VDI

Fortschritt-Berichte VDI

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu, Paderborn
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel, Stuttgart
Univ.-Prof. Dr. habil. Dr. h.c. Michael Henke, Dortmund
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich, Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt, Chemnitz
Dr.-Ing. Christian Koldewey, Paderborn

Gaia-X in industriellen Wertschöpfungs-netzwerken – Erkenntnisse aus der Förderlinie InGAIA-X

Reihe 16
Technik und Wirtschaft

Nr. 204

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

https://doi.org/10.51202/9783868204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Gaia-X in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken

Erkenntnisse aus der Förderlinie InGAIA-X

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu, Paderborn (Hrsg.)
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel, Stuttgart (Hrsg.)
Univ.-Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Michael Henke, Dortmund (Hrsg.)
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich, Darmstadt (Hrsg.)
Prof. Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt, Chemnitz (Hrsg.)
Dr.-Ing. Christian Koldewey, Paderborn (Hrsg.)

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Hinweis: Diese Publikation wurde zum Teil unter Verwendung von auf künstlicher Intelligenz basierenden Tools zur Formulierungshilfe erstellt. Alle Inhalte wurden von den Autoren sorgfältig geprüft und gegebenenfalls angepasst, um die Qualität und Korrektheit der Aussagen zu gewährleisten.

Diese Arbeit steht unter der Creative Commons Attribution 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0). Weitere Informationen finden Sie unter: `https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/`.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

VDI

Fortschritt-Berichte VDI

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu, Paderborn
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel, Stuttgart
Univ.-Prof. Dr. habil. Dr. h.c. Michael Henke, Dortmund
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich, Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt, Chemnitz
Dr.-Ing. Christian Koldewey, Paderborn

Gaia-X in industriellen Wertschöpfungs-netzwerken – Erkenntnisse aus der Förderlinie InGAIA-X

Reihe 16
Technik und Wirtschaft

Nr. 204

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

VDI

Fortschritt-Berichte VDI

Dumitrescu, Roman; Riedel, Oliver; Henke, Michael; Metternich, Joachim; Ihlenfeldt, Steffen; Koldewey, Christian

Gaia-X in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken – Erkenntnisse aus der Förderlinie InGAIA-X

Fortschritt-Berichte VDI | Reihe 16 | Nr. 204
Düsseldorf: VDI Verlag 2025
174 Seiten, 63 Bilder, 6 Tabellen
ISBN 978-3-18-320416-8 | ISSN 0178-9597 | E-ISBN 978-3-18-620416-5

Für die Dokumentation: Gaia-X, Datenräume, Demonstratoren, Forschungsprojekte, digitale Ökosysteme, Anwendungsfälle, Datensouveränität, förderierte Services, Geschäftsmodelle, Kollaboration

Keywords: Gaia-X, data spaces, demonstrators, research projects, digital ecosystems, use cases, data soveignty, federated services, business model, collaboration

Die Publikation richtet sich an Industrieunternehmen und Forschende, die an der Nutzung von Gaia-X für die industrielle Produktion interessiert sind. Sie vereint die Ergebnisse der Forschungsprojekte COSMIC-X, DIONE-X, Fed-X-Pro, GRIPSS-X und URANOS-X, die zur Entwicklung von Anwendungsszenarien für Gaia-X-konforme Datenökosysteme beigetragen haben. Ziel ist es, insbesondere mittelständische Unternehmen in die Lage zu versetzten, souverän Datenräume zu nutzen, um die digitale Transformation voranzutreiben und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Wichtige Technologien sind dabei Blockchain, Self-Sovereign Identity (SSI) und die Asset Administration Shell (AAS). Die Projektergebnisse stärken die Innovationskraft und eröffnen neue Geschäftsmodelle in der Industrie 4.0.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek (German National Library)
The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at www.dnb.de.

© VDI Verlag GmbH | Düsseldorf 2025
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten. Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.
ISBN 978-3-18-320416-8 | ISSN 0178-9597 | E-ISBN 978-3-18-620416-5

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Vorwort der Herausgeber

In der Wertschöpfung von Morgen avancieren Daten zu einer Schlüsselressource. Eine vielgenutzte Analogie ist, dass Daten das Öl des 21. Jahrhunderts seien. Folgen wir dieser Analogie, dann stellen wir fest, dass bisher nur ein kleiner Bruchteil der Quellen erschlossen wurde und dass es insbesondere an der Infrastruktur, an Pipelines, Raffinerien und Lieferketten, fehlt. Ein Großteil der Daten wird nur unzureichend genutzt. Gaia-X verspricht, die Bauanleitungen für die Dateninfrastruktur der Zukunft zu liefern und prosperierende Datenökosystem zu ermöglichen. Wesentlichen Nutzenversprechen sind dabei Souveränität, Interoperabilität und Dezentralität - die Antithese zu monolithischen Plattformen.

Die Förderlinie InGAIA-X verfolgte das Ziel, insbesondere mittelständische Unternehmen zu befähigen, die Potenziale der Datenwirtschaft für ihre Geschäftsprozesse mit Hilfe von Gaia-X zu erschließen. Mit den Projekten URANOS-X, GRIPSS-X, COSMIC-X, DIONE-X und Fed-X-Pro konnten wir dies an einer Vielzahl heterogener Anwendungsfälle in der industriellen Wertschöpfung demonstrieren. Die Ergebnisse zeigen, wie produzierende Unternehmen durch den souveränen Datenaustausch und die Zusammenarbeit in dynamischen Datenökosystemen konkrete Mehrwerte realisieren können.

Ein solches Buch entsteht nicht von heute auf morgen, sondern ist vielmehr als Projekt zu verstehen. In diesem Sinne gebührt ein großer Dank dem Projektmanager dieses Buches, *Julian Zerbin*, der maßgeblich zur erfolgreichen Publikation beigetragen hat. Ebenso gilt unser Dank den zahlreichen Praxispartnern und Wissenschaftlern, die mit ihrem Engagement, ihrer Neugier und ihrem Innovationsgeist für den Erfolg unserer Projekte unverzichtbar waren; vielen Dank auch für Ihren Beitrag zu diesem Buch.

Unsere Forschung wäre ohne die Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Projektträgers Karlsruhe (PTKA) nicht möglich gewesen. Herzlichen Dank für die professionelle Begleitung unserer Arbeit.

Jetzt, da Daten zu einem entscheidenden Produktionsfaktor für produzierende Unternehmen werden, kann Gaia-X helfen, die produzierende Industrie auf ein neues Level der Leistungsfähigkeit zu heben. Werte Leserinnen und Leser, wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche und anregende Lektüre.

Für die Projektkonsortien im November 2024

Prof. Dr.-Ing.
Roman Dumitrescu
Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn & Fraunhofer IEM

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Oliver Riedel
Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtung

Univ.-Prof. Dr. habil. Dr. h.c.
Michael Henke
Lehrstuhl für Unternehmenslogistik

Prof. Dr.-Ing.
Joachim Metternich
Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen

Prof. Dr.-Ing.
Steffen Ihlenfeldt
Fraunhofer IWU

Dr.-Ing.
Christian Koldewey
Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn & Fraunhofer IEM

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Geleitwort des Projektträgers

In kollaborativen Produktionsnetzwerke werden Daten aus unterschiedlichsten Prozessen und Systemen zunehmend als Wettbewerbs- und Wertschöpfungsfaktor begriffen. Damit sind allerdings zentrale Fragen rund um Datensicherheit, -integrität und -souveränität verbunden. Dies stellt insbesondere für den Mittelstand eine hohe Einstiegshürde in digitalisierte Wertschöpfungsnetzwerke dar.

Mit der europäischen Dateninfrastruktur Gaia-X wurde die Grundlage geschaffen, vertrauenswürdige und sichere datenbasierte Informations- und Geschäftsmodelle im Produktions- und Dienstleistungsbereich durch den Aufbau von Datenräumen zu ermöglichen. Hierbei ist für produzierende Unternehmen und ihre Netzwerke insbesondere die Schaffung eines Datenraumes „Industrie 4.0“ von Relevanz, lcher die Entstehung von Datenökosystemen für die Produktion ermöglicht. Diese datenbasierten Ökosysteme sind ein wichtiger Baustein um eine moderne Produktion mit intelligenten Dienstleistungsangeboten der Zukunft zu sichern.

Das übergeordnete Ziel der Forschungsprojekte COSMIC-X, DIONE-X, Fed-X-Pro, GRIPSS-X und URANOS-X war es, Gaia-X-konforme Anwendungsszenarien zu gestalten und zu erproben. Damit sollte das Potenziale für einen Transfer in vielfältige Anwendungen aufgezeigt werden. Dabei galt es, insbesondere Anwendungsunternehmen des Mittelstandes, wie Maschinen- und Komponentenhersteller, dabei zu unterstützen, ihre vorhandenen Systeme und Daten mit systematischen Ansätzen zu Teilnahme Gaia-X-konformer Datenökosystemen zu befähigen. Im Fokus stand die Entwicklung von Lösungen, mit denen Unternehmen durch Einsatz und Nutzung der Konzepte von Gaia-X einen Wettbewerbsvorteil erzielen. In den Verbundprojekten sind Anwendungen entstanden, die durch domänen- und betriebsübergreifende Datenerfassung, -verknüpfung und semantische Aufbereitung und unter Nutzung von Industrie 4.0-Technologien und -Standards neue daten- und KI-fähige Produkte und Dienstleistungen im Bereich Maschinen- und Anlagenbau ermöglichen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass durch die Nutzung der standardisierten Services von Gaia-X Unternehmen des Mittelstandes in die Lage versetzt werden, ihre datenbasierte Zusammenarbeit in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken zu stärken, ihre Prozesse, Produkte, und Dienstleistungen zu optimieren und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Anhand beispielhafter Anwendungen wird z.B. gezeigt, wie in Produktionsnetzwerken verteilte Daten durch Interoperabilitätslösungen zur Grundlage neuer Dienstleistungen und Produktionsprozesse rund um zerspanende Fertigung genutzt werden. Eine wesentliche Rolle bei deren Gestaltung spielen dabei Methoden des Maschinellen Lernens.

Die Partner in den Verbundprojekten wurden im Programm“Zukunft der Wertschöpfung - Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit” mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Allen sei an dieser Stelle gedankt, die mit ihrem Wissen, Engagement und ihren Erfahrungen an dieser richtungsweisenden Forschungs- und Entwicklungsarbeit mitgewirkt haben.

Dr.-Ing. Danuta Seredynska
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Produktion, Dienstleistung und Arbeit
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Karlsruhe, November 2024

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Inhaltsverzeichnis

Abstract **VII**

1 Einleitung **1**
1.1 Gaia-X – Chance für die industrielle Produktion 1
1.1.1 Möglichkeiten von Gaia-X in der industriellen Produktion 4
1.1.2 Die aktuelle Projektlandschaft 7
1.2 Die InGAIA-X Förderlinie 8
1.2.1 Die Projekte 9

2 Datensouveränität durch Gaia-X – Grundlagen der Ergebnisse in der Förderlinie InGAIA-X **14**
2.1 Definitionen und grundlegende Konzepte 14
2.1.1 Interoperabilität 14
2.1.2 Datenraum 15
2.1.3 Wertschöpfungsnetzwerke und Ökosysteme 15
2.1.4 Datensouveränität 16
2.1.5 Gaia-X 17
2.2 Aufbau, Struktur & Technologien 19
2.2.1 Datenraum 19
2.2.2 Gaia-X und Federation Services 20
2.2.3 Eclipse Dataspace Components (EDC) 21
2.2.4 Sovereign Cloud Stack 22
2.3 Weitere Technologien 23
2.3.1 Asset Administration Shell (AAS) 23
2.3.2 OPC UA 23
2.3.3 LinkedFactory 25

3 URANOS-X – Methoden zur Befähigung von KMU für Gaia-X **31**
3.1 Einführung 31
3.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt 33
3.3 Projektergebnisse 33
3.3.1 Anforderungs- und Bedarfserhebung 33
3.3.2 Studien des vorhandenen Lösungswissen 34
3.3.3 Von der Gaia-X-Idee zum Gaia-X-Entwicklungsauftrag 42
3.3.4 Die Spezifikation von Gaia-X Anwendungen 50
3.3.5 Integration & Validierung 55
3.3.6 Die Gaia-X Erlebniswelt 58
3.3.7 Die Transformation zum Datenraumakteur 62
3.4 Diskussion & Fazit 66

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

4 GRIPSS-X **71**
4.1 Einführung . . . 71
4.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt . . . 73
4.3 Methodik/Umsetzung . . . 74
4.4 Ergebnisse . . . 74

5 COSMIC-X: Vertrauenswürdige Wertschöpfungsketten in kollaborativen industriellen Ökosystemen **89**
5.1 Einführung: Problemstellungen in den Use Cases . . . 89
5.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt: Authentifizierung und Autorisierung 91
5.3 Methodik/Umsetzung: Vertrauenswürdiger Informationsaustausch in industriellen Geschäftsprozessen . . . 92
5.3.1 Vertrauen für digitale Services mit Self-Sovereign Identities . . . 92
5.3.2 Blockchain als dezentraler Sicherheitsanker . . . 93
5.3.3 Standardisierte Asset-Schnittstellen mit Asset Administration Shell 94
5.3.4 Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz . . . 95
5.4 Ergebnisse: Einbindung in industrielle Use Cases . . . 95
5.4.1 Vertrauenswürdige Lieferkette . . . 95
5.4.2 Digitaler Zwilling zur Bereitstellung von Maschinendaten . . . 98
5.4.3 Plattformbasierte Wartung . . . 100
5.4.4 Kontinuierliche Betrachtung der COSMIC-X Bedrohungslandschaft 101
5.5 Diskussion & Fazit . . . 102

6 DIONE-X **107**
6.1 Einführung . . . 107
6.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt . . . 109
6.3 Methodik/Umsetzung . . . 109
6.4 Ergebnisse . . . 111
6.5 Diskussion/Fazit . . . 113

7 Fed-X-Pro **115**
7.1 Einführung . . . 115
7.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt . . . 116
7.3 Methodik/Umsetzung . . . 117
7.4 Ergebnisse . . . 118
7.5 Diskussion & Fazit . . . 119

8 Zusammenfassung & Ausblick **121**
8.1 Bedeutung von Gaia-X für das produzierende Gewerbe . . . 121
8.2 Einordnung der Projektergebnisse . . . 122
8.3 Die Unternehmensperspektive – Umfrageergebnisse . . . 123
8.4 Zukünftiger Forschungsbedarf . . . 125

Autorenübersicht **127**

Die Konsortien **146**

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Abstract

Die Publikation vereint die Ergebnisse der Forschungsprojekte COSMIC-X, DIONE-X, Fed-X-Pro, GRIPSS-X und URANOS-X, die im Rahmen des InGAIA-X Fördervorhabens erarbeitet wurden. Ziel dieser Projekte war es, exemplarische Gaia-X-konforme Anwendungsszenarien für das produzierende Gewerbe zu entwerfen und zu erproben. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung von Lösungen, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen helfen, die Potenziale von Gaia-X in ihren Geschäftsprozessen zu nutzen.

Die Projektergebnisse zeigen, dass durch den souveränen Datenaustausch und die Zusammenarbeit in Datenräumen wesentliche Vorteile für produzierende Unternehmen erzielt werden können. Die Gaia-X-Standards ermöglichen die Entwicklung neuer daten- und KI-fähiger Produkte und Dienstleistungen und treiben die digitale Transformation voran. Die Anwendungsfälle verdeutlichen, wie Technologien wie Blockchain, Self-Sovereign Identity (SSI) und die Asset Administration Shell (AAS) in diesen Kontexten effektiv eingesetzt werden können. Übergeordnetes Ziel war es, kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung und Integration Gaia-X-konformer Datenökosysteme zu unterstützen und damit die Wettbewerbsfähigkeit durch datenbasierte Zusammenarbeit zu steigern. Die Projektergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der digitalen Innovationskraft und zur Schaffung neuer Geschäftsmodelle im produzierenden Gewerbe sowie bei den zugehörigen Dienstleistungsanbietern.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

https://doi.org/10.51202/9783868204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

1 Einleitung

J. Zerbin, J. Schütz, T. Hilger

1.1 Gaia-X – Chance für die industrielle Produktion

Durch die rasante technische Entwicklung und Digitalisierung entstehen ständig neue Möglichkeiten und Potenziale. Die datenbasierte Wertschöpfung rückt immer mehr in den Mittelpunkt des unternehmerischen Handelns. Industrie 4.0 sichert in Deutschland die technologische Souveränität und einen hohen Industrieanteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Daten avancieren dabei zu einer Schlüsselressource. Neben den Daten selbst wird aber auch die Fähigkeit, Daten systematisch zu erfassen, zu teilen, zu verknüpfen und zu analysieren, zu einer Kernkompetenz. Dies gilt nicht nur für Großunternehmen, sondern auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), insbesondere für die sogenannten *Hidden Champions* des Mittelstands. Die Datenökonomie beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen, Einzelpersonen und Institutionen, die stetig wachsende Menge digitaler Informationen in einer zunehmend datengesteuerten Gesellschaft zu verwalten. Sie basiert auf dem umfangreichen Informationsaustausch über das Internet, der durch Schlüsseltechnologien wie das Internet der Dinge (IoT), Big Data und Cloud-Computing vorangetrieben wird [1]. Wie in Abbildung 1.1 dargestellt, ist die Datenökonomie dabei sich seit 2018 rasant weiterzuentwickeln.

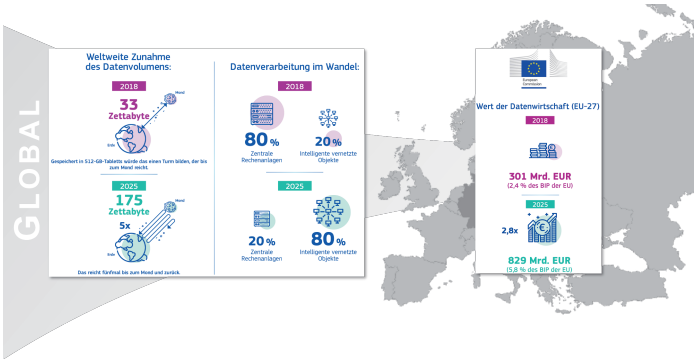


Abbildung 1.1: Der Wert der Datenökonomie, eigene Abbildung in Anlehnung an [2]

Der Wert der Datenwirtschaft in der Europäischen Union (EU) hat sich um das 2,8-Fache gesteigert – und das nicht allein aufgrund der wachsenden Fähigkeit von Unternehmen, ihre eigenen Daten systematisch zu erfassen, zu verknüpfen und zu analysieren. Entscheidend für diesen Erfolg ist vor allem der gezielte und vertrauensvolle Austausch von Daten [3]. Nur allein durch die eigenen Daten werden insbesondere KMU nicht das volle Potenzial der Datenökonomie ausschöpfen können. Zwei bewährte Möglichkeiten Daten auszutauschen gibt es schon länger (s. Abb. 1.2).

