

Würtz, Mark-Oliver; Sandkuhl, Kurt

Article — Published Version

Integration neuer Mobilitätsdienste in klassische Verkehrsbetriebe

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Würtz, Mark-Oliver; Sandkuhl, Kurt (2025) : Integration neuer Mobilitätsdienste in klassische Verkehrsbetriebe, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Vol. 62, Iss. 4, pp. 711-730, <https://doi.org/10.1365/s40702-025-01174-8>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/330565>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Integration neuer Mobilitätsdienste in klassische Verkehrsbetriebe

Mark-Oliver Würtz · Kurt Sandkuhl

Eingegangen: 23. Januar 2025 / Angenommen: 27. März 2025 / Online publiziert: 29. April 2025
© The Author(s) 2025

Zusammenfassung Neue Mobilitätsdienste (NMS) wie Carsharing, Citybikes und Elektroroller werden in Großstädten immer beliebter. NMS haben bereits begonnen, die Art und Weise zu beeinflussen, wie sich die Menschen in städtischen Gebieten fortbewegen. Es wird erwartet, dass sie auch Auswirkungen auf die Betreiber des öffentlichen Verkehrs und insbesondere auf ihre IT-Landschaft haben werden. In diesem Zusammenhang sind NMS-Teil des bedarfsgerechten öffentlichen Verkehrs. In diesem Beitrag wird das Thema aus der Perspektive der Unternehmensarchitektur (EA) betrachtet. Obwohl die Bedeutung des EA-Managements für ÖPNV-Organisationen anerkannt ist, gibt es nur wenige Untersuchungen darüber, wie NMS die EA verändern. Das Ziel unserer Forschung ist es, einen Beitrag zu diesem Bereich zu leisten, indem eine mehrstufig evaluierten Referenzarchitektur für traditionelle angebotsorientierte ÖPNV-Unternehmen vorgestellt wird, die New Mobility Services (NMS) entweder als nachfrage- oder bedarfsorientierte Verkehrslösung in ihr Geschäft integrieren wollen.

Schlüsselwörter Neue Mobilitätsdienste (NMS) · Öffentlicher Verkehr · Angebotsorientierter Personennahverkehr · Nachfrageorientierter Personennahverkehr · Unternehmensreferenzarchitektur

✉ Mark-Oliver Würtz · Kurt Sandkuhl
Institut für Informatik, Universität Rostock, Rostock, Deutschland
E-Mail: mark-oliver.wuertz@uni-rostock.de

Mark-Oliver Würtz
Jellyco GmbH, Stuhr, Deutschland

Kurt Sandkuhl
Jönköping University, Jönköping, Schweden

Integration of new mobility services into traditional transportation companies

Abstract New mobility services (NMS) such as car sharing, city bikes and electric scooters are becoming increasingly popular in large cities. NMS have already started to influence the way people get around in urban areas. They are also expected to have an impact on public transport operators and especially on their IT landscape. In this context, NMS are part of demand responsive public transport. In this paper, the topic is approached from an enterprise architecture (EA) perspective. Although the importance of EA management for public transport organizations is recognized, there is little research on how NMSs change the EA. The aim of our research is to contribute to this area by presenting a multi-level evaluated reference architecture for traditional supply-oriented public transport organizations that want to integrate New Mobility Services (NMS) into their business either as a demand-responsive or demand-responsive transport solution.

Keywords New mobility services (NMS) · Public transport · Supply-oriented local public transport · Demand-oriented local public transport · Reference enterprise architecture (REA)

1 Einführung

Aufgrund der digitalen Transformation und der Energiewende, die im Verkehrssektor nur über effiziente Gesamtlösungen möglich ist, steigt der Druck auf die traditionellen Verkehrsunternehmen, neue Mobilitätsformen zu erproben, um sich zu differenzieren und damit mehr Menschen zur Nutzung des öffentlichen Verkehrs zu bewegen (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften et al. 2019, S. 8). Vor diesem Hintergrund werden neue und innovative Mobilitätsdienstleistungen (NMS) für öffentliche Verkehrsunternehmen immer interessanter, zumal sie in vielen Städten und Ballungszentren immer beliebter werden (infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH 2025, S. 2).

Zu den NMS gehören beispielsweise Fahrzeug-Sharing-Dienste wie Car-, Bike- oder E-Scooter-Sharing oder On-Demand-Verkehrsdienste wie geteilte Taxifahrten. Darüber hinaus werden in größeren Städten auch Mobilitätslösungen in Form von Pay-as-you-go- oder Abo-Modellen angeboten. Dies beeinflusst die Art und Weise, wie Menschen kurze und mittlere Strecken in städtischen Gebieten zurücklegen (Kamargianni et al. 2016). NMS sind Gegenstand der Forschung, z. B. im Hinblick auf neue Architekturen (Pflügler et al. 2016), Geschäftsmodelle (Hildebrandt et al. 2015), Plattformen (Marchetta et al. 2015), die Akzeptanz durch die Endnutzer (Kamargianni et al. 2016) oder erforderliche Standards. Die Auswirkungen von NMS auf ÖPNV-Unternehmen und insbesondere auf die Unternehmensarchitektur sind jedoch bisher kaum erforscht. Ein traditionelles ÖPNV-Unternehmen kann auch als reiner NMS-Betreiber am Markt agieren. Es ist in jedem Fall schwer vorstellbar, dass öffentliche Anbieter, zu denen viele ÖPNV-Unternehmen in Deutschland gehören,

in Zukunft nur noch in der Rolle eines klassischen Mobilitätsdienstleisters agieren werden (Menge 2020).

Im Vergleich zum traditionellen angebotsorientierten öffentlichen Verkehr mit festen Fahrplänen und Transportrouten sind NMS bedarfs- bzw. nachfrageorientierte Dienste, die auf die Ad-hoc-Bedürfnisse der Nutzer ausgerichtet sind (in-fas Institut für angewandte Sozialwissenschaft 2024), S. 2. ÖPNV-Betreiber, die beginnen, eigene NMS anzubieten oder mit etablierten NMS-Betreibern zusammenzuarbeiten, stehen vor der Herausforderung, ihre Prozesse (z. B. für Bezahlung, Angebotsplanung, Logistik oder Betriebssteuerung), ihre Organisationsstruktur und ihre Informationssystemlandschaft an NMS anzupassen (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften et al. 2019), S. 8.

Ziel dieses Artikels ist es, die Integration von nachfrageorientiertem Verkehr in traditionelle ÖPNV-Unternehmen zu untersuchen, indem notwendige Erweiterungen zu etablierten Architekturansätzen im ÖPNV entwickelt werden. Konkret basieren die Erweiterungen auf dem ITVU-Kernmodell, welches das anerkannte Referenzmodell im deutschsprachigen ÖPNV-Sektor ist. Unsere Erweiterung kann als eine partielle Unternehmensarchitektur für NMS gesehen werden, die die notwendige Verbindung zur etablierten Referenzarchitektur beinhaltet. Aus Sicht der Forschung ist diese Erweiterung eine Musterlösung für den ÖPNV-Sektor, wie NMS in Unternehmensarchitekturen integriert werden können. Sie stellt einen zusätzlichen „Baustein“ für das etablierte Referenzmodell (ITVU-Kern) dar, d. h. sie muss auch die Eigenschaften eines Referenzmodells aufweisen (Becker und Knackstedt 2002, S. 1–2). Die Erweiterung ist das Ergebnis eines designwissenschaftlichen Forschungsprozesses und wird in ArchiMate¹-Modellen manifestiert.

