

Mit mehr Nachhaltigkeit zur Mobilität der Zukunft

Die Datenökonomie in Europa steht vor einem Wandel, der Auswirkungen auf Wertschöpfung und Lebensqualität haben wird. Gaia-X spielt hierbei eine entscheidende Rolle, insbesondere im Bereich der Mobilitätswirtschaft, wo es die Entwicklung innovativer Services vorantreibt und die Basis für mehr Nachhaltigkeit schafft. Durch Federated Service Engineering (FSE) können Unternehmen und Organisationen strukturiert und interdisziplinär Gaia-X basierte Services entwickeln. Das iterative Vorgehen und die Einbindung von Anwendern ermöglichen die Erprobung und Evaluation der Services in der Praxis.



Dr. Christoph Heinbach ist Senior Researcher am DFKI und entwickelt als Logistik-Experte KI-gestützte Gütertransportsysteme mit hoher praktischer Gestaltungsorientierung.



Michael Pahl ist Innovationsmanager bei der embeteco GmbH & Co. KG und Leiter des Geschäftsbereichs Forschung und Entwicklung.



Prof. Dr. Oliver Thomas ist Inhaber des Lehrstuhls für Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik an der Universität Osnabrück und Leiter des DFKI-Forschungsbereichs Smart Enterprise Engineering.

Kontakt

christoph.heinbach@dfki.de
www.dfki.de/

Schlüsselwörter

Federated Service Engineering, Use Case, Entwicklungsmethodik, Gaia-X, föderierte Datenökosysteme, Datensouveränität, plattformbasierte Wertschöpfung

DOI: 10.30844/I4SD.24.2.40

Federated Service Engineering

Eine Entwicklungsmethodik für die Realisierung von Mobilitätsanwendungen im dezentralen Datenökosystem Gaia-X

Christoph Heinbach, DFKI, Osnabrück und Michael Pahl, embeteco, Rastede und Oliver Thomas, Universität Osnabrück

Das sich im Aufbau befindliche dezentrale Datenökosystem Gaia-X unterstützt die Zukunftsfähigkeit der digitalen Datenwirtschaft in Europa. Aber wie können relevante Use Cases aus serviceorientierter Sicht in Gaia-X realisiert werden? Um diese Frage zu beantworten, wird in diesem Beitrag eine Methodik vorgestellt, die eine strukturierte und interdisziplinäre Herangehensweise für die Service-Entwicklung im laufenden Konsortialforschungsprojekt Gaia-X 4 ROMS beschreibt [1]. Darin werden föderierte Services auf der Basis von Use Cases in fünf Bearbeitungsschritten realisiert. IT-Experten, Softwareentwickler und Branchenanwender können das Modell nutzen, um das gemeinsame Vorgehen zur Realisierung von Use Cases mit Gaia-X und dem Ziel eines souveränen Datenaustauschs effizient zu koordinieren.

und Datenschutz entsprechend europäischen Werten für einen souveränen Datenaustausch sektorenübergreifend ermöglichen [5]. Durch die Kopplung der spezifischen Datenräume wird somit ein offenes digitales Ökosystem realisiert, das den partizipierenden Unternehmen neue Möglichkeiten für skalierbare digitale Geschäftsmodelle offeriert [6].

Gaia-X als Enabler einer souveränen Datenwirtschaft

Um die Zukunft der Wertschöpfung und Lebensqualität in Europa zu sichern, ist ein Paradigmenwechsel in der Datenökonomie auf der Basis offener und vertrauensvoller Dateninfrastrukturen erforderlich [2]. Dieser Wechsel ist mit neuen Anforderungen an die digitale Souveränität gegenüber etablierten Hyperscalern und neuen datenbasierten Innovationschancen für Wirtschaftsunternehmen verbunden. Aus der daraus resultierenden Notwendigkeit für einen fairen und transparenten digitalen Wettbewerb ist die euronationale Gaia-X-Initiative ins Leben gerufen worden [3]. Das europaweit etablierte und von vielen Unternehmen, Verbänden und Forschungseinrichtungen getragene Vorhaben setzt sich die Standardisierung von (Daten-)Ökosystemen durch den Aufbau von sektorenspezifischen und wettbewerbsfähigen Datenräumen zum Ziel [4]. Dabei sollen die Datenräume das Erreichen von Transparenz

Die transformative Wirkung von Gaia-X als Enabler einer souveränen Datenwirtschaft wird insbesondere durch automotiv Anwendungen im Mobilitätsbereich deutlich. Neben dem offenen Datenökosystem Catena-X für eine kollaborative Datennutzung entlang der Wertschöpfungskette in der Automobilwirtschaft [7], hat sich insbesondere die Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility als Leuchtturmprojekt etabliert, um die Entwicklung produktbasierter innovativer Services voranzutreiben [8]. Bedingt durch die hohe Dynamik und teilweise Fragmentierung der Systembereiche in der Mobilitätswirtschaft, unterstützt Gaia-X den Aufbau neuer Services auf der Basis souverän bereitgestellter oder genutzter Daten der Akteure in entstehenden Datenökosystemen. Diese Bestrebungen sind von hoher Relevanz für die Branche, damit Service-Innovationen insgesamt gestärkt und gleichzeitig der Weg zu einer nachhaltigeren Mobilitätswirtschaft durch dezentrale Infrastrukturen, beispielsweise im Bereich der letzten Meile in urbanen Räumen [9], gefördert wird.