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

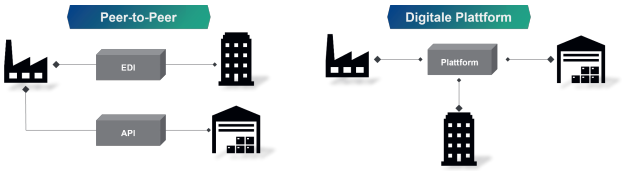


Abbildung 1.2: Arten des Datenaustauschs, eigene Abbildung

Der P2P Austausch von Daten erfolgt primär über ein Electronic Data Interchange (EDI) oder ein Application Programming Interface (API). EDI ist ein standardisiertes System, das den elektronischen Austausch von Geschäftsdokumenten zwischen Unternehmen, wie z. B. Bestellungen und Rechnungen, ohne menschlichen Eingriff ermöglicht [4]. Eine API ist ein Satz von Regeln und Protokollen für die Erstellung von und Interaktion mit Softwareanwendungen [5]. Aber diese Form des Austausches ist schwer zu skalieren, da es sich um eine hoch individuelle Form des Datenaustausches handelt. Hingegen ist der Datenaustausch über eine digitale Plattform leicht zu skalieren, da er uniform und zentralisiert gestaltet ist. Eine (digitale) mehrseitige Plattform liegt immer dann vor, wenn ein Unternehmen zwei oder mehr unterschiedliche Kundengruppen (Seiten) zusammenbringt, die einander in irgendeiner Weise benötigen, und wenn das Unternehmen eine Infrastruktur (Plattform) aufbaut, die durch die Verringerung der Vertriebs-, Transaktions- und Suchkosten, die bei der Interaktion dieser Gruppen miteinander anfallen, Wert schafft [6].

Trotz dieser beiden bewährten Möglichkeiten wird das Potenzial des Datenaustausches über Unternehmensgrenzen hinweg nicht gut ausgeschöpft. Bei P2P-Lösungen stellt die geringe Skalierbarkeit und bei digitalen Plattformen die Machtkonzentration beim Plattforminhaber ein großes Problem dar. Die Zentralität bei digitalen Plattformen bedingt, dass alle Daten, die über die Plattform ausgetauscht werden, beim Plattforminhaber gespeichert werden. Ferner ist die Nutzung und der Weiterverkauf von Nutzerdaten oftmals Teil des Geschäftsmodell der Plattform [7]. Der resultierende Mangel an Vertrauen und Kontrolle hindert Unternehmen daran wertvolle Unternehmensdaten über digitale Plattformen mit anderen Unternehmen zu tauschen. Darüber hinaus steht Europa insgesamt vor einer weiteren zentralen Herausforderung: Das Plattformgeschäft wird weitgehend von außereuropäischen Akteuren dominiert (s. Abb. 1.3).

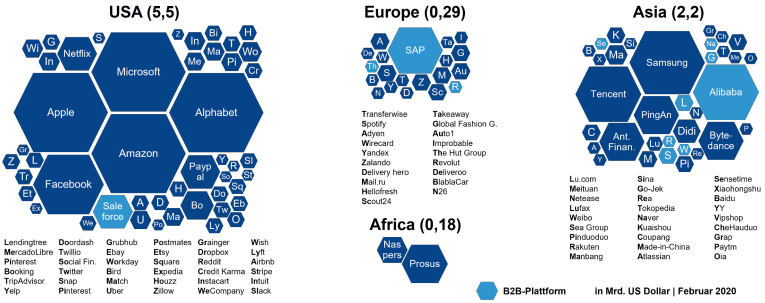


Abbildung 1.3: Die 100 wertvollsten Plattformen der Welt, eigene Abbildung in Anlehnung an [8]

Die Abbildung 1.3 zeigt, dass das amerikanische Plattformgeschäft 19-mal so groß wie das Europas

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

ist. Die damit einhergehende Abhängigkeit von internationalen Akteuren ist problematisch, da Europa im digitalen Raum nicht vollständig souverän agieren kann. Die europäische Abhängigkeit im Bereich der Cloud-Dienste bezieht sich vor allem auf die drei größten Anbieter – Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure und Google Cloud Platform (GCP). Alle drei sind amerikanische Unternehmen, die den Gesetzten der USA unterliegen. Der US Cloud Act von 2018 beispielsweise ermöglicht es US-Behörden, auf Daten zuzugreifen, die von US-Unternehmen weltweit gespeichert werden, auch wenn diese Daten außerhalb der USA gespeichert sind. Diese extraterritoriale Reichweite stellt ein Risiko für die Datensouveränität von Unternehmen und Individuen in anderen Ländern dar, da sie der Kontrolle ihrer eigenen Daten beraubt werden könnten. Während Regierungen primär aus sicherheits- und ordnungspolitischen Gründen Daten sammeln, sind die Motive von Unternehmen primär kommerziell geprägt [9]. Neben mangelndem Vertrauen und Kontrolle besteht bei digitalen Plattformen auch eine mangelnde Interoperabilität, die einen Lock-in Effekt herbeiführt. Der Lock-in-Effekt beschreibt einen Zustand, in dem Nutzer oder Unternehmen aufgrund hoher Umstellungskosten, starker Netzwerkeffekte oder anderer Barrieren an eine bestimmte Technologie oder Plattform gebunden sind [10]. Dies erschwert den Wechsel zu alternativen Lösungen erheblich. Dies hat zur Folge, dass datenbasierte Geschäftsmodelle bislang oft von einseitigen Abhängigkeitsbeziehungen geprägt und auf einen bilateral vertraglich geschlossenen Datenaustausch zwischen zwei Parteien angewiesen sind. Dies zu ändern kann jedoch sowohl aus technischen als auch organisatorischen Gründen durch kein Unternehmen allein realisiert werden, sondern nur in Kollaboration: Um das volle Potenzial datenbasierter Geschäftsmodelle auszuschöpfen, müssen die Unternehmen auf der Grundlage ihrer gemeinsamen Ziele und zum gegenseitigen Nutzen zusammenarbeiten.

Dies hat auch die europäische Politik erkannt, welche mit eine Reihe an Gesetzgebung, diese Problematik adressieren will. In der folgenden Abbildung 1.4 sind die seit 2019 verabschiedeten und hier relevanten Richtlinien der EU sowie erste Auswirkungen durch das Inkrafttreten dieser Richtlinien dargestellt.

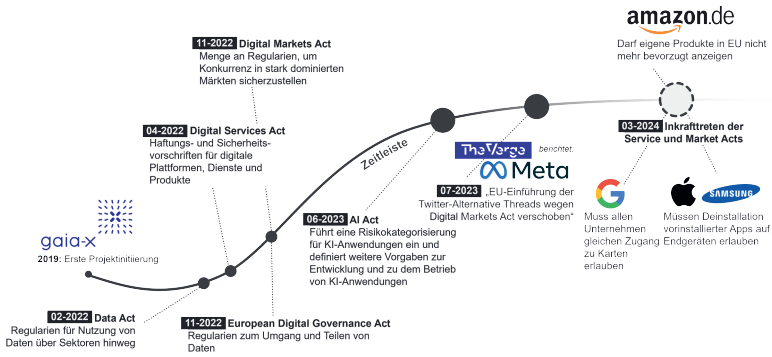


Abbildung 1.4: Die Richtlinien der EU und ihre Auswirkungen, eigene Abbildung [11, 12]

Der *European Data Governance Act* und der *Data Act* zielen darauf ab das Vertrauen in den Datenaustausch zu stärken und technische Hindernisse für die Wiederverwendung von Daten zu überwinden. Dadurch sollen florierende Datenökosysteme nicht nur ermöglicht, sondern auch aktiv gefördert werden. Dies ist über digitale Plattformen oder P2P-Ansätze jedoch kaum zu realisieren. Es braucht eine neue Form des Datenaustausches, die eine Balance ermöglicht zwischen adäquater Kontrolle über die eigenen Daten und einer guten Skalierbarkeit. Datenräume (engl. Data Spaces) stellen eine geeignete Lösung für diese Problematik dar. Ein Datenraum ist ein verteiltes System, das durch einen

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Governance-Rahmen definiert ist, der sichere und vertrauenswürdige Datentransaktionen zwischen Teilnehmern ermöglicht und gleichzeitig Vertrauen und Datenhoheit unterstützt [13]. Ein Datenraum skaliert besser als reiner P2P-Austausch und die Akteure haben mehr Kontrolle über ihre eigenen Daten, als auf digitalen Plattformen [14]. Der Weg zu florierenden Datenökosystemen lässt sich aber nicht nur durch die Konzipierung von Datenräumen als neue Form des Datenaustausches und regulatorischen Druck gewährleisten. Die Unternehmen müssen bei der Teilnahme und Umsetzung an Datenräumen sowie bei der Compliance mit der neuen Gesetzgebung unterstützt werden. Aus diesem Grund wurde die europäische Initiative Gaia-X im Jahr 2019, wie auf Abb. 1.4 zusehen ist, ins Leben gerufen. Gaia-X soll u. a. Unternehmen dazu motivieren und befähigen, sicher, souverän und vertrauensvoll Daten auszutauschen. Damit Unternehmen ihre Daten effektiv nutzen und Synergien mit ihren Partnern verwirklichen können, ist dies essenziell, um im internationalen Wettbewerb nicht den Anschluss zu verlieren. Insgesamt will Europa durch Gaia-X seine technologische Autonomie zurückgewinnen und gleichzeitig die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft stärken [15]. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die Potenziale bei der Nutzung von Gaia-X anhand vielversprechender Anwendungsfälle aufgezeigt und die Förderlinie InGAIA-X und seine Projekte vorgestellt, bevor in Kapitel 2 grundlegende Begriffe, Strukturen und Technologien näher erläutert werden.

1.1.1 Möglichkeiten von Gaia-X in der industriellen Produktion

Die industrielle Produktion, als eine der wichtigsten Domänen der Wirtschaft, umfasst die Fertigung von Gütern mithilfe von Maschinen, Anlagen und Arbeitskräften in großem Maßstab. Sie ist gekennzeichnet durch hochkomplexe Prozesse, die Effizienz, Präzision und Integration erfordern, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Datenbasierte Geschäftsmodelle stoßen in der industriellen Produktion noch oft auf erhebliche Herausforderungen. Vor allem der Zugang zu und die Nutzung von Maschinendaten in Produktionsprozessen sind häufig mit technischen und organisatorischen Hürden verbunden, welche die effiziente Nutzung der Daten und damit das Innovationspotenzial einschränken.

Um diese Herausforderungen zu überwinden, sind neue Ansätze für den Datenaustausch erforderlich, die über bilaterale Vereinbarungen hinausgehen und eine offene, skalierbare Nutzung ermöglichen. Europäische Initiativen wie Gaia-X setzen hier an, um durch gemeinsame Standards und klare Regeln einen sicheren und souveränen Austausch von Produktionsdaten zu gewährleisten. Dies soll Unternehmen in die Lage versetzen, durch Kooperationen effizienter zu produzieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

Obwohl dies mit vielfältigen Herausforderungen einhergeht, sind die daraus resultierenden Möglichkeiten infolge der neuen Designparadigmen im Sinne einer *Interoperability-by-Design*, *Trust-by-Design* und *(Data) Sovereignty-by-Design* als fundamentale Entwurfsprinzipien immens. Getrieben von dem Bestreben, die neuen datenbasierten und geschäftsorientierten Potenziale zu erschließen, die durch isolierte Akteure allein nicht realisierbar wären, erfolgt eine schrittweise Integration der bislang alleinstehenden Systeme und Datensilos zu förderierten Strukturen – sogenannten *Systemen von Systemen*. Diese Integration ermöglicht die Entstehung neuartiger, kollaborativer und organisationsübergreifender Geschäftsmodelle. Dabei sind diese Geschäftsmodelle nicht grundlegend neu, jedoch werden sie im Kontext von Gaia-X und Datenräumen unter Berücksichtigung der europäischen Werte wie Datenschutz, Sicherheit und Souveränität sowohl neu gedacht als auch mit den neuen technologischen Möglichkeiten eines Datenraums neu bewertet.

Dies wird durch die Analyse des im Rahmen von URANOS-X[1] zusammengetragenen Datensatzes „*Datenaufbereitung zum State-of-the-Art und Fortschritt europäischer Gaia-X sowie Datenraum-Initiativen mit einem Schwerpunkt auf Industrie 4.0-Anwendungsfälle*“ (siehe [16]) verdeutlicht. Der

[1] Siehe Kapitel 3.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Datensatz besteht aus 211 Initiativen und Projekten, die aus 281 Quellen extrahiert, ausgewertet und kategorisiert wurden. Er zeigt spezifische industrielle Anwendungsfälle, deren State-of-the-Art sowie der noch ungenutzten Potentiale und Möglichkeiten [16].

Zentral lässt sich beobachten, dass alle Potenziale und Einsatzmöglichkeiten sich analog zum *Reference Architecture Model for Industrie 4.0* (RAMI 4.0) über die gesamte Wertschöpfung (gemäß IEC 62589 Life Cycle & Value Creation) sowohl für *Type*, *Instance* als auch über alle Ebenen der Hierarchie der Automatisierungskette (gemäß IEC 62264 // IEC 61512) erstrecken bzw. diese nahtlos miteinander verbinden. Zeitgleich ist es ebendiese ganzheitliche akteurs- bzw. organisationsübergreifende Betrachtung und (nahtlose) Vernetzung der Wertschöpfung über alle Produktlebensphasen hinweg, die die neuen datenbasierten Potentiale und Einsatzmöglichkeiten erschließt. Dabei werden die oft einseitigen Abhängigkeitsbeziehungen durch wohl definierte und standardisierte Schnittstellen zugunsten der (Daten-) Souveränität entkoppelt.

Im Konkreten bedeutet dies am Beispiel des Lieferkettengesetzes, dass Unternehmen die Anforderungen hinsichtlich einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit der gesamten Lieferkette effizient und transparent erfüllen können, um so beispielsweise die Einhaltung von Menschenrechten oder Umweltauflagen über die gesamte Lieferkette hinweg nachzuweisen. Dabei bleiben alle Daten innerhalb der eigenen Infrastruktur, sodass zu keinem Zeitpunkt ein Intermediär als Zwischenspeicher benötigt wird. Mit einem Fokus auf den sicheren und interoperablen Datenaustausch sowie der Sicherstellung der Datensouveränität und gemeinsamen Vertrauensbasis, entfaltet ein Datenraum seine immensen Potentiale und Möglichkeiten in mannigfaltigen Anwendungsfällen und Geschäftsmodellen, die einen Datenaustausch zwischen rechtlich unabhängigen Entitäten erfordern. Im produzierenden Gewerbe umfasst dies im Kern die folgenden sieben (high-level) Anwendungsfälle:

Collaborative Condition Monitoring (UCC 1) ist ein Ansatz zur gemeinsamen Nutzung von Maschinenzustandsdaten durch die Erfassung und Auswertung zentraler physikalischer Parameter wie Vibration oder Temperatur über die gesamte Wertschöpfungskette. Collaborative Condition Monitoring unterscheidet sich von der klassischen Zustandsüberwachung, indem es nicht nur eine bilaterale, sondern eine erweiterte, multilaterale Zusammenarbeit und einen Datenaustausch zwischen allen beteiligten Akteuren vorsieht. [17]

(Collaborative) Predictive Maintenance (UCC 2) ist ein Ansatz, bei dem mehrere Unternehmen, darunter Maschinenhersteller, Maschinennutzer und Drittanbieter, zusammenarbeiten, um ihre Daten und ihr Wissen für die Entwicklung von vorausschauenden Wartungsmodellen gemeinsam zu nutzen. Ziel der vorausschauenden Wartung ist es, durch die Analyse von Zeitreihendaten aus Sensormesswerten den potenziellen Ausfall einer Maschine zu prognostizieren, mögliche Probleme zu erkennen, zu antizipieren, welche Komponenten repariert werden müssen, und auf dieser Basis die Wartungen zu planen. [18]

Predictive Quality (UCC 3) ist ein Ansatz der mit Hilfe von datengestützten Prognosen Aussagen über die Qualität von Produkten und Prozessen während deren Herstellung trifft. Dies ermöglicht es produzierenden Unternehmen, proaktive Entscheidungen zur Prozess- und Produktoptimierung zu treffen und damit die Qualität zukünftiger Produkte zu beeinflussen. [19] Darüber hinaus soll Predictive Quality fehlerfreie Produkte garantieren, um insbesondere Rückrufaktionen zu vermeiden und so Aufwände und Kosten zu minimieren. Zu diesem Zweck werden vor allem Methoden aus dem Bereich des maschinellen Lernens eingesetzt. [20]

Asset Management (UCC 4) bezieht sich im industriellen Kontext auf die systematische Steuerung und Kontrolle von Produktionsanlagen oder Maschinen, welche die materiellen Vermögenswerte eines Unternehmens darstellen. Dabei unterscheidet sich diese spezifische Interpretation des Begriffs signifikant von seiner traditionellen, finanziellen Bedeutung. [21] Unter anderem bezieht sich das Asset Management auf die weitreichende Digitalisierung von Geschäftsprozessen durch

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

die Nutzung von Datenmodellen beziehungsweise digitalen Zwillingen, welche es ermöglichen umfassende Informationen über das Asset zu liefern, ohne dass das Asset selbst physisch zur Verfügung gestellt werden muss.[22] So lassen sich bspw. Verhaltensweisen und Wechselwirkungen von und zwischen Komponenten simulieren oder auch Kompositionen von Komponenten kollaborativ entwickeln (engl. *Collaborative Engineering*).

