VDV Die Verkehrsunternehmen

ÖV-LeitmotiF-KI
Autonome Busse sicher & standardisiert in die ÖV-Leitstellen einbinden

Projektvorstellung und aktueller Status

Februar 2024

ÖV-LeitmotiF-KI

Gefördert durch:

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Agenda

- Automatisierte Fahrzeuge im ÖV-Betrieb: Status und Herausforderungen
- Konsortium und Projektplan
- Zwischenergebnisse:
  - Use Cases
  - Referenzarchitektur
  - Schnittstellenspezifikationen
- Integration mit anderen Projekten

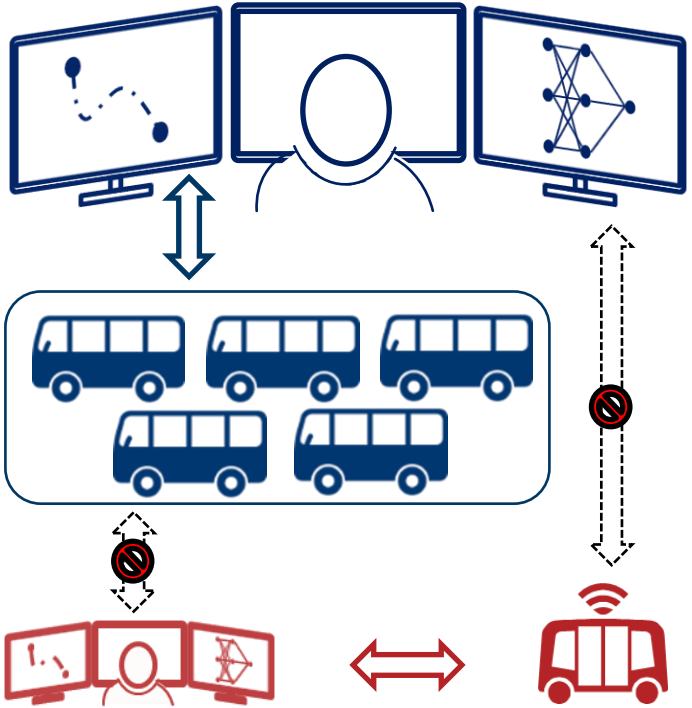
VDV Die Verkehrsunternehmen

Kontext & Status Quo:
Automatisierte Fahrzeuge (AF) und ÖV-Leitsysteme (ITCS)

- Öffentlicher Verkehr (ÖV) mit Bussen:
  Betriebssteuerung durch
  „ITCS“ (Intermodal Transport Control System):
  - ÖV-Leitstelle
  - Funk
  - Bordrechner

- Automatisierte Fahrzeuge (AF/AD):
  - AD-Leitstelle („technische Aufsicht“)
  - Funk
  - Bordsysteme

- keine Integration
- keine Standards zur Kopplung ÖV-AD



VDV Die Verkehrsunternehmen

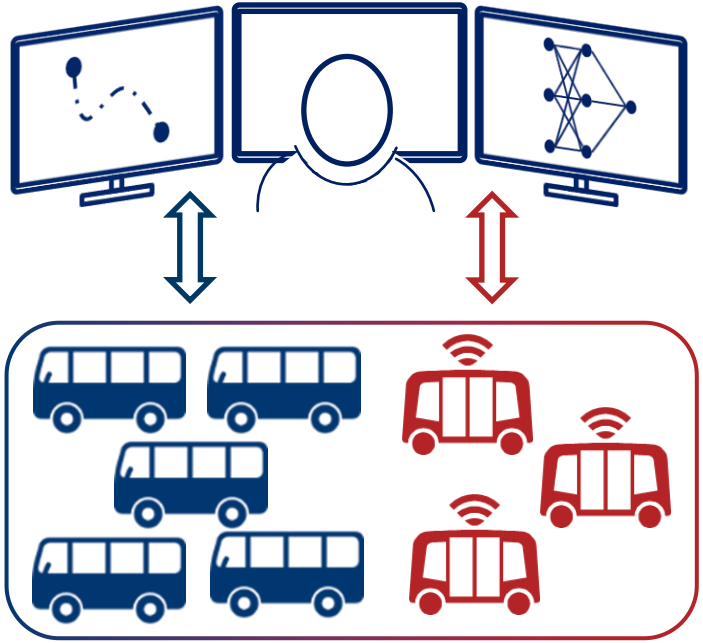
Zielbild: Integrierte Gesamtlösung verschiedener Fahrzeugplattformen und Automatisierungsgrade

ÖV-LeitmotiF-KI

Integriertes Verkehrsangebot:

- klassische und automatisierte Fahrzeuge
- Linien- und Bedarfsverkehre

→ Kernziel:
Einbindung von automatisierten Fahrzeugen in die betrieblichen Prozesse des ÖV



ÖV-LeitmotiF-KI:

- Prozessbeschreibungen (Use Cases)
- Referenzmodell
- Sicherheitsbetrachtung & Leitfaden zur Risikobewertung
- Datenmodell & Rahmenkonzept für die Integration von KI-Verfahren in diese Prozesse

VDV Die Verkehrsunternehmen

Grundlagen & Vorarbeiten

Projekte „Digitale Mobilität“ (2017/18)

Fahrzeug und Haltestelle (FuH)

- Kommunikation Leitstelle / Fahrzeug
- Broker-Architektur (MQTT)
- Basis-Anwendungfälle: An/Abmeldung, Standortmeldung
- *nicht: Störungsmanagement, Dispo-Maßnahmen*

DiMo FuH → **VDV 435-x-y IoM**

Offene Mobilitätspattform (OMP)

- Methodik Referenzmodell: Rollenmodell, Kooperationsszenarien, Referenzarchitektur
- Anwendungsfälle
- Schwerpunkte Intermodalität & Kundensicht

DiMo OMP → **VDV 436-x**

VDV Die Verkehrsunternehmen

Projektpartner

Engineering und Software-Entwicklung
Part of DB E.C.O. Group

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

VDV Die Verkehrsunternehmen

IVU TRAFFIC TECHNOLOGIES

FZI

KIT Karlsruher Institut für Technologie

init

Arbeitsplan und Verantwortlichkeiten

ÖV-LeitmotiF-KI

AP 1: Projektkoordination

AP2: Definition des KI-gestützten Referenzmodel

AP3: Spezifikation der KI-Anwendungsfälle

AP 4: Implementierung ausgewählter KI-Anwendungsfälle

AP 5: Validierung im Feldtest

AP 7: Projektintegration

AP 6: Sicherheit

Legende:
AP Verantwortung

- ESE
- FZI
- INIT
- IVU
- KIT
- VDV

VDV Die Verkehrsunternehmen

Zeitplan und Meilensteine (aktueller Projektplan)

ÖV-LeitmotiF-KI

AP	2022				2023				2024		
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
1 Koordination											
2 Referenzmodel					M1/2.1			M2.2			
3 KI-Anwendungsfälle									M3		
4 Implementierung											
5 Validierung Feldtest											M4.2
6 Sicherheit										M4.1	
7 Projektintegration											

M1 = *Prozessbeschreibung und Risikoanalyse*
M2.1 = *Referenzmodell mit dazugehörigen Systemkomponenten und Schnittstellen: Referenzarchitektur*
M2.2 = *Referenzmodell mit dazugehörigen Systemkomponenten und Schnittstellen: Daten- und KI-Datenmodell*
M3 = *Spezifikation der Anwendungsfälle für den Einsatz von KI-Methoden*
M4.1 = *Leitfaden für die Risiko- und Bedrohungsanalyse, Rahmenkonzept für die Zulassung*
M4.2 = *Beschreibung der KI-gestützten Anwendungsfälle mit hohem Mehrwert, Validierung ausgewählter KI-gestützter Anwendungsfälle*

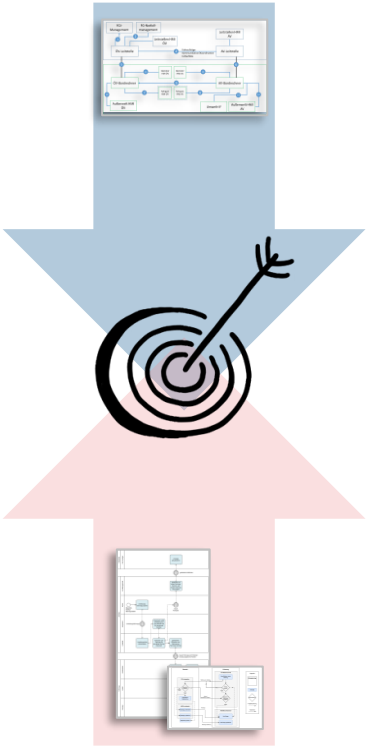
VDV Die Verkehrsunternehmen

Referenzmodell: Vorgehensweise

ÖV-LeitmotiF-KI

UseCases:

- Bottom Up Ansatz
- Use Cases zunächst für fahrergesteuerte Fahrzeuge
- Identifikation von …
  - … Akteuren/Rollen
  - … Interaktionen
- Übertragung der Use Cases auf automatisierte Fahrzeuge