Die Beiträge dieses Artikels sind (1) ein Überblick über den Stand der Forschung im Bereich der Unternehmensarchitekturen für den ÖPNV, (2) Anforderungen an eine Architektur, (3) die entwickelte Referenz-EA einschließlich der Integration von NMS, und (4) die Evaluierung der EA aus Punkt 3. Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: In Abschn. 2 wird der in diesem Artikel verwendete theoretische Rahmen inklusiver verwandter Arbeiten vorgestellt. Abschn. 3 beschreibt die Forschungsmethodik. Abschn. 4 vertieft den Stand der Forschung durch eine strukturierte Literaturübersicht. Abschn. 5 befasst sich mit der Referenz-Unternehmensarchitektur. Abschn. 6 fasst die naturalistischen Evaluationsepisoden des Artefakts über drei Iterationsstufen zusammen. Abschn. 7 enthält die Schlussfolgerung, einschließlich der Antwort auf die Forschungsfrage.

¹ ArchiMate ist eine offene und unabhängige Modellierungssprache für Unternehmensarchitektur von „The Open Group“ (<https://www.opengroup.org/archimate-forum/archimate-overview>), die die Beschreibung, Analyse und Visualisierung von Architekturen innerhalb und zwischen Unternehmen auf eindeutige Weise darstellen kann, basierend auf den Konzepten des Standards IEEE 1471. Quelle: <https://www.archimatetool.com/>.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Öffentlicher Verkehr und neue Mobilitätsdienste

In den meisten europäischen Ländern ist der öffentliche Personennahverkehr eine wichtige Säule der Verkehrsinfrastruktur, um möglichst viele potenzielle Kunden in einer Region zu erreichen. Insbesondere die öffentlichen Verkehrsunternehmen sind gefordert, diese Anforderung in Zukunft zu erfüllen.

Mobility-as-a-Service (MaaS) ist ein integrierter Mobilitätsdienst, der verschiedene Formen von Verkehrsdienstleistungen kombiniert. MaaS bietet dem Nutzer einen Mehrwert durch die Bereitstellung einer einzigen Anwendung (App) für die Nutzung von Mobilitätsdienstleistungen, die die Möglichkeit eines einzigen Ticketing- und Bezahlsystems anstelle mehrerer verschiedener Ticketing- und Bezahlssysteme bietet. Der MaaS-Betreiber integriert unter seiner Plattform (z. B. als Mobilitätsplattform, wie die BVG in Berlin mit Jelbi oder der HVV in Hamburg mit Switch) eine breite Palette von unterschiedlichsten Verkehrsleistungen (angebots- oder bedarfs- bzw. nachfrageorientiert), um die Kundenzufriedenheit zu gewährleisten. Ein Erfolgsfaktor einer solchen Plattform ist die Integration vieler verschiedener Verkehrskonzepte, wie z. B. Carpooling, Car- oder Bikesharing, Taxis, Mietwagen oder Leasing, die entweder unabhängig voneinander oder in Kombination miteinander betrachtet werden können. Ein weiterer Erfolgsfaktor ist die Schaffung von neuen Geschäftsmodellen und Möglichkeiten für Unternehmen, den Betrieb und die Organisation von Verkehrsangeboten zu optimieren.

Ziel von MaaS ist es, den Nutzen für die ÖPNV-Nutzer zu maximieren, so dass eine echte Alternative zur Autonutzung geboten wird, die effizienter, nachhaltiger und in vielen Fällen auch kostengünstiger sein kann. Bei der fortschreitenden Umstellung auf Mobilität als Dienstleistung MaaS muss daher die Integration möglichst vieler oder aller Verkehrsanbieter in einem städtischen Gebiet gewährleistet sein, um den Nutzern die Planung und Durchführung multimodaler städtischer Fahrten zu ermöglichen.

2.2 Unternehmensarchitektur

Der Bereich der Unternehmensarchitektur (EA) (Lankhorst 2017) hat sich seit mehr als einem Jahrzehnt als Disziplin mit Entscheidungsunterstützungsfunktionen und -modellen für zukunftsorientierte Unternehmen und Organisationen entwickelt (Simon et al. 2014). Das Ziel der Unternehmensarchitektur ist es, die wichtigsten Wechselwirkungen zwischen Geschäft und IT zu modellieren, abzustimmen und zu verstehen, um die Voraussetzungen für einen gut angepassten und strategisch ausgerichteten Entscheidungsrahmen sowohl für das digitale Geschäft als auch für digitale Technologien zu schaffen (Niemi und Pekkola 2019).

Das Management der Unternehmensarchitektur (Enterprise Architecture Management, EAM), wie es heute durch verschiedene Standards wie ArchiMate (Group 2019) und TOGAF (Group 2022) definiert wird, nutzt eine relativ große Anzahl unterschiedlicher Ansichten und Perspektiven für die Verwaltung und Dokumentation der Business-IT-Ausrichtung (BITA) (Simon et al. 2014). Untersuchungen im

Rahmen der digitalen Transformation (Matt et al. 2015) und zu digitalen Geschäftsmodellen (Schallmo 2013) zeigen, dass die IT nicht nur eine Voraussetzung, sondern oft auch eine Quelle von Produkt-, Prozess- und Geschäftsmodellinnovationen ist, weshalb die Weiterentwicklung von Business und IT koordiniert erfolgen muss. EAM stellt einen Managementansatz dar, der einen kohärenten Satz von Richtlinien, architektonischen Grundsätzen und Governance-Regelungen einführt, pflegt und nutzt, die bei der Gestaltung und Entwicklung einer Architektur zur Erfüllung der Transformationsziele des Unternehmens Orientierung und Unterstützung bieten. Ein wirksamer Architekturmanagementansatz für digitale Unternehmen sollte auch die Digitalisierung von Produkten und Dienstleistungen unterstützen (Urbach und Ahlemann 2018) und sowohl ganzheitlich als auch leicht anpassbar sein.

Die Referenzarchitektur im Unternehmenskontext bietet ein grundlegendes und strukturiertes Modell, das bewährte Methoden, Standards und Modelle für den Entwurf und die Implementierung von Unternehmensarchitekturen bereitstellt. Sie dient als Leitfaden für Organisationen, um ihre Geschäftsprozesse, Daten, Anwendungen und Technologien im Einklang mit strategischen Zielen zu organisieren und zu integrieren. Dieser Ansatz fördert die Standardisierung und Rationalisierung von IT-Ressourcen, was wiederum die Skalierbarkeit und Agilität der Organisation stärkt (Group 2022).

2.3 Unternehmensarchitekturmodelle im öffentlichen Verkehr

Im Bereich des öffentlichen Verkehrs wurden zwei Architekturmodelle identifiziert, die die für das Management von ÖPNV-Unternehmen erforderliche IT-Unterstützung in Funktionsblöcke und entsprechende IT-Systeme oder -Anwendungen (auch „Systeme“ genannt) strukturieren (Dohmen und Scholz 2012, S. 1). Beide Modelle beziehen sich nicht auf neue Mobilitätsdienste oder einen bedarfsgerechten öffentlichen Verkehr, sondern auf die traditionellen Funktionen des öffentlichen Verkehrs (Dohmen und Scholz 2012, S. 7). Daher sind diese Architekturen ein hervorragender Ausgangspunkt für die Integration von NMS-spezifischen Funktionsblöcken und Systemen und für die Identifizierung der Funktionen in traditionellen öffentlichen Verkehrsorganisationen, die angepasst werden müssen (Steinert et al. 2019a, S. 8). Bei den Architekturmodellen handelt es sich um das ITVU-Branchenmodell und die VDV-Referenzarchitektur, die bei der Suche nach verwandten Arbeiten ermittelt wurden (Dohmen und Scholz 2012, S. 1; Steinert et al. 2019a, S. 8).