Gaia-X adressiert in dieser Hinsicht die datenschutzrechtlichen und datenhoheitlichen Prämissen der Fahrzeugindustrie durch einheitliche Standards und Schnittstellen, die den Gefahren eines Lock-in-Effekts [10] entgegenwirken und das echtzeitdatenbasierte Potenzial für neue Geschäftsmodelle nutzbar macht [11]. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie relevante Use Cases aus serviceorientierter Sicht in Gaia-X realisiert werden können. Um diese Frage zu beantworten, wird im Folgenden eine Entwicklungsmethodik vorgestellt, die auf Grundlage des laufenden Konsortialforschungsprojekts Gaia-X 4 ROMS mit dem Anwendungsfall Smart Managed Freight Fleet [1]



Die ORCID-Identifizierungsnummern der Autoren dieses Beitrags sind einsehbar unter <https://doi.org/10.30844/I4SD.24.2.40>.

Dies ist ein Open-Access-Artikel unter den Bedingungen der Creative Commons Attribution License, die die Nutzung, Verbreitung und Reproduktion in jedem Medium erlaubt, sofern das Originalwerk ordnungsgemäß zitiert wird.

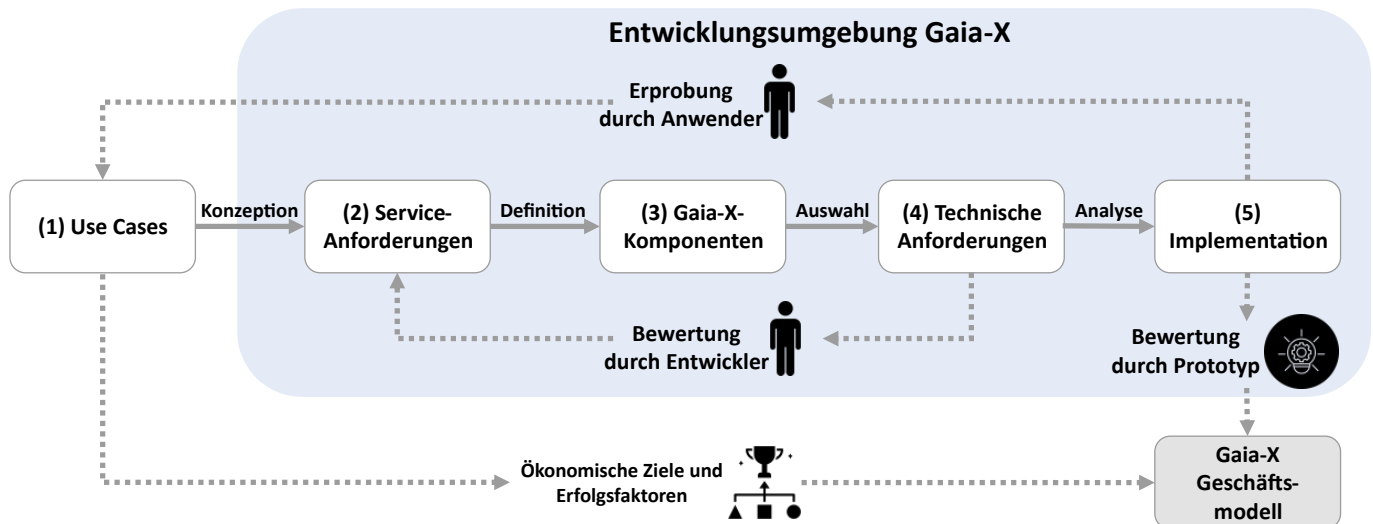


Bild 1: Ordnungsrahmen der FSE-Entwicklungsmethodik (in Anlehnung an [15]).

erarbeitet wurde. Im Fokus steht dabei die systematische Entwicklung von anwendungsnahen Use Cases mit Gaia-X als übergeordnetes technisches Framework zum Aufbau föderierter Services in dezentralen Datenökosystemen sowie deren Überführung in geeignete Geschäftsmodellansätze [12].