Referenzarchitektur:

- Top Down Ansatz
- Identifikation …
  - … grober Teil-Systeme/Funktionsblöcke
  - … der Beziehungen/Datenflüsse
- Von Anfang an: Betrachtung automatisierter Fahrzeuge
- „Landkarte“ für die Thematik und das Projekt

VDV Die Verkehrsunternehmen

Use Cases: Modellierung der Betriebsprozesse

ÖV-LeitmotiF-KI

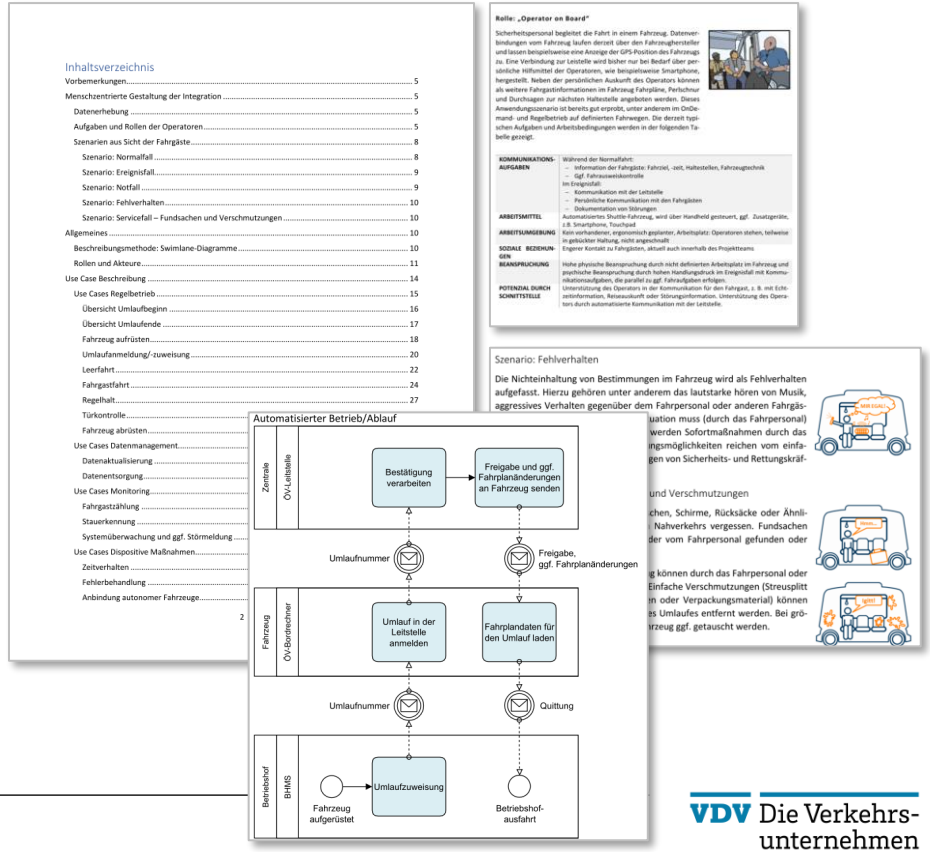
Methode

- Interaktionen von „Akteuren“
  - Menschliche Akteure: „Rollen“
  - Systemische Akteure: (Teil-)Systeme
- „Swimlane“-Diagramme
  (ähnlich UML Kollaborations/Sequenzdiagramme)

Vorgehen/Ergebnisse

- Nutzerzentrierte Analyse:
  spezifische Rollen und Szenarien für autonomen Betrieb
- „klassische“ Anwendungsfälle
  Fahrer-Betrieb

→ Übertragung auf fahrerlosen Betrieb



VDV Die Verkehrsunternehmen

Rolle: „Operator on Board“

Sicherheitspersonal begleitet die Fahrt in einem Fahrzeug. Datenverbindungen vom Fahrzeug laufen derzeit über den Fahrzeughersteller und lassen beispielsweise eine Anzeige der GPS-Position des Fahrzeugs zu. Eine Verbindung zur Leistelle wird bisher nur bei Bedarf über persönliche Hilfsmittel der Operatoren, wie beispielsweise Smartphone, hergestellt. Neben der persönlichen Auskunft des Operators können als weitere Fahrgastinformationen im Fahrzeug Fahrpläne, Perlschnur und Durchsagen zur nächsten Haltestelle angeboten werden. Dieses Anwendungsszenario ist bereits gut erprobt, unter anderem im OnDemand- und Regelbetrieb auf definierten Fahrwegen. Die derzeit typischen Aufgaben und Arbeitsbedingungen werden in der folgenden Tabelle gezeigt.

KOMMUNIKATIONS-AUFGABEN	Während der Normalfahrt: – Information der Fahrgäste: Fahrziel, -zeit, Haltestellen, Fahrzeugtechnik – Ggf. Fahrausweiskontrolle Im Ereignisfall: – Kommunikation mit der Leitstelle – Persönliche Kommunikation mit den Fahrgästen – Dokumentation von Störungen
ARBEITSMITTEL	Automatisiertes Shuttle-Fahrzeug, wird über Handheld gesteuert, ggf. Zusatzgeräte, z.B. Smartphone, Touchpad
ARBEITSUMGEBUNG	Kein vorhandener, ergonomisch geplanter, Arbeitsplatz: Operatoren stehen, teilweise in gebückter Haltung, nicht angeschnallt
SOZIALE BEZIEHUNGEN	Engerer Kontakt zu Fahrgästen, aktuell auch innerhalb des Projektteams
BEANSPRUCHUNG	Hohe physische Beanspruchung durch nicht definierten Arbeitsplatz im Fahrzeug und psychische Beanspruchung durch hohen Handlungsdruck im Ereignisfall mit Kommunikationsaufgaben, die parallel zu ggf. Fahraufgaben erfolgen.
POTENZIAL DURCH SCHNITTSTELLE	Unterstützung des Operators in der Kommunikation für den Fahrgast, z. B. mit Echtzeitinformation, Reiseauskunft oder Störungsinformation. Unterstützung des Operators durch automatisierte Kommunikation mit der Leitstelle.

Szenario: Fehlverhalten

Die Nichteinhaltung von Bestimmungen im Fahrzeug wird als Fehlverhalten aufgefasst. Hierzu gehören unter anderem das lautstarke hören von Musik, aggressives Verhalten gegenüber dem Fahrpersonal oder anderen Fahrgästen oder Vandalismus. Auch diese Situation muss (durch das Fahrpersonal) erkannt und analysiert werden. Ggf. werden Sofortmaßnahmen durch das Fahrpersonal eingeleitet. Die Handlungsmöglichkeiten reichen vom einfachen Ermahnen bis hin zum Verständigen von Sicherheits- und Rettungskräften.

Szenario: Servicefall – Fundsachen und Verschmutzungen

Häufig werden Gegenstände wie Taschen, Schirme, Rücksäcke oder Ähnliches in Fahrzeugen des öffentlichen Nahverkehrs vergessen. Fundsachen werden entweder von Fahrgästen oder vom Fahrpersonal gefunden oder entwendet.

Verschmutzungen im und am Fahrzeug können durch das Fahrpersonal oder durch Fahrgäste festgestellt werden. Einfache Verschmutzungen (Streusplitt im Winter, zurückgelassene Zeitungen oder Verpackungsmaterial) können durch das Fahrpersonal am Ende eines Umlaufes entfernt werden. Bei gröberen Verschmutzungen muss ein Fahrzeug ggf. getauscht werden.