2.3.1 ITVU-Industriemodell

Das ITVU-Branchenmodell wurde von der IVU-Traffic Technologies AG als eine Art vereinfachtes Branchenmodell des klassischen ÖPNV entwickelt und bis 2016 gepflegt (Dohmen und Scholz 2012). Die neueste Version dieses Modells findet sich in der Publikation „IT-Systeme im ÖPNV“ (Scholz 2016), in der das Domänenmodell sowohl generische Geschäftsprozesse (siehe Abb. 1 in Scholz 2016) als auch grundlegende Datenstrukturen (Klassen) des ÖPNV beschreibt.

Eine generelle Bewertung von Geschäftsprozessen, wie z. B. Rechnungswesen, Personalmanagement oder Marketing, etc., wird durch das unter Abb. 1 dargestellte

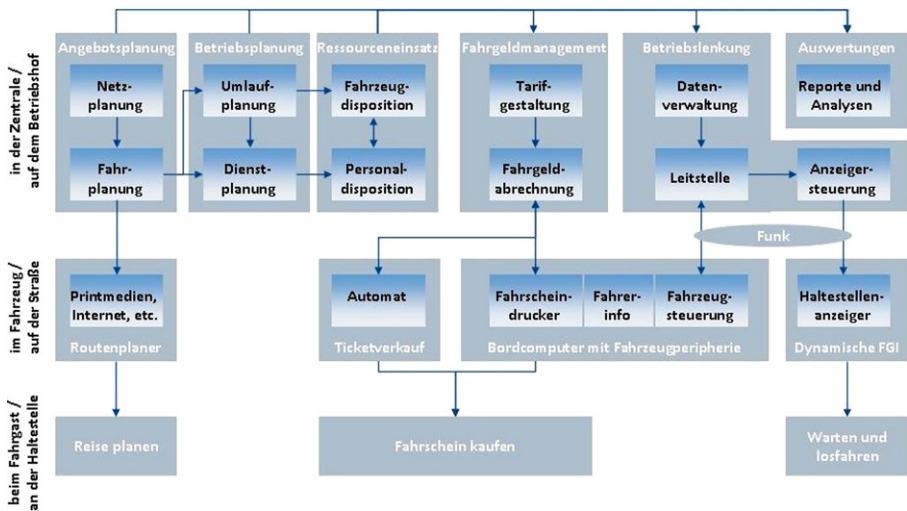


Abb. 1 Struktur des ITVU-Industriemodells (Scholz 2016)

Modell nicht umfassend berücksichtigt – es bietet jedoch einen guten Einstieg in spezifische Bereiche der Unternehmensarchitektur eines ÖPNV-Unternehmens.

2.3.2 VDV-Architekturen

Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), in dem alle deutschen Verkehrsunternehmen organisiert sind, veröffentlicht in seiner Schriftenreihe kontinuierlich Artikel und Berichte zu Themen aus den einzelnen Fachbereichen. In diesem Zusammenhang wird das Themenfeld „Digitalisierung: Zentrale Systeme“ das von den Autoren untersuchte Gebiet. In diesem Artikel gehen die Autoren näher auf eine Reihe von Veröffentlichungen ein, die für die von ihnen entwickelte Unternehmensarchitektur besonders relevant waren. Berücksichtigt wurden die VDV-7046 (Steinert et al. 2018) von 03/2018, die die Definition und Dokumentation von Nutzeranforderungen für eine Open Mobility Platform beschreibt, sowie die drei Publikationen VDV-436-1 (Steinert et al. 2019b), VDV-436-2-1 (Steinert et al. 2019a) und 2-2 (Steinert et al. 2019c) von 08/2019, die eine Open Mobility Platform beschreiben. Diese Veröffentlichung ergänzen das klassische ITVU-Industriemodell durch moderne Ansätze im Bereich der Mobilitätsplattform.

3 Forschungsmethode

Die in diesem Papier vorgestellte Arbeit ist das Ergebnis eines Forschungsprojekts, das darauf abzielt, methodische und instrumentelle Unterstützung für die Integration von New Mobility Services (NMS) in die UA von öffentlichen Verkehrsbetrieben zu bieten. Das Projekt folgt dem Paradigma der Design Science Research (DSR) (Lankhorst 2017). DSR besteht traditionell aus verschiedenen Phasen, die mit der

Tab. 1 Forschungsaktivitäten in DSR-Phasen und ihre Ergebnisse. (Quelle: Eigene Darstellung)

DSR Phase	Forschungstätigkeit	Ergebnis	Quelle
Problemuntersuchung	Literaturanalyse zur Bestimmung des Forschungsstands und bestehender Referenzarchitekturen Experteninterview mit dem CIO des größten öffentlichen Verkehrsunternehmens im deutschsprachigen Raum	Ermittlung des Forschungsstands und Identifizierung grundlegender Referenzarchitekturen Bestätigung des geschäftlichen Bedarfs an einer auf Bedarf (NMS) reagierenden Referenzarchitektur für den öffentlichen Verkehr	Würtz und Sandkuhl 2020a, 2021a Würtz und Sandkuhl 2020a
Anforderungen definieren	Argumentativ-deduktive Arbeit zur Ableitung von Anforderungen aus den Ergebnissen der Problemforschung	Anforderungen basierend auf einer Fallstudie	Würtz und Sandkuhl 2021a, b
Entwerfen und entwickeln eines Artefakts	Konzeptionell-deduktive Arbeit an der Gestaltung einer erweiterten Referenzarchitektur auf der Grundlage von ArchiMate	Referenzarchitektur, ausführlich dargestellt am Beispiel der Verkehrsplanung	Würtz und Sandkuhl 2020b
Demonstrieren	Anwendung des Referenzmodells	Gemeinschaft der Nutzer des Referenzmodells	Würtz und Sandkuhl 2020b, 2023a, b
Evaluierung Artefakt	Umfrage unter Experten, die das Referenzmodell nutzen möchten	Relevanz für die Praxis bestätigt; Verbesserungspotenzial des entwickelten Artefakts (Referenzmodell)	Würtz und Sandkuhl 2023b und diese Arbeit, Kap. 5

Problemuntersuchung beginnen. In der Problemuntersuchung werden die Ursachen für in der Unternehmenspraxis beobachtete Probleme untersucht und die allgemeine Idee für ein „Artefakt“ zur Lösung der Probleme entwickelt. Die folgenden Phasen der Anforderungsdefinition, des Entwurfs und der Entwicklung, der Demonstration und der Evaluierung sollen dieses Artefakt in einer iterativen Weise schaffen, die verschiedene Forschungsmethoden bei der Suche nach dem besten Entwurf verwendet. Das Artefakt in unserem DSR-Projekt ist eine Referenz-Unternehmensarchitektur für öffentliche Verkehrsunternehmen, die definiert, wie neue Mobilitätsdienste (Personenbeförderung auf Abruf – und gegebenenfalls MaaS) in den traditionellen öffentlichen Verkehr integriert werden können.