Entwicklungsmethodik Federated Service Engineering

In Anbetracht des explorativen Forschungscharakters von Gaia-X als technologischer Entwicklungsansatz wurden bisher vorrangig Vorgehensmodelle für die Service-Entwicklung im Mobilitätskontext auf der Basis von Use Cases thematisiert [zum Beispiel 13]. Dabei gewinnt die agile Use-Case-Modellierung zunehmend an Bedeutung. Sie dient als Schlüsselkomponente, um die komplexen Anforderungen von Fachexperten mit den Lösungsansätzen der IT zu verbinden. Derartige Anwendungsfälle werden oft in grafischen und standardisierten Modellierungssprachen wie die Unified Modeling Language (UML) der ISO/IEC 19505 dargestellt. Entsprechende UML-Tools unterstützen die Spezifikation, die Dokumentation und die Visualisierung von komplexen Software-Systemen und werden insbesondere aufgrund der flexiblen Eigenschaften angewendet. Eine zentrale Herausforderung ist hierbei jedoch die Überbrückung der konzeptuellen und terminologischen Kluft zwischen diesen Disziplinen. UML-Modelle sind oftmals nicht ausreichend präzise, wenn sie nicht mit zusätzlichen semantischen Beschreibungen ergänzt werden, die den grafischen Symbolen beigelegt sind [14].

FSE-Methodik

Ohne eine vorgegebene Struktur für diese textuellen Ergänzungen ist die Interpretation der Use Cases oft nicht ergiebig. Die Etablierung eines konsistenten sprachlichen Vokabulars schuf hierbei die Basis für eine präzisere Detaillierung der in UML modellierten Use Cases. Für die Umsetzung im Rahmen der Konsortialforschung konnte die in **Bild 1** zugrundeliegende Entwicklungsmethodik für innovative Mobilitätsanwendungen in Anlehnung an [15] adaptiert werden. Darin wird ein Federated Service Engineering (FSE) in fünf Ablaufschritten herausgestellt, das eine prototypische Entwicklung mit ersten Anwendungen durch feingranulare Sub-Use-Cases unter Einbeziehung von Anforderungen aus realbetrieblicher sowie entwicklungstechnologischer Sicht für die partizipierenden Organisationen realisiert.

Anhand der (1) Konzeption von Use Cases wird das Entwicklungsvorhaben aus praxisorientierter Sicht zunächst motiviert. In Schritt (2) werden die zugrundeliegenden Service-Anforderungen für die Ausführung der Anwendung präzisiert. Danach erfolgt die (3) Auswahl der Föderationsdienste von Gaia-X, die Open-Source bereitgestellt werden [16]. Im Anschluss werden in Schritt (4) die technischen Anforderungen an die Infrastruktur für den Betrieb der Services identifiziert, die von Entwicklern bewertet werden. Schließlich erfolgt in Schritt (5) die Implementation prototypischer Anwendungen, die infolge eines iterativen Vorgehens von Anwender bewertet werden und rekursiv mit den Use Cases verbunden sind. Die Use Cases bilden zudem die Grundlage für ökonomische Zielsetzungen sowie Erfolgsfaktoren Gaia-X-spezifischer Geschäftsmodelle, die von der Entwicklungsmethodik begleitend flankiert werden. Die genannten Ablaufschritte werden nachfolgend präzisiert.