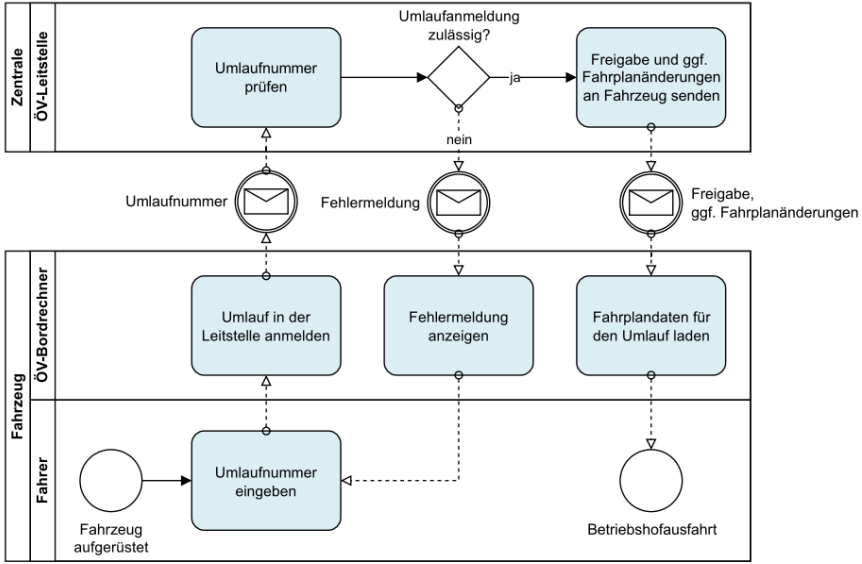
Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen ... 5
Menschzentrierte Gestaltung der Integration ... 5
Datenerhebung ... 5
Aufgaben und Rollen der Operatoren ... 5
Szenarien aus Sicht der Fahrgäste ... 8
Szenario: Normalfall ... 8
Szenario: Ereignisfall ... 9
Szenario: Notfall ... 9
Szenario: Fehlverhalten ... 10
Szenario: Servicefall – Fundsachen und Verschmutzungen ... 10
Allgemeines ... 10
Beschreibungsmethode: Swimlane-Diagramme ... 10
Rollen und Akteure ... 11
Use Case Beschreibung ... 14
Use Cases Regelbetrieb ... 15
Übersicht Umlaufbeginn ... 16
Übersicht Umlaufende ... 17
Fahrzeug aufrüsten ... 18
Umlaufanmeldung/-zuweisung ... 20
Leerfahrt ... 22
Fahrgastfahrt ... 24
Regelhalt ... 27
Türkontrolle ... 29
Fahrzeug abrüsten ... 30
Use Cases Datenmanagement ... 33
Datenaktualisierung ... 33
Datenentsorgung ... 34
Use Cases Monitoring ... 35
Fahrgastzählung ... 35
Stauerkennung ... 36
Systemüberwachung und ggf. Störmeldung ... 37
Use Cases Dispositive Maßnahmen ... 41
Zeitverhalten ... 42
Fehlerbehandlung ... 42
Anbindung autonomer Fahrzeuge ... 42
Basismaßnahmen ... 43
Fahrtänderung ... 43
Umlaufänderung ... 44
Neuen Umlauf hinzufügen ... 45
Erweiterung der Basismaßnahmen ... 46
Komplexe Maßnahmen ... 46
Use Cases Fahrgastservice ... 48
Neue Fahrplandaten aufgrund dispositiver Maßnahme verteilen ... 49
Anschlussbeziehungen aktualisieren und darstellen ... 52
Zielbeschilderung außen und innen ändern ... 53
Liniennummer ändern ... 54
Fahrgäste akustisch informieren ... 55
Fahrgäste textuell informieren (Tickertext) ... 57
Problem mit Fahrgast (Störendes Verhalten / kein Unfall) ... 58
Kommunikation mit Fahrgästen bei außergewöhnlichen Ereignissen ... 62
Fundsachen und Sauberkeit im Fahrzeug ... 66
Use Cases Betriebshofmanagement ... 68
Waschvorgang ... 68
Lademanagement ... 69
Ersatzfahrzeug bereitstellen ... 71
Use Cases AD spezifisch ... 72
Eingriffsnotwendigkeit technische Aufsicht ... 72
Temporäre Sensorbeeinträchtigung ... 73
Fehler in der Selbstpositionierung ... 75
Entscheidungshilfe (darf ich weiterfahren?) ... 76
Detektion von Trajektorien-Abweichungen im AD-Fahrzeug ... 78
Interpretation des Fahrzeuginternen Systemzustands und Kommunikation an AD-Leitstand ... 79
Interpretation des Gesamtsystemzustand zwischen Infrastruktur/Leitstelle und Fahrzeug ... 80
Detektion von Abweichung in Sensordaten zwischen Fahrzeug und Infrastruktur ... 81
Detektion und Rückmeldung übertreten der Operational Design Domain (Kartierung, Wetter, Geschwindigkeitsvorgabe) ... 82
Bereitstellen von Verhaltensinformation AD-Fahrzeug an AD-Leitstelle zur späteren „System-Lernen" ... 83
Lernen von Verhalten im Störungsfall aus früheren Fahrsituationen, die von der AD-Leitstelle begleitet wurden ... 84
Ausgestaltung der AD-Leitstelle für die technische Aufsicht ... 85
Nothalt ... 87
Use Cases Sonstiges ... 91
Fahrzeug dauerhaft unerreichbar ... 91
Parameter für LSA-Beeinflussung setzen ... 95

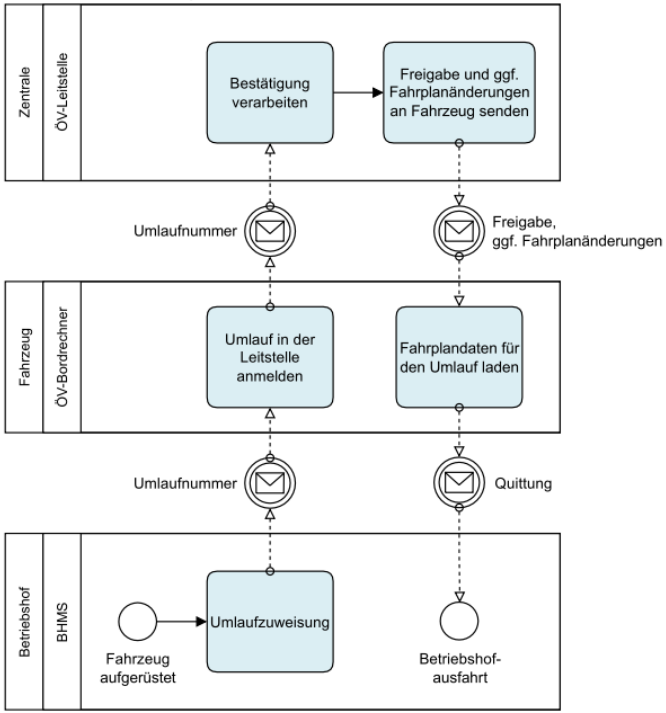
Beispiel: Use Case Umlaufanmeldung/-zuweisung

