): **DEFAS Bayern**; <<http://beg.bahnland-bayern.de/die-beg/projekte/bayern-fahrplan-und-defas-bayern>>, Rev. 2013-10-31
- [BIT 2013] BITKOM: Auch Ältere steigen auf Smartphones um; <www.bitkom.org/de/presse/8477_76387.aspx>, Rev. 2013-10-30
- [BLA 2013] Blank, Christian; Scheier, Benedikt: **Projekt TrafficLink, Matrix „Fahrgastinformationen – Medien“**; nicht veröffentlichte Projektdokumentation; Braunschweig, 25.09.2013
- [BRA 2011] Bratzel, Stefan: **Ent-Emotionalisierung der Automobilität bei der jungen Generation? - neuere empirische Studien zum Auto im Wandel in Deutschland**, in: Der Kfz-Sachverständige, Ausgabe 06/2011, Seiten 19ff., Bundesanzeiger Verlag GmbH
- [CAL 2011] California PATH Program, Institute of Transportation Studies, University of California: **Final Report: Investigating the Potential Benefits of Broadcasted Signal Phase and Timing (SPaT) Data under IntelliDrive**, Berkeley, 2011; <http://cts.virginia.edu/PFS_SPAT99_Final.pdf>, Rev. 2013-11-08
- [DAD 2006] Daduna, Joachim R. et al.: **Informationstechnologien für die Fahrgastinformation im öffentlichen Personennahverkehr**, in: Wege zu einem zukunftsfähigen ÖPNV – Rahmenbedingungen und Strategien im Spannungsfeld von Markt und Politik, Band 93, Schriftenreihe für Verkehr und Technik (V+T), Berlin, 2006
- [DB 2013] Deutsche Bahn: **Die App DB Navigator**, <<http://www.bahn.de/p/view/buchung/mobil/db-navigator.shtml>>, Rev. 2013-11-01
- [DB 2013] S-Bahn München (DB): **Live Fahrplan**, <s-bahn-muenchen.hafas.de/bin/help.exe/dn?tpl=livefahrplan>, Rev. 2013-11-01
- [DIN 2002] DIN: **Transport – Logistik und Dienstleistungen, Öffentlicher Personenverkehr; Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität; Deutsche Fassung EN 13816:2002**; Juli 2002
- [DLR 2013] DLR: **Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM)**, <http://www.dlr.de/fs/desktopdefault.aspx/tabid-6422/10597_read-37397/>, Rev. 2013-09-25
- [DUD 2013] duden.de: **Duden online, Echtzeit, die**, <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Echtzeit>>, Rev. 2013-11-14
- [EN 2005] DIN: **Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005); Dreisprachige Fassung EN ISO 9000:2005**, Dezember 2005
- [FGSV 2004] Arbeitsausschuss: Öffentlicher Verkehr – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: **FGSV-Arbeitspapier Nr. 64 – Verlässliche Bedienung im öffentlichen Personenverkehr, Empfehlungen zur Vermeidung von Verspätungen, Anschlussverlusten und deren Auswirkungen**, Köln, 2004
- [FMS 2012] HDEI / BCEI Working Group: **FMS-Standard description, Version 3**, 14.09.2012