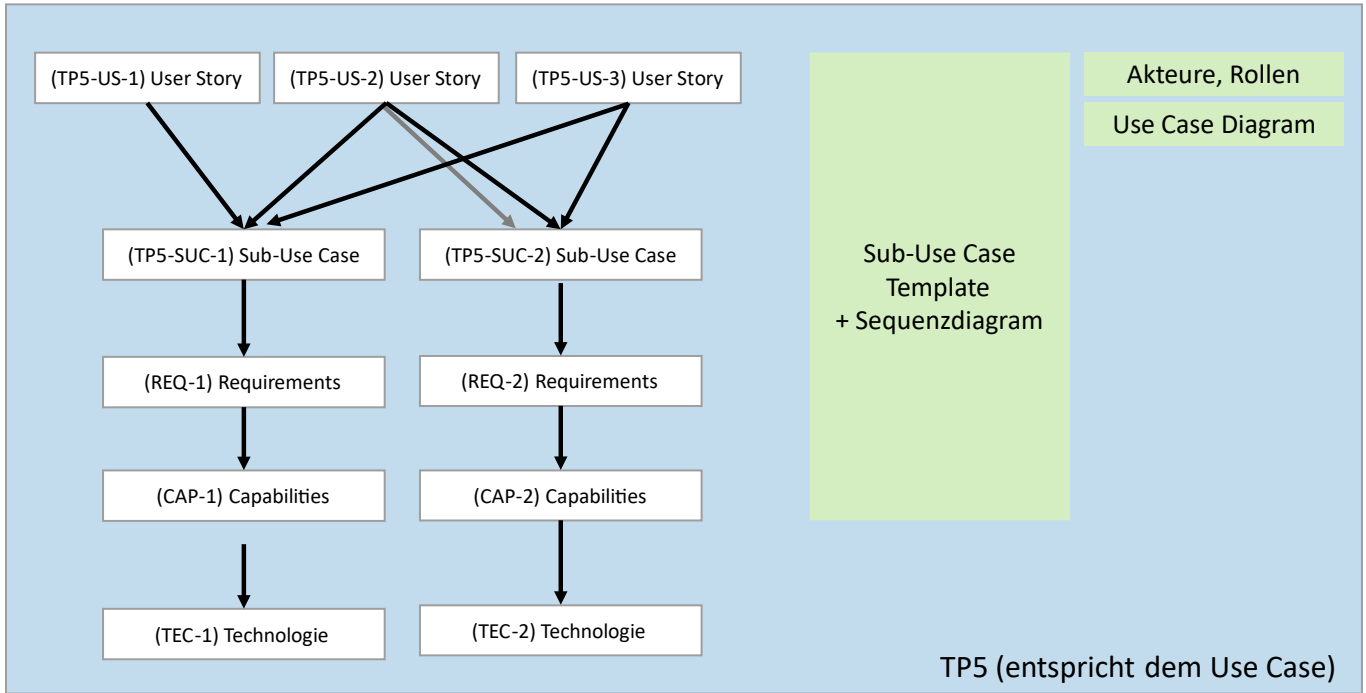


Bild 2: Kaskadierung von (Sub-)Use-Cases und Ableitung von Anforderungen im Anwendungsfall [eigene Darstellung].

Schritt 1: Konzeption von (Sub-)Use-Cases

Im ersten Schritt der Konzeption der Use Cases wird die Bedeutung eines einheitlichen Sprachvokabulars deutlich: Es ermöglicht eine präzisere und fokussierte Beschreibung der Use Cases und legt den Grundstein für die Kaskadierung unterschiedlicher Betrachtungsebenen, um von den fachlichen Beschreibungen auf die Ebene technischer Fähigkeiten herunterzubrechen (**Bild 2**). Für diesen Prozess wurde die SERVUS-Methode nach [14] als methodologischer Rahmen genutzt, um die verschiedenen Ebenen der Use-Case-Modellierung bis zur Definition technischer Fähigkeiten miteinander zu verknüpfen. Die Methode beschreibt dabei verschiedene Artefakte, die miteinander in Verbindung stehen. Dabei repräsentieren User-Stories die Alltags- oder Geschäftssprache der Akteure, die über granulare Sub-Use-Cases verfeinert werden. Durch spezifische Anforderungen und funktionale Fähigkeiten wird eine zielgerichtete Auswahl von Technologien unterstützt, die exakt auf die Anforderungen des jeweiligen Sub-Use-Cases abgestimmt sind.

Schritt 2: Definition von Service-Anforderungen

Die Definition von konkreten Service-Anforderungen ist ein iterativer Prozess, der eine enge Zusammenarbeit zwischen allen Stakeholdern erfordert, um die Übersetzung von fachlichen Anforderungen in technische Spezifikati-

onen zu optimieren. So wird sichergestellt, dass die entwickelten Systeme nicht nur technisch realisierbar, sondern auch im Einklang mit den strategischen Geschäftszielen sind. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden die Assets und ihre Datenstrukturen analysiert sowie eine umfassende Datenmanagement- und Flussanalyse in den Bereichen Flottenmanagement, Kapazitäts- und Belegungsplanung, Transportanforderungen, Datenorchestrierung und -bereitstellung durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Anforderungsanalyse bilden die Grundlage für die Entwicklung einer Gesamtarchitektur, die eine Unterstützung und Umsetzung von innovativen Konzepten für Gütertransportservices ermöglicht. Mittels standardisierter Sub-Use-Case-Templates werden Service-Anforderungen mit funktionalen und technischen Anforderungen durch User-Stories verknüpft und durch kategorisierte Beschreibungen in einem Repository (zum Beispiel Gitlab) ergänzt (**Bild 3**).

Schritt 3: Auswahl von Gaia-X-Komponenten

Die vorhandene Beschreibung der Sub-Use-Cases ermöglicht eine detaillierte Analyse der technischen Anforderungen hinsichtlich Zugriffskontrollen und Kontrollen zur Datennutzung, die bei der Gestaltung und Entwicklung von Datenraum-Infrastrukturen Priorität haben. Die Sub-Use-Cases beschreiben spezifische Anforderungen an die Datenhoheit und an Zugriffs- und Nutzungskontrollanfor-