ÖV-LeitmotiF-KI

Konventioneller Betrieb/Ablauf



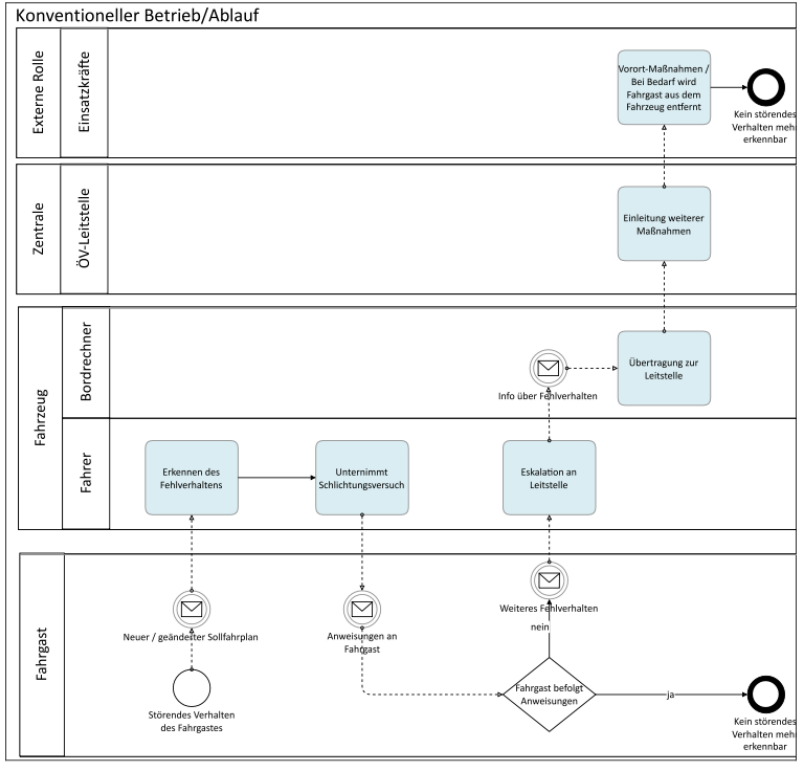
Automatisierter Betrieb/Ablauf

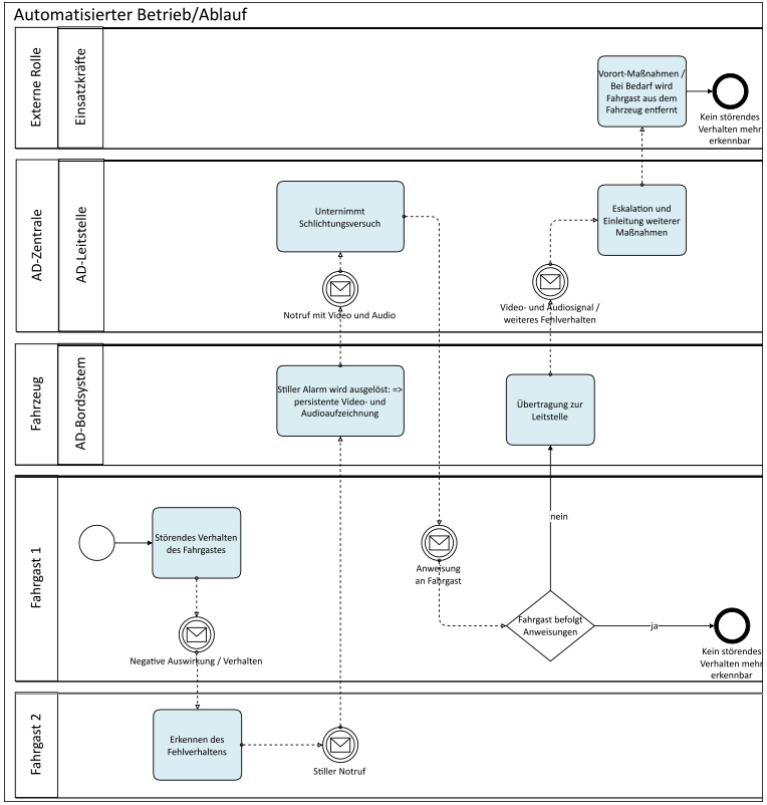


VDV Die Verkehrs-unternehmen

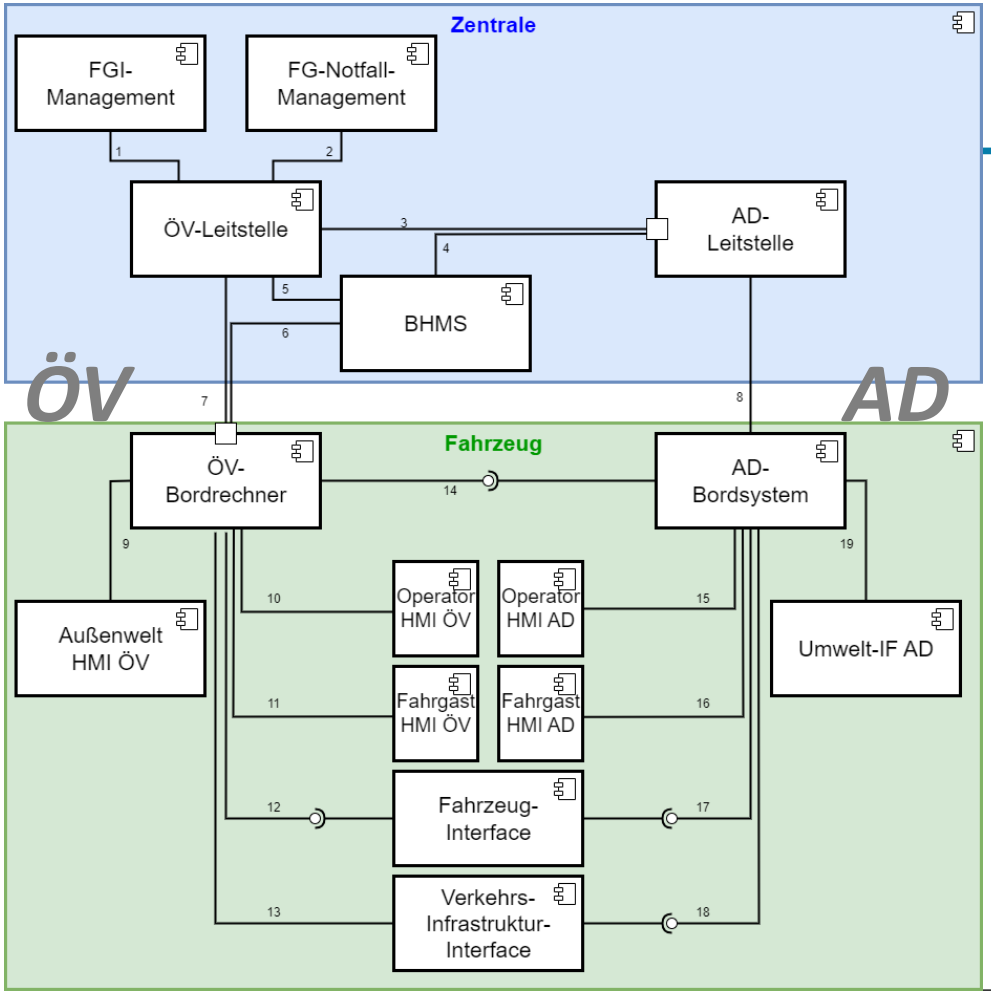
Beispiel: Use Case Problem mit Fahrgast (Störendes Verhalten / kein Unfall)

ÖV-LeitmotiF-KI





VDV Die Verkehrsunternehmen



Referenzarchitektur

- konzeptionelle Trennung:
  - „ÖV-Seite“ (nicht sicherheitsrelevant)
  - „AD-Seite“ (sicherheitsrelevant)
- → kontrollierte Kopplung über standardisierte Schnittstellen
- Konsistente Modellierung:
  - technische & menschliche Akteure
  - Schnittstellen

ÖV – „Öffentlicher Verkehr“

AD – „Automated Driving“

VDV Die Verkehrsunternehmen

Referenzarchitektur: UML-Komponentendiagramm

ÖV-LeitmotiF-KI

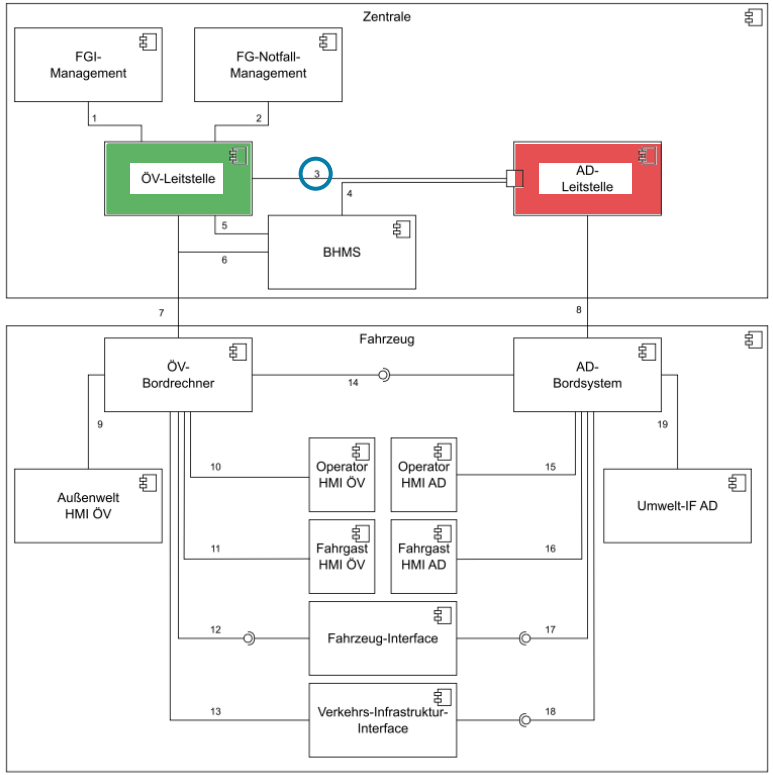


Abbildung 6: Komponentendiagramm der Referenzarchitektur.

ÖV-Leitstelle

Die Überwachung und Steuerung des linien- und fahrplangebundenen ÖV-Betriebs (teilweise auch mit Bedarfsverkehrs-Anteilen) mit fahrergesteuerten und/oder automatisierten Fahrzeugen erfolgt durch die ÖV-Leitstelle. Kern-Aufgaben sind hierbei das Monitoring der Fahrzeugpositionen, der Soll-Ist-Vergleich sowie der steuernde Eingriff (dispositive Maßnahmen) auf betrieblicher Ebene.

AD-Leitstelle

Die AD-Leitstelle ist für die Überwachung der automatisierten Fahrzeuge verantwortlich und stellt den Arbeitsplatz der technischen Aufsicht dar. Dies (die Überwachung) umfasst:

- Die Fahrfunktion,
- Verteilung von Aufträgen sowie
- Punktuelles Eingreifen bis Teleoperation im Störfall.

3. ÖV-Leitstelle → AD-Leitstelle:
   Es erfolgt eine Übertragung der Fahraufträge als Mission für ein konkretes Fahrzeug, sowohl initial als auch Änderungen. Dies beinhaltet „Sonder-Missionen“ wie z.B. Nothalt. Außerdem beinhaltet es die Kommunikation/ Koordination der MA in der ÖV-/ AD-Leitstelle / BHMS.

   AD-Leitstelle → ÖV-Leitstelle:
   Hierüber wird der Status einer Mission (angenommen/ abgelehnt/ in Ausführung/ Abgeschlossen), der Fahrzeugzustand, ggf. Informationen zu Fahrzeug-Störungen übertragen. Außerdem erfolgt eine Kommunikation/ Koordination der MA in der ÖV-/ AD-Leitstelle/ BHMS.