Supply Chain Monitoring (UCC 5) ist die systematische Überwachung und Steuerung des Warenflusses sowie die Erkennung und Behebung potenzieller Störungen in der Lieferkette [23]. Durch die Implementierung von Überwachungsmechanismen und die anschließende Identifizierung der damit verbundenen Risiken können Fehlentscheidungen, überhöhte Lagerbestände oder Bullwhip-Effekte vermieden werden. Nach dieser Definition können alle Anwendungsfälle, die sich auf die Überwachung der Lieferkette konzentrieren, mit dem Ziel, die Entscheidungsfindung zu verbessern, effektiver auf Komplikationen zu reagieren und die Lieferkettenprozesse insgesamt zu optimieren, dem Cluster Supply Chain Monitoring zugeordnet werden. [24]

Circular Economy (UCC 6) stellt einen fundamentalen Gegenentwurf zum vorherrschenden linearen Wirtschaftsparadigma dar. Im Kern zielt sie auf nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch das Schließen von Materialkreisläufen ab – beginnend bereits beim Produktdesign. [25] Die zentralen Heuristiken für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft spiegeln sich in den R-Strategien wieder, die auf den Kernprinzipien R0:Refuse (Verwerfen), R1:Rethink (Umdenken), R2:Reduce (Reduzieren), R3:Reuse (Wiederverwendung), R4:Repair (Reparieren), R5:Refurbish (Wiederaufbereitung), R6:Remanufacture (Wiederaufarbeitung), R7:Repurpose (Wiederverwendung), R8:Recycle (Wiederverwertung) und R9:Recover (Wiederverwertung) basieren. [26]

Shared Production (UCC 7) ist ein Ansatz, basierend auf der Vision, dass sich die Wertschöpfungskette kontinuierlich an neue individuelle Produktanforderungen anpasst. Daher werden die Wertschöpfungsketten durch datengesteuerte Vernetzung miteinander verbunden, was eine unternehmensübergreifende Produktion ermöglicht. So können Unternehmen über eine Plattform zusammenarbeiten und Produktionsressourcen und -daten fabrik- und unternehmensübergreifend gemeinsam nutzen. [27]

Alle sieben Anwendungsfälle sind auf einer hohen Abstraktionsebene beschrieben, d.h. die einzelnen zugehörigen Projekte und Initiativen sind oftmals deutlich konkreter oder adressieren bestimmte Facetten des Anwendungsfalls. Abbildung 1.5 stellt den gegenwärtigen Stand der technologischen Erprobung bzw. der Marktreife der unterschiedlichen Anwendungsfälle auf Basis der sogenannten *Technology Readiness Level* (TRL) gegenüber.

Es wird deutlich, dass sich die Mehrzahl der Anwendungsfälle sich auf einem TRL von ≤ 4 befindet, was darauf hinweist, dass die generelle Funktionalität in einer Versuchsumgebung nachgewiesen wurde, die experimentelle Entwicklung und der kommerzielle Einsatz jedoch noch ausstehen. Die Abbildung 1.5 zeigt zudem, dass mit Ausnahme der Cluster **(Collaborative) Predictive Maintenance** und **Asset Management** in allen anderen Clustern bereits der kommerzielle Einsatz (TRL 9) erreicht wurde, was die Validität dieser Anwendungsfälle durch die erfolgreiche Umsetzung in realen Anwendungsszenarien unterstützt.

Zusammenfassend konnten unter anderem die Projekte der Förderlinie (GRIPSS-X, COSMIC-X, DIONE-X sowie Fed-X-Pro) bereits vielfältige Datenraum-basierte Anwendungsfälle sowohl technologisch erproben als auch deren technologische Reifestufe heben und auf diese Weise die mit Gaia-X einhergehenden Mehrwerte für den industriellen Markt erschließen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

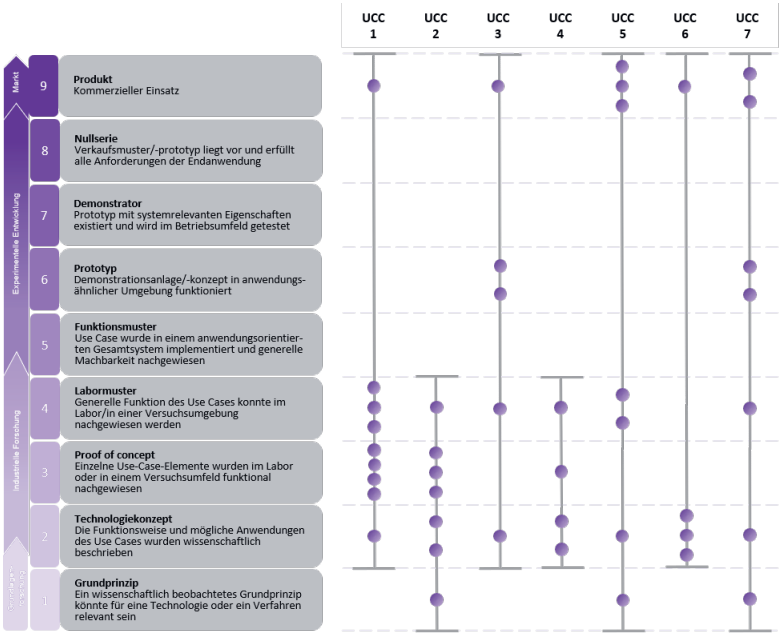


Abbildung 1.5: Technologiereifegrade der unterschiedlichen Anwendungsfälle (basierend auf der Datenbasis aus [16])

1.1.2 Die aktuelle Projektlandschaft

Die Projektlandschaft rund um Gaia-X und Datenökosysteme hat in den letzten Jahren eine Reihe wichtiger Initiativen zur Digitalisierung und Vernetzung verschiedener Industriebereiche hervorgebracht. Ein prominentes Beispiel ist **Catena-X**, das 2021 als erstes Implementierungsprojekt von Gaia-X startete und 2024 in die Verstetigung überging [28]. Catena-X ist speziell auf die Automobilindustrie ausgerichtet und verfolgte das Ziel, ein offenes, kollaboratives Datenökosystem zu schaffen, das die gesamte Wertschöpfungskette dieser Branche abdeckt. Der Fokus liegt auf Interoperabilität und Datensouveränität. Während der Projektlaufzeit wurden wesentliche technologische Grundlagen entwickelt und implementiert, um den Datenaustausch sicher und souverän zu gestalten.

Das Projekt wurde maßgeblich von großen Akteuren wie BMW, Mercedes-Benz und Volkswagen sowie Tier-1-Zulieferern wie Bosch und ZF Friedrichshafen unterstützt. Diese Unternehmen bildeten das Rückgrat des Projekts und trieben die Umsetzung der Anwendungsfälle voran. Darüber hinaus waren IT-Dienstleister wie SAP und Siemens Digital Industries Software Teil des Konsortiums und spielten eine Schlüsselrolle bei der technologischen Umsetzung.

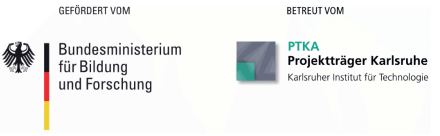
Die Anwendungsfälle in Catena-X sind insbesondere auf die komplexen Anforderungen von Großunternehmen ausgerichtet. Manufacturing as a Service (MaaS) zum Beispiel ermöglicht es Unternehmen, Produktionskapazitäten als Dienstleistung anzubieten, wodurch die Flexibilität globaler Lieferketten erhöht werden kann. Darüber hinaus zielt die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft auf die Optimierung des Materialeinsatzes ab, was insbesondere für Unternehmen mit hohem Produktionsvolumen relevant ist. Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall ist das Demand & Capacity Management, das eine präzise

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Auftrags- und Kapazitätsplanung ermöglicht und insbesondere für Unternehmen mit komplexen Lieferketten von Bedeutung ist [29]. Heute ist Catena-X als verstetigtes Netzwerk ein wichtiger Akteur in der Automobilindustrie, wobei die entwickelten Standards und Lösungen weiterhin genutzt werden. Diese Anwendungsfälle und die damit verbundenen Lösungen zeigen jedoch deutlich, dass Catena-X speziell auf die Bedürfnisse der Hauptakteure in der Automobilindustrie zugeschnitten ist. Neben Catena-X gibt es zahlreiche weitere Projekte, die sich mit Gaia-X und Datenökosystemen beschäftigen. Von besonderer Relevanz für das produzierende Gewerbe in Deutschland ist neben der Förderlinie InGAIA-X das Projekt Factory-X. **Factory-X**, das 2024 gestartet ist, ist ein zentrales Leuchtturmprojekt im Rahmen von Manufacturing-X, das sich speziell auf den Maschinen- und Anlagenbau konzentriert. Zu den Mitgliedern zählen neben SAP und Siemens wichtige Aktuere aus dem Maschinenbau bspw. DMG MORI, Festo und Phoenix Contact. Ziel des Projekts ist es, ein digitales Ökosystem zu schaffen, das auf bestehenden Standards wie AAS und OPC-UA aufbaut und Lösungen für die spezifischen Anforderungen dieser Branche bietet. Die Anwendungsfälle von Factory-X, darunter die vertikale Integration von Produktionsprozessen und die Rückverfolgbarkeit von Materialien, zielen darauf ab, die Effizienz und Transparenz in der Produktion zu erhöhen. Remote Monitoring und Pay-per-Part Geschäftsmodelle gehören hier zu den entwickelten Lösungen. Sie sind jedoch vor allem für große Unternehmen von Bedeutung sind, die ihre weitläufigen Produktionskapazitäten optimal nutzen wollen. In Summe ist zu erkennen, dass die beteiligten Großunternehmen die Initiativen bzw. Projekte sehr prägen und diese daher primär auf deren Bedürfnisse ausgerichtet sind. Die entwickelten Use Cases unterstützen große Akteure dabei, ihre Effizienz zu steigern, Umweltauflagen zu erfüllen und komplexe Lieferketten zu managen. KMU profitieren zwar ebenfalls von den entwickelten Standards und Technologien, stehen jedoch oft vor der Herausforderung, diese Lösungen in ihre weniger umfangreichen Strukturen nutzenstiftend einzusetzen. Darüber hinaus ist auch noch unklar inwieweit sich die Nutzung von Gaia-X bzw. Datenökosystemen für Anwendungsfälle lohnt, an denen keine Großunternehmen beteiligt sind. Hier setzt die Förderlinie **InGAIA-X** an, das den Fokus gezielt auf KMUs richtet. InGAIA-X hat zum Ziel, speziell für mittelständische Unternehmen angepasste Lösungen zu entwickeln, die deren spezifischen Herausforderungen in der Digitalisierung adressieren und ihnen einen echten Mehrwert bieten.

1.2 Die InGAIA-X Förderlinie

Die Förderlinie InGAIA-X ist eine zentrale Maßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), die im Rahmen der Gaia-X-Initiative gezielt kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Deutschland unterstützt. Ziel der Förderlinie ist es, durch die Förderung innovativer Datenlösungen und -technologien die digitale Souveränität zu stärken und KMU den Zugang zu sicheren und interoperablen Dateninfrastrukturen zu erleichtern. Der Fokus liegt dabei auf praxisnahen Anwendungen, die speziell auf die Bedürfnisse von KMU zugeschnitten sind. Die Förderlinie wird vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. [30]



InGAIA-X umfasst fünf Projekte, die in unterschiedlichen Bereichen des produzierenden Gewerbes verortet sind. Diese Projekte sind miteinander vernetzt und teilen gemeinsame Ziele, verfolgen jedoch auch spezifische Fragestellungen und Lösungsansätze. Diese Struktur ermöglicht es, eine große Zahl an Themen abzudecken und sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen möglichst breit in der Industrie anwendbar sind. Die Projekte sollen KMU dabei unterstützen, digitale Technologien effizient

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

zu nutzen, ohne selbst umfangreiche IT-Infrastrukturen aufbauen zu müssen. Forschungseinrichtungen, Unternehmen und staatliche Akteure arbeiten eng zusammen, um hierfür innovative Lösungen zu entwickeln und in der Praxis umzusetzen. Im Folgenden werden die fünf Projekte der Förderlinie kurz beschrieben.

1.2.1 Die Projekte

Insgesamt gibt es 4 Forschungsprojekte, die an konkreten Anwendungsfällen arbeiten, und ein Begleitforschungsprojekt. Das Begleitforschungsprojekt forscht konzeptionell, teilt seine Erkenntnisse mit den anderen Projekten und integriert deren Wissen in die eigenen Ergebnisse.

URANOS-X als Begleitforschungsprojekt hat zum Ziel, den Einsatz von Gaia-X in KMU des produzierenden Gewerbes zu fördern und zu vereinfachen. Dafür entwickelt URANOS-X einen umfassenden Entwicklungsbaukasten, der KMU praxisnahe und maßgeschneiderte Werkzeuge zur Verfügung stellt. Der Entwicklungsbaukasten besteht aus mehreren Komponenten: Lösungsmuster, die einen niedrigschwelligen Einstieg ermöglichen, Methoden zur Konzeption und Implementierung von Gaia-X-Anwendungen, ein Quick-Check, das den aktuellen Stand eines Unternehmens in Bezug auf die Anforderungen von Gaia-X bewertet, sowie ein Reifegradmodell, das einen strukturierten Weg zur Integration von Gaia-X aufzeigt. Diese Werkzeuge unterstützen Unternehmen dabei, die Potenziale von Datenräumen und Gaia-X zu erschließen und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Zentral für das Projekt ist der enge Austausch mit den anderen Verbundprojekten und relevanten Stakeholdern, um sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen den Bedürfnissen der Unternehmen entsprechen und ihre Implementierung in der Praxis erleichtern. Mit diesem Ansatz trägt URANOS-X zur erfolgreichen Digitalisierung und Vernetzung von KMU in Europa bei und unterstützt deren Integration in das Gaia-X-Ökosystem.

GRIPSS-X behandelt den Anwendungsfall der kooperativen Erbringung von industriellen, instandhaltungsnahen Dienstleistungen in der Petrochemie. Hierbei ist es einzelnen Unternehmen durch eine immer stärkere Konzentration auf die jeweiligen Kernkompetenzen nicht mehr möglich, die geforderte Gesamtdienstleistung eigenständig zu erbringen. Daher kommt es zu Kooperationen verschiedener Partner, die einzelne Teilleistungen anbieten. Dies führt allerdings zu einem erhöhten Koordinierungsaufwand. Damit verbunden treten immer häufiger Schnittstellenprobleme, wie bspw. unvollständige Daten, falsche Austauschformate oder unterschiedliche Spezifikationen gleicher Leistungen auf. Daher ist es notwendig eine zentrale Infrastruktur zu schaffen, mit welcher Daten sicher und souverän geteilt werden können. Dabei sind diese Daten als handelbares Gut zu verstehen, um bspw. neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen. Weiterhin müssen entsprechende Tools entwickelt werden, die den Koordinierungsaufwand reduzieren, wodurch sich die Unternehmen wieder stärker auf ihr Kerngeschäft konzentrieren können. Daher wird in GRIPSS-X eine marktplatzähnliche Plattform für industrielle Dienstleistungen entwickelt, die unter Konformität zu den Prinzipien von Gaia-X und auf Basis der Gaia-X Federated Services und durch die Unterstützung von KI-basierten Tools die Komplexität der gemeinsamen Dienstleistungserbringung für Serviceanbieter und -kunden beherrschbar macht. So entsteht aus der Vision von Gaia-X eine branchenspezifische Anwendung im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus.

COSMIC-X zielt darauf ab, Gaia-X Konzepte für den sicheren und souveränen Datenaustausch zwischen mittelständischen Unternehmen zu erproben. Dabei werden drei exemplarische Use Cases im Bereich der Wartung und Instandhaltung entwickelt. Es soll einen effizienten Austausch von Produkt- und Betriebsdaten zwischen Firmen ermöglichen und deren Serviceprozesse optimieren. Die Use Cases fokussieren die Verbesserung von Instandhaltungsprozessen durch den

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Einsatz moderner Technologien wie digitale Zwillinge und KI-gestützte Analyse, um vorausschauende Wartungsstrategien zu ermöglichen und Prozesse zu automatisieren. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der sicheren Identifikation und Authentifizierung im Gaia-X-Datenraum, da dies als die zentrale Voraussetzung für sämtliche firmenübergreifenden Prozesse identifiziert wurde. Mithilfe von Self-Sovereign Identity (SSI)-Technologien - genauer Verifiable Credentials und Decentralized Identifiers (DID) - wird eine verlässliche und dezentrale Sicherheitsinfrastruktur geschaffen, die Vertrauen und Nachvollziehbarkeit gewährleistet. Parallel dazu wird die Blockchain-Technologie genutzt, um die Integrität und Fälschungssicherheit von Transaktionen und Datenzugriffen zu garantieren, was insbesondere für den firmenübergreifenden Datenaustausch wichtig ist. Neben Gaia-X-Standards kommen auch spezifische Technologien zum Einsatz, wie die Asset Administration Shell (AAS) für die Verwaltung digitaler Zwillinge und LLM-basierte Chatbots zur Unterstützung von Servicepersonal. COSMIC-X bietet so eine innovative Grundlage für datengestützte Geschäftsmodelle und einen effizienten Betrieb in einem vernetzten industriellen Umfeld.

DIONE-X hat zum Ziel, die kommerzielle Nutzbarkeit eines innovativen Gaia-X-konformen Datenkanals anhand von drei Use Cases im Bereich der zerspanenden Industrie aufzuzeigen. Die Use Cases sind dabei so gewählt, dass nach Projektende ein nahtloser Übergang von der Pilotphase hin zur kommerziellen Nutzung gewährleistet ist. Die Realisierung des Gaia-X-konformen Datenaustauschkanals erfolgt dabei unter Verwendung einer IoT-Plattform, die im Projekt um eine Anbindung an ein Datenökosystem erweitert wurde. In den einzelnen Use Cases kooperieren je ein Service-Entwickler und ein produzierender Endanwender. Die Service-Entwickler erschließen dabei für sie neuartige Geschäftsfelder und bieten digitale Services an, die über ihr Kerngeschäftsfeld hinausgehen. Die produzierenden Endanwender profitieren gleichzeitig von den neu geschaffenen Nutzungsmöglichkeiten der Services, die Maschinendaten auswerten, beim Aufsetzen neuer Fertigungprozesse zu helfen oder wertvolle bauteilqualitätsbezogene Vorhersagen zu liefern.