- [FMS 2013] LogiCom GmbH: **Bus-FMS-Standard.** <<http://www.fms-standard.com/Bus/index.htm>>, Rev. 2013-10-04
- [KLU 2013] Kluge, Andreas: **Projekt AIM ÖPNV-Daten, Konzept und Entwicklung des Testaufbaus der Minimal-Variante der Fahrzeugdatenplattform basierend auf dem Raspberry Pi Minicomputer**, noch nicht Dokumentiert, Stand: 08.11.2013
- [KOH 2011] Kohlruss, Jacob; Scheier, Benedikt: **AIM: Basisdienste und Anwendungen in der Abteilung Bahnsysteme**, Präsentation im Forschungsseminar des DLR-Instituts für Verkehrssystemtechnik der Abteilung Verkehrsmanagement, nicht veröffentlicht, Berlin, 30.11.2011
- [MBA 2013] Mbakwe, Ikedichi, Kluge, Andreas: **Projekt AIM ÖPNV-Daten, Konzept der Architektur der Fahrzeugdatenplattform-Software**, nicht Dokumentiert, Stand: 08.11.2013
- [MET 2013] metronom Eisenbahngesellschaft: **metronom FahrPlaner**, <<https://play.google.com/store/apps/details?id=de.hafas.android.metronom&hl=de>>, Rev. 2013-11-01
- [NOR 2012] NORDSYS GmbH (Unterauftragnehmer im Projekt AIM): **DLR – Mobile Fahrzeugplattform, Architekturdokumentation - Systemdefinition und Schnittstellenspezifikation, Version 2.0**, ausschließlich DLR-intern verfügbares Dokument, Braunschweig, 31.08.2012
- [RAS 2013] The Raspberry Pi Foundation: **Raspberry Pi**, <<http://www.raspberrypi.org/>>, Rev. 2013-11-05
- [RAS 2013a] Wikipedia: **Raspberry Pi**, <http://de.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi>, Rev. 2013-11-05
- [REI 2011] Reinhardt, Winfried: **Öffentlicher Personennahverkehr, Technik – rechtliche und betriebswirtschaftliche Grundlagen**, Köln, September 2011
- [SBB 2013] SBB: **SBB trains live**, <<http://swisstrains.ch/>>, Rev. 2013-11-01
- [SCH 2013] Schöne, Stefanie: **Projekt TrafficLink, Rechercheergebnis zu Forschungsprojekten und innovativen Anwendungen**; nicht veröffentlichte Projektdokumentation, Braunschweig, 31.05.2013
- [SMA 2013] SMART-WAY: **SMART-WAY Public Transportation Navigation**, <<http://www.smart-way.mobi/>>, Rev. 2013-11-04
- [SPE 2013] Spehr, Michael: **Internet im Auto - Vernetzt wie nie zuvor**, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 16.09.2013; <<http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/iaa/internet-im-auto-vernetzt-wie-nie-zuvor-12565248.html>>, Rev. 2013-11-12
- [STA 2013] statista: **Eine Milliarde Smartphones**, <<http://de.statista.com/themen/581/smartphones/infografik/542/aktive-smartphones-wetweit/>>, Rev. 2013-10-30
- [TL 2013] Projektteam TrafficLink: **Projekt TrafficLink, Anwendung Anschlusswunsch – Stand der Konzeptentwicklung**, nicht veröffentlichte Projektpräsentation, Braunschweig, 28.10.2013
- [TL 2013a] Projektteam TrafficLink: **Projekt TrafficLink, Anwendung Anschlusswunsch – Übersicht Anschlusskonzept**, nicht veröffentlichte Projektdokumentation, Braunschweig, 22.10.2013

- [TL 2013b] DLR-Projekt TrafficLink, Projektmitarbeiter: Stefanie Schöne (Stellvertretende Projektleiterin), Anja Bussmann, Sandra Dietsch, Ikedichi Mbakwe, Christian Blank, Julia Schotte, Benedikt Scheier (Projektleiter)
- [TÜV 2013] TÜV Rheinland: **Durchgängiges Intermodales MobilitätsInformationssystem (DIMIS)**, <<http://www.tuvpt.de/index.php?id=370>>, Rev. 2013-10-31
- [VDA 2013] Verband der Automobilindustrie (VDA): **Technische und methodische Aspekte einer Naturalistic Driving Study**, <http://www.vda.de/de/arbeitsgebiete/naturalistic_driving_studies/>, Rev. 2013-11-08
- [VDV 2000] VDV: **STADTBUS – mobil sein in klein- und Mittelstädten**, Düsseldorf, 2000
- [VDV 2001] VDV: **VDV-Mitteilungen Nr. 7012 – Kundenorientierte Qualitätskriterien**, Köln, November 2001
- [VDV 2002] VDV: **VDV-Mitteilungen Nr. 10008 Messung der Dienstleistungsqualität im ÖPNV - Methodenbewertung unter dem Aspekt von Bonus-/Malus-Regelungen**, Köln, 2002
- [VDV 2011] VDV: **VDV-Mitteilungen Nr. 3305 Datentelegramme IBIS Wagen-/Zugbus** (aktualisierte Dokumentation der VDV-Schrift 300, Ergänzung 2, Anlage 11), Köln, Mai 2011
- [VDV 2011a] VDV: **VDV-Mitteilungen Nr. 7022 Echtzeitdaten im ÖPNV – Anforderungen an Datendrehscheiben und Nutzen für die Kundeninformation**, Köln, September 2011
- [VDV 2013] VDV: **Forschungs- und Standardisierungsprojekt im Bereich der Internet Protokoll basierten Kommunikationsdienste im Öffentlichen Verkehr**, <http://mitglieder.vdv.de/wir_ueber_uns/vdv_projekte/ip_kom.html>, Rev. 2013-10-31
- [VM 2013] Die Idee für diesen Use Case stammt von der Abteilung Verkehrsmanagement des DLR-Instituts für Verkehrssystemtechnik, Berlin, 2013
- [WIK 2013] Wikipedia.de-Artikel: **GPS Exchange Format**, <http://de.wikipedia.org/wiki/GPS_Exchange_Format>, letzte Aktualisierung 28. Juli 2013, Rev. 2013-11-16
- [YAS 2013] yasc Informatik GmbH (Unterauftragnehmer im Projekt AIM Basisdienst ÖPNV-Daten): **Entwicklungsplan Datenhaltung der ÖPNV-Daten - Pflichtenheft, Projektdokumentation, nicht veröffentlicht**, Braunschweig, 2013