VDV Die Verkehrsunternehmen

Referenzarchitektur: UML-Komponentendiagramm

ÖV-LeitmotiF-KI

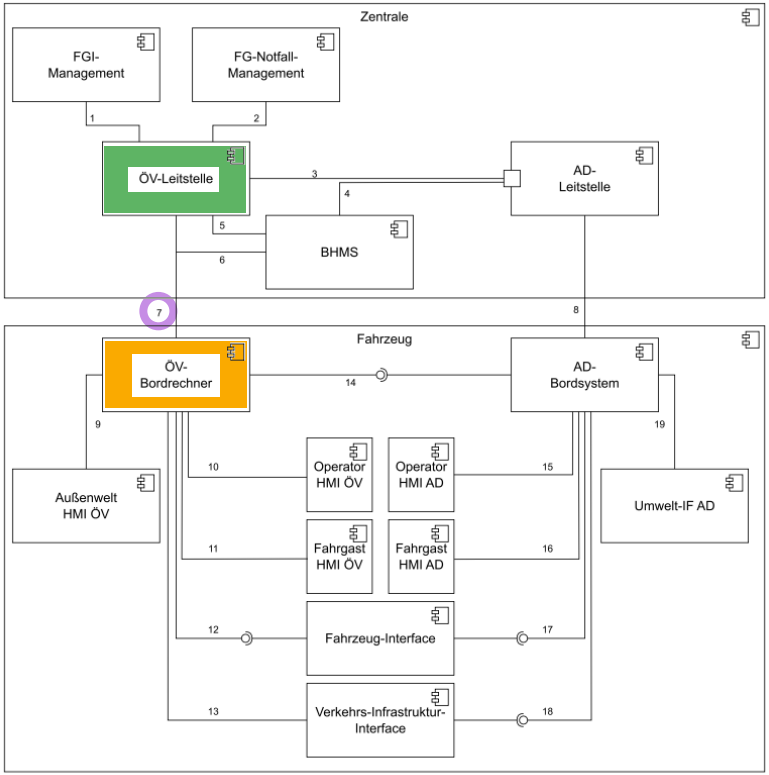


Abbildung 6: Komponentendiagramm der Referenzarchitektur.

ÖV-Leitstelle

Die Überwachung und Steuerung des linien- und fahrplangebundenen ÖV-Betriebs (teilweise auch mit Bedarfsverkehrs-Anteilen) mit fahrergesteuerten und/oder automatisierten Fahrzeugen erfolgt durch die ÖV-Leitstelle. Kern-Aufgaben sind hierbei das Monitoring der Fahrzeugpositionen, der Soll-Ist-Vergleich sowie der steuernde Eingriff (dispositive Maßnahmen) auf betrieblicher Ebene.

ÖV-Bordrechner

Der ÖV-Bordrechner übernimmt die folgenden Aufgaben:

- Auslesen von Fahrzeug-Daten (Position, Türstatus, Ladezustand…),
- logische Ortung sowie fahrplanbezogener Soll-Ist-Vergleich,
- Steuerung von Peripheriegeräten am Fahrzeug (Anzeigen, Ansagen, Fahrschein-Validatoren…) sowie
- Kommunikation mit der ÖV-Leitstelle.

7. ÖV-Leitstelle → ÖV-Bordrechner:

   Diese Schnittstelle leitet die an 1 und 2 von FGI- und FG-Notfallmanagement erhaltenen Informationen an den ÖV-Bordrechner weiter. Aus der ÖV-Leitstelle werden übertragen: die Fahrt/Umlaufzuweisung, Fahrplanänderungen (dispositive Maßnahmen) sowie die Kommunikation mit dem Fahrpersonal/Operator (via Text und Sprache). Zusätzlich erfolgt die Aktualisierung der Plandaten über diese Schnittstelle.

   ÖV-Bordrechner → ÖV-Leitstelle:

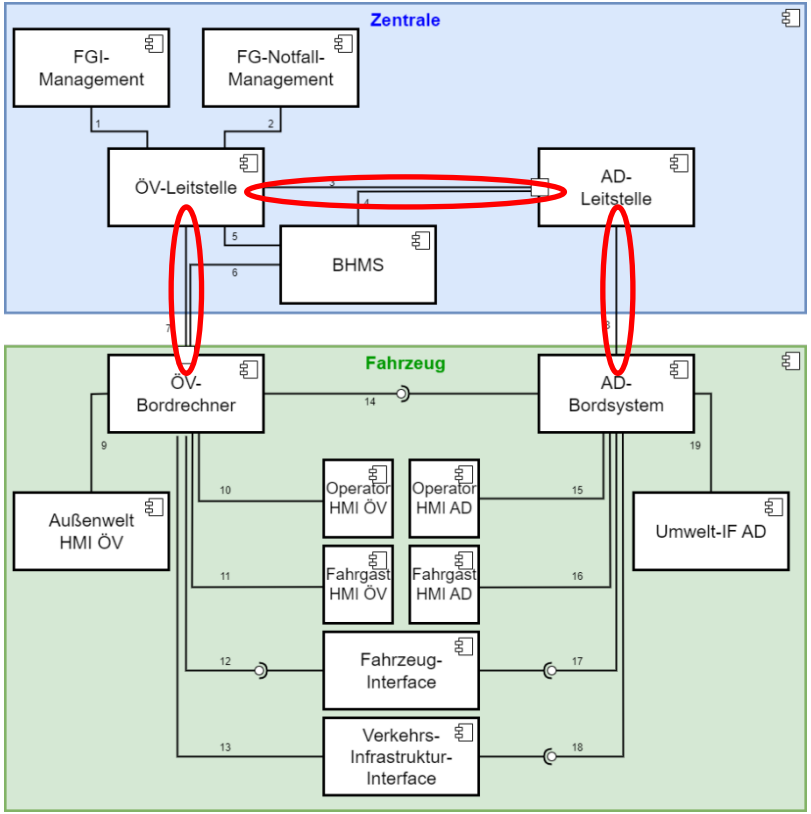
   Äquivalent erfolgt die Weiterleitung der Daten vom Bordrechner, welche über die Schnittstellen 1 bzw. 2 an FGI- und FG-Notfallmanagement weiterzugeben sind. Zusätzlich überträgt die Schnittstelle: Fahrt/Umlaufauswahl (VDV 435), physische & logische Standortmeldungen (VDV 435), technische sowie betriebliche Status- & Störungsmeldungen, Fahrgastzähldaten (VDV 435) und ermöglicht eine Kommunikation des Fahrpersonals/Operators mit dem Leitstellenpersonal (mittels Text und Sprache).

VDV Die Verkehrsunternehmen

Schnittstellen-Spezifikation

ÖV-LeitmotiF-KI

- Spezifikation
  ausgewählter UseCases und
  Schnittstellen aus Referenzarchitektur
- Technische Basis: VDV435 / IoM
- Schnittstellen
  - → ÖV-Leitstelle / ÖV-Bordrechner („Luftschnittstelle“)
  - → ÖV-Leitstelle / AD-Leitstelle („Missionsschnittstelle“)
  - → AD-Leitstelle / AD-Bordsystem (Missionsübertragung/freigabe)
- Weitere Themen
  - → Usability
  - → KI