Dieser Beitrag baut auf einer Reihe von Vorarbeiten und entsprechenden Publikationen auf, die im Wesentlichen folgende Ergebnisse (siehe Tab. 1) im Rahmen des Forschungsvorhabens, welches auf dem Design Science Research (DSR) beruht, liefern.

Aufbauend auf diesen Vorarbeiten, befasst sich dieser Beitrag konkret mit dem Ergebnis des dritten Entwurfs-/Evaluierungszyklus für das Artefakt, d.h. wir präsentieren und bewerten die entwickelte Referenz-Unternehmensarchitektur, die die Integration von New Mobility Services in klassischen ÖPNV-Organisationen, die angebotsorientierte Liniendienste betreiben, als Referenz beinhaltet. Der in diesem Beitrag vorgestellte Teil der Forschungsarbeit basierte auf der folgenden Forschungsfrage (RQ), die auf der in Abschn. 1 dargestellten Motivation beruht:

RQ: Erfüllt das entwickelte Artefakt (Unternehmensreferenzarchitektur) die Erwartungen von ausgewählten Experten im Bereich des öffentlichen Verkehrs?

Die zur Beantwortung der Forschungsfrage verwendete Forschungsmethode ist eine Kombination aus Literaturanalyse, Experteninterviews und argumentativ-deaktiver Arbeit. Ausgehend von der Forschungsfrage wurde zunächst eine Literaturanalyse durchgeführt.

Die Methode der Literaturanalyse wird in Abschn. 4 im Detail erläutert.

Im Rahmen der Evaluation wurden eine Reihe von Experteninterviews durchgeführt, bei denen die zugrundeliegenden Leitlinien und Fragen auf der Grundlage des oben genannten Fragebogens entwickelt wurden. Die gewonnenen und dokumentierten Ergebnisse wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring 2022) unterzogen. Diese Methode wird zur Analyse empirischer Daten eingesetzt und gibt Empfehlungen für eine systematische und überprüfbare Textanalyse. In Abschn. 6 dieses Beitrags wurde nur eines dieser Interviews behandelt, da es bei der vorgestellten Evaluationsepisode im Fokus steht. Einer der Interviewpartner war der Leiter des EAM eines ÖPNV-Unternehmens in einer deutschen Großstadt.

4 Literatur- und Anforderungsanalyse

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurde der aktuelle Forschungsstand anhand einer strukturierten Literaturübersicht analysiert. Für die Durchführung der Literaturrecherche wurde der Ansatz nach Kitchenham (Kitchenham et al. 2007) gewählt, der die drei Kernphasen Planung, Durchführung und Dokumentation empfiehlt. In der **Planungsphase** muss zunächst die Forschungsfrage (RQ) definiert werden, die

Tab. 2 Funktionale Anforderungen (A) (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ITVU-Kernmodell und VDV-Schriften)

A. NMS	Neue Mobilitätsdienste müssen in der Architektur Berücksichtigung finden. In den folgenden Unterabschnitten (A) werden die wesentlichen Anforderungen in der Reihenfolge der wichtigsten Kernprozesse aufgeführt:
A.1 Planung	Alle Planungsprozesse sollen um bedarfsorientierte Komponenten ergänzt und für NMS eine bedarfsorientierte Transport- und Einsatzplanung eingeführt werden
A.2 Verwendung der Mittel	Der Ressourceneinsatz sowie die Fahrzeug- und Personaldisposition sollen um bedarfsgerechte Komponenten erweitert werden, um den Transport und Ressourcen flexibel einzusetzen
A.3 Tarif- und Produktmanagement	Das Tarif- und Produktmanagement soll um „Tarif- und Mietpreisgestaltung“ erweitert werden. Die Ergebnisse fließen in die Produktkataloggestaltung und werden durch angebotsorientierte Tarifdaten ergänzt
A.4 Betriebliche Steuerung und Kontrolle	Die Verkehrssteuerung und Leitstellen müssen um bedarfsorientierten ÖPNV weiterentwickelt werden, unterstützt, um ganzheitlich den ÖPNV zu unterstützen
A.5 Verkäufe (Vertrieb)	Der Vertrieb muss erweitert werden, um neben dem angebotsorientierten ÖPNV auch nachfrageorientierte Dienste (NMS) zu integrieren. Dazu sind Anpassungen in den Bereichen: Reiseinformationen und -Planung Buchung und Abrechnung erforderlich
A.6 Digitale Plattform	Im Vertrieb wird eine zentrale, integrative Plattform für den Verkauf von New Mobility Services benötigt, die die Anforderungen aus A.5 unterstützt und eine perfekte Customer Journey sicherstellen

mit Hilfe der Literaturrecherche beantwortet werden sollten. Diese Frage ist „*RQ: Gibt es Unternehmensarchitekturmodelle für öffentliche Verkehrsbetriebe, die Neue Mobilitätsdienste (NMS) unterstützen?*“. Anschließend sind die Schlüsselwörter zu identifizieren, die für das zu behandelnde Thema relevant sind. Diese sind mit diesem Abschnitt wird die Version der Referenz-Unternehmensarchitektur für die Integration von NMS in traditionelle öffentliche Verkehrsunternehmen vorgestellt. Der Abschnitt beginnt mit einer Zusammenfassung der Anforderungen (5.1), gefolgt von den verschiedenen Schichten der Architektur.

4.1 Anforderungen

In der Anforderungsanalyse wurden auf Basis industrieller Anwendungsfälle, die primär aus dem ITVU-Kernmodell und den VDV-Schriftreihen 7046 und 436 (vgl. Abschn. 2.3) hervorgingen, funktionale Anforderungen für die Entwicklung des Design-Artefakts berücksichtigt. Die zentralen funktionalen Anforderungen für eine NMS-übergreifende Core-Enterprise-Architektur sind in Tab. 2 zusammengefasst und werden im Architekturkontext analysiert. Nur modellrelevante Anforderungen wurden berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden nicht-funktionalen Anforderungen an eine Referenz-Unternehmensarchitektur identifiziert. Diese Anforderungen sind Plattformunabhängigkeit (B.1) Skalierbarkeit (B.2), Flexibilität (B.3), Wiederverwendbarkeit von Komponenten (B.4), Interoperabilität (B.5) und Vereinfachung (B.7). Diese Kriterien basieren primär auf Razavi et al. (2011).