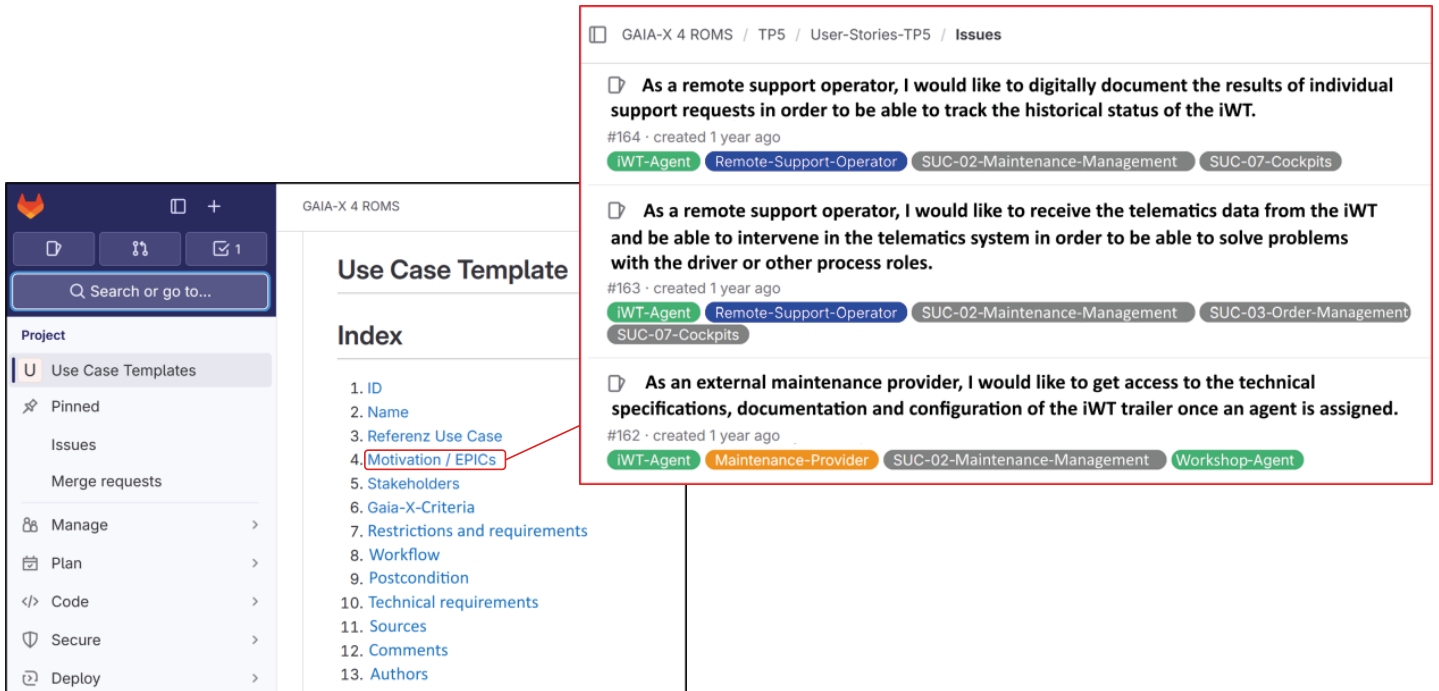


Bild 3: Sub-Use-Case-Template und User-Story Integration in Gitlab [eigene Darstellung].

derungen von Daten. Anhand der in **Bild 4** illustrierten Bewertungsmatrix werden diese Anforderungen mit den Leistungsmerkmalen der bereitgestellten Gaia-X-Komponenten in Verbindung gesetzt. Die Komponenten werden dabei als föderierte Basisdienste entwickelt und bereitgestellt, die einen interoperablen und sicheren Datenaustausch ermöglichen sollen [16]. Im Ergebnis werden zunächst die Service-Anforderungen überprüft sowie eine Konsolidierung der Services vorgenommen. Danach erfolgt die Bewertung der Gaia-X-Komponenten im Hinblick auf ihren Nutzen und Anwendbarkeit, bevor schließlich die Auswahlentscheidung in interdisziplinären Teams getroffen wird, um die identifizierten Anforderungen hinsichtlich der Datensouveränität zu erfüllen.

zu verstehen. Durch die Visualisierung dieser Interaktionen in Sequenzdiagrammen können die Entwickler und Architekten die passenden Gaia-X-Komponenten präziser auswählen (**Bild 5**). Diese Auswahl basiert nicht nur auf den allgemeinen Anforderungen der Sub-Use-Cases, sondern auch auf den spezifischen Interaktionsmustern und Datenflüssen, die in den Diagrammen dargestellt sind. Dies ermöglicht eine gezieltere und effizientere Integration der Gaia-X-Komponenten in die Gesamtarchitektur

Schritt 4: Analyse der technischen Anforderungen

Der nächste Schritt besteht in der Modellierung von Sequenzdiagrammen, um eine Technologieauswahl, insbesondere zum Hosting der Gaia-X-Komponenten, abzuleiten. Diese Diagramme sind entscheidend, um die Interaktionen zwischen verschiedenen Systemkomponenten und Akteuren im Kontext der definierten Sub-Use-Cases zu visualisieren. Sie bieten eine abstrahierte Darstellung darüber, wie Daten und Anfragen durch das System fließen, und helfen dabei, die Kommunikationsmuster zwischen den verschiedenen Gaia-X-Komponenten und Diensten

Bild 4: Exemplarische Bewertungsmatrix mit ausgewählten Gaia-X-Komponenten zu den Services für den Anwendungsfall [eigene Darstellung].