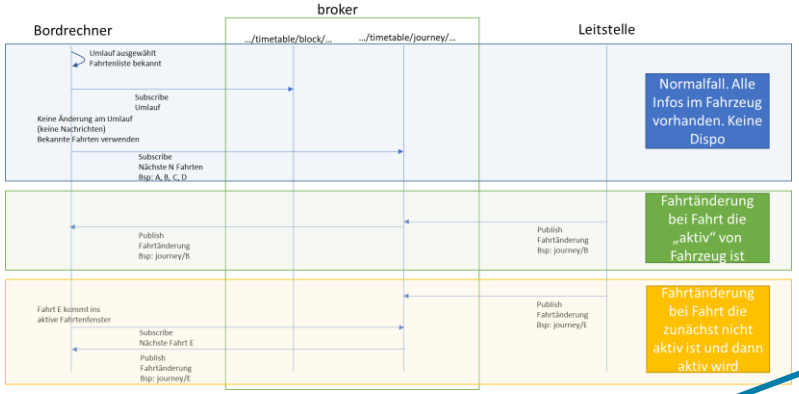


VDV Die Verkehrsunternehmen

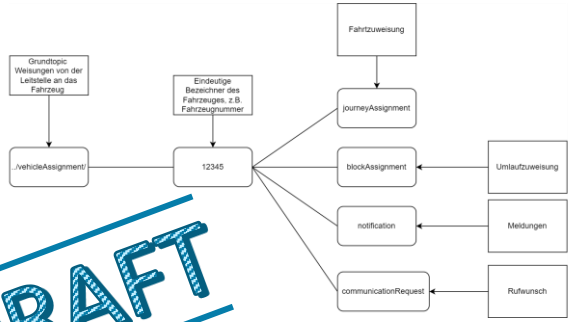
Schnittstellen-Spezifikation

ÖV-LeitmotiF-KI

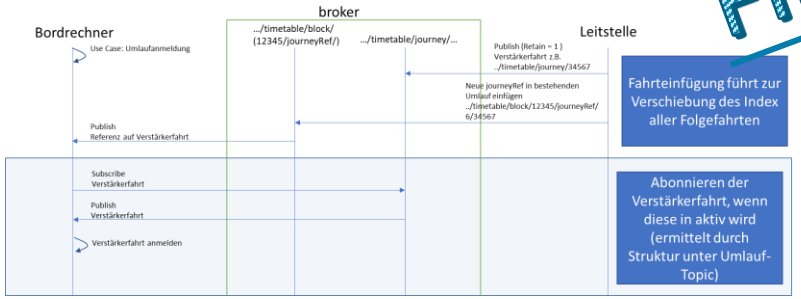
Fahrt-/Umlaufänderung



Topicstruktur: Weisungen an das Fahrzeug

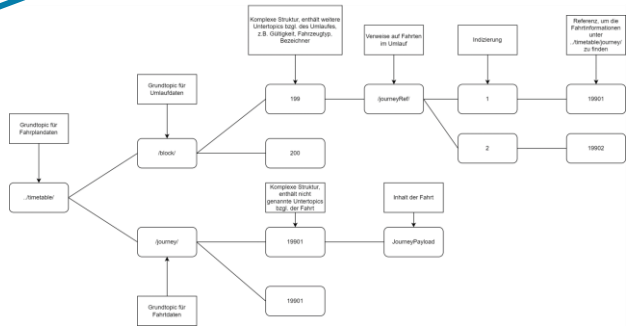


Neue Fahrt in einen Umlauf hinzufügen



FIRST DRAFT

Topicstruktur: Fahrplandaten



VDV Die Verkehrsunternehmen

Luftschnittstelle

ÖV-LeitmotiF-KI

Schnittstelle	7
Beteiligte Komponenten	ÖV-Bordrechner, ÖV-Leitstelle

Übertragene Informationen	ÖV-Leitstelle zu ÖV-Bordrechner:
	• Aktueller, ggf. dispositiv veränderter Soll-Fahrplan
	  ○ Definition von Umläufen
	  ○ Definition von Fahrten
	  ○ Definition von (Umleitungs-)Fahrwegen
	• Meldungen an Fahrer und Fahrgäste
	  ○ Textuell
	  ○ Akustisch
	
	ÖV-Bordrechner zu ÖV-Leitstelle:
	• Technische Anmeldung
	• Betriebliche Anmeldung
	• Ist-Zustand des Fahrzeuges
	  ○ Position
	  ○ Betrieblicher Status wie aktueller Umlauf, Fahrt
	  ○ Technischer Status, Fehlermeldungen von Fahrzeug und Bordgeräten

Übertragungskanal	MQTT-Broker, Funk
Referenzierte Normen, Schriften sowie sonstige Dokumente	VDV435-x

Textuelle Beschreibung:

Als Grundlage für das Betriebsmonitoring und die Echtzeit-Fahrgastinformation wird vom ÖV-Bordrechner die aktuelle Position und betriebliche Status des Fahrzeuges sowie technische und betriebliche Anmeldung über diese Schnittstelle veröffentlicht.

Auf der Basis dieser Daten kann die Leitstelle Dispositions-Entscheidungen treffen, die dann im laufenden Betrieb über die Schnittstelle von der ÖV-Leitstelle an den ÖV-Bordrechner übertragen werden.

Die Leitstelle veröffentlicht dazu einen Sollfahrplan, wo die aktuelle Definition von Umläufen und Fahrten vorhanden sind. Wenn der Fahrplan verändert wird, z.B. durch die Kürzung einer Fahrt, eine Umleitung oder ähnliches, wird dies über diese Schnittstelle veröffentlicht. Der ÖV-Bordrechner wird über solche Änderungen informiert und kann die aktuell eingestellte Fahrt oder zukünftigen Fahrten anpassen.

Die Leitstelle kann auch über diese Schnittstelle Meldungen an den Fahrer oder an den Fahrgästen veröffentlichen. Der Bordrechner sorgt dann dafür, dass diese Meldungen akustisch abgespielt werden, oder textuell an den Innenanzeiger oder Fahrer-HMI angezeigt wird.

VDV Die Verkehrsunternehmen

Grundlagen & Vorarbeiten

Projekt „Digitale Mobilität“ Fahrzeug und Haltestelle (DiMo-FuH, 2017/18)

- Kommunikation Leitstelle / Fahrzeug
- Broker-Architektur (MQTT)
- Basis-Anwendungfälle: An/Abmeldung, Standortmeldung
- *nicht: Störungsmanagement, Dispo-Maßnahmen*

Internet of Mobility (IoM), VDV435-x-y

- Weiterentwicklung der DiMo-FuH-Ergebnisse
- Broker-Architektur als Grundkonzept
  für datengetriebene, modulare Architektur
- Breitere Anwendungsfall-Basis,
  z.B. Fahrttreppen-Status, Besetztgrade
- Luftschnittstelle zunächst unverändert:
  begrenzter Funktionsumfang aus DiMo-FuH

VDV Die Verkehrsunternehmen

VDV-Schrift 435-3-3 04/2021

Internet of Mobility - IoM

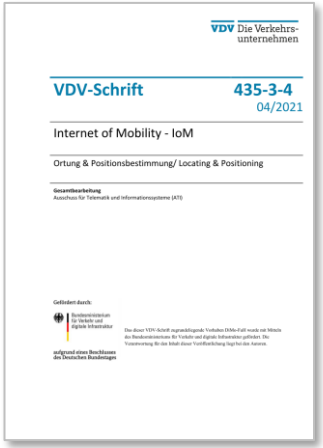
An-und Abmeldung / Log On and Log Off

Gesamtbearbeitung
Ausschuss für Telematik und Informationssysteme (AT0)

Gefördert durch:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das dieser VDV-Schrift zugrundeliegende Vorhaben DiMo-FuH wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.


VDV Die Verkehrsunternehmen

VDV-Schrift 435-3-4 04/2021

Internet of Mobility - IoM

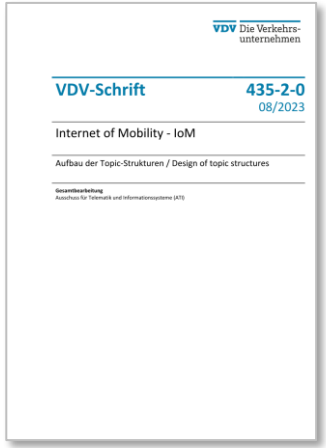
Ortung & Positionsbestimmung/ Locating & Positioning

Gesamtbearbeitung
Ausschuss für Telematik und Informationssysteme (AT0)

Gefördert durch:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das dieser VDV-Schrift zugrundeliegende Vorhaben DiMo-FuH wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.


VDV Die Verkehrsunternehmen

VDV-Schrift 435-2-0 08/2023

Internet of Mobility - IoM

Aufbau der Topic-Strukturen / Design of topic structures

Gesamtbearbeitung
Ausschuss für Telematik und Informationssysteme (AT0)