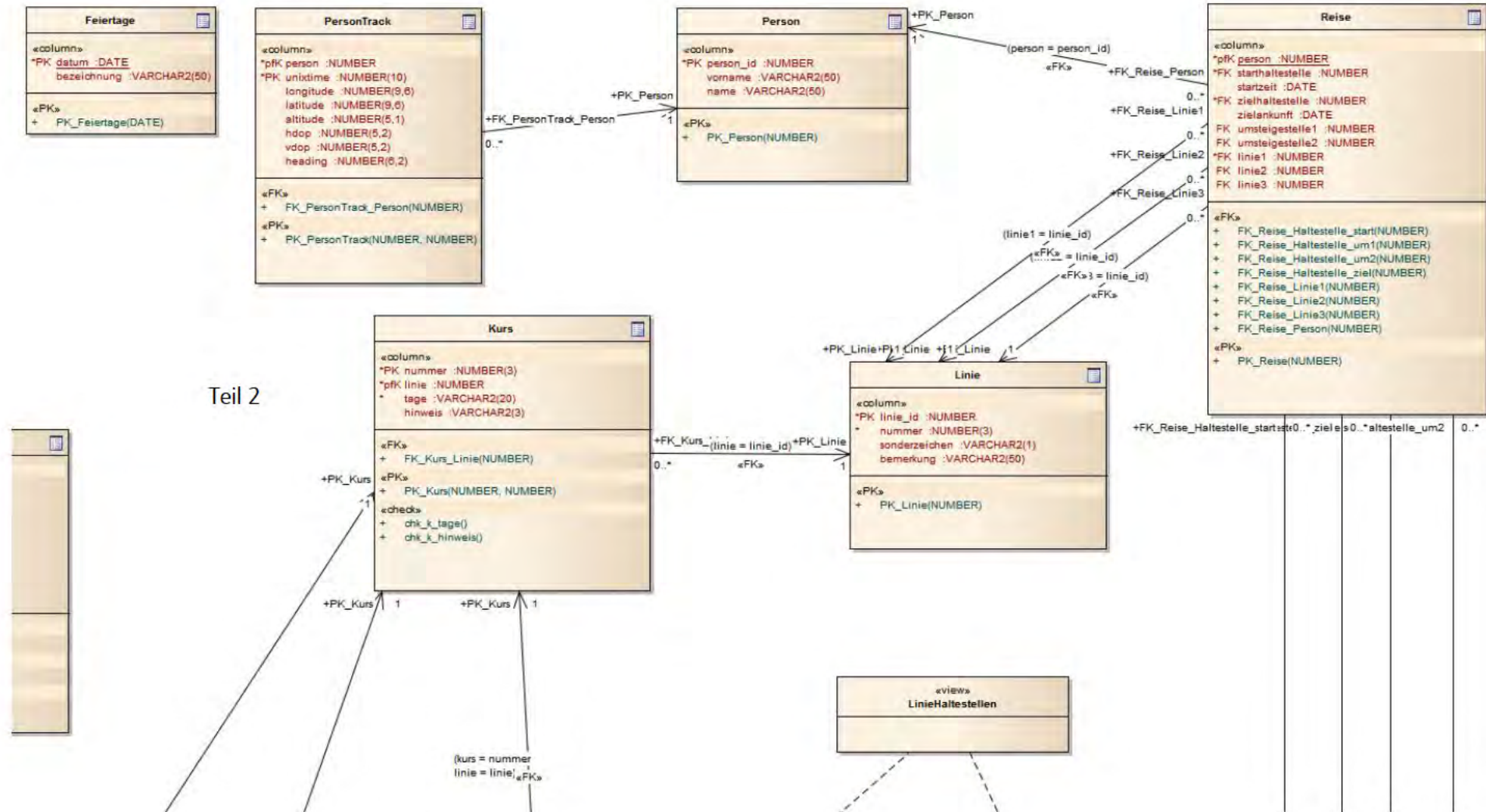
Anhang

I. Datenmodell der ÖPNV-Daten

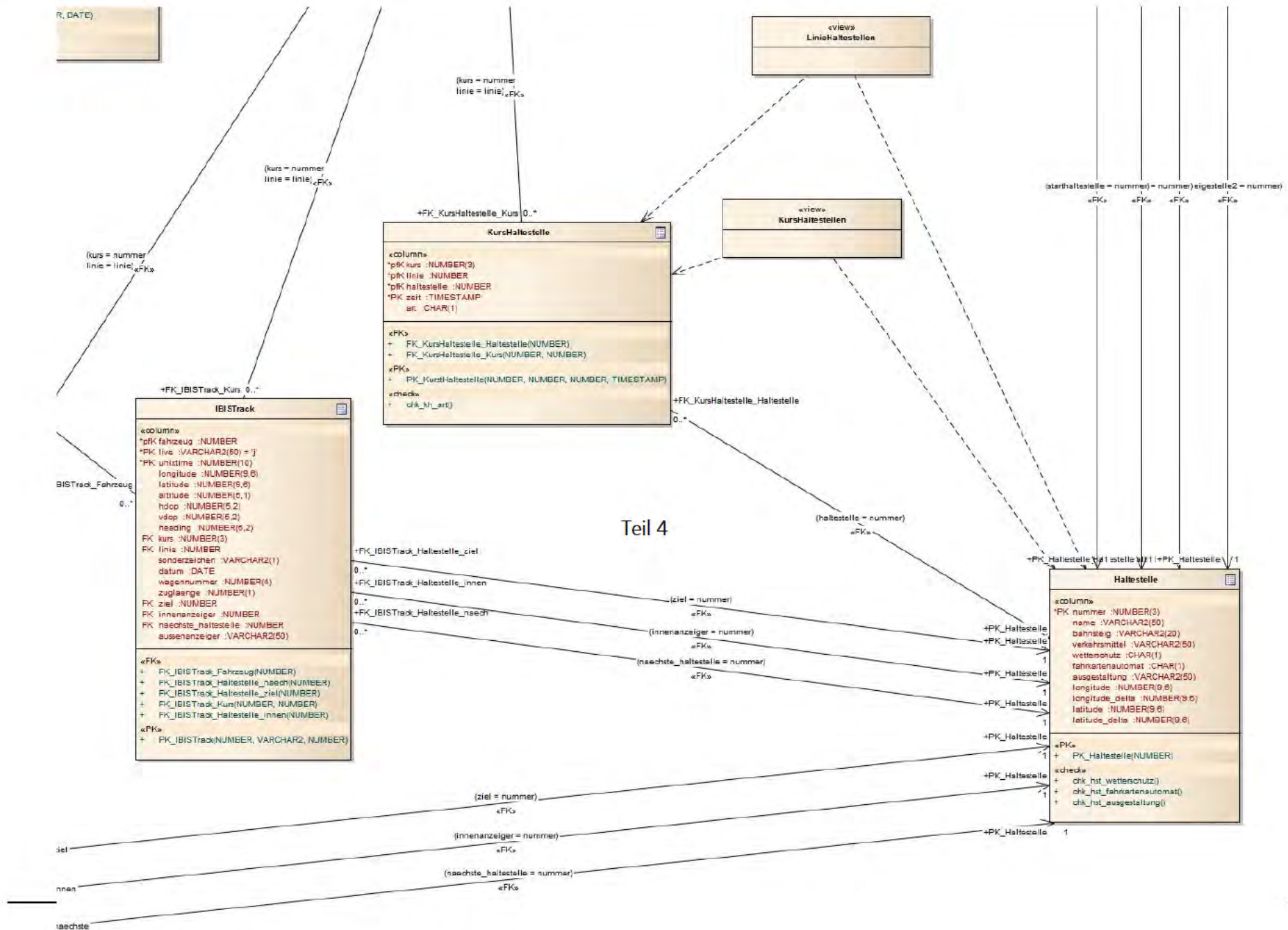
Zwecks Übersichtlichkeit ist die Abbildung des Datenmodells in mehrere Teile unterteilt worden. Die Abbildung ist [YAS 2013] entnommen:





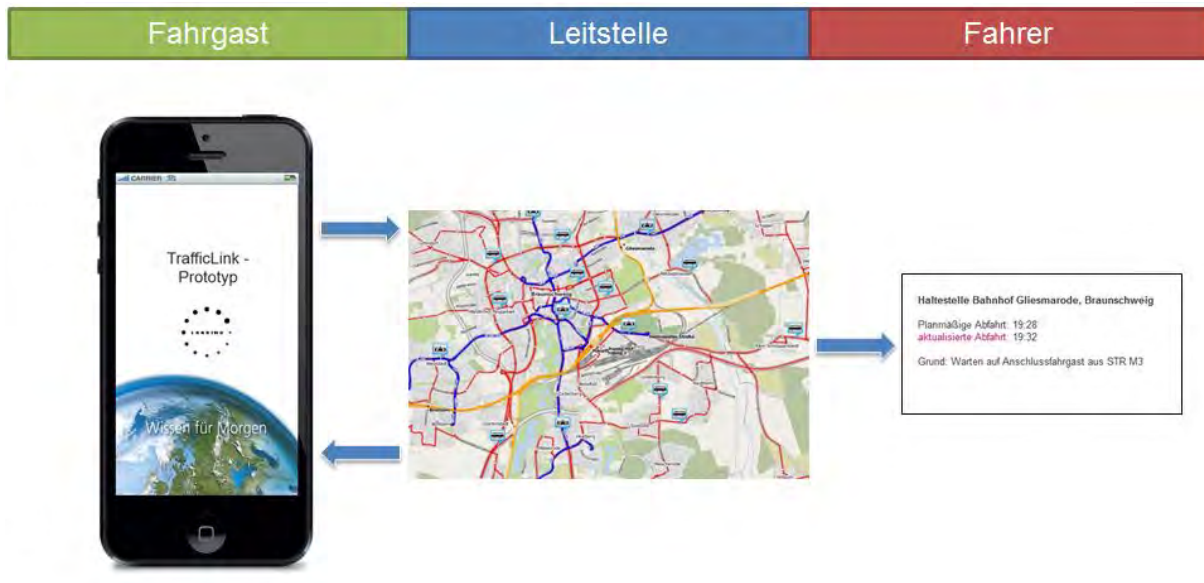






II. HTML Prototyp der Anwendung Anschlusswunsch

Die folgenden Abbildungen sind Folien aus einer Projektpräsentation [TL 2013]. Sie stellen Screenshots aus dem interaktiven HTML Prototypen der App Anschlusswunsch dar.



Fahrgast	Leitstelle	Fahrer
----------	------------	--------



Start der Anwendung

- Startscreen mit Ladebalken
- Startbutton erscheint, wenn Verbindung zum Server (Datenbank) hergestellt ist
- Nutzer kann Anwendung starten
- Anwendung funktioniert nur, wenn GPS an ist, bei Bedarf muss GPS eingeschaltet werden

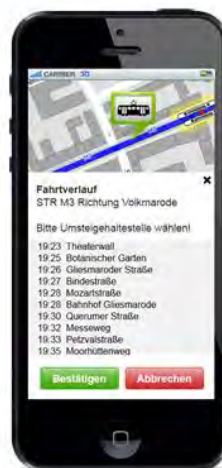
Fahrgast	Leitstelle	Fahrer
----------	------------	--------



Wahl des Zubringers

- Anzeige der eigenen Position → Matching mit Fahrzeug muss stattfinden
- Anzeige der Fahrzeuge im Umkreis, eigenes Fahrzeug (Zubringer) muss ausgewählt werden
- Schutz vor Missbrauch
 - wenn Fahrgast nicht im Fahrzeug ist, kann auch kein Anschlusswunsch übermittelt werden
 - Kompatibilität der eigenen Position mit Fahrzeugposition wird immer überwacht