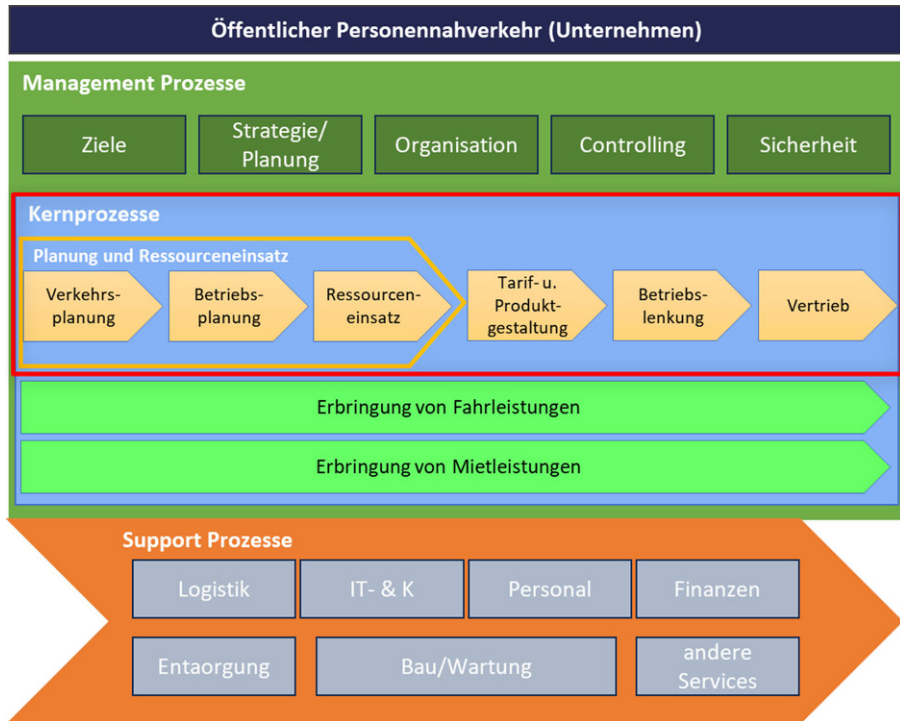


Abb. 2 Prozessdarstellung der öffentlichen Verkehrsbetriebe

4.2 Referenz-Unternehmensarchitektur zur Integration von NMS in öffentliche Verkehrsbetriebe

Das Artefakt wurde u. a. in drei naturalistischen Evaluierungszyklen (siehe Abschn. 6) iterativ entwickelt und in diesem Abschnitt finalisiert. Die Architektur, basierend Feedback und Expertengesprächen fokussiert den ÖPNV-Betrieb (Abb. 2), während andere Prozesse als Management- und Unterstützungsprozesse gelten. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der entwickelten Architektur im Kontext eines Verkehrsunternehmens, hervorgehoben durch den Prozess (rot umrandet).

Die Prozessdarstellung unter Abb. 2 hat sich als nützlicher Überblick für das Management von öffentlichen Verkehrsbetrieben erwiesen. Die eigentliche Referenz-Unternehmensarchitektur wird in ArchiMate-Modellen dargestellt und in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

4.2.1 Strategische Betrachtung des bedarfsgerechten Verkehrs im Kontext klassischer ÖPNV-Unternehmen

In einem Schritt wurden die strategischen Zusammenhänge, wie die Fähigkeiten und die Steuerung der Ressourcen, die ein klassisches ÖPNV-Unternehmen erfüllen muss, wenn es den bedarfsorientierten Verkehr in seine Organisation integrieren

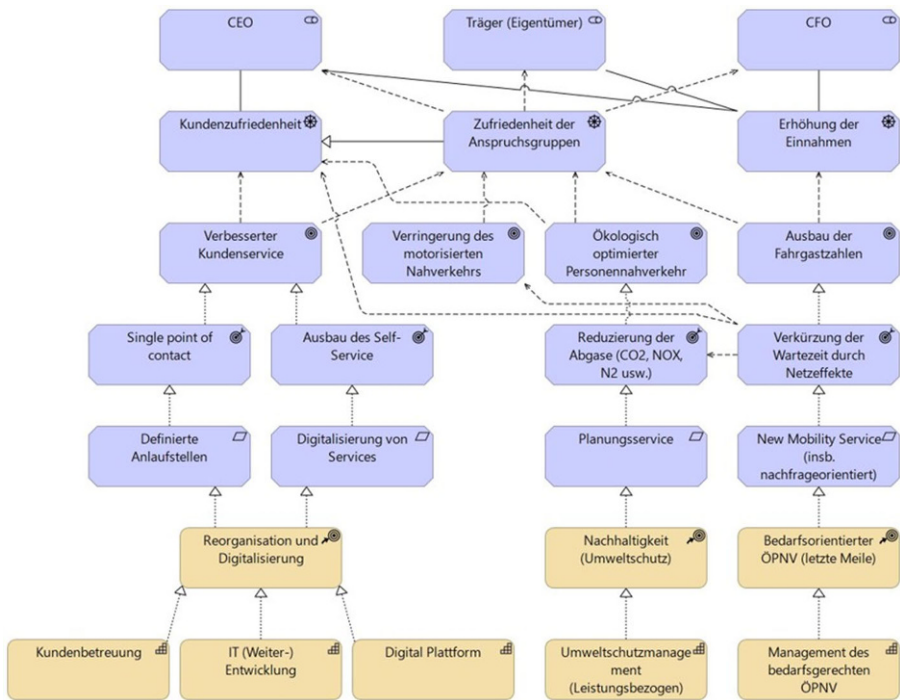


Abb. 3 Strategisch-/motivationale Ebene

will, dargestellt. Die strategische Sicht (siehe Abb. 3) wird flankiert von der Motivationsebene, die Anforderungen, Ergebnisse, Endzustände und Veränderungen der Organisation und deren Auswirkungen auf die verantwortlichen Stakeholder der Organisation verbindet und abbildet.

Mit dieser Sicht auf die Zielarchitektur wird ein besseres Verständnis für den Zusammenhang zwischen der strategisch/motivationalen Ebene und der operativen Ebene (Business-/Anwendungsebene) geschaffen. Dies kann z.B. auf Ebene der Anforderungen (Requirements) erfolgen – dabei kann z.B. der Planungsservice zur Erfüllung der Nachhaltigkeit, um bedarfsorientierten Verkehr erweitert werden.

4.2.2 Unternehmens- und Anwendungsebene

Dieser Abschnitt untersucht die Beziehung zwischen Prozessen und Rollen, die für die Fahrdienstbereitstellung erforderlich sind.

Die Prozesse werden als Wertschöpfungskette von Input zu Output angeordnet (siehe Abb. 2, roter Kasten).

Zur Entwicklung einer flexiblen Architektur wurden zwei Ansätze berücksichtigt:

1. ein serviceorientierter Architekturansatz auf Geschäfts- und Anwendungsebene als grundlegender konzeptioneller Designansatz sowie

2. eine zentrale Kommunikation über eine Interface-Ebene oder einen Enterprise Service Bus zur technologischen Umsetzung, der die Standardisierung und Kanalisierung der Kommunikation realisiert.

Benötigten Datenobjekte wurden den Anwendungen zugeordnet und näher beschrieben.

Die vorgestellte Architektur ist in ausführenden Geschäftsrollen, Dienste, Prozesse sowie Anwendungsdienste und Anwendungen gegliedert. Sie orientiert sich der in Abb. 2 analysierten Prozessstruktur und umfasst die Hauptbereiche: *Planung und Einsatz von Ressourcen, Verwaltung des Fahrgeld- und Mietpreiseinzugs, Betriebssteuerung und Vertrieb*.

Im weiteren Verlauf des Kapitels werden die Architekturkomponenten näher erläutert und die Anforderungen diskutiert, die bei der Integration bedarfsgerechter Verkehrsdienste berücksichtigt werden müssen.

4.2.3 *Planung und Einsatz von Ressourcen*

In diesem Abschnitt wird die *Planung und Nutzung von Ressourcen* im Zusammenhang mit der Integration von NMS in ein traditionelles öffentliches Verkehrsunternehmen vorgestellt.

I. Verkehrsplanung Die Rollen *Traffic Planner* und *Timetable Planner* übernehmen im ÖPNV die *Verkehrsplanung*. Sie nutzen die Business Services *Bedarfsplanung, Angebotsplanung* und *Fahrzeugdisposition* für die Prozesse: *Fahrgastzählung und -analyse, Planung des angebotsorientierten Verkehrs, Planung des bedarfsorientierten Verkehrs* sowie *Linienplanung*.