Luftschnittstelle: Dispo-Maßnahmen

ÖV-LeitmotiF-KI

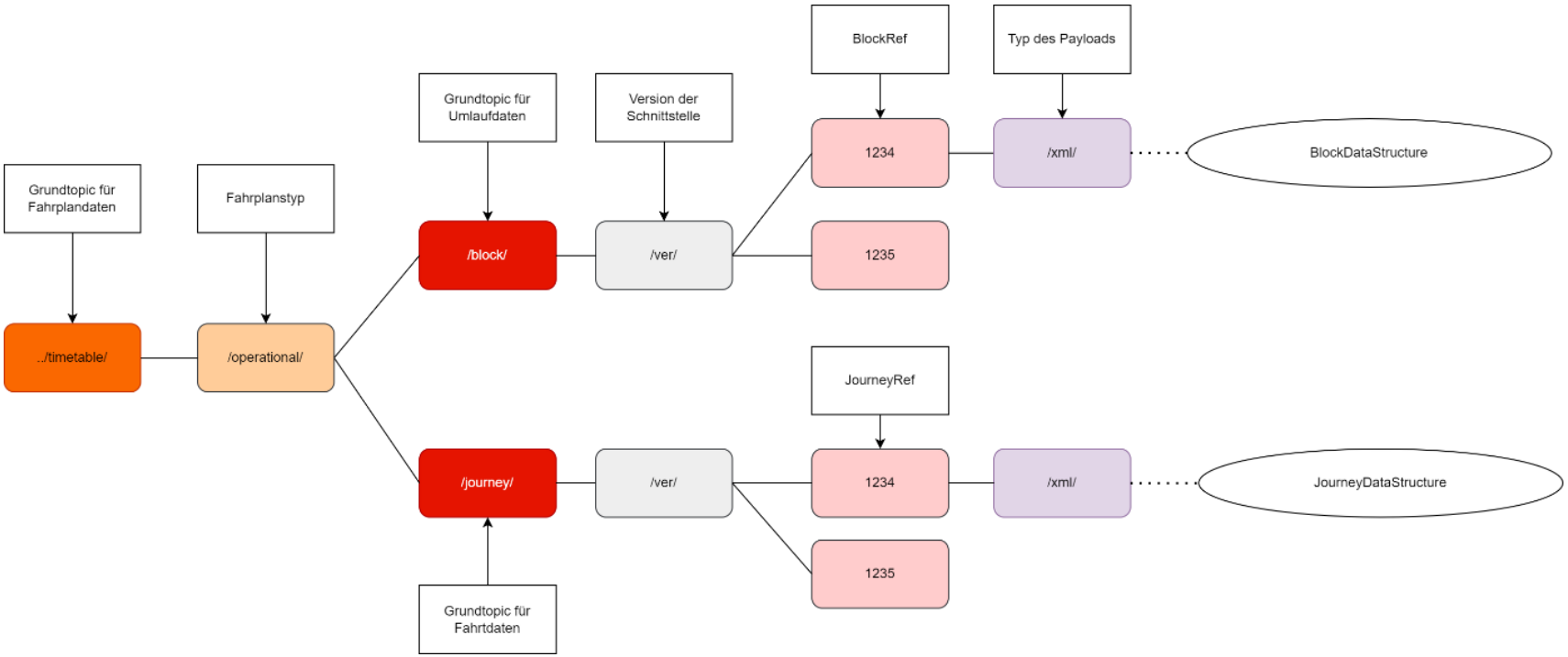
Grundkonzept & Designentscheidungen

- Broker-Architektur (MQTT), VDV 435
- Kommunikationsmuster für Dispo-Maßnahmen: Publish/Subscribe (+ Fahrzeug-Rückmeldung)
- Online-Datenverteilung und Offlinefähigkeit
  - → Verteilung dynamischer Fahrplandaten (dispositiv geändert) ausschließlich über Datenbroker
  - → (statische) Grunddaten, z.B. Liniennetz zunächst noch per klassischer Datenversorgung
  - → Perspektive: Verteilung *aller* Daten über Datenbroker
- „Abgerollte Fahrten“ statt hoch-normalisiertes Datenmodell (Fahrwege, Fahrzeitprofile etc…)
  - → vorteilhaft z.B. bei „freier“ Umleitung
- Anlehnung an Transmodel/NeTEx
  - → Verwendung gleicher Bezeichner, wo sinnvoll
  - → teilweise Vereinfachungen,
    z.B. keine separaten Strukturen für Leerfahrt (Deadrun) und Fahrgastfahrt (ServiceJourney)

VDV Die Verkehrsunternehmen

Topicbaum für Umläufe und Fahrten

ÖV-LeitmotiF-KI



VDV Die Verkehrsunternehmen

Beispiel: Payload für Fahrten

ÖV-LeitmotiF-KI

DatedVehicleJourney				
	ID	1:1	xs:string	Tagesübergreifend eindeutige Fahrtenbezeichner
	Version	1:1	xs:normalizedString	Schnittstellenversion
	ExternalVehicleJourneyRef	0:1	xs:string	(externer) Fahrtbezeichner, bspw. zur Weitergabe an SIRI – Schnittstellen
	OperatingDay	0:1	xs:date	Betriebstag
	LineRef	0:1	LineRefStructure	Referenz auf Linie der Fahrt
	CourseOfJourney	0:1	CourseOfJourneyRefStructure	Referenz auf Kurs der Fahrt
	DepartureTime	0:1	xs:dateTime	Abfahrtszeit der Fahrt
	ServiceJourneyPattern	0:1	ServiceJourneyPatternRefStructure	Referenz auf gefahrene Linienvariante
	TypeOfService	1:1	ServiceTypeEnumeration	Fahrtart (Fahrgastfahrt, Einsetzfahrt usw.)
	PassengersAllowedJourneyStart	0:1	xs:boolean	Fahrgäste erlaubt am Fahrtbeginn
	PassengersAllowedJourneyEnd	0:1	xs:boolean	Fahrgäste erlaubt nach Fahrtende
	VehicleType	0:1	VehicleTypeRefStructure	Referenz auf Sollfahrzeugstyp der Fahrt
	DestinationDisplay	0:1	DestinationDisplayRefStructure	Fahrtziel
PointSequence		1:1		Liste sämtlicher Netzpunkte im Fahrtverlauf
	StopPointInSequence	0:*	StopPointInSequenceStructure	Haltepunkt im Fahrtverlauf
	BeaconPointInSequence	0:*	BeaconPointInSequenceStructure	Bake im Fahrtverlauf
	SupportPointInSequence	0:*	SupportPointInSequenceStructure	Stützpunkt im Fahrtverlauf
	DepotPointInSequence	0:*	DepotPointInSequenceStructure	Betriebshof im Fahrtverlauf

VDV Die Verkehrsunternehmen

KI-Unterstützung: Kandidaten für Anwendungsfälle

ÖV-LeitmotiF-KI

- Systemüberwachung und ggf. Störmeldung
- Detektion von Abweichung in Sensordaten zwischen Fahrzeug und Infrastruktur
- Detektion und Rückmeldung Übertreten der Operational Design Domain
- Lernen von Verhalten im Störfall aus früheren Leitstellen-begleiteten Fahrsituationen
- Chatbot zur Fahrgastinformation
- Erkennung von Fahrgästen an der Haltestelle
- Erkennung ungewöhnlicher Halte und problematische Verkehrslagen
- Nachfrageprognose und entsprechende Planung zusätzlicher Fahrten
- Bedarfsgerechte, barrierearme Alternativen (Optimierung dispositiver Maßnahmen für Fahrgäste mit Einschränkungen; Erkennung von mobilitätseingeschränkten Personen im Fahrzeug)

VDV Die Verkehrsunternehmen

KI-Unterstützung

ÖV-LeitmotiF-KI

Anwendungsklassen

- Erkennung wiederkehrender Muster
  - → Betriebssituationen
  - → Anomalien
- Alarmierung
- Entscheidungsunterstützung
- Vorschlagswesen
- Kommunikation / Sprachgenerierung

Betrachtete KI-Methoden

- Variational Autoencoder
- Generative Adversarial Networks (GANs)
- Case-based Reasoning
- Rule-based Machine Learning
- Classifier Systems (model based/free)
- Tiefe neuronale Netze
- Large Language Model (LLM)

VDV Die Verkehrsunternehmen

Daten als KI-Grundlage

ÖV-LeitmotiF-KI

KI-Methoden brauchen Daten

- um das Modell zu trainieren
- für Test und Verifikation

Beispiele für benötigte Daten
in der Anwendungsdomäne „Automatisiertes Fahren im ÖV“

- Fahrzeugposition, -ausrichtung, -geschwindigkeit
- Fahrtverläufe & Trajektorien
- Sensor- und Kameradaten
- Umweltinformationen (Temperatur, Sicht,…)
- Eingriffe & Entscheidungen der ÖV-Leitstelle
- Eingriffe & Entscheidungen der AD-Leitstelle („Technische Aufsicht“)

VDV Die Verkehrsunternehmen

Mangelnde Datenverfügbarkeit

Daten aus dem klassischen ÖV-Betrieb mit Fahrern

- liegen prinzipiell vor
- sind häufig in Spezial-Anwendungen gekapselt (ITCS, AFZS, BMS ..)
- Historische Daten über Entscheidungen der ÖV-Leitstelle kaum verfügbar
- System- und Fahrzeughersteller sehr zurückhaltend bei der Datenbereitstellung

Daten aus dem ÖV-Betrieb automatisierter Fahrzeuge

- gibt es bisher nur spärlich
- sind nicht standardisiert (Datenmodell und Datenformat)
- Historische Daten über Entscheidungen der AD-Leitstelle nicht verfügbar
- ÖV- und AD-Teil sind häufig nicht korreliert / referenziert

VDV Die Verkehrsunternehmen

Praxistest

ÖV-LeitmotiF-KI

Testfeld Autonomes Fahren Baden-Würtemberg (TAF-BW)

- 2 Autonome Shuttles („EVA-Shuttle“, FZI)
- Karlsruhe: Campus Ost

Test-Betrieb

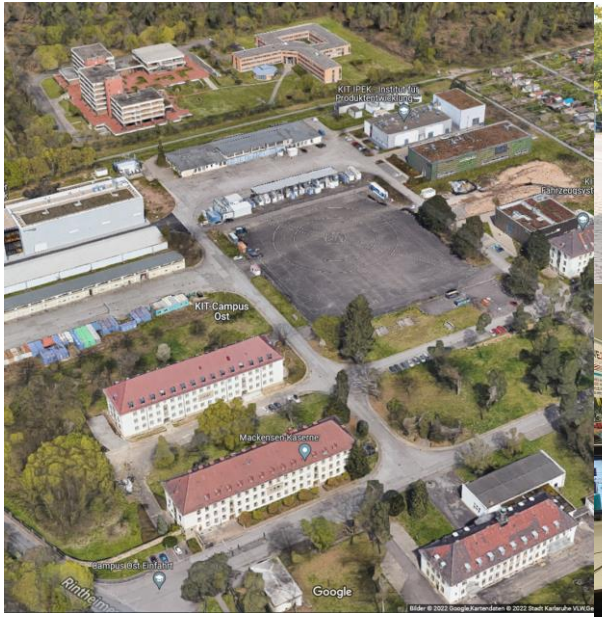
- Fahrversuche auf semi-privatem Gelände
- Simulation ÖV-Betrieb
- kein Fahrgastbetrieb
- nicht öffentlich