Fed-X-Pro erprobt die Realisierung neuartiger Produkt-Service-Anwendungen auf Basis der Gaia-X-Architektur in der industriellen Fertigung. Am Beispiel von Condition Monitoring für High-End-Betriebsmitteln (z. B. Zerspanwerkzeugen) wird gezeigt, wie ein unternehmensübergreifender Datenraum in der Gaia-X-Architektur aussehen könnte. Dabei werden Daten des Werkzeuglebenszyklus (Herstellung, Nutzung, Aufarbeitung) erfasst und etablierte Kommunikationsprotokolle wie OPC UA auf Maschinen-/Anlagenebene explizit genutzt. Darüber hinaus werden Informationsmodelle zur semantischen Beschreibung von Maschine, Bauteil und Werkzeug genutzt, um intelligente Analysen zu unterstützen und dadurch die Übertragbarkeit sowie Skalierbarkeit der Daten zu erhöhen. Die Standardisierung der Datenerfassung erfolgt durch die Asset Administration Shell (AAS), welche herstellerspezifische Datenendpunkte zur weiteren Verwendung zur Verfügung stellt. In einem zweiten Anwendungsfall wurden Daten der Hersteller (Maschinen- und Werkzeughersteller) von mehreren Anwendern über einen Gaia-X-konformen Datenraum akquiriert und für das Training eines KI-Modells genutzt, ohne dass die Daten direkt an den KI-Anbieter übermittelt werden müssen. Durch das lokale Training auf einem Edge-System (oder einem vertrauenswürdigen System im Datenraum) und die ausschließliche Übertragung lokaler Gewichte für die Erstellung eines übergeordneten Modells kann die Datensouveränität zusätzlich gewährleistet werden. Das globale Modell kann genaue Lebensdauervorhersagen und Parametrisierungen für einen spezifischen Einsatzzweck (Maschine, Werkzeug, Material, Prozess) geben. In der Folge sind Hersteller in der Lage, auf Basis der Daten ihre Produkte zu verbessern und Anwender können die Qualität ihrer Produkte sowie die Produktivität ihrer Elementarfaktoren (Betriebsmittel, Rohstoffe o.ä.) bei geringem Risiko erhöhen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Minna Lammi and Mika Pantzar. The data economy: How technological change has altered the role of the citizen-consumer. *Technology in Society*, 59:101157, 2019. ISSN 0160-791X. doi: 10.1016/j.techsoc.2019.101157. URL https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101157.

[2] European Commission. Die europäische datenstrategie – gestaltung der digitalen zukunft europas, 2020. URL https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/862107/European_data_strategy_de.pdf.pdf. Accessed: 2024-10-26.

[3] Bertin Martens, Alexandre de Streel, Inge Graef, Thomas Tombal, and Néstor Duch-Brown. Business-to-business data sharing: An economic and legal analysis. Digital Economy Working Paper 2020-05, European Commission, Seville, 2020. URL https://ssrn.com/abstract=3658100. JRC121366.

[4] Chris Holland, Geoff Lockett, and Ian Blackman. Planning for electronic data interchange. *Strategic Management Journal*, 13(7):539–550, 1992. ISSN 1097-0266. doi: 10.1002/smj.4250130706.

[5] Mattia Santoro, Lorenzino Vaccari, Dimitrios Mavridis, Robin Smith, Monica Posada Sanchez, and Dietmar Gattwinkel. Web application programming interfaces (apis): General-purpose standards, terms and european commission initiatives. EUR Report EUR 29984 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. URL https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118082. JRC118082.

[6] Margherita Pagani. Digital business strategy and value creation: Framing the dynamic cycle of control points. *MIS Quarterly*, 37(2):617–632, 2013. ISSN 02767783. URL http://www.jstor.org/stable/43825925.

[7] Mikko Hänninen, Anssi Smedlund, and Lasse Mitronen. Digitalization in retailing: multi-sided platforms as drivers of industry transformation. *Baltic Journal of Management*, 13(2):152–168, 2018.

[8] Holger Schmidt. Die 100 wertvollsten plattformen der welt, 2019. URL https://www.netzoekonom.de/plattform-oekonomie/. Accessed: 2024-10-26.

[9] Edoardo Celeste. Digital sovereignty in the eu: Challenges and future perspectives. In Federico Fabbrini, Edoardo Celeste, and John Quinn, editors, *Data protection beyond borders*. Hart, Oxford and London and New York and New Delhi and Sydney, 2022. ISBN 978-1-50994-066-0. doi: 10.5040/9781509940691.ch-013.

[10] Uwe Canter and Vannuccini Simone. Innovation and lock-in. In Harald Bathelt, Patrick Cohendet, Sebastian Henn, and Laurent Simon, editors, *The Elgar companion to innovation and knowledge creation*, Edward Elgar E-Book Archive, pages 165–181. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, 2017. ISBN 9781782548522. doi: 10.4337/9781782548522.00018.

[11] The Verge. "eu-einführung der twitter-alternative threads wegen digital markets act verschoben", 2023. URL https://www.theverge.com/23789754/threads-meta-twitter-eu-dma-digital-markets. Accessed: 2024-10-26.

[12] European Union. Eu digital and data regulation acts, 2024. URL https://eur-lex.europa.eu. Accessed: 2024-10-26.

[13] Data Space Support Center. Dssc-glossary, 2024. URL https://dssc.eu/space/BVE/357073697/Introduction.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[14] Boris Otto and Matthias Jarke. Designing a multi-sided data platform: findings from the international data spaces case. *Electronic Markets*, 29(4):561–580, 2019. doi: 10.1007/s12525-019-00362-x. URL https://doi.org/10.1007/s12525-019-00362-x.

[15] Alice Pannier. *The changing landscape of European cloud computing: Gaia-X, the French national strategy, and EU plans*. Briefings de l'Ifri. Ifri, Paris, 22 July 2021. ISBN 9791037303882. URL https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/pannier_european_cloud_computing_2021.pdf.

[16] Theresa Hilger and Johann Schütz. Datenaufbereitung zum State-of-the-Art und Fortschritt europäischer Gaia-X sowie Datenraum Initiativen mit einem Schwerpunkt auf Industrie 4.0 Anwendungsfälle, 06 2024. URL https://doi.org/10.5281/zenodo.11408641.

[17] Joshua Gelhaar, Jan Both, and Boris Otto. Requirements for incentive mechanisms in industrial data ecosystems. In *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics (CPSL) 2021*, pages 126–135. Hannover : publish-Ing., 08 2021. doi: https://doi.org/10.15488/11267.

[18] Marisa Mohr, Christian Becker, Ralf Möller, and Matthias Richter. Towards collaborative predictive maintenance leveraging private cross-company data. In *50. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, INFORMATIK2020- Back to the Future*, volume P-307 of *LNI*, pages 427–432. GI, Gesellschaft für Informatik, 2021. ISBN 978-3-88579-701-2. doi: 10.18420/inf2020_39. URL https://doi.org/10.18420/inf2020_39.

[19] Junjie Liang, Lukas Pelzer, Kai Müller, Simon Cramer, Christoph Greb, Christian Hopmann, and Robert H. Schmitt. Towards predictive quality in production by applying a flexible process-independent meta-model. *Procedia CIRP*, 104:1251–1256, 2021. ISSN 2212-8271. doi: https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.210. URL https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121011082.

[20] Muhammed Hakan Yorulmuş, Hür Bersam Bolat, and Çağatay Bahadır. Predictive quality defect detection using machine learning algorithms: A case study from automobile industry. In Cengiz Kahraman, Selcuk Cebi, Sezi Cevik Onar, Basar Oztaysi, A. Cagri Tolga, and Irem Ucal Sari, editors, *Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation*, pages 263–270, Cham, Switzerland, 08 2022. Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-85577-2. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-85577-2_31.

[21] Andreas Weber and Jens Reichel. Value chain service im asset management. In Jens Reichel, Gerhard Müller, and Jean Haeffs, editors, *Betriebliche Instandhaltung*, pages 35–48. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018. ISBN 978-3-662-53135-8. doi: 10.1007/978-3-662-53135-8_3.

[22] Marcus Schnell, Philipp Jussen, and Benedikt Moser. Smart services – datenbasierte dienstleistungen in der instandhaltung. In Jens Reichel, Gerhard Müller, and Jean Haeffs, editors, *Betriebliche Instandhaltung*, pages 361–373. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018. ISBN 978-3-662-53135-8. doi: 10.1007/978-3-662-53135-8_25.

[23] Savindu Herath Pathirannehelage, Johann Gunnar Johannsson, Yash Raj Shrestha, and Georg von Krogh. Artificial intelligence-augmented decision making in supply chain monitoring: An action design research study. In *31st European Conference on Information Systems - Co-creating Sustainable Digital Futures, ECIS*, 11 2023. URL https://ssrn.com/abstract=4422594.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[24] Zheng Jiang, Jacques Lamothe, Julien Lesbegueries, Frederick Benaben, and Frederic Hauser. An application of managing deviations within a supply chain monitoring framework. In Keith Popplewell, Klaus-Dieter Thoben, Thomas Knothe, and Raúl Poler, editors, *Enterprise Interoperability VIII*, pages 283–293, Cham, Switzerland, 04 2019. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-13693-2_24.

[25] European Parliament. Circular economy: definition, importance and benefits, 05 2023. URL https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits.

[26] José Potting, M.P. Hekkert, Ernst Worrell, and Aldert Hanemaaijer. *Circular Economy: Measuring innovation in the product chain*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 01 2017.

[27] BMWK, Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. Shared Production: Cross-Factory and Cross-Company Production as a Showcase; Smart factory KL Vision 2025 – 'Production Level 4', 2023. URL https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Artikel/Digital-World/GAIA-X-Use-Cases/shared-production.html.

[28] Catena-X Consortium. Catena-x news & dates, 2024. URL https://catena-x.net/en/1/news-dates. Accessed: 2024-10-26.

[29] Catena-X Consortium. Catena-x use cases: Maas, circular economy, and demand & capacity management, 2024. URL https://catena-x.academy/tour/use-cases/. Accessed: 2024-10-26.

[30] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Gaia-x-anwendungen in wertschöpfungsnetzwerken (ingaia-x): Förderung digitaler souveränität für kmu in deutschland, 2021. URL https://www.zukunft-der-wertschoepfung.de/industrie-4-0-gaia-x-anwendungen-in-wertschoepfungsnetzwerken-ingaia-x/. Accessed: 2024-10-26.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

2 Datensouveränität durch Gaia-X – Grundlagen der Ergebnisse in der Förderlinie InGAIA-X

N. Maisch, A. Lechler, O. Riedel, F. Mitschke, T. Schrage, J. Eichholz, D. Karabulut, M. Richter, P. Patolla, S. Vogt, C. Friedrich, F. Rudolph, K. Wenzel, J. Zerbin

2.1 Definitionen und grundlegende Konzepte

In diesem Unterkapitel werden die grundlegenden Konzepte und Begriffe von Gaia-X eingehend erläutert, um ein einheitliches Verständnis für die nachfolgende Kapitel zu schaffen. Zunächst wird aus das zentrale Konzept von Gaia-X eigegangen, die *Interoperabilität*. Anschließend wird der *Datenraum* als zentraler Baustein für den sicheren und kontrollierten Datenaustausch in einem föderierten Umfeld vorgestellt. Darauf aufbauend wird auf die Bedeutung von Wertschöpfungsnetzwerken und Ökosystemen eingegangen, die die kooperative und dynamische Zusammenarbeit verschiedener Akteure zur Schaffung gemeinsamen Mehrwerts beschreiben. Die Interoperabilität der Systeme und Organisationen bildet dabei die Grundlage für eine effektive Zusammenarbeit in diesem Netzwerk. Ein weiterer Fokus liegt auf den Konzepten der Datensouveränität, Sicherheit und Verträge, die sicherstellen, dass der Datenaustausch den strengen Anforderungen an Datenschutz und Kontrolle entspricht. Schließlich wird Gaia-X selbst und das Konzept des "X" in Gaia-X detailliert erläutert, um die Vielseitigkeit und die unterschiedlichen Dimensionen dieser europäischen Initiative umfassend darzustellen.

2.1.1 Interoperabilität

Interoperabilität bezeichnet im Allgemeinen die Fähigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher Systeme, wobei sowohl technische Systeme als auch Organisationen, auf administrativer und personeller Ebene, berücksichtigt werden. Folglich ist Interoperabilität die Voraussetzung für eine reibungslose und effiziente Interaktion zwischen Akteuren, damit Daten übertragen und Informationen geteilt werden können [1].

Interoperabilität umfasst mehrere wesentliche Aspekte, die eine effektive Zusammenarbeit und Integration von Systemen und Organisationen ermöglichen. *Technische Interoperabilität* bezieht sich auf die Fähigkeit verschiedener Systeme, sich durch gemeinsame Standards und Schnittstellen zu verbinden und Daten auszutauschen [2, 3]. *Semantische Interoperabilität* sorgt dafür, dass die Bedeutung der Daten von allen beteiligten Systemen konsistent verstanden wird, oft durch Verwendung von standardisierten Formaten und Ontologien [4, 5]. *Organisatorische Interoperabilität* umfasst die Fähigkeit von Unternehmen, Leistungen sowohl untereinander als auch für ihre Kunden bereitzustellen. Zusammen ermöglichen diese Aspekte eine reibungslose und effiziente Integration und Kommunikation zwischen verschiedenen Systemen und Organisationen[6].

Im Zusammenhang mit *Datenräumen*, *Ökosystemen* und *Wertschöpfungsnetzwerken* ist Interoperabilität besonders wichtig, um eine nahtlose Integration und Zusammenarbeit zwischen den Teilnehmenden zu ermöglichen [7–9]. Auf diese Aspekte wird in den folgenden Abschnitte eingegangen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

2.1.2 Datenraum

Datenräume (engl. Data Spaces) sind zentrale Bestandteile moderner Datenökosysteme und spielen eine entscheidende Rolle bei der Verwaltung, dem Austausch und der Nutzung von Daten über organisatorische und sektorale Grenzen hinweg [10–12]. Im Unterschied zu zentralen Ansätzen zur Datenintegration, wie bei klassischen digitalen Plattformen, werden die Daten nicht physisch zusammengeführt, wodurch kein gemeinsames Datenbankschema erforderlich ist [11]. In diesen dezentral organisierten Umgebungen erfolgt der Zugriff auf Daten vielmehr durch einen kontrollierten Zugang zu den Daten über eine Plattform [12]. Vor diesem Hintergrund werden Datenräume auch als "eine föderierte, offene Infrastruktur für souveränen Datenaustausch, die auf gemeinsamen Vereinbarungen, Regeln und Standards beruht" [12] definiert.

Datenräume zeichnen sich vor allem durch *Dezentralität*, *Transparenz* und *Interoperabilität* aus [12–14]. Dabei verbleiben die Daten bei ihren Besitzern und können mithilfe standardisierter Modelle nahtlos ausgetauscht werden. Die Dateninhaber behalten die volle Kontrolle über ihre Daten, da diese durch entsprechende Sicherheitstechnologien geschützt sind und die Nutzung jederzeit nachvollziehbar bleibt [12, 13]. Um sowohl die Dezentralisierung von Datenräumen zu fördern als auch eine breite Vernetzung der Teilnehmenden zu gewährleisten, setzen die führenden Initiativen für Datenräume auf einen föderierten Ansatz [11, 12, 15]. Dies ermöglicht es zusammen mit der Einführung eines einheitlichen Katalogs politischer Richtlinien und funktionaler und technischer Spezifikationen, Datenräume interoperabel zu gestalten, sodass Austauschprozesse über die Grenzen eines einzelnen Datenraums hinaus stattfinden können [15]. Durch harmonisierte Prozesse, Formate und Semantiken, ermöglichen es föderierte Datenräume ihren Teilnehmenden mit geringem Aufwand auch an anderen Datenräumen teilzunehmen. Durch föderierte Datenräume wird ein reibungsloser und effizienter Informationsaustausch gewährleistet [12].

2.1.3 Wertschöpfungsnetzwerke und Ökosysteme

Ein *Wertschöpfungsnetzwerk* ist ein anpassungsfähiges System bestehend aus Unternehmen, Geschäftspartnern, Kunden und weiteren Beteiligten, die direkt oder indirekt an der Produktion und Lieferung von Waren oder Dienstleistungen zusammenarbeiten [16]. In diesem System wird ein Mehrwert durch enge Zusammenarbeit geschaffen, bei der die Akteure innerhalb des Netzwerkes ihre Ressourcen, Fähigkeiten und Fertigkeiten kombinieren [16, 17]. Die Interaktion und den Austausch zwischen verschiedenen Unternehmen steht dabei im Mittelpunkt [16]. Die Art dieses Austauschs führt dazu, dass die Ressourcen dorthin fließen, wo sie am wertvollsten sind und ermöglicht es den Unternehmen, ihre Ressourcen besser zu nutzen und sich auf die eigenen Kernkompetenzen zu fokussieren [16, 17]. Auf diese Weise kann sich das Netzwerk nicht nur kontinuierlich an Veränderungen in den Märkten oder der Technologie anpassen, sondern gleichzeitig auch langfristige und stabile Beziehungen fördern [16].

Der Begriff des *Ökosystems* (engl. Ecosystem) lässt sich im Kontext von Gaia-X aus zwei Blickwinkeln betrachten: *Business Ecosystem* und *Data Ecosystem*. Im Folgenden werden diese beiden Begriffe näher erläutert.

Ein *Business Ecosystem* beschreibt eine Gruppe von Unternehmen und Einzelpersonen, die miteinander in Beziehung stehen und sich gegenseitig ergänzen, während sie gemeinsam Waren, Technologien und Dienstleistungen für Kunden bereitstellen. Im Rahmen dieser gegenseitigen Ergänzung stehen vor allem *Komplementaritäten* und *Interdependenzen* zwischen den Teilnehmern eines Ökosystems im Fokus [11, 18–20]. Komplementaritäten beziehen sich auf die Art und Weise, wie sich verschiedene Akteure oder Komponenten innerhalb des Ökosystems ergänzen und zusammen einen gesteigerten Mehrwert erzeugen [19]. Interdependenzen beschreiben die gegenseitige Abhängigkeit der Teilnehmer im Ökosystem. Jede Einheit beeinflusst die anderen und wird von ihnen beeinflusst, was zu einer engen Verflechtung der Aktivitäten führt [19, 20]. Durch die Kombination von Komplementaritäten und

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Interdependenzen entsteht ein dynamisches, anpassungsfähiges Ökosystem, das es den beteiligten Akteuren ermöglicht, auf Marktveränderungen zu reagieren und gemeinsam Innovationen voranzutreiben [19]. Diese synergetischen Beziehungen sind entscheidend für die Stabilität und das wirtschaftliche Wachstum des gesamten Ökosystems, da sie eine enge Zusammenarbeit und Koordination über die traditionellen Unternehmensgrenzen hinaus fördern [18].