II. Operative Planung Die Einsatzplanung im ÖPNV koordiniert Fahrzeuge und Personal über die Prozesse *Fahrzeugdisposition, Dienstplanung* und *Einsatzplanung*.

Ergebnisse fließen in die *Dienst- und Personaleinsatzplanung* sowie in die angebotsorientierte Fahrzeug- und Einsatzdisposition, um eine konsolidierte Planung zu gewährleisten.

III. Bereitstellung von Ressourcen Die *Fahrzeug- und Personaldisposition* plant den mittelfristigen Einsatz von Ressourcen, während kurzfristige Änderungen an die *Betriebssteuerung (Leitstellen nah)* oder in kleinen Betrieben direkt an die *Leitstelle* übergeben werden.

4.2.4 *Verwaltung des Fahrgeld-/Mietpreiseinzugs*

Das *Fahrgeld-, Miet- und Inkassomanagement* im ÖPNV integriert kaufmännische und technische Dienste, um Tarife und Produkte anzupassen. Angebots- und nachfrageorientierte Prozesse fließen in die Produktkataloggestaltungsprozess ein, der ein Dienstleistungsangebot gewährleistet.

4.2.5 Betriebslenkung

Die Betriebslenkung umfasst die Koordination des Verkehrs unmittelbar vor, während und nach einer Fahrt.

Hauptprozesse sind die *Fahrgastinformation* und die kurzfristige *Verkehrsdisposition*. Die *Fahrgastinformation* stellt sicher, dass Fahrplaninformationen, wie Ankunfts-/Abfahrts- und Anschlusszeiten, verfügbar sind. Die kurzfristige *Verkehrsdisposition* reagiert auf Änderungen, wie Ausfälle oder Streckenänderungen.

4.2.6 Vertrieb

Der Vertriebsbereich im ÖPNV, ist die Schnittstelle zum Fahrgast und umfasst fünf zentrale Prozesse: Fahrtauskunft und -planung, Fahrtbuchung und -reservierung sowie Abrechnung.

Über digitale und analoge Plattformen können Fahrgäste Beförderungsoptionen wie Tickets, oder Mieteleistungen erwerben. Nachfrageorientierte Dienste, wie Car-sharing oder Bikesharing, bieten unverbindliche Reservierungen, die mit Fahrtbeginn verbindlich werden, während angebotsorientierte Dienste sofort rechtsverbindlich sind. Die Abrechnung erfolgt nach verbindlicher Buchung.

Technische und funktionale Dienste gewährleisten eine effiziente und konsistente Prozessausführung und schaffen eine integrierte Architektur, die technisch Infrastruktur und fachliche Anforderungen verbindet.

5 Evaluation

Die Unternehmensarchitektur wurde in 3 naturalistischen Iterationen durch Experteninterviews evaluiert. Nach jeder Runde wurden die Ergebnisse in die Architektur integriert, die anschließend als Basis für die nächste Evaluierung diente. Die Termine und Schwerpunkte sind in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3 Auswertungen

Wer/Wo	Datum	Schwerpunkt
Bremer Straßenbahn AG (BSAG), Bremen	03.11.2022	<i>Präsentation der Architektur und der Abfrage:</i>
	07.11.2022	Terminologie Granularität Vollständigkeit Nachvollziehbarkeit/Rückverfolgbarkeit
Stadtwerke München	05.04.2023	<i>Präsentation der Architektur und der Abfrage:</i>
		Terminologie Granularität Vollständigkeit Nachvollziehbarkeit/Rückverfolgbarkeit
VDV-Tagung, Rosstock und Teams Meeting	19.10.2023	<i>Präsentation der Architektur und der Abfrage:</i>
	und 05.12.2023	Verstehen und Vollständigkeit Weitere Anforderungen

Zwei der drei durchgeführten Evaluationsgespräche wurden digital aufgezeichnet, transkribiert und in Form einer Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring 2022) qualitativ ausgewertet. Die dritte Evaluation wurde von einer dritten Person aufgezeichnet und anschließend ebenfalls qualitativ ausgewertet. Die Evaluationsergebnisse wurden in tabellarischer oder zählender Form festgehalten. Die Umsetzung der Evaluationsergebnisse in Form einer validierten Referenzarchitektur findet sich in Abschn. 4. Die Ergebnisse der Evaluation werden in den folgenden Unterkapiteln zusammengefasst.

5.1 *Bremer Straßenbahn AG (BSAG) – 11/2022*

Die erste Evaluation fand im Jahr 2022 mit dem CIO des Bremer Verkehrsunternehmens *Bremer Straßenbahn AG* (Jörg Rings, *Interview 1 und 2*) statt. Als Grundlage für die Bewertung wurde die ursprünglich entwickelte Unternehmensarchitektur (Würtz und Sandkuhl 2023a) herangezogen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Evaluation gab Aufschluss über die strategische Ausrichtung der *Bremer Straßenbahn AG*. Der CIO des Unternehmens identifizierte Eckpunkte für einen Ausbau der Architektur. Dazu gehören die Einbindung verschiedener Stakeholdergruppen in die Kundenzufriedenheit und das Ziel, den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren.

Auch die Geschäfts- und Anwendungsebene der Architektur wurde kritisch überprüft, wobei Vorschläge zur Umbenennung von Prozessen und zur Unterscheidung zwischen bedarfs- und angebotsorientierter Planung gemacht wurden. Diese Anpassungen wurden in die aktualisierte Architektur integriert. Die Prozessdarstellung im Bereich „Planung und Nutzung von Ressourcen“ erhielt positives Feedback in Bezug auf branchenübliche Terminologie, ausreichende Granularität und Vollständigkeit. In einem weiteren Interview wurde die Struktur, insbesondere die Business-Services und Business-Rollen, weiter bewertet, wobei der CIO die Korrektheit und Eignung der definierten Elemente für das Modell hervorhob.

Besonders positiv wurde das Konzept einer zentralen Datendrehscheibe für die technischen Dienste bewertet, die es dem Unternehmen ermöglichen soll, schnell und einfach neue Dienste zu entwickeln. Der CIO erklärte, dass diese seine Arbeit als CIO vor allem im Hinblick auf Erweiterungen und Migrationen erleichtern würde.

Insgesamt wird die vorgestellte Unternehmensarchitektur als wissenschaftlich relevant für den öffentlichen Verkehr angesehen. Der CIO sieht sie als eine wertvolle Ressource, von der er und sein Unternehmen profitieren können. Das positive Feedback zeigt, dass eine gut konzipierte Unternehmensarchitektur einen wesentlichen Beitrag zur strategischen Ausrichtung und Effizienzsteigerung im öffentlichen Verkehr leisten kann.

5.2 *Stadtwerke München (SWM) – 04/2023*

Die zweite Evaluation fand mit ausgewählten Mitarbeitern der *Stadtwerke München (SWM)* in Form eines Experteninterviews statt Winkler. Die *Stadtwerke München* betreiben den öffentlichen Personennahverkehr für München. Bei dieser Evaluation

wurde eine mit den Ergebnissen aus Abschn. 5.1 überarbeitete Unternehmensarchitektur verwendet.