Level 2 Architektur (TP5-spezifisch)		Gaia-X System-Service: Compliance		
		1. Automated Monitoring	2. Onboarding & Accreditation	3. Notarization API
Gaia-X System-Service: Identity & Trust				
1. Authentication & Authorization		0		
2. Organisational Credential Manager		X		
3. Personal Credential Manager			~	
...				
ROMS-spezifische Dienste				
1. Buchungsplattform				
2. Instandhaltungsmanagement				
3. Auftragssteuerung				
4. Kapazitätsmanagement				
...				

Bewertungsmöglichkeiten	
benötigt	X
nicht benötigt	0
unsicher	~
leer	

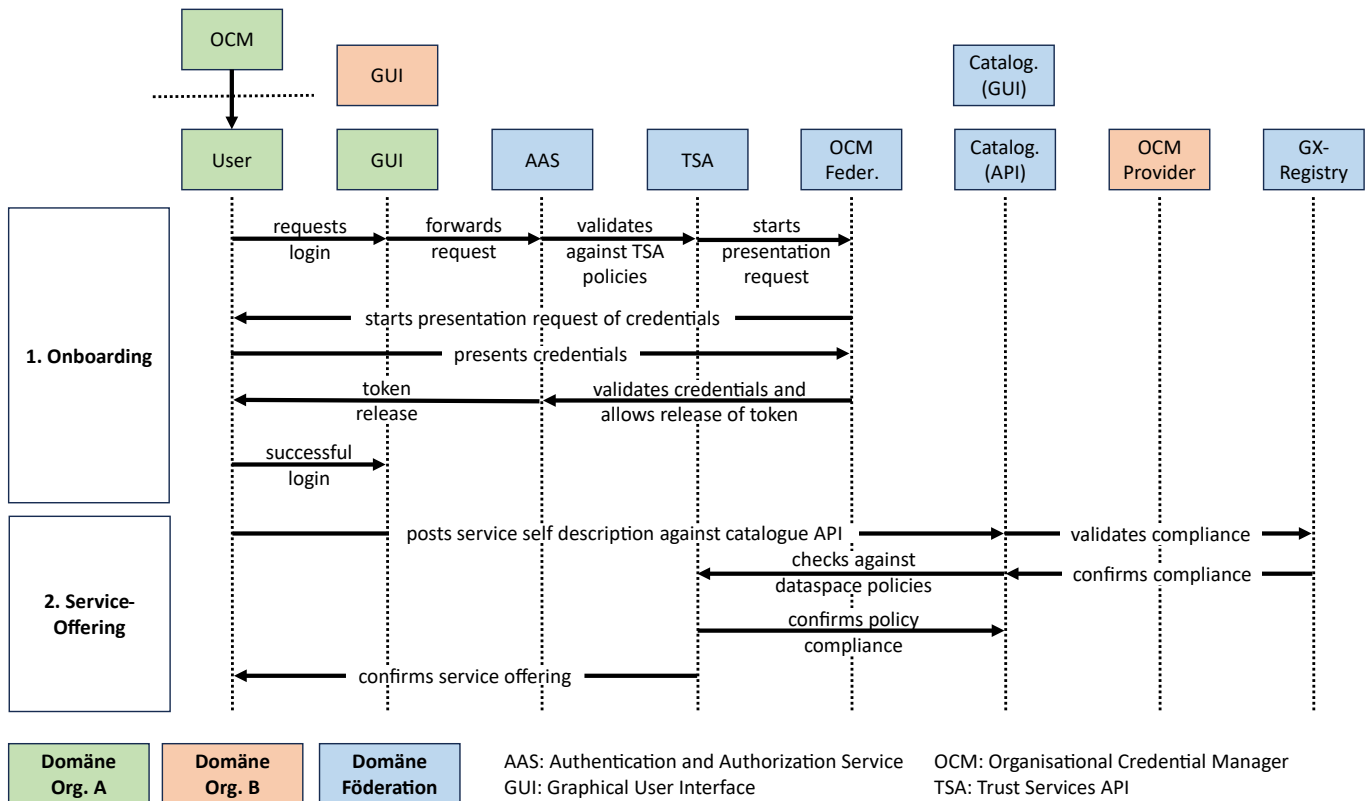


Bild 5: Sequenzdiagramm für die Sub-Use-Cases mit den Gaia-X-Phasen Onboarding und Service-Offering [eigene Darstellung].

des Projekts und unterstützt überdies eine Entscheidung über funktionale und nicht-funktionale Leistungsmerkmale der benötigten Infrastrukturen.