Ein *Data Ecosystem* bezeichnet ein Netzwerk von miteinander verbundenen Akteuren, Systemen und Prozessen, dessen Fokus auf der gemeinsamen Nutzung, Erstellung, Verwaltung und dem Austausch von Daten liegt [11, 21]. Als miteinander verbundene Netzwerke unterstützen Data Ecosystems Unternehmen dabei, auf der Grundlage von Daten zusammenzuarbeiten und fundierte Entscheidungen zu treffen. Während Business Ecosystems ganze Branchen und die Beziehungen zwischen Unternehmen umfassen, konzentrieren sich Data Ecosystems eher auf die technologischen und informationstechnischen Aspekte, die den Geschäftsbetrieb unterstützen [21].

Eine Gemeinsamkeit zwischen beiden Ökosystemen ist der Faktor Interoperabilität. Sie spielt eine zentrale Rolle, da sie zwei oder mehreren Geschäftseinheiten die Möglichkeit bietet in einer verteilten und heterogenen Umgebung Informationen oder Ressourcen auszutauschen und für die gemeinsame Wertschöpfung und Zusammenarbeit zu nutzen [7, 8]. Folglich steht analog zur ursprünglichen Begrifflichkeit aus der Biologie in beiden Formen der Ökosysteme die Schaffung eines harmonischen Ganzen im Vordergrund, das mehr ist als die Summe seiner Teile.

2.1.4 Datensouveränität

Datensouveränität ist ein Konzept, das sich auf die Kontrolle von Individuen, Organisationen und Staaten über ihre eigenen Daten bezieht. Es hat seine Wurzeln in der traditionellen Vorstellung von Souveränität, die die höchste Autorität eines Staates über sein Territorium und seine Bevölkerung beschreibt. In der digitalen Ära hat sich dieser Begriff jedoch auf den Umgang mit Daten ausgeweitet und ist zu einem entscheidenden Aspekt in den Diskussionen über digitale Rechte, Datenschutz und technologische Autonomie geworden. Dabei spielt Sicherheit im Kontext der Datensouveränität eine zentrale Rolle. Sicherheit umfasst hierbei den Schutz von Daten vor unbefugtem Zugriff, Verlust, Manipulation und Missbrauch. [22]

Der Gedanke der Datensouveränität gewinnt zunehmend an Bedeutung, da Daten zunehmend an Wert gewinnen. Die Kontrolle über Daten umfasst nicht nur deren Sammlung und Speicherung, sondern auch deren Verarbeitung, Verteilung und Nutzung. Die digitale Infrastruktur, auf der diese Prozesse basieren, ist häufig international vernetzt, was es schwierig macht, klare Grenzen der Datenhoheit zu ziehen. Diese Grenzüberlappungen bringen Herausforderungen mit sich, insbesondere wenn es um den Schutz der Daten vor Zugriffen durch ausländische Regierungen oder Unternehmen geht. Ein zentraler Punkt der Datensouveränität ist deshalb die Fähigkeit der Datenbesitzer, zu entscheiden, wo und wie ihre Daten gespeichert und verarbeitet werden. Diese Fähigkeit ist besonders wichtig, da in global verteilten Netzwerken oft unterschiedliche gesetzliche Rahmenbedingungen gelten. Beispielsweise können Daten, die in der EU gespeichert werden, unter die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) fallen, die strengere Datenschutzanforderungen vorschreibt als Gesetze in anderen Teilen der Welt [23]. Dies gibt den Datenbesitzern in der EU eine gewisse Sicherheit, dass ihre Daten vor unbefugten Zugriffen geschützt sind. [22]

Trotz dieser Schutzmechanismen gibt es Herausforderungen, die die Datensouveränität beeinträchtigen können. Ein bedeutendes Problem ist die Abhängigkeit von Cloud-Diensten, die von großen internationalen Technologieunternehmen angeboten werden, insbesondere aus den USA [24]. Diese Unternehmen unterliegen den Gesetzen ihrer Heimatländer, die möglicherweise weniger strenge Datenschutzvorschriften haben oder sogar den Zugriff auf eigentlich geschützte Daten durch Behörden erlauben. Der US Cloud Act von 2018 beispielsweise ermöglicht es US-Behörden, auf Daten zuzugreifen, die von US-Unternehmen weltweit gespeichert werden, auch wenn diese Daten außerhalb der USA gespeichert sind [25]. Diese extraterritoriale Reichweite stellt ein Risiko für die Datensouveränität von

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Unternehmen und Individuen in anderen Ländern dar, da sie der Kontrolle ihrer eigenen Daten beraubt werden könnten. Während Regierungen primär aus sicherheits- und ordnungspolitischen Gründen Daten sammeln, sind die Motive von Unternehmen kommerziell geprägt. [26]

Datensouveränität umfasst überdies auch die Fähigkeit, innovative und datengetriebene Geschäftsmodelle zu entwickeln, die auf einem fairen und sicheren Zugang zu Daten basieren [27]. In einer global vernetzten Wirtschaft sind Daten ein entscheidender Faktor für Innovation und Wettbewerb. Wer die Kontrolle über seine Daten hat, kann nicht nur bessere Entscheidungen treffen, sondern auch neue Märkte erschließen und sich Wettbewerbsvorteile sichern [27]. In Europa hat das Thema Datensouveränität dabei eine besondere politische und wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Die Europäische Union betrachtet die digitale Souveränität als eine wesentliche Voraussetzung, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können und gleichzeitig die Rechte ihrer Bürger zu schützen [24]. Initiativen wie Gaia-X sind Ausdruck dieser Bestrebungen.

Hindernisse für Datensouveränität können neben fehlender Regulierung auch in fehlender Interoperabilität zwischen verschiedenen IT-Systemen und Plattformen liegen. Interoperabilität bezeichnet dabei die Fähigkeit von verschiedenen technischen Systemen, Organisationen und Plattformen nahtlos und effizient im Rahmen eines Datenaustausch zusammenzuarbeiten, ohne dabei an Qualität oder Funktionalität der Daten zu verlieren. Viele Cloud-Dienste sind proprietär und erlauben es den Nutzern nicht, ihre Daten aufwandsarm von einem Anbieter zu einem anderen zu migrieren, ohne dabei die Kontrolle über ihre Daten zu verlieren. Diese "Lock-In"-Effekte machen es für Datenbesitzer schwierig, ihre Daten souverän zu verwalten, da sie an die Bedingungen des Dienstanbieters gebunden sind [28]. Verträge, die klare Klauseln zur Datenportabilität enthalten, ermöglichen es den Datenbesitzern, ihre Daten zu einem anderen Anbieter zu migrieren, ohne dabei die Kontrolle über die Daten zu verlieren. Dies stärkt die Datensouveränität, da es den Datenbesitzern die Flexibilität gibt, den Anbieter zu wechseln, wenn dies notwendig oder wünschenswert ist. Bisher sind solche Verträge allerdings nicht weit verbreitet. [29, 30]

2.1.5 Gaia-X

Gaia-X ist ein europäisches Non-Profit-Projekt, das 2019 von Deutschland und Frankreich initiiert wurde, um eine offene, souveräne und vernetzte digitale Infrastruktur zu schaffen, die den europäischen Werten und Standards entspricht. Es entstand als Antwort auf die wachsende Abhängigkeit Europas von großen, meist nicht-europäischen Cloud-Anbietern, wie sie vor allem in den USA und China angesiedelt sind. Diese Abhängigkeit hat in Europa die Sorge verstärkt, dass die Kontrolle über Daten und digitale Infrastrukturen verloren geht. Mit Gaia-X will Europa seine technologische Autonomie zurückgewinnen und gleichzeitig die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft stärken. [31]

Gaia-X ist keine einzelne Instanz, sondern eine Föderation von Service- und Datenanbietern, die miteinander vernetzt sind und in Datenökosystemen interoperable Dienste anbieten. Das bedeutet, dass Gaia-X als eine Art übergeordnete Rahmenstruktur fungiert, die bestehende Cloud-Dienste und -Anbieter miteinander verbindet. Gaia-X beruht auf grundlegenden Prinzipien, die sicherstellen, dass die Nutzer jederzeit die Kontrolle über ihre Daten behalten. Datensouveränität spielt eine zentrale Rolle. Dies ist nicht nur theoretisch vorgesehen, sondern wird durch die Architektur von Gaia-X aktiv ermöglicht. Durch die Verwendung offener Schnittstellen und Standards fördert Gaia-X die Interoperabilität zwischen verschiedenen Cloud- und Datenanbietern. Transparenz ist ein weiterer Eckpfeiler der Plattform. Gaia-X setzt auf klare und offene Regeln, die allen Beteiligten gleiche Bedingungen bieten. Dies schafft Vertrauen und erleichtert die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren. Zudem legt Gaia-X großen Wert auf höchste Sicherheitsstandards. Die Gaia-X-konformen Plattformen stellen sicher, dass alle gespeicherten und verarbeiteten Daten umfassend geschützt sind, um unbefugten Zugriff zu verhindern. Gleichzeitig verfolgt Gaia-X einen Ansatz der Dezentralisierung. Anstatt von einem zentralen Anbieter gesteuert zu werden, basieren die Plattformen auf einem Netzwerk von Teilnehmenden, die

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

diese in Kooperation betreiben. Diese Struktur fördert nicht nur die Resilienz des Systems, sondern unterstützt auch die Unabhängigkeit und Vielfalt innerhalb des Gaia-X-Ökosystems. [29]

Die Struktur von Gaia-X lässt sich in mehrere Ebenen unterteilen. Eine dieser Ebenen sind die sogenannten "Federated Services". Diese Dienste bieten die grundlegenden Funktionen, die notwendig sind, um eine Interoperabilität zwischen den verschiedenen Cloud-Anbietern sicherzustellen. Dazu gehören unter anderem das Identitäts- und Zugangsmanagement, die Datenportabilität und -interoperabilität sowie die Einhaltung von Compliance- und Sicherheitsanforderungen. Eine weitere Ebene sind die sogenannten "Datenräume" oder Datenökosysteme. Diese sind spezielle Umgebungen, in denen Daten sicher und vertrauenswürdig ausgetauscht und verarbeitet werden können. Jedes Datenökosystem ist für einen bestimmten Sektor oder eine Branche ausgelegt, wie beispielsweise das Gesundheitswesen, die Industrie oder die öffentliche Verwaltung. Innerhalb dieser Datenökosysteme können Unternehmen und Organisationen sicher miteinander kooperieren und Daten austauschen, auch über verschiedenen Datenökosysteme hinweg. Gaia-X ermöglicht es auch, dass sich verschiedene Akteure zu sogenannten „Ecosystemen und Communities" zusammenschließen, um gemeinsam Innovationen voranzutreiben. Diese Gemeinschaften spielen eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung neuer Anwendungsfälle und der Definition von Standards. [29]

Entsprechend der ambitionierten Ziele steht Gaia-X vor einigen Herausforderungen. Dazu gehören die technische Komplexität, die Integration unterschiedlicher Standards und Technologien sowie die Notwendigkeit, eine breite Akzeptanz bei europäischen Unternehmen und Regierungen zu erzielen. Es wird entscheidend sein, wie gut es Gaia-X gelingt, ein starkes und dynamisches Ökosystem aufzubauen, das von einer breiten Basis von Teilnehmern unterstützt wird. Gaia-X ist kein fertiges Produkt, sondern ein ständig wachsendes Ökosystem, das sich an die Bedürfnisse der Teilnehmer anpasst und kontinuierlich weiterentwickelt.

Das „X"

Das „X" in „Gaia-X" steht symbolisch für die Vernetzung und die Interoperabilität, die das Projekt schaffen möchte. Es signalisiert die Kreuzung oder das Zusammenspiel verschiedener Akteure, Dienste und Datenökosysteme innerhalb einer föderierten Struktur. Die Wahl des X ist bewusst gewählt, um die Vielseitigkeit und die Verbindungen darzustellen, die Gaia-X ermöglichen soll.

Zudem steht das „X" auch für die Unbekannten oder Variablen, die in einer dynamischen und komplexen digitalen Infrastruktur eine Rolle spielen oder zukünftig spielen werden. Es symbolisiert die Offenheit und Flexibilität des Systems, das unterschiedliche Technologien, Anbieter und Standards miteinander verknüpfen kann, ohne auf eine starre Architektur festgelegt zu sein. Damit steht Gaia-X dem Aufkommen neuartiger Aspekte, Chancen, Anforderungen und Teilnehmer offen gegenüber. Hervorzuheben ist die Idee, dass das Projekt nicht nur eine Lösung ist, sondern ein Netzwerk von Lösungen, das sich ständig weiterentwickelt und anpasst, um den Anforderungen einer vielfältigen und dynamischen digitalen Welt gerecht zu werden.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

2.2 Aufbau, Struktur & Technologien

In diesem Unterkapitel wird die grundlegende Struktur und Funktionsweise von *Datenräumen* sowie die Rollen beteiligter Akteure erläutert. Zudem werden zentrale Technologien – wie z. B. die *Gaia-X Federation Services* – vorgestellt, um ein grundlegendes Verständnis für die in den Projekten verwendeten Technologien zu schaffen.

2.2.1 Datenraum

Die Nutzung kollaborativer Datenräume ermöglicht neue datengetriebene, industrielle Anwendungsfälle. Datenräume sind dabei nicht zu verwechseln mit Clouds, auf die verschiedene Partner zugreifen können. Vielmehr werden durch das Konzept von Datenräumen gemeinsame Regeln für den gegenseitigen Datenzugriff geschaffen – unabhängig von der zugrundeliegenden Server- oder Cloud-Struktur. Durch die gemeinsam definierten Regeln entsteht eine Infrastruktur für den Datenaustausch, die als Basis für selbstsouveräne datengetriebene Services dient [32]. Datenräume bauen auf vier Prinzipien auf [14]:

1. *Datensouveränität*: Die Teilnehmer eines Datenraums treffen selbstbestimmte Entscheidungen hinsichtlich des Austauschs von Daten mit verschiedenen Partnern. Die Entscheidung über die Nutzung der Daten sowie die Gewährung des Zugriffs obliegen dem Teilnehmer selbst.

2. *Faire Wettbewerbsbedingungen*: Es existieren keine unüberwindbaren Einstiegshürden für neue Teilnehmer. Die Bildung von Datenmonopolen ist nicht zulässig.

3. *Dezentrale immaterielle Infrastruktur*: Analog zum Internet, das auf anerkannten Protokollen basiert, und zum Straßenverkehr, der durch eine Regelung der gültigen Fahrtrichtung gekennzeichnet ist, erfordert der Datenaustausch in Datenräumen gemeinsam anerkannte Regeln, um Offenheit, Interoperabilität oder Vertrauen zu gewährleisten.

4. *Zusammenspiel öffentlicher und privater Stakeholder*: Die gemeinsamen Regeln sollen durch öffentliche und private Stakeholder gemeinsam gestaltet und gepflegt werden.

Die Regeln der Datenräume werden entwickelt, um datengetriebene Anwendungsfälle gemäß dieser Werte in Ökosystemen zu ermöglichen. Um die Regeln und Richtlinien in der Praxis umsetzen zu können, bedarf es zunächst einer Abstraktion der Rollen der Teilnehmer [14] (Abbildung 2.1):

- *Data Owner*: Ein Data Owner besitzt die Rechte an den Daten. Als Eigentümer der Daten obliegt ihm die Entscheidung, ob die Daten privat gehalten oder mit Geschäftspartnern geteilt werden. Dabei ist es unerheblich, auf welchem Speichermedium die Daten gespeichert sind, ob on premise (vor Ort im eigenen Unternehmen), in einer Edge oder in einer Cloud.
- *Data Provider*: Ein Data Provider sammelt, speichert und verarbeitet Daten im Auftrag eines Data Owners. Er ermöglicht den sicheren Austausch und die Nutzung der Daten, während die Kontrolle über deren Verwendung beim Data Owner bleibt. In manchen Geschäftsmodellen nutzt der Data Provider anonymisierte Daten zur Weiterentwicklung eigener Services. Hostet ein Data Owner seine Daten selbst, entfällt der Data Provider.
- *Data Processor*: Ein Data Processor nutzt die Daten eines Data Owners, um neue Services zu entwickeln und diese auf dem Markt anzubieten. Dabei agiert der Data Processor als Schnittstelle zwischen den Daten und den Nutzern der daraus entstehenden Dienstleistungen.
- *Data Marketplace Operator*: Ein Data Marketplace Operator stellt die notwendige Infrastruktur und Governance für den Datenaustausch bereit und gewährleistet eine reibungslose und automatisierte Datennutzung, indem er die Komplexität von Back-Office-Vereinbarungen reduziert.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Die genannten Systeme erleichtern die Auffindbarkeit von Daten, verfolgen alle datenbezogenen Transaktionen auf transparente Weise und setzen die Einhaltung von Datennutzungsrichtlinien durch.

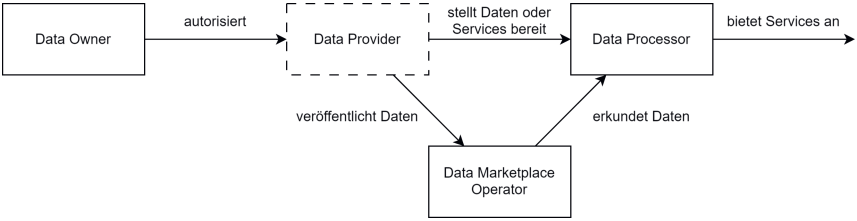


Abbildung 2.1: Rollen in einem Datenraum, eigene Abbildung nach [14]

Um das Zusammenspiel der Teilnehmer nach den oben genannten Regelungen zu organisieren, werden Protokolle und Regelungen benötigt, mit denen die Interaktionen implementiert werden können. Bezüglich der Umsetzung von Datenräumen gibt es verschiedene Ansätze, die von verschiedenen Partnern vorangetrieben werden. Die prominentesten Ansätze werden im Folgenden eingeführt.