Für die strategische/taktische Ebene der Unternehmensarchitektur wurden keine Änderungswünsche festgestellt. Nach Aussage der Befragten war diese Architektur inhaltlich logisch und nachvollziehbar und auch aus Sicht der dargestellten Analyse vollständig. Diese Bewertung ist im Kontext der Vorgehensweise im deutschsprachigen Raum zu sehen – andere Länder würden möglicherweise zu anderen Ergebnissen in den strategischen Überlegungen kommen.

Auf der technischen und der Anwendungsebene der Architektur wurde eine Reihe von Ergänzungs-/Änderungswünschen festgestellt. Hervorzuheben ist, dass es sowohl Änderungswünsche im Fachjargon als auch Ergänzungswünsche gab, die im Rahmen der Diskussion als sinnvoll erachtet wurden. Einige davon sind als Beispiele aufgeführt:

1. Auf der Anwendungsebene wurde „Predictive Maintenance System“ in den allgemeinen Begriff „Depot Management System“ umgewandelt, der in Zukunft Predictive Maintenance Systeme einschließt oder mit ihnen zusammenarbeitet.
2. Der im ersten Entwurf definierte Enterprise Service Bus, der als Datendrehscheibe gedacht war, wurde insbesondere im Zusammenhang mit der IT-Sicherheit als zu radikal und generell als mittelfristig nicht realisierbar angesehen. Man einigte sich auf den Begriff „Application Interface Layer“, der im Modell als Schnittstelle definiert wurde.
3. Auf der Vertriebssebene wurden die Rollen und Dienstleistungen der Mitarbeiter eines Verkehrsunternehmens berücksichtigt, auf der Anwendungsebene die entsprechenden Anwendungen und technischen Dienstleistungen.

Die Evaluierung schloss mit einer sehr positiven Einschätzung der Experten: Das Modell ist nützlich und sollte bei architektonischen Fragen in München berücksichtigt werden.

5.3 VDV-Tagung, Rostock – 10/2023

Die dritte Evaluation betraf die in Abschn. 5.2 dargestellte Version und fand (VDV 2023) bei der *Rostocker Straßenbahn AG* in Rostock vor dreizehn (13) Experten aus deutschen Verkehrsunternehmen und dem VDV statt. Bei diesem Treffen wurde die entwickelte Architektur vorgestellt und Anregungen in einem separaten Protokoll festgehalten.

Die strategisch/taktische Ebene der Unternehmensarchitektur wurde von den Teilnehmern als inhaltlich logisch und nachvollziehbar, wie in 5.2 beschrieben, und aus der dargestellten Perspektive als vollständig bewertet.

Die folgenden inhaltlichen Punkte wurden für die Unternehmens- und Anwendungsebene erfasst:

1. Die Experten der Münchner und Berliner Verkehrsunternehmen bewerteten die Relevanz der Architektur als hoch und wünschten sich einen stärkeren Fokus auf

Business Capabilities. Diesem Wunsch wird in Abschn. 6 mit einem zusätzlichen Abschn. 6.3 Rechnung getragen.

2. Bei der Vorstellung des Vertriebsbereichs wurde von den Vertretern des VDV angemerkt, dass der bedarfsgesteuerte Verkehr seine Leistungen nicht direkt verbindlich bucht, sondern zunächst eine unverbindliche (rechtliche) Reservierung vornimmt und erst bei Fahrtantritt eine verbindliche Buchung vornimmt. Dies wurde in der neuen Version der Unternehmensarchitektur umgesetzt (Abschn. 6).
3. Darüber hinaus regte der VDV an, weiter zu untersuchen, ob mit dem Modell auch Mischformen aus angebots- und nachfrageorientiertem Verkehr realisiert, werden können. Damit sind z. B. fahrplanmäßige Fahrten von Verkehrsmitteln (z. B. Busse) gemeint, die nur auf konkrete Anfragen (Reservierungen) hin verkehren.
4. Die Experten der Leipziger Verkehrsbetriebe empfahlen dieses neutrale Modell für die branchenspezifische Ausbildung.

Die vom VDV-Vertreter vorgeschlagene architektonische Erweiterung aus Punkt (2) wurde in einer weiteren Version realisiert und am 5. Dezember 2023 in Form eines Online-Austauschs über Teams validiert (Winkler 2023). In dieser Diskussion bestätigte der Experte die Richtigkeit der Darstellung in der Gesamtarchitektur (siehe Abb. 4).

5.4 Zwischenfazit

Die breite Zustimmung und aktive Mitgestaltung der Expertengruppe verdeutlichen die domänenweite Anschlussfähigkeit der Referenzarchitektur. Die Empfehlungen führten zu substanziellen Erweiterungen, die sowohl fachlich-inhaltlich als auch architektonisch zur Robustheit und Akzeptanz des Modells beitragen.

Zur Nutzung von Enterprise Architecture (EA) Ansätzen in ÖPNV-Unternehmen im deutschsprachigen Raum liegen keine genauen Daten vor. Bei der Problemanalyse und Erarbeitung der Anforderungen sowie der Evaluation in Bremen (s. 5.1) und München (s. 5.2) wurde jedoch beobachtet, dass die ÖPNV-Unternehmen in großen Städten EAM einsetzen. Auf der VDV-Veranstaltung im Rahmen der Evaluation auf der VDV-Tagung (s. 5.3) wurde zudem deutlich, dass auch die teilnehmenden kleinen und mittelgroßen ÖPNV-Unternehmen mit dem UAM vertraut sind.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit hat die frühere Annahme bestätigt, dass die Verkehrsunternehmen ihre führende Rolle im ÖPNV auch langfristig wahrnehmen werden, solange sie in der Lage sind, die Kernleistungen des bedarfsgesteuerten Verkehrs als Teil ihrer traditionellen Aufgaben zu verstehen und zu steuern. Dies bedeutet nicht unbedingt, dass sie die Leistungen selbst erbringen, sondern vielmehr, dass sie die Management- und Kontrollprozesse und -systeme einrichten, die eine zentrale Planung und Steuerung ermöglichen. Die Unabhängigkeit des bedarfsgesteuerten ÖPNV darf nicht in Frage gestellt werden.

Die evaluierte Unternehmensreferenzarchitektur wurde in diesem Beitrag vorgestellt und erläutert. Die drei naturalistischen Evaluationsepisoden belegen die wissenschaftliche Validität und praxisnahe Anwendbarkeit der entwickelten Referenzarchitektur. Die kontinuierliche Integration von Expertenfeedback in iterativen Evaluationszyklen zeigt den methodisch fundierten Einsatz des Design Science Research Frameworks. Die Architektur beweist damit ihre Eignung als referenzierbares Steuerungsinstrument für die Integration von NMS in klassische ÖPNV-Strukturen. Bei der Bewertung wurde immer wieder betont, wie wertvoll das geschaffene Artefakt für die Zielgruppe und den praktischen Betrieb ist. Der Auszug aus der Referenzarchitektur zeigt, dass die Integration des bedarfsgesteuerten Verkehrs zu Veränderungen in allen Bereichen der Architektur führt. Es müssen nicht nur neue Dienste und Geschäftsprozesse entwickelt und ggf. erweitert werden, sondern auch zusätzliche Anwendungsdienste und Anwendungen ausgebaut oder angepasst werden.