Schritt 5: Service-Implementierung

Im Rahmen der agilen und iterativen Entwicklung stellt das Konstrukt eines Minimal Viable Demonstrator (MVD) ein entscheidendes Werkzeug dar, der die Brücke von der Konzeption zur prototypischen Anwendbarkeit schlägt [17]. Als Teil der Implementierung verkörpert der MVD die Essenz des Entwicklungsprojekts in seiner rudimentärsten Form. Er ist darauf ausgelegt, die zentralen Funktionen des geplanten Endprodukts zu demonstrieren, ohne dass bereits alle Features vollständig ausgearbeitet sind. Dieser Ansatz ermöglicht es, einen ersten funktionsfähigen Prototypen zu erstellen, der genug Substanz bietet, um von Anwendern bewertet zu werden, ohne dass bereits eine vollständige Entwicklung stattgefunden hat. Der MVD dient nicht nur als Proof-of-Concept, sondern auch als Grundlage für das Sammeln von Nutzerfeedback. Dieses Feedback ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass das Endprodukt den tatsächlichen Bedürfnissen und Erwartungen der Anwender entspricht. Durch das iterative Vorgehen, bei dem der MVD kontinuierlich anhand des Nutzerfeedbacks und der rekursiven Verbindung zu den Sub-Use-Cases verbessert wird, entsteht ein Ergebnis, das

sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen der spezifischen Sub-Use-Cases erfüllt. Insofern ermöglicht es der MVD, konkrete Anforderungen aus Sicht fachlicher Experten und IT-Sicht abzugleichen und so die Grundlage für die erfolgreiche Realisierung des Gesamtprojekts zu legen.

Implikationen für die Praxis

Für die Mobilitätswirtschaft ist die sich im Aufbau befindliche europäische interoperable Dateninfrastruktur auf der Basis von Gaia-X mit neuen Lösungsangeboten verbunden, die den bestehenden Herausforderungen für einen sicheren und selbstbestimmten Datenaustausch begegnen. Die Erreichung dieses Ziels erfordert auf Ebene der nutzerorientierten Anwendungen ein strukturiertes Vorgehen zur Entwicklung relevanter Services für die partizipierenden Organisationen. Vor diesem Hintergrund hat dieser Beitrag eine Entwicklungsmethodik auf Grundlage einer laufenden Gaia-X-Forschung präsentiert, die eine Realisierung föderierter Services mithilfe von Use Cases unterstützt. Ein FSE umfasst dabei im Ergebnis fünf Ablaufschritte und fördert die interdisziplinäre Zusammenarbeit der am Datenraum beteiligten Organisationen auf unterschiedlichen Ebenen. So können Flottenbetreiber im Bereich des Personennah- und Güterverkehrs gemeinsam mit Technologie- und Software-

anbietern Anwendungen systematisch gestalten und dadurch die Mehrwerte durch die Nutzung von Gaia-X operativ nutzen.

Das iterative Vorgehen in der Methodik stellt dabei die konsequente Erprobung technischer Service-Anforderungen sowie eine Evaluation durch Anwender in der Praxis sicher. Das avisierte Entwicklungsergebnis fördert in Form eines MVD den Transfer zu einem Gaia-X-gestützten Geschäftsmodell, das auf Ebene der Use Cases durch ökonomische Ziele und konkreten Erfolgsfaktoren adressiert wird. Die einzelnen Ablaufschritte geben somit erste Impulse für die zielgerichtete Kommunikation in interdisziplinären Entwicklungs-Teams. Praktiker, technische Entwickler und Forschende sind somit in der Lage, Gaia-X als aktive Entwicklungsumgebung für individuelle MVD-Entwicklungen sektorenübergreifend zu nutzen. Damit verbunden sind weitere Potenziale im Bereich der fahrzeugorientierten Datennutzbarkeit in Datenökosystemen, die neben den individualisierten Angeboten zudem eine zukünftige Konfiguration der (katalogisierten) Services auf der Basis von Flotten für die Anwender ermöglicht.

Perspektiven für Forschung und Entwicklung

In dem vorliegenden Beitrag wurde eine Entwicklungsmethodik thematisiert, die im Kontext sich entwickelnder dezentraler Datenökosysteme eine serviceorientierte Realisierung von Mobilitätsanwendungen auf der Basis von Use Cases mit Gaia-X unterstützt. Die Autoren präsentieren dazu ein Federated Service Engineering (FSE) in fünf Ablaufschritten: (1) Konzeption von (Sub-) Use-Cases, (2) Definition von Service-Anforderungen, (3) Auswahl von Gaia-X-Komponenten, (4) Analyse der technischen Anforderungen und (5) Service-Implementierung. Der strukturierte und interdisziplinäre Charakter der Methodik ermöglicht eine Entwicklung föderierter Services mit hoher Anwendungsorientierung. Insofern bietet die FSE-Methodik die Möglichkeit, den praktischen Transfer von der prototypischen Entwicklung hin zu innovativen Gaia-X-Geschäftsmodellen (zum Beispiel marktplatzorientierte Datenangebote) zu beschleunigen. Im Hinblick auf aktuelle Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit Gaia-X ist eine weitere Differenzierung konkreter Wertschöpfungspotenziale in einzelnen Domänen zu erwarten. Der Ordnungsrahmen sowie die Ergebnisse des Beitrags liefern vor dem Hintergrund wichtige Impulse für die gestaltungsorientierte Forschung mit der Praxis, die beispielsweise in zukünftigen Konsortialforschungsprojekten adaptiert und weiterentwickelt werden können.