2.2.2 Gaia-X und Federation Services

Die Initiative Gaia-X hat sich zum Ziel gesetzt, die Prinzipien von Datenräumen und die immaterielle Infrastruktur in der Wirtschaft zu etablieren und deren Umsetzung voranzutreiben. Zu diesem Zweck erarbeiten Behörden, Unternehmen, Verbände und Forschungsinstitute Richtlinien, um die offenen Standards von Datenräumen zu implementieren [33]. Durch die *Gaia-X Federation Services* werden Software-Stacks entwickelt, die als Toolbox für die Umsetzung von Gaia-X und datengetriebenen Services dienen soll [34]. Hierbei stehen fünf Bereiche im Fokus [35]:

1. *Identität und Vertrauen*: Mit diesen Diensten können die Teilnehmer eines Datenraums sich gegenseitig identifizieren und autorisieren. Die eindeutige Identifikation eines Teilnehmers oder eines Services innerhalb eines Datenraums ist die Voraussetzung für die meisten Anwendungsfälle. Die Identifikation basiert auf Selbstbeschreibungen, welche den Vorgaben des W3C-Standards *Verifiable Credentials* entsprechen [34, 36]. Die Authentifizierung und Autorisierung erfolgt auf Basis einer aus Credentials selbst zusammengestellten *Verifiable Presentation*, die durch eine Reihe von Software-Stacks gemanagt werden kann. Die Bildung einer verteilten Vertrauensstruktur erfolgt durch die Etablierung allgemein anerkannter Vertrauensanker (je nach Anwendung z. B. Behörden, TÜV, Wirtschaftsprüfer, etc.) [34].

2. *Föderierter Katalog*: Der Föderierte Katalog dient innerhalb eines Datenraums als zentrales Repositorium, in dem Teilnehmer die Informationen und Dienstangebote anderer Teilnehmer erkunden und finden können.

3. *Souveräner Datenaustausch*: Es werden Dienste entwickelt, mit denen Data Owner und Data Provider die Kontrolle über ihre Daten halten und Transparenz über die Nutzung der Daten erhalten. Zentrales Element ist die Möglichkeit, digitale Verträge über den Austausch von Daten abzuschließen und den Austausch zu dokumentieren [34].

4. *Compliance*: Dadurch wird die Überprüfung der Regelkonformität von gemeinsam genutzten Diensten ermöglicht, um sicherzustellen, dass Teilnehmer und Dienste die Gaia-X-Grundsätze einhalten.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

5. *Portal und Integration*: Es werden Services geschaffen, um die Dienste von Datenräumen in zugänglichen Oberflächen bereitzustellen und zu orchestrieren.

Welche Federation Services in einem Use Case genutzt werden, obliegt der Absprachen der beteiligten Partner. Die Rollen innerhalb eines Datenraums werden bei Gaia-X um den *Federator* ergänzt, der die Federation Services bereitstellt (s. Abb. 2.2). Es können mehrere Federators pro Datenraum Services zur Verfügung stellen [34]. Die Federation Services werden neben der tatsächlichen Datenservices benötigt, um den Gaia-X-konformen Datenaustausch zu gewährleisten oder Services zu erkunden (analog zum Data Marketplace, vgl. Abb 2.1). Zusätzlich bestehen reguläre Verträge zur Festlegung der Rechte und Pflichten innerhalb des Datenraums.

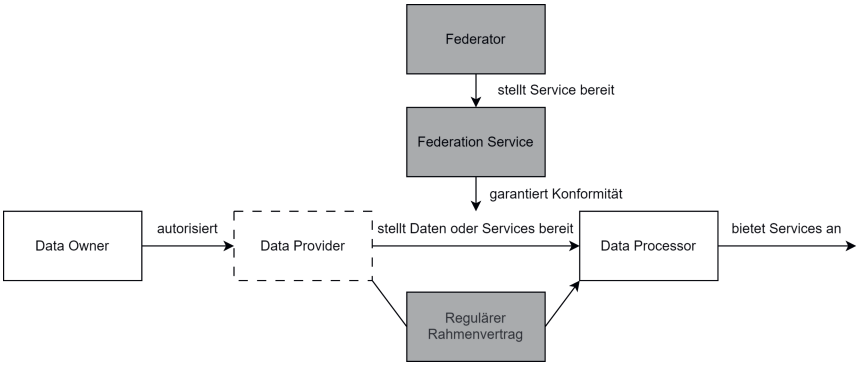


Abbildung 2.2: Rollen in einem Gaia-X Datenraum, eigene Abbildung nach [14] und [34]

2.2.3 Eclipse Dataspace Components (EDC)

Für den sicheren und datenschutzkonformen Austausch von Daten innerhalb von Datenräumen ist eine Lösung erforderlich, die sowohl Interoperabilität als auch die Steuerung von Zugriffsrechten und Richtlinien ermöglicht. Das Eclipse Dataspace Components (EDC) Framework [37] erfüllt diese Anforderungen und spielt eine zentrale Rolle im Aufbau vertrauenswürdiger Datenräume. Das Eclipse Dataspace Components (EDC) Framework ist ein Open-Source-Projekt, welches den Prinzipien von Gaia-X folgt und den Aufbau, den Zugriff sowie die Verbindung von vertrauenswürdigen Datenräumen ermöglicht. Das Framework wird von der Eclipse Foundation verwaltet. Seine zentrale Komponente ist der Eclipse Dataspace Components Connector (EDC-Connector), der für einen sicheren, selbstverwalteten Datenaustausch zwischen den Teilnehmern eines Datenraums sorgt und die Einhaltung von Datenschutzanforderungen, wie der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), unterstützt. Jeder Partner benötigt einen eigenen EDC-Connector, der entsprechende interoperable Schnittstellen bietet und den Austausch von Daten auf eine richtlinienbasierte Weise steuert. Durch die Durchsetzung von Zugangs- und Nutzungsrichtlinien behält jeder Datenanbieter die volle Kontrolle über seine Daten. Diese Richtlinien werden mithilfe der Open Digital Rights Language (ODRL) definiert und regeln in Form von Erlaubnissen, Verboten und Verpflichtungen, wer auf die Daten zugreifen darf, wie sie verwendet werden dürfen und unter welchen Bedingungen sie gelöscht werden müssen. Möglich sind u. a. zeitliche, geografische und zweckgebundene Begrenzungen. Beispielsweise kann die Verwendung auf den Zweck der Qualitätskontrolle begrenzt werden, bei der die Daten nur innerhalb eines bestimmten Zeitraums nach vorheriger Anonymisierung, analysiert werden dürfen und innerhalb der EU verbleiben müssen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Ein wesentliches Merkmal des EDC-Connectors ist die Unterteilung in die Ebenen Control Plane und Data Plane. Die Control Plane steuert den Datenaustausch, indem sie Richtlinien durchsetzt und den Zugriff auf Daten autorisiert. Sie koordiniert die Kommunikation zwischen den beteiligten Parteien, um sicherzustellen, dass alle Datenbewegungen den festgelegten Nutzungsregeln folgen. Für jeden EDC-Connector gibt es genau eine Control Plane. Von der Data Plane, die für den eigentlichen Datentransfer verantwortlich ist, können hingegen mehrere Instanzen parallel existieren, die auf unterschiedliche Protokolle, Datenarten oder Transferanforderungen zugeschnitten sind. Dies ermöglicht es, verschiedene Transferwege getrennt zu behandeln, während die Sicherheit und Interoperabilität gewahrt bleiben.

Für den Transfer müssen die Daten zunächst über den EDC-Connector des Datenanbieters katalogisiert und mit entsprechenden Zugriffs- und Nutzungsrichtlinien in einem Vertrag verknüpft werden. Die Daten verbleiben hierbei an ihren Quellen, welche u. a. lokale Dateisysteme, Cloud-Speicher oder über APIs zugängliche Datenquellen umfassen können. Der Katalog des Anbieters kann anschließend vom EDC-Connector eines vertrauenswürdigen Datenkonsumenten im Datenraum abgerufen werden. Wenn dieser einen gewünschten Datenbestand beziehen möchte, muss er dem Anbieter ein entsprechendes Vertragsangebot zur Verhandlung zusenden. Dieses muss die vom Anbieter geforderten Richtlinien erfüllen. Kommt es durch die Zustimmung des Datenanbieters zu einer Einigung kann der Datentransfer auf zwei Wegen erfolgen. Entweder sendet der Anbieter die Daten sofort oder er vergibt einen Token mit dem die Daten zu einem späteren Zeitpunkt transferiert werden können. Beim Transfer dient der EDC-Connector für beide Seiten als Proxy und verbirgt alle Datenquellen / -referenzen und Ziel-Speicherorte.

Das EDC-Framework umfasst außerdem zahlreiche Funktionserweiterungen des EDC-Connectors, z. B. für Persistenz, unterschiedliche Authentifizierungsverfahren oder für die Konnektivität zu bestimmten Cloud-Diensten. Eigene Erweiterungen können durch den Open-Source Ansatz ebenfalls integriert werden.

2.2.4 Sovereign Cloud Stack

Der *Sovereign Cloud Stack* (SCS) ist ein Open-Source-Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), welches im Rahmen von Gaia-X gefördert wird [38]. Das Kernziel des SCS besteht darin, eine Cloud-Infrastruktur bereitzustellen, die den spezifischen Anforderungen von europäischen Unternehmen und öffentlichen Institutionen gerecht wird. Der SCS dient dabei als Entwicklungsplattform für die Gaia-X Federation Services [39–41]. Das Projekt trägt zu den Bemühungen der europäischen Union bei, die technologische Souveränität unter Beachtung der europäischen Datenschutzrichtlinien zu stärken und eine unabhängige Alternative zu den globalen Cloud-Anbietern zu schaffen [38, 42].

Der SCS basiert auf offenen Standards und Open-Source-Technologien, was Transparenz, Sicherheit und Interoperabilität zwischen verschiedenen Cloud-Anbietern und -Diensten gewährleistet [38, 42]. Diese Interoperabilität wird durch zertifizierbare Standards erreicht, die sowohl eine organisationsübergreifende Föderation als auch eine einfachere Migration von Diensten und Daten aus bestehenden Umgebungen ermöglicht [38, 40, 43]. Damit können Unternehmen ihre Aufgaben und/oder Anforderungen an eine Cloud auf die Clouds mehrerer Betreiber verteilen, was eine hohes Maß an Flexibilität ermöglicht [40]. Darüber hinaus vereinfacht SCS den Aufbau und Betrieb moderner Cloud-Infrastrukturen. Aufgrund seiner modularen Struktur ermöglicht SCS zudem eine schrittweise Umstellung sowie den stetigen Einsatz einzelner Komponenten innerhalb von bereits existenten IT-Infrastrukturen [38]. Ein Beispiel für die erfolgreiche Implementierung von SCS ist die *PlusCloudOpen* von PlusServer.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

2.3 Weitere Technologien

In diesem Unterkapitel werden ergänzende Technologien beschrieben, die in den Projekten erprobt und angewendet wurden, aber nicht zu den zentralen Technologien von Gaia-X zählen. Ein Beispiel hierfür ist die die *Open Platform Communications Unified Architecture* (OPC UA), die zur Unterstützung der Interoperabilität und Kommunikation in den Systemen beiträgt.

2.3.1 Asset Administration Shell (AAS)

Die AAS ist ein Metamodell zur Standardisierung von Digitalen Zwillingen, welches von der *Industrial Digital Twin Association e.V.* (IDTA) veröffentlicht wird. Zweck des Modells ist es, Informationen einheitlich zu strukturieren und diese über definierte Schnittstellen zu kommunizieren.
Es wird eine hierarchische Gliederung angewendet, die eine klare Trennung der verschiedenen Ebenen von Informationen ermöglicht und die Zuordnung von Daten zu spezifischen Aspekten eines Assets erleichtert. In der hierarchischen Gliederung wird zunächst definiert, welches Asset verwaltet werden soll. Anschließend erfolgt die Erstellung von spezifischen Submodellen, die die verschiedenen Aspekte und Eigenschaften des Assets in logische Gruppen einteilen. Beispiele für solche logische Gruppen können sein: *Technical Data*, *Operational Data* oder auch *Documentation*. Hierbei unterstützt die IDTA mit bereits vordefinierten *Submodel Templates*. Diese können – und sollten – für den Aufbau der eigenen AAS verwendet werden, um eine standardisierte Zuordnung zwischen inhaltlich gleichen Submodellen zu ermöglichen. Den kleinsten Informationsbausteine bilden die sogenannten *Submodel Elements*, welche die Eigenschaften eines Assets innerhalb eines Submodells abbilden. Für die Erstellung der Submodelle lassen sich auch existierende Standardisierungsformate, wie sie etwa vom *ECLASS e.V.* bereitgestellt werden, importieren.
Schlussendlich wird das Metamodell als eine strukturierte Textdatei im JSON oder XML Format abgelegt oder als Bestandteil des AAS-spezifischen Containerformats AASX gespeichert. Durch den Austausch dieser Dateien können Informationen über digitale Zwillinge geteilt werden. Für die Bereitstellung von Asset Administration Shells als digitalen Service wird ein entsprechender AAS Server benötigt. Folgende Implementierungen wurden in den Projekten erprobt und verwendet:
IDTA AAS[1] wird von der *Industrial Digital Twin Association e.V.* entwickelt und bereitgestellt. Sie setzt den von der IDTA definierten Standard um.
BaSyx AAS[2] ist ein vom *Fraunhofer IESE* entwickeltes AAS Projekt, welches sich nah am IDTA Standard orientiert.
FAAAST AAS[3] ist ebenfalls ein Projekt zur Bereitstellung von AAS Metamodellen und wird vom *Fraunhofer IOSB* entwickelt.

2.3.2 OPC UA

Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) ist ein industrieller Kommunikationsstandard, der in der Automatisierungstechnik und Fertigungsindustrie weit verbreitet ist. Entwickelt wurde er von der OPC Foundation und stellt eine moderne, plattformunabhängige Weiterentwicklung der ursprünglichen OPC-Standards dar. Sein Ziel ist es, eine sichere, zuverlässige und herstellerunabhängige Kommunikation zwischen Maschinen, Anlagen, Geräten und IT-Systemen zu ermöglichen. Im Vergleich zu den vorherigen OPC-Standards, die auf Microsoft-Technologien wie COM/DCOM basierten, ist OPC UA plattformunabhängig und verwendet moderne Kommunikationsprotokolle wie TCP/IP oder HTTP. Es unterstützt verschiedene Implementierungen, von kleinen eingebetteten Systemen bis hin zu komplexen IT-Umgebungen, und kann auf verschiedenen Betriebssystemen wie

[1] https://github.com/eclipse-aaspe/server
[2] https://github.com/eclipse-basyx/basyx-java-server-sdk
[3] https://github.com/FraunhoferIOSB/FAAAST-Service

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Windows, Linux oder sogar in Cloud-Umgebungen ausgeführt werden. Ein wesentlicher Vorteil von OPC UA ist seine *Service-orientierte Architektur* (SOA). Das bedeutet, dass Systeme über klar definierte Dienste miteinander kommunizieren, die beispielsweise Daten lesen und schreiben, Ereignisse überwachen oder Methoden ausführen können. Dies ermöglicht eine flexible und skalierbare Struktur, die sowohl für einfache Datenübertragungen als auch für komplexe Steuerungsprozesse geeignet ist. Sicherheitsaspekte spielen eine zentrale Rolle bei OPC UA. Der Standard bietet End-to-End-Verschlüsselung, Authentifizierung, Autorisierung und Datenschutzmechanismen, die es ermöglichen, Daten sicher über verschiedene Netzwerke und Systemgrenzen hinweg zu übertragen. Dies ist besonders in der Industrie 4.0 und dem *Industrial Internet of Things* (IIoT) wichtig, wo Maschinen, Sensoren und IT-Systeme eng miteinander vernetzt sind. Ein weiterer Vorteil von OPC UA ist die Unterstützung einer semantischen Datenmodellierung. Durch die Möglichkeit, komplexe Datenstrukturen zu beschreiben und zu übertragen, können Maschinen und Systeme nicht nur einfache Werte, sondern auch deren Bedeutung und Kontext austauschen. Dies ist entscheidend für die Interoperabilität in heterogenen Umgebungen.

Insgesamt stellt OPC UA einen wichtigen Baustein für die Realisierung von intelligenten Fertigungssystemen dar, da es nicht nur die technische Kommunikation zwischen Geräten sicherstellt, sondern auch die Grundlage für die Integration von IT-Systemen und die Umsetzung datengetriebener Prozesse bietet. Dies macht OPC UA zu einem Schlüsselfaktor der digitalen Transformation und der Weiterentwicklung hin zu intelligenten Fabriken im Kontext von Industrie 4.0.

OPC UA Companion Specifications sind Erweiterungen des OPC UA-Standards, die spezifische Anforderungen und Datenmodelle für bestimmte Branchen, Technologien oder Anwendungen definieren. Während OPC UA als universeller Kommunikationsstandard fungiert, stellen die Companion Specifications sicher, dass branchenspezifische Informationen und Funktionen nahtlos und standardisiert integriert werden können. Sie dienen als verbindendes Element, um die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen und Geräten herstellerübergreifend zu gewährleisten.

Jede Companion Specification wird in enger Zusammenarbeit zwischen der OPC Foundation und verschiedenen Industrieverbänden, Normungsorganisationen oder Konsortien entwickelt. Der Zweck dieser Erweiterungen besteht darin, branchenspezifische Datenmodelle zu definieren, die sicherstellen, dass Maschinen, Anlagen und IT-Systeme einer bestimmten Branche nicht nur über OPC UA kommunizieren, sondern auch die Bedeutung und Struktur der übertragenen Daten einheitlich interpretieren können. Beispiele für Companion Specifications gibt es in den Bereichen der Robotik, Automatisierung, der Pharmaindustrie oder des Energiewesens.

Ein wesentlicher Aspekt der Companion Specifications ist die semantische Interoperabilität. Dies bedeutet, dass die Bedeutung der ausgetauschten Daten durch standardisierte Modelle und Beschreibungen klar definiert ist, was es Systemen ermöglicht, nicht nur Daten zu verstehen, sondern auch deren Kontext zu erkennen. Dies ist besonders wichtig in heterogenen Systemlandschaften, in denen unterschiedliche Technologien und Maschinen miteinander agieren müssen.

Ein typisches Beispiel für eine Companion Specification ist die Zusammenarbeit zwischen dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und der OPC Foundation, bei der spezifische Datenmodelle für die Maschinenbauindustrie entwickelt wurden. Diese Companion Specifications ermöglichen es den Maschinenherstellern, ihre Maschinen und Anlagen in Industrie 4.0-Umgebungen effizienter und standardisiert zu integrieren.