Künftige Arbeiten könnten die folgenden Themen weiter untersuchen:

- Bei der Evaluierung entstand der Gedanke, eine Capability Map zu entwickeln, um ein besseres Verständnis für die Entscheidungsebene zu schaffen. Dies wäre eine Ergänzung zur letzten Architektur. Darüber hinaus soll aus der Capability Map ersichtlich sein, welche bedarfsorientierten Fähigkeiten zu den klassischen Fähigkeiten des ÖPNV hinzukommt.
- Ebenso wurde die Frage aufgeworfen, ob Mischformen, wie z. B. angebotsorientierte Liniendienst, der nur auf Nachfrage läuft, auf den ersten Blick mit der Architektur abgebildet werde. Dies müsste in einer weiteren Arbeit untersucht und bewertet werden.
- Die Anwendungs-/Datenarchitektur wurde ebenfalls bewertet – es sollte jedoch geprüft werden, inwieweit das Datenmodell des VDV (Industrie) mit der Datenarchitektur kompatibel ist.
- Ist ein „Enterprise Service Bus“ – als flexible Datendrehscheibe – oder eine „einfache“ Schnittstellenschicht für Verkehrsbetriebe und die geforderten IT-Sicherheitskriterien von KRITIS sinnvoll?
- Fortführung der Bewertung der entwickelten Architektur anhand von Qualitätsattributen für Unternehmensarchitekturen, basiert auf (Fang et al. 2010).

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Becker J, Knackstedt R (2002) Referenzmodellierung 2002: Methoden – Modelle – Erfahrungen. Rep. 90. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, Münster (<https://www.econstor.eu/handle/10419/59550>)
- CIO, BSAG Evaluation der Enterprise Referenzarchitektur für ÖPNV-Unternehmen (Interview 1: BSAG) (Microsoft Teams (virtuell))
- CIO, BSAG Evaluation der erstellten Enterprise Referenzarchitektur für ÖPNV-Unternehmen (Interview 2: BSAG) (Microsoft Teams (virtuell))
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, e-mobil BW, ifok (2019) Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor: Zwischenbericht 03/2019. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM). Berlin (<https://edocs.tib.eu/files/e01fn22/1789086884.pdf>)
- Dohmen C, Scholz G (Hrsg) (2012) IT-Systeme für Verkehrsunternehmen: Das Branchenmodell ITVU
- Fang K, Shi T-Y, Li B (2010) Passenger train service integration innovation analysis based on SOA. Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxi/journal Transportation Syst Eng Inf Technol 10(3):171–175 (<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77954484041&partnerID=40&md5=8e0768395fbb669e5fa4f48aed84a1d>)
- Group TO (2019) ArchiMate® 3. 1 Specification, 6. Aufl. Van Haren, Zaltbommel (<https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6191452>)
- Group TO (2022) The TOGAF® Standard, 10th Edition—Architecture Development Method Bd. 1. Van Haren, Hertogenbosch (<https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=29222961>)
- VDV VDV DTT Herbstsitzung 2023, Rostock
- Hildebrandt B, Hanelt A, Piccinini E, Kolbe L, Nierobisch T (2015) The value of IS in business model innovation for sustainable mobility services—the case of carsharing, S 1008–1022
- infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft (2024) Innovative Mobilitätslösungen. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/msp/ressourcen/dateien/forschung/infas_kompass_beitrag_7145_20240528.pdf. Zugegriffen: 19. März 2025
- Kamargianni M, Li W, Matyas M, Schäfer A (2016) A critical review of new mobility services for urban transport. Transportation Res Procedia 14:3294–3303
- Kitchenham B, Charters S et al (2007) Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. Engineering 45(4):1051
- Lankhorst M (2017) Enterprise architecture at work: Modelling, communication and analysis. The Enterprise Engineering Ser. Springer, Berlin, Heidelberg (<https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4821995>)
- Marchetta P, Natale E, Pescapé A, Salvi A, Santini S (2015) A map-based platform for smart mobility services, S 19–24
- Matt C, Hess T, Benlian A (2015) Digital transformation strategies. Bus Inf Syst Eng 57(5):339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Mayring P (2022) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken, 13. Aufl. Beltz, Weinheim, Basel
- Menge F-W (2020) Digitale Transformation in einem ÖPNV-Unternehmen (BVG). Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AÖR, Berlin
- Niemi E, Pekkola S (2019) The benefits of enterprise architecture in organizational transformation. Bus Inf Syst Eng. <https://doi.org/10.1007/s12599-019-00605-3>
- Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Res Procedia 19:199–206. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.080>
- Razavi M, Aliee FS, Badie K An AHP-based approach toward enterprise architecture analysis based on enterprise architecture quality attributes. Knowl Inf Syst: 449–472
- Schallmo DRA (2013) Geschäftsmodelle erfolgreich entwickeln und implementieren. Springer, Berlin, Heidelberg
- Scholz G (2016) IT systems in public transport: Information technology for transport operators and authorities. dpunkt, Heidelberg (<http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4658847>)
- Simon D, Fischbach K, Schoder D (2014) Enterprise architecture management and its role in corporate strategic management. Inf Syst E-business Manag
- Steinert T, Koreng R, Mayas C, Dohmen C et al (2018) Definition und Dokumentation der Nutzeranforderungen an eine offene Mobilitätsplattform: VDV-Mitteilung. VDV 7046. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V., Köln

- Steinert T, Koreng R, Mayas C, Dohmen C et al (2019a) Offene Mobilitätsplattform (OMP) – Teil 2-1: Referenzarchitektur. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., Köln, S 436
- Steinert T, Koreng R, Mayas C, Dohmen C et al (2019b) Offene Mobilitätsplattform (OMP) – Teil 1: Rollenmodell & typische Kooperationszenarien. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., Köln, S 436
- Steinert T, Koreng R, Mayas C, Dohmen C et al (2019c) Offene Mobilitätsplattform (OMP) – Teil 2-2: Interaktionen zwischen den Systemkomponenten. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., Köln, S 436
- Urbach N, Ahlemann F (2018) IT management in the digital age: a roadmap for the IT department of the future, 1. Aufl. Management for Professionals. Springer, Cham
- Weißer Evaluation: Architekturerggebnis Vertrieb (Microsoft Teams (Remote))
- Michael Winkler, Expert Interview (Stadtwerke München). Microsoft Teams (Remote).
- Würtz M-O, Sandkuhl K (2020a) Impact of new mobility services on enterprise architectures: case study and problem definition. In: International Conference on Business Information Systems, S 45–56
- Würtz M-O, Sandkuhl K (2020b) A target enterprise architecture approach for new mobility services in demand-responsive public transport
- Würtz M-O, Sandkuhl K (2021a) Neue Mobilitätsdienste und ihre Auswirkungen auf Unternehmensarchitekturen. In: INFORMATIK 2020
- Würtz M-O, Sandkuhl K (Hrsg) (2021b) Towards a reference architecture for demand-oriented public transportation services. IEEE Xplore.
- Würtz M-O, Sandkuhl K (2023a) Content and evaluation of an enterprise reference architecture for demand-responsive public transport. In: Bie Y, Gao K, Howlett RJ, Jain LC (Hrsg) Smart Transportation Systems 2023: Proceedings of 6th KES-STIS International Symposium (Smart Innovation, Systems and Technologies). Springer, Singapore, S 125–137
- Würtz M-O, Sandkuhl K (2023b) Enterprise architecture for integration of demand-responsive services in public transport. *Complex Syst Inform Model Q* 0(34):62–83. <https://doi.org/10.7250/csimq.2023-34.03> (<https://csimq-journals.rtu.lv/article/view/csimq.2023-34.03>)

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.