Dieser Beitrag ist im Rahmen des Projekts Gaia-X 4 ROMS – Support und Remote Operation automatisierter und vernetzter Mobility Services (FKZ: 19S21005C) entstanden.

Das Verbundprojekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Beitrags liegt bei den Autoren.

Literatur

- [1] Heinbach, C.; Gösling, H.; Meier, P.; Thomas, O.: Smart Managed Freight Fleet: Ein automatisiertes und vernetztes Flottenmanagement in einem föderierten Datenökosystem. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 60 (2023) 1, S. 193-213.
- [2] Hanselka, H.; Hassel, A.; Hölzle, K.; Riemensperger, F.: Zukunft der Wertschöpfung. Impulspapier, Hightech-Forum (2020).
- [3] BMWi: Das Projekt GAIA-X - Eine vernetzte Dateninfrastruktur als Wiege eines vitalen, europäischen Ökosystems. URL: www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/das-projekt-gaia-x.html, Abrufdatum 04.03.2024.
- [4] Otto, B.: GAIA-X and IDS (1.0). Zenodo (2021).
- [5] Reiberg, A.; Niebel, C.; Kraemer, P.: Was ist ein Datenraum? Definition des Konzeptes Datenraum. Gaia-X Hub Germany, Whitepaper 1/2022 (2022).
- [6] Kraemer, P.; Niebel, C.; Reiberg, A.: Gaia-X und Geschäftsmodelle: Typen und Beispiele. Gaia-X Hub Germany, Whitepaper 1/2023 (2023).
- [7] Catena-X Automotive Network e.V.: Die Lösung: Catena-X!. URL: <https://catena-x.net/de/vision>, Abrufdatum 04.03.2024.
- [8] DiMOS Operations GmbH: Gaia-X 4 Future Mobility. URL: <https://www.gaia-x4futuremobility.de/>, Abrufdatum 04.03.2024.
- [9] Heinbach, C.; Gösling, H.; Thomas, O.: The Hitchhiker's Guide to Urban Spaces – Conceptualizing a Gaia-X-enabled Co-bility Hub Combining Public Transport, Crowd Mobility, and Last Mile Logistics. In: INFORMATIK 2023 - Designing Futures: Zukünfte gestalten (2023), S. 1359-1371
- [10] Leimeister, J. M.: Dienstleistungsengineering und -management: Data-driven Service Innovation, 2. Auflage. Springer Berlin Heidelberg (2020).
- [11] Kagermann, H.; Süssenguth, F.; Körner, J.; Liepold, A.; Behrens, J. H.: Resilienz der Fahrzeugindustrie: Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen. acatech IMPULS (2021).
- [12] BMWi: GAIA-X – das europäische Projekt startet in die nächste Phase. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/gaia-x-das-europaeische-projekt-startet-in-die-naechste-phase.html>, Abrufdatum 04.03.2024.
- [13] Konietzko, E.; Tanrikulu, C.; Schwarz, F.; Lindow, K.; Heinbach, C. et al.: How to Gaia-X? – Ein Vorgehensmodell zur erfolgreichen Teilnahme an interoperablen und dezentralen Datenökosystemen am Beispiel von Gaia-X. In: Industrie 4.0 Management 38 (2022) 6, S. 54-58.
- [14] Usländer, T.; Bätz, T.: Agile Service Engineering in the Industrial Internet of Things. In: Future Internet 10 (2018) 100, S. 1-18.
- [15] Thomas, O.; Walter, P.; Loos, P.: Product-Service Systems: Konstruktion und Anwendung einer Entwicklungsmethodik. In: Wirtschaftsinformatik 50 (2008) 3, S. 208-219.
- [16] eco – Verband der Internetwirtschaft e.V. (2023): Implementation. URL: <https://www.gxf.eu/implementation/>, Abrufdatum 04.03.2024.
- [17] Kremer, M.; Pohling, L.; Gösling, G.; Heinbach, C.; Sachweh, T. et al.: An Intelligent Arrival Time Prediction Service in a Federated Data Ecosystem: The Minimum Viable Demonstrator of the GAIA-X 4 ROMS Research Project. In: SSRN Electronic Journal (2023), Paper 4331859.