Durch die Verwendung von OPC UA Companion Specifications wird die Interoperabilität auf einem hohen Niveau sichergestellt, was für den Erfolg von Industrie 4.0 und dem IIoT von zentraler Bedeutung ist. Sie bieten einen strukturierten Rahmen, um branchenspezifische Anforderungen in eine globale, standardisierte Kommunikationsarchitektur zu überführen und tragen so zur Effizienzsteigerung, Flexibilität und Skalierbarkeit industrieller Systeme bei.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

2.3.3 LinkedFactory

Die Kombination von Prozess-, Produkt- und Ressourcendaten ist unerlässlich, um die Einflussfaktoren auf Produktqualität und Produktionsleistung besser zu verstehen. Unternehmen stehen dabei jedoch vor vielfältigen Herausforderungen. Zum einen werden Bezugsobjekte wie Produkte, Prozesse und Ressourcen in unterschiedlichen Strukturen (z. B. Stücklisten, CAx-Daten) und Datentypen (z. B. numerische Werte, Strings, Datensätze) aus verschiedenen Quellen wie Steuerungssystemen und Sensoren erfasst. Zum anderen erzeugen die Systeme zwar große Mengen an Informationen, diese sind jedoch häufig weder universell verständlich aufbereitet noch leicht zugänglich und auswertbar.

Semantische Modelle können die Organisation der Daten unterstützen, indem sie Struktur- und Herkunftsinformationen bereitstellen. Gleichzeitig sollte eine flexible Datenarchitektur die Integration von beobachteten Objekten und deren Attributen zu jedem Zeitpunkt ermöglichen.

Die LinkedFactory (LF)-Architektur[4] stellt solch eine flexible Architektur zur Verfügung und definiert dazu ein einfaches Datenformat und Protokoll zur Erfassung, Speicherung und Abfrage von Produktionsdaten. Dadurch wird ein generisches Datenmodell realisiert, welches es ermöglicht Zeitreihendaten und die zugehörigen Metadaten durch Nutzung der Linked-Data-Prinzipien zu speichern und zu verknüpfen. LF verwendet ein an JSON-LD angelehntes leichtgewichtiges Linked-Data-Format, das eine graphenbasierte Struktur zur Darstellung von Objekten und ihren Attributen ermöglicht. Weiterhin werden HTTP-basierte APIs zur Aufnahme, zum Abruf und zur Abfrage der Daten definiert [44]. Darüber hinaus ermöglicht ein SPARQL-Endpunkt die gemeinsame Abfrage und Aggregation des Wissensgraphs und der Zeitreihendaten. Letztere werden durch das Bezugsobjekt, die erfasste Eigenschaft, einen Kontext (z. B. Organisationseinheit, Simulationslauf) und einem Zeitstempel qualifiziert. Durch die Anwendung der Linked-Data-Prinzipien ist es möglich, Verknüpfungen zwischen den Werten eines Elements und anderen Elementen herzustellen (z. B. Teile, die von einer Maschine zu einem bestimmten Zeitpunkt produziert werden, und das Teil selbst mit den zugehörigen Prozessdaten). Dieser weborientierte Ansatz erlaubt die Kombination von semantischen Beschreibungen für Produktionssysteme (gespeichert als RDF) mit großen Mengen von Produktionsdaten (gespeichert in einer Zeitreihendatenbank) [45].

Innerhalb dieses flexiblen Ansatzes ist es darüber hinaus möglich, verschiedene Arten von semantischen Beschreibungen zu integrieren, unabhängig davon, ob sie auf Ontologien basieren, einfache RDF-Beschreibungen verwenden oder aus anderen Frameworks, wie dem Semantic Aspect Meta Model (SAMM), abgeleitet sind. Dies ermöglicht die Darstellung von Daten für mehrere Anwendungsfälle, z. B. in bauteil-, prozess- und maschinenzentrierten Sichten. In der Abbildung 2.3 ist dies exemplarisch am Beispiel eines Produktionsprozesses mit einer Presse dargestellt.

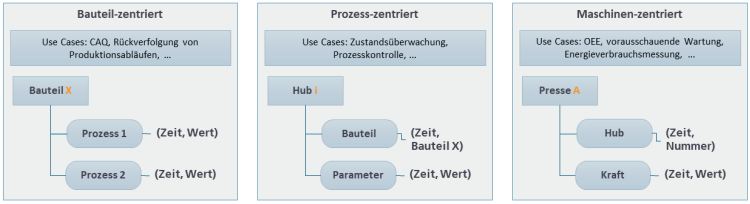


Abbildung 2.3: Verschiedene Sichten auf Produktionsdaten, eigene Abbildung

Abbildung 2.4 zeigt eine mögliche Referenzarchitektur. Die Daten werden in der Regel über konfigurierbare Konnektoren erfasst, die Industriestandards wie OPC UA, S7, MQTT und Modbus un-

[4] https://github.com/linkedfactory/specification

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

terstützen. Diese Daten werden in das LF-JSON-Format umgewandelt und entweder per Streaming (2a) weitergeleitet oder über die LF-HTTP-API in einem lokalen oder entfernten historischen Datendienst (2b) gespeichert. Die LF-HTTP-API ermöglicht zudem das Batch-Laden mehrerer Datensätze über POST-Anfragen, bei denen LF-JSON- oder CSV-Formate als Nutzdaten genutzt werden können.

Die LF-Architektur unterstützt verschiedene Speicherlösungen zur Verwaltung von Zeitreihendaten, darunter SQL, NoSQL und Parquet. Für eigenständige Implementierungen kann die Key-Value-Datenbank wie LevelDB in Kombination mit einem Parquet-basierten Archiv verwendet werden. Je nach Anforderung lässt sich Streaming entweder mit klassischem Message Queuing, wie etwa MQTT, oder mit Kafka realisieren.

Eine Open-Source-Referenzimplementierung ist als LinkedFactory Pod[5] verfügbar, die die Aufnahme von (Streaming-)Daten (3a) sowie SPARQL-basierte Abfragen auf verteilten Datenservices über die LF-HTTP-API (3b) unterstützt. Durch die Verwendung der Abfragesprache SPARQL wird eine integrierte Abfrage sowohl der Zeitreihen- als auch der Metadaten ermöglicht. Abhängig von den zeitlichen Anforderungen können Online-Daten per Streaming (3c) oder durch eine Kombination aus der LF-HTTP-API und SPARQL-Abfragen (4a) bereitgestellt werden. Letztere Option erlaubt benutzerdefinierte Analysen und Visualisierungen, beispielsweise mit Grafana und einer LF-Datenquelle (4b). Der Regelkreis wird geschlossen, indem Parameter über einen Konnektor (5) an das Produktionssystem zurückgesendet werden (6).

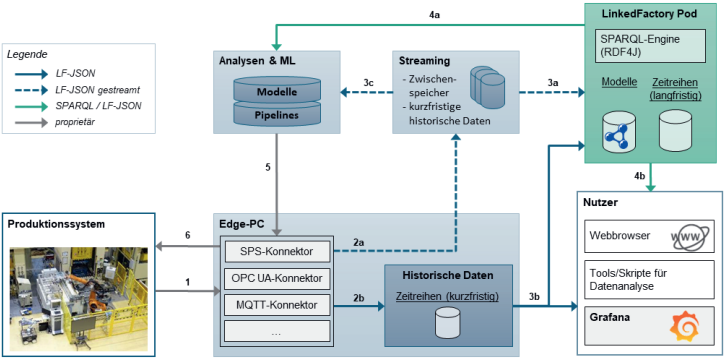


Abbildung 2.4: Architekturentwurf für den Aufbau von Regelkreisen für Produktionsprozesse, eigene Abbildung

[5]https://github.com/linkedfactory/linkedfactory-pod

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Uwe Bracht, Dieter Geckler, and Sigrid Wenzel. *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele*. VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin and Heidelberg, 2., aktualisierte und erweiterte auflage edition, 2018. ISBN 3662557827. doi: 10.1007/978-3-662-55783-9.

[2] Michael Schneider, Benjamin Hippchen, Sebastian Abeck, Michael Jacoby, and Reinhard Herzog. Enabling iot platform interoperability using a systematic development approach by example. In *2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, pages 1–6, 2018. doi: 10.1109/GIOTS.2018.8534549.

[3] Mark Kasunic and William Anderson. Measuring systems interoperability: Challenges and opportunities. Technical report, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2004.

[4] Sandra Heiler. Semantic interoperability. *ACM Computing Surveys*, 27(2):271–273, 1995. ISSN 0360-0300. doi: 10.1145/210376.210392.

[5] Farhad Ameri, Dusan Sormaz, Foivos Psarommatis, and Dimitris Kiritsis. Industrial ontologies for interoperability in agile and resilient manufacturing. *International Journal of Production Research*, 60(2):420–441, 2022. ISSN 0020-7543. doi: 10.1080/00207543.2021.1987553.

[6] François B. Vernadat. Technical, semantic and organizational issues of enterprise interoperability and networking. *Annual Reviews in Control*, 34(1):139–144, 2010. ISSN 13675788. doi: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.009.

[7] Gabriel S. S. Leal, Wided Guédria, and Hervé Panetto. Enterprise interoperability assessment: a requirements engineering approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(3):265–286, 2020. ISSN 0951-192X. doi: 10.1080/0951192X.2020.1736636.

[8] Daniel Hodapp and André Hanelt. Interoperability in the era of digital innovation: An information systems research agenda. *Journal of Information Technology*, 37(4):407–427, 2022. ISSN 0268-3962. doi: 10.1177/02683962211064304.

[9] Damianos Sakas and Konstadinos Kutsikos. An adaptable decision making model for sustainable enterprise interoperability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 148:611–618, 2014. ISSN 18770428. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.07.087.

[10] Gaia-X. Gaia-x - architecture document. Technical report, Gaia-X, 2022.

[11] Boris Otto. The evolution of data spaces. In Boris Otto, Michael ten Hompel, and Stefan Wrobel, editors, *Designing Data Spaces*, pages 3–15. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-030-93974-8. doi: 10.1007/978-3-030-93975-5{\textunderscore}1.

[12] Abel Reiberg, Crispin Niebel, and Peter Kraemer. What is a data space? White Paper 1/2022, Gaia-X Hub Germany, 2022. Gaia-X Hub Germany White Paper.

[13] Boris Otto, Jan Jürjens, Jochen Schon, Sören Auer, Nadja Menz, and Sven Wenzel. Industrial data space - digitale souveränität über daten. Technical report, Fraunhofer-Gesellschaft, 2016.

[14] Lars Nagel and Douwe Lycklama. Design principles for data spaces, 2021. URL `https://doi.org/10.5281/zenodo.5244997`.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[15] Hubert Tardieu. Role of gaia-x in the european data space ecosystem. In Boris Otto, Michael ten Hompel, and Stefan Wrobel, editors, *Designing Data Spaces*, pages 41–59. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-030-93974-8. doi: 10.1007/978-3-030-93975-5{\textunderscore}4.

[16] Martin Johanson and Torkel Wedin. Value creation in industrial networks. In *16th Annual IMP Conference*, 2000.

[17] Maila Herrala and Pekka Pakkala. Value-creating networks – a conceptual model and analysis, 2009.

[18] Shaker A. Zahra and Satish Nambisan. Entrepreneurship and strategic thinking in business ecosystems. *Business Horizons*, 55(3):219–229, 2012. ISSN 00076813. doi: 10.1016/j.bushor.2011.12.004.

[19] Rahul Kapoor. Ecosystems: broadening the locus of value creation. *Journal of Organization Design*, 7(1), 2018. doi: 10.1186/s41469-018-0035-4.

[20] James F. Moore. Business ecosystems and the view from the firm. *The Antitrust Bulletin*, 51 (1):31–75, 2006. ISSN 0003-603X. doi: 10.1177/0003603X0605100103.

[21] Svetlana Maltseva and Peter Golubtsov. Business ecosystem & data ecosystem: Introduction to international workshop on big data for business ecosystems. In *International Conference on Information Systems 2022 Special Interest Group on Big Data Proceedings*. Association for Information Systems, 2022. URL `https://aisel.aisnet.org/sigbd2022/1`.

[22] Patrik Hummel, Matthias Braun, Max Tretter, and Peter Dabrock. Data sovereignty: A review. *Big Data & Society*, 8(1):2053951720982012, 2021.

[23] Alexander Roßnagel. Datenschutz-grundverordnung. *Datenschutzaufsicht nach der EU-Datenschutz-Grundverordnung: Neue Aufgaben und Befugnisse der Aufsichtsbehörden*, pages 21–39, 2017.

[24] Huw Roberts, Josh Cowls, Federico Casolari, Jessica Morley, Mariarosaria Taddeo, and Luciano Floridi. Safeguarding european values with digital sovereignty: an analysis of statements and policies. *Internet Policy Review, Forthcoming*, 2021.

[25] Jean Galbraith. Congress enacts the clarifying lawful overseas use of data (cloud) act, reshaping us law governing cross-border access to data. *The American Journal of International Law*, 112 (3):487–493, 2018.

[26] Edoardo Celeste. Digital sovereignty in the eu: Challenges and future perspectives. In Federico Fabbrini, Edoardo Celeste, and John Quinn, editors, *Data protection beyond borders*. Hart, Oxford and London and New York and New Delhi and Sydney, 2022. ISBN 978-1-50994-066-0. doi: 10.5040/9781509940691.ch-013.

[27] Christian Jung and Jörg Dörr. Data usage control, 2022.

[28] Markus Eurich and Michael Burtscher. The business-to-consumer lock-in effect. *Cambridge Service Alliance*, 14, 2014.

[29] Gaia-X Hub. Gaia-x explained, 2024. URL `https://gaia-x-hub.de/en/gaia-x-explained/`.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[30] Justice Opara-Martins, Reza Sahandi, and Feng Tian. Critical analysis of vendor lock-in and its impact on cloud computing migration: a business perspective. *Journal of Cloud Computing*, 5 (1), 2016. doi: 10.1186/s13677-016-0054-z.

[31] Alice Pannier. *The changing landscape of European cloud computing: Gaia-X, the French national strategy, and EU plans*. Briefings de l'Ifri. Ifri, Paris, 22 July 2021. ISBN 9791037303882. URL https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/pannier_european_cloud_computing_2021.pdf.

[32] Boris Otto. Gaia-x and ids: Position paper, version 1.0, 2021. URL https://doi.org/10.5281/zenodo.5675897.

[33] Francesco Bonfiglio. Vision & strategy, 2021. URL https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/2021/12/Vision-Strategy.pdf.

[34] Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL. Gaia-x – architecture document: 22.10 release, 2022. URL https://docs.gaia-x.eu/technical-committee/architecture-document/22.10/.

[35] eco – Verband der Internetwirtschaft e.V. Strategien zum aufbau von gaia-x ökosystemen mithilfe der gaia-x föderationsdienste: Im dialog mit den gaia-x förderprojekten, 2022. URL https://www.gxfs.eu/de/downloads/.

[36] World Wide Web Consortium. Verifiable credentials data model v1.1, 03 March 2022. URL https://www.w3.org/TR/vc-data-model.

[37] Eclipse Foundation. Eclipse dataspace components connector, 2024. URL https://github.com/eclipse-edc.

[38] Manuela Urban and Kurt Garloff. Sovereign cloud stack: Technische souveränität durch ofene, föderierbare und modulare cloud-plattformen vollständig auf basis von open-source-software. *Datenschutz und Datensicherheit-DuD*, 46:616–621, 2022. URL https://link.springer.com/article/10.1007/s11623-022-1669-5.

[39] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Fortschrittsbericht 2022 – industrie 4.0 gestalten. resilient, nachhaltig, wettbewerbsstark. Technical report, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022.

[40] OSB Alliance. Sovereign cloud stack veröffentlicht release 6, 2024. URL https://osb-alliance.de/pressemitteilungen/sovereign-cloud-stack-veroeffentlicht-release-6.

[41] Sovereign Cloud Stack. Über sovereign cloud stack, 2024. URL https://scs.community/de/about/.

[42] OSB Alliance. Osb alliance entwickelt sovereign cloud stack (scs) für das gaia-x projekt, 2021. URL https://osb-alliance.de/sovereign-cloud-stack-scs.

[43] SCS-Community. Frequently asked questions, 2024. URL https://docs.scs.community/docs/faq/.

[44] Marko Friedemann, Ken Wenzel, and Adrian Singer. Linked data architecture for assistance and traceability in smart manufacturing. *MATEC Web of Conferences*, 304:04006, 01 2019. doi: 10.1051/matecconf/201930404006.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[45] Jossy Milagros Grützmann, Franziska Rudolph, Martin Boesler, and Ken Wenzel. Flexible data architecture for enabling ai applications in production environments. In Martin Krockert and Torsten Munkelt, editors, *Workshop Proceedings AI in Production - 1, KI 2024 - 47th German Conference on Artificial Intelligence*, volume 1 of *AI in Production*, Würzburg, Germany, 2024. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig. doi: 10.33968/2024.77.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

3 URANOS-X – Methoden zur Befähigung von KMU für Gaia-X

J. Zerbin, K. Kandaih, J. Lick, E. Dorkaev, P. Kulkarni, N. Radbruch, J. Lamarz, M. Lin, F. Zielenbach, F. Dohmann, M. Uslar, B. Merx, O. Werth, J. Schütz, T. Hilger, C. Koldewey

URANOS X
GAIA-X für die Produktion

Titel	Untersuchung von Anforderungen, Lösungsmustern und Methoden zur Befähigung produzierender Unternehmen für Gaia-X
Förderlinie	ZdW - InGaia-X: Industrie 4.0 - Gaia-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken
Laufzeit	01.11.2022 bis 31.12.2024
Fördermittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen	02J21D000 ff.