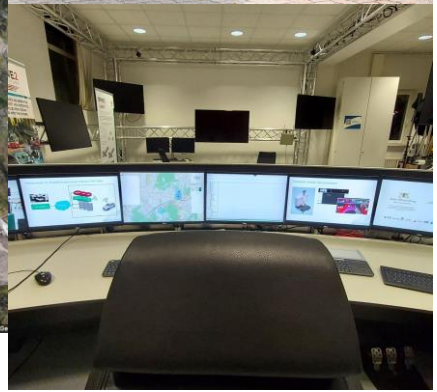
Test-Ziele

- Proof-of-Concept (PoC) Schnittstellen
- herstellerübergreifende Interoperabilität

Zeitplan

- Systemintegration Q1/2024
- Testdurchführung Q2/2024



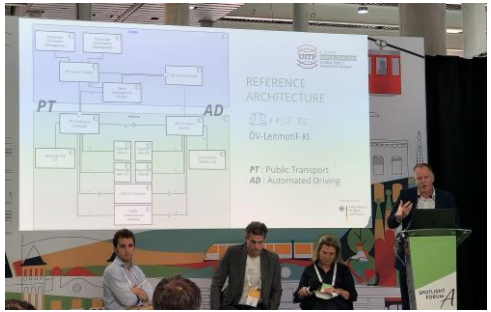


VDV Die Verkehrsunternehmen

Projektintegration

ÖV-LeitmotiF-KI

- Vorstellung des Projektes & aktuellen Standes
  - in VDV-Ausschüssen und Arbeitskreisen
  - auf Konferenzen & Seminaren
    z.B. UITP Summit 2023



- Austausch mit anderen Projekten, z.B.
  - Shuttle Modell Region Oberfranken:
    Exkursion & Austausch Okt/2022
  - ABSOLUT Leipzig: Austausch
    Systemarchitektur & OPC UA
  - AHOI Hamburg: Verwendung
    Usecases & Referenzarchitektur
    aus ÖV-LeitmotiF-KI

VDV Die Verkehrsunternehmen

Vorläufige Ergebnisse

ÖV-LeitmotiF-KI

Disclaimer

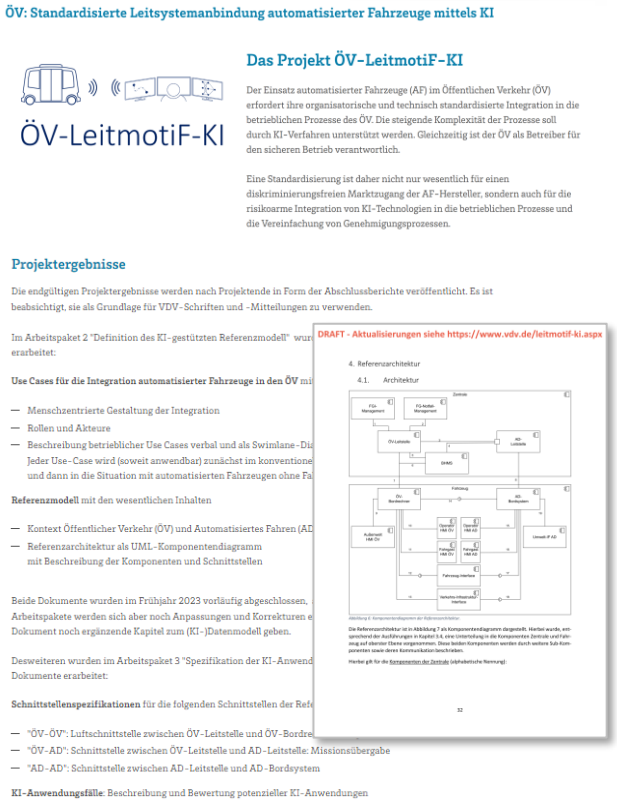
Alle vorgestellten Ergebnisse des Projektes ÖV-LeitmotiF-KI sind vorläufig und können sich bis Projektende noch ändern!

Vorab-Veröffentlichungen

- Große Nachfrage aus anderen „Autonomes-Fahren“-Projekten
  - → Referenzmodell
  - → Anwendungsfälle
  - → Schnittstellenspezifikationen
- Anforderung Arbeitsstände und Updates:
  s. https://www.vdv.de/leitmotif-ki.aspx

Schnittstellen-Spezifikationen

- Derzeit noch „Draft“
- Überführung in VDV435-Teilschriften geplant



ÖV: Standardisierte Leitsystemanbindung automatisierter Fahrzeuge mittels KI

ÖV-LeitmotiF-KI

Das Projekt ÖV-LeitmotiF-KI

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge (AF) im Öffentlichen Verkehr (ÖV) erfordert ihre organisatorische und technisch standardisierte Integration in die betrieblichen Prozesse des ÖV. Die steigende Komplexität der Prozesse soll durch KI-Verfahren unterstützt werden. Gleichzeitig ist der ÖV als Betreiber für den sicheren Betrieb verantwortlich.

Eine Standardisierung ist daher nicht nur wesentlich für einen diskriminierungsfreien Marktzugang der AF-Hersteller, sondern auch für die risikoarme Integration von KI-Technologien in die betrieblichen Prozesse und die Vereinfachung von Genehmigungsprozessen.

Projektergebnisse

Die endgültigen Projektergebnisse werden nach Projektende in Form der Abschlussberichte veröffentlicht. Es ist beabsichtigt, sie als Grundlage für VDV-Schriften und -Mitteilungen zu verwenden.

Im Arbeitspaket 2 "Definition des KI-gestützten Referenzmodell" wur
erarbeitet:

Use Cases für die Integration automatisierter Fahrzeuge in den ÖV mi

- Menschzentrierte Gestaltung der Integration
- Rollen und Akteure
- Beschreibung betrieblicher Use Cases verbal und als Swimlane-Dia
  Jeder Use-Case wird (soweit anwendbar) zunächst im konventione
  und dann in die Situation mit automatisierten Fahrzeugen ohne Fa

Referenzmodell mit den wesentlichen Inhalten

- Kontext Öffentlicher Verkehr (ÖV) und Automatisiertes Fahren (AD
- Referenzarchitektur als UML-Komponentendiagramm
  mit Beschreibung der Komponenten und Schnittstellen

Beide Dokumente wurden im Frühjahr 2023 vorläufig abgeschlossen,
Arbeitspakete werden sich aber noch Anpassungen und Korrekturen e
Dokument noch ergänzende Kapitel zum (KI-)Datenmodell geben.

Desweiteren wurden im Arbeitspaket 3 "Spezifikation der KI-Anwend
Dokumente erarbeitet:

Schnittstellenspezifikationen für die folgenden Schnittstellen der Ref

- "ÖV-ÖV": Luftschnittstelle zwischen ÖV-Leitstelle und ÖV-Bordre
- "ÖV-AD": Schnittstelle zwischen ÖV-Leitstelle und AD-Leitstelle: Missionsübergabe
- "AD-AD": Schnittstelle zwischen AD-Leitstelle und AD-Bordsystem

KI-Anwendungsfälle: Beschreibung und Bewertung potenzieller KI-Anwendungen

DRAFT - Aktualisierungen siehe https://www.vdv.de/leitmotif-ki.aspx

4. Referenzarchitektur

4.1. Architektur

VDV Die Verkehrsunternehmen

Zusammenfassung

ÖV-LeitmotiF-KI

- Automatisierte Fahrzeuge im ÖV-Betrieb: Einbindung in Leit- und Steuerungssysteme
- Abgrenzung / Verzahnung sicherheitsrelevante vs. nicht sicherheitsrelevante Funktionen/Systeme
- Architekturgrundlage: offene Schnittstellen, Broker-Architektur, VDV 435-x-y
- Förderprojekt ÖV-LeitmotiF-KI, 2022-2024:
  - VDV, Hochschulen, Industrie
  - Use Cases & Referenzarchitektur -> KI-Unterstützung: Störungsmanagement, „Predictive Operations“
  - Feldversuch mit autonomen Shuttles im TAF-BW in Karlsruhe
  - Übertragung von Erfahrung, Wissen, Methoden aus dem Bahn-Bereich für Autonome Straßen-Fahrzeuge
- Stand Ende Q3/23:
  - Use Cases und Referenzarchitektur vorläufig abgeschlossen, update in Arbeit
  - Austausch mit anderen Projekten, Verwendung Referenzarchitektur
  - Schnittstellen-Spezifikation auf Basis IoM/VDV435 in Arbeit, Schwerpunkte: ÖV-ÖV; ÖV-AD
  - Interesse in Branche groß → Bereitstellung vorläufiger Ergebnisse

Gefördert durch:

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

VDV Die Verkehrsunternehmen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Claus Dohmen
Fachbereichsleiter Betriebliche Digitalisierung, Zentrale Systeme
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)
Kamekestraße 37 – 39 · 50672 Köln
T +49(221)57979-135
M +49 160 9692 7590