Fahrgast	Leitstelle	Fahrer
----------	------------	--------



Wahl der Umsteigehaltestelle

- Nach Auswahl des eigenen Fahrzeugs kann dessen Fahrtverlauf angezeigt werden
- Umsteigehaltestelle muss ausgewählt und Auswahl bestätigt werden
- Automatische Weiterleitung zur Haltestelle und dortigen Abfahrtszeiten

Fahrgast	Leitstelle	Fahrer
----------	------------	--------

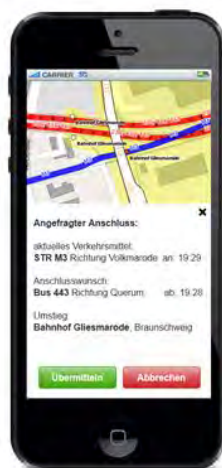


Wahl des Abbringers

- Auflistung aller Abbringer und deren Abfahrtszeiten an Umsteigehalttestelle + Anschlusswahrscheinlichkeit
- Bedeutung der Anschlusswahrscheinlichkeit
 - > **Pfeil**: eigenes Fahrzeug/Zubringer
 - **Rot**: Anschluss kann nicht gewährt werden, Anschlusswunschübermittlung nicht möglich
 - **Gelb**: Anschlusswahrscheinlichkeit kritisch, Übermittlung des Anschlusswunsches an Leitstelle möglich, um Anschluss zu garantieren
 - **Grün**: Hohe Wahrscheinlichkeit den Abbringer zu erreichen, Anschluss kann vorgemerkt werden
- kontinuierliche Aktualisierung der Anschlusswahrscheinlichkeiten



Fahrgast	Leitstelle	Fahrer
----------	------------	--------



Übermittlung des Anschlusswunsches

- Zusammenfassung der eingegebenen Daten um Anschlusswunsch überprüfen zu können
- Anschlusswunsch wird mit Klick auf Button an die Leitstelle weitergeleitet
- Eingang des Anschlusswunsches wird bestätigt
- Anzeige eines Ladebalkens, der anzeigt, dass Anfrage in Bearbeitung ist



Bearbeitung des Anschlusswunschs

- Übersicht über alle Fahrzeuge im Gebiet
- Eingang des Anschlusswunschs mit allen relevanten Infos
- Ansicht: Kartenansicht + zusätzliches Infofenster
- Zubringer, Abbringer und Haltestelle sind markiert
- Entscheidung, ob Anschluss gewährt wird
 - Ja: Termineingabe und Übermittlung an Fahrer + Fahrgast
 - Nein: Auswahl eines Ablehnungsgrunds, Übermittlung an Fahrgast
- Später vorstellbar: Assistenzsystem, was Entscheidungen automatisch trifft
- Mögliche Anzeige von weiteren Informationen, wie z. B. Besetzungsgrade der Fahrzeuge



Eingang Bestätigung

- Benachrichtigung auf Smartphone
- Fahrgast wird informiert, dass Anschluss bis zu einem bestimmten Termin garantiert wird
- Haltestellenansicht mit Anzeige der Umsteigehaltestelle, um Umstieg zu erleichtern

Eingang Ablehnung

- Benachrichtigung aufs Smartphone
- Fahrgast wird informiert, dass Anschluss nicht garantiert wird und warum
- Alternative wird aufgezeigt (neue Anschlusswahl)



Information des Fahrers

- Wenn Anschluss für den Fahrgast gewährt werden soll, bekommt der Fahrer Termininformationen wann und wo er warten muss
- Anzeige der Information während des Wartens an der Haltestelle
- Wenn Haltestelle nicht angefahren wird (z. Bsp. weil kein Fahrgast seinen Haltewunsch signalisiert), dann wird Haltewunsch automatisch ausgelöst, damit der Fahrer die Haltestelle bedient
- Migration des aktuell eingesetzten Systems für die Kommunikation zwischen Fahrer und Leitstelle (IBIS, Sprechfunk) denkbar

Haltestelle Bahnhof Glesmarode, Braunschweig

Planmäßige Abfahrt: 19:28

aktualisierte Abfahrt: 19:32

Grund: Warten auf Anschlussfahrgast aus STR M3