3.1 Einführung

Wie Kapitel 1 aufzeigt werden sich Unternehmen langfristig nicht dem Paradigma der vernetzten Wertschöpfung entziehen können. In der Produktion erzeugen Maschinen und Anlagen riesige Datenmengen, die von unterschiedlichen Akteuren verwaltet und genutzt werden sollen und müssen, um die Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten [1]. Die Unternehmen müssen folglich befähigt und motiviert werden, sich für Gaia-X zu öffnen und so positive Synergieeffekte mit ihren Partnern zu realisieren. Gerade mittelständische Unternehmen stehen vor ähnlichen Herausforderungen hinsichtlich der Integration und Auswertung von Daten und deren Lösung in einer einheitlichen Sprache, Semantik sowie in offenen und modularen Strukturen [1] – diese sind zwingende Interoperabilitätsvorraussetzungen für die neue Ökonomie der Datenökosysteme. Es liegen jedoch nicht nur technische Herausforderungen vor; auch in der Gestaltung des Geschäfts, der Organisation und Arbeit werden beim Einstieg in Gaia-X Transformationsbedarfe aufgeworfen. Zum Beispiel durch daten-basierte Geschäftsmodelle, neue DevOps-Abteilungen oder Datenkompetenzen. Hier setzt das Projekt URANOS-X als Begleitforschungsprojekt der Förderlinie InGAIA-X an. Das Projekt untersucht Anforderungen, Lösungsmustern und Methoden zur Befähigung produzierender Unternehmen für Gaia-X. Dafür verfolgt das Projekt die grundlegende Vorgehensweise abgebildet in Abbildung 3.1.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

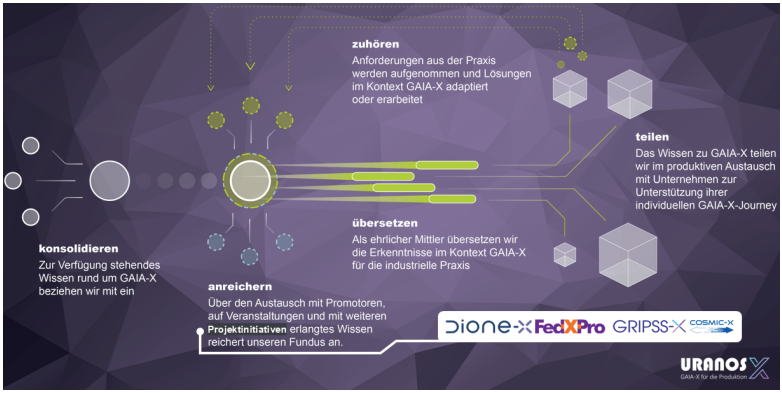


Abbildung 3.1: URANOS-X als Begleitforschung

Das bestehendes Wissen über Gaia-X wird konsolidiert, im Austausch primär mit den Verbundprojekten angereichert und für die industrielle Praxis übersetzt und geteilt. Das Feedback der Industrie wird wiederum integriert. Die Ergebnisse werden in einem Entwicklungsbaukasten zusammengefasst, um die Nutzung von Gaia-X und Datenräumen im produzierenden Gewerbe zu fördern.

Die Fachgruppe Advanced Systems Engineering (ASE) des Heinz Nixdorf Instituts (HNI) übernimmt im Projekt die Rolle des Koordinators und stellt sicher, dass die Zusammenarbeit zwischen den Partnern reibungslos verläuft und die Projektziele erreicht werden. Außerdem koordiniert sie den Austausch mit und zwischen den Verbundprojekten. Sie erforscht grundlegend das Business und Systems Engineering im Kontext der Digitalisierung. Wissenschaftlich untersucht die Fachgruppe ASE vor allem Lösungsmuster und die formale Systemspezifikation. Das FIR der RWTH Aachen bringt seine Expertise in der Erforschung praxisrelevanter Lösungen für die digitale Vernetzung der Wirtschaft in seinen Schwerpunkten Business-Transformation, Informations- und Produktionsmanagement ein. Im Projekt fokussiert sich das FIR darauf die Geschäftsmodell-Lösungsmuster für KMU anwendbar zu machen. Ferner liegt ein Fokus auf der Transformation von Unternehmen zum Gaia-X-Anbieter und -Anwender und der Integration der Ergebnisse in die Transferumgebung für KMU. Das Fraunhofer IEM forscht im Bereich Plattformökonomie aus technischer und wirtschaftlicher Perspektive. Es konzentriert sich im Projekt auf die Ideenfindung, Use Cases, methodische Hilfsmittel und den Transfer in KMU. Das OFFIS – Institut für Informatik erforscht und entwickelt anwendungsorientierte Konzepte, Lösungen und Prototypen für IKT-Systeme. Im Projekt ist es hauptverantwortlich für Entwicklung und Bereitstellung von Leitlinien und Templates zur Dokumentation sowie von Konzepten zur Integration und Validierung, um so KMU beim Entwurf, bei der Bewertung sowie bei der Realisierung von Gaia-X-konformen Anwendungen zu unterstützen. Im Rahmen des Projekts wurden folgende Ergebnisse entwickelt:

- Gaia-X Funktionalitäts- und Geschäftsmodellmuster
- Gaia-X Use Case Cluster
- Methode zur Ideenfindung für Datenökosystemen
- Methode zur Entwicklung von Gaia-X Geschäftsmodellen
- Schema für Entwicklungsaufträge für Gaia-X Lösungen
- Architekturstandards
- Modellierungssprache und -methode für Datenräume

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

- Governance- und Zertifizierungskonzept
- Gaia-X Erlebniswelt und Gaia-X Demonstrator
- Gaia-X Quick-Check und Reifegradmodell

3.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt

Der zentrale Forschungsgegenstand des Projekts URANOS-X ist Gaia-X selbst und die Unterstützung von KMU bei der Nutzung von Gaia-X. Aus diesem Grund ist Gaia-X von entscheidender Bedeutung für das Projekt. URANOS-X befasst sich mit allen Aspekten von Gaia-X, um das übergeordnete Projektziel – die Erforschung und Entwicklung von Anforderungen, übertragbaren Lösungsmustern und Methoden zur Befähigung produzierender Unternehmen für Gaia-X – zu erreichen.

3.3 Projektergebnisse

In diesem Kapitel werden die Projektergebnisse dargestellt, beginnend mit den Bedarfen und Anforderungen der relevanten Stakeholder zum Thema Gaia-X. Darauf aufbauend erfolgt die Konsolidierung des vorhandenen Lösungswissens zu Lösungsmustern, die als Grundlage für die methodische Unterstützung der frühen Entwicklungsphase – von der Idee bis zum Entwicklungsauftrag – dienen. Anschließend wird die formale Spezifikation dieser Ansätze mit Hilfe einer Modellierungssprache und Architekturstandards behandelt. Des Weiteren werden die Ansätze in entwickelten Testumgebungen und Demonstratoren auf ihre Reife hin überprüft. Zum Abschluss werden die Unternehmen hinsichtlich ihrer Transformation dort abgeholt, wo sie heute stehen. Mit Hilfe eines entwickelten Gaia-X Quick Checks und eines Reifegradmodells werden die Unternehmen in die Lage versetzt, ihren aktuellen IST-Zustand zu bestimmen und Handlungsempfehlungen für die anstehende Transformation zu erhalten.[1]

3.3.1 Anforderungs- und Bedarfserhebung

Um sicherzustellen, dass die weiteren Arbeitspakete die Bedürfnisse der Zielgruppe adressieren, wurden via Workshops, Interviews und informellen Gesprächen auf Veranstaltungen Anforderungen, Bedarfe und Herausforderungen erhoben. Dies erfolgte bei den folgenden Stakeholdergruppen: Promotoren, Verbundprojekten, Befähigern, Industrie/KMU und Gesellschaft. Nach der Bildung von Clustern für die einzelnen Stakeholdergruppen wurden insgesamt 59 Bedarfe und Anforderungen festgehalten, die sich auf 6 Problemfeldern verteilen:

1. **Verständnis, Erfahrung & Kommunikation**: Unternehmen fehlt das Verständnis für das Gaia-X Ökosystem. Es bestehen Unsicherheiten bei der Bewertung von Anwendungsfällen. Fehlende Standards und Erfahrungswerte erschweren die Kommunikation und den Austausch.
2. **Monetarisierung von Daten**: Es bestehen Unsicherheiten bei der Bewertung des Wertes von Daten und Schwierigkeiten bei der Entwicklung und Monetarisierung von datenbasierten Geschäftsmodellen.
3. **Technologische Herausforderungen**: Bei der technischen Umsetzung von Datenräumen liegen limitierende Faktoren vor: Fehlende Standards, mangelnde Interoperabilität und fehlendes technisches Know-how.

[1] Die Projektergebnisse werden hier nur in Ausschnitten dargestellt. Vollständige Ergebnisse finden Sie auf der Projekt-Webseite: https://gaia-x4produktion.de/

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

4. **Rechtliche Aspekte / Data Governance**: Unübersichtliche rechtliche Anforderungen und das Fehlen klarer und einheitlicher Data Governance-Strukturen behindern den Austausch und die Nutzung von Daten. Vor allem bei KMU sind die Prozesse zur Datenfreigabe langwierig und die Ressourcen begrenzt.
5. **Zusammenarbeit & Partnerschaft**: Es bestehen Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit mit Partnern und der Integration technischer Standards. Es mangelt an Beratungsstellen und einer starken Community-Bildung.
6. **Wirtschaftliche Unsicherheiten**: Die unklaren Ertragsaussichten und wirtschaftliche Unsicherheiten hemmen die Investitionsbereitschaft, insbesondere bei KMU mit begrenzten Ressourcen.

Diese Bedarfe & Anforderungen wurden in einem Steckbrief-Format festgehalten. Der Steckbrief enthält neben dem Titel und einer Kurzbeschreibung auch Informationen darüber, in welchem Sektor und von welchem Stakeholdertyp (Leader, Learner, Listener) der Bedarf geäußert wurde. Darüber hinaus wird auch angegeben, für wie wichtig dieser Bedarf von den Stakeholdern gehalten wird. Nicht alle Bedarfe wurden bei der Erarbeitung der Projektergebnisse berücksichtigt. Beispielsweise der Bedarf "Beschleunigung der Entwicklung des Eclipse Data Components (EDC) Connector", da im Projekt kein Beitrag zur Weiterentwicklung des EDC-Connector vorgesehen wurde. Hingegen wird der Bedarf "Bedarf nach Business/Use Cases, welche Erfahrungswerte zum Einsatz von Gaia-X liefern" im Projekt u. a. durch die Entwicklung von Geschäftsmodellmustern addressiert.

3.3.2 Studien des vorhandenen Lösungswissen

Die Untersuchung und Dokumentation von Lösungswissen erfolgt in Form von Lösungsmustern. Muster sind bewährte Lösungsansätze, die in unterschiedlichen Kontexten zur Bewältigung spezifischer Probleme eingesetzt werden. Sie bieten Struktur und Orientierung, indem sie wiederkehrende Elemente dokumentieren, die in ähnlichen Situationen effektiv funktionieren.

Funktionalitätsmuster

Eine Betrachtung des vorhandenen Lösungswissens zu Gaia-X beginnt mit dem Konzept des Datenraums. Ein Datenraum ist im Grunde ein technisches System, welches durch die Erfassung all seiner Funktionalitäten beschrieben werden kann. Eine Funktionalität beschreibt das wahrnehmbare Verhalten eines technischen Systems aus Kundensicht [2]. Für ein besseres Verständnis von Datenräumen und Gaia-X wurde der Datensatz *"Datenaufbereitung zum State-of-the-Art und Fortschritt europäischer Gaia-X sowie Datenraum-Initiativen mit einem Schwerpunkt auf Industrie 4.0-Anwendungsfälle"* (siehe [3]) erstellt und analysiert. Die Funktionalitäten jedes Anwendungsfall des Datensatzes wurden extrahiert und zunächst in zwei Ebenen unterteilt – die Anwendungs-Ebene und die Datenraum-Ebene.

Anwendungs-Ebene: Funktionalitäten, die konkret auf den spezifischen Anwendungsfall bezogen sind.

Datenraum-Ebene: Funktionalitäten, die die technische Basis und Infrastruktur für den Datenraum im Anwendungsfall bereitstellen.

Die Funktionalitäten der Anwendungs-Ebene korrespondieren mit den Use Case-Clustern und werden daher hier nicht näher erläutert (siehe Kapitel 1 & 3). Die aus der Analyse der Anwendungsfälle [3] extrahierte Liste der Funktionalitäten auf Datenraum-Ebene wurde durch Funktionalitäten aus der Gaia-X Dokumentation und der DSSC-Blueprint Version 1.0 [4] ergänzt. Nach einem mehrstufigen Clusterverfahren resultieren 41 Funktionalitätsmuster. Diese Muster sind in vier Kategorien gegliedert:

Daten Interoperabilität: Diese Muster fokussieren sich auf die Fähigkeit, Daten innerhalb eines Datenraums verständlich und nutzbar zu machen, sodass sie von verschiedenen Systemen und Teilnehmern einheitlich interpretiert und genutzt werden können.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Datensouveränität & Vertrauen: Diese Muster konzentrieren sich auf die Sicherstellung der Integrität, Authentizität und Vertrauenswürdigkeit der Interaktionen und Datentransaktionen zwischen den Teilnehmern eines Datenraums.

Befähiger der Datenwertschöpfung: Beinhaltet die technischen Voraussetzungen, die den Teilnehmern eines Datenraums helfen, den Wert durch Datenaustausch und die Nutzung von Diensten und Angeboten zu steigern.

Funktionale Datenwertschöpfung: Beinhaltet zusätzliche Funktionalitäten zur direkten Schaffung von Mehrwert durch die Nutzung von Daten, die den Datenraum attraktiver für neue Mitglieder machen.

Die Funktionalitätsmuster sind mithilfe eines Schemas dokumentiert, welches exemplarisch in Abbildung 3.2 dargestellt ist. Das Schema entspricht einer Workshop-Karte mit einer Vorder- und Rückseite.

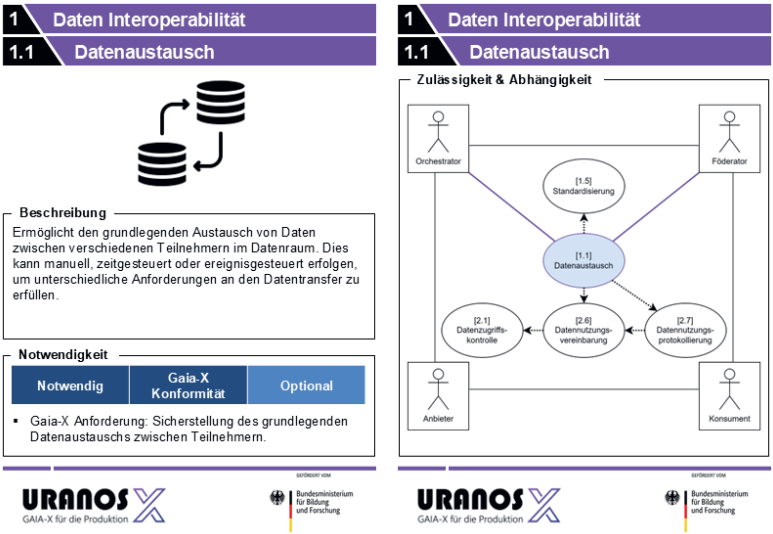


Abbildung 3.2: Darstellung der beispielhaften Funktionalität Datenaustausch anhand des Schemas

Die Karte besitzt folgenden Feldern: *Kategorie*, *Titel*, *Beschreibung*, *Notwendigkeit* und *Zulässigkeit & Abhängigkeit*. Das Feld *Notwendigkeit* gibt Aufschluss darüber, ob ein Muster für einen Datenraum zwingend notwendig oder optional ist. Außerdem wird aufgezeigt, ob für dieses Muster besondere Vorgaben seitens Gaia-X bestehen. Das Feld *Zulässigkeit & Abhängigkeit* zeigt zum einen die Abhängigkeit des Musters von anderen Mustern an, d. h. ob der Einsatz eines Musters den Einsatz eines anderen Musters begünstigt oder erfordert. Dies wird bis zur Abhängigkeit zweiten Grades aufgeführt. Zum anderen gibt das Feld an, welche Rollen ein Akteur in einem offenen Datenraum gemäß Data Governance Act (DGA) innehaben darf, um dieses Muster anbieten zu können. Aus Abbildung 3.2 geht hervor, dass das Muster "Datenaustausch" ein notwendiges Muster für den Betrieb eines Datenraums ist, der Gaia-X Anforderungen umsetzt. Die Rückseite zeigt, dass der "Datenaustausch" in einem offenen Datenraum nur von Akteuren angeboten werden darf, die dort die Rolle Orchestrator und/oder Föderator einnehmen. Darüber hinaus ist der "Datenaustausch" von drei weiteren

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Funktionalitätsmustern abhängig, wobei das Muster "Datennutzungsvereinbarung" noch vom Muster "Datenzugriffskontrolle" abhängig ist.

Gaia-X Geschäftsmodellmuster

Gaia-X Geschäftsmodellmuster addressieren den Bedarf aus der Praxis nach Beispielen für Business/Use Cases, welche Erfahrungswerte liefern (siehe Sektion 3.3.1). Dieser Bedarf adressiert das Problemfeld *Monetarisierung von Daten*. Unternehmen stellen sich noch viel zu oft die Frage, wie sie in Datenräumen Nutzen stiften und Erlöse erzielen können. Diese Frage wird durch ein Geschäftsmodell beantwortet. Ein Geschäftsmodell beschreibt das Grundprinzip, wie ein Unternehmen Werte schafft, liefert und monetarisiert [5]. Eine strukturierte Erarbeitung und Dokumentationen eines solchen Modells wird meist durch die Nutzung eines Geschäftsmodell-Canvas erzielt. Neben traditionellen Canvases, wie dem Business Model Canvas (BMC) von Osterwalder & Pignuer [5], gibt es auch bereits einige Plattform Canvases, wie den Platform Canvas von Allweins et al. [6], und auch einige wenige speziell für Datenräume, wie das des Data Space Support Centers (DSSC) [4]. Eine Literaturrecherche und Analyse bestehender Canvases ergab aber, dass keine der Canvases die Komplexität von Geschäftsmodellen innerhalb von Datenräumen in einem zufriedenstellende Maße darstellen konnte. Aus diesem Grund wurde zur Anwendung der Geschäftsmodellmuster in einem Geschäftsmodell im Projekt ein Gaia-X-spezifisches Canvas entwickelt. Dieser Canvas basiert auf einer Literaturrecherche und wurde mit den Verbundprojekte validiert. Der grundlegende Aufbau des Canvas ist in Abbildung 3.3 dargestellt.

Visuell ist das Canvas einem Baum nach empfunden, bei dem die Föderatoren die Wurzeln darstellen, der Orchestrator den Stamm und die Datenraumteilnehmer die Blätter und Äste. Für jede der drei Rollen gibt es eine Sub-Canvas; die Sub-Canvases werden durch Nutzen-, Daten- und Geldflüsse verbunden, um den gesamten Datenraum oder den relevanten Ausschnitt abzubilden. Für jedes Sub-Canvas gibt es ferner eine Maximalversion und eine Minimalversion. Dies ermöglicht es, relevante Teile des Canvas in einer höheren Genauigkeit abzubilden und gleichzeitig weniger relevante Teile zu berücksichtigen, ohne sie in der Tiefe darzustellen. Dadurch kann das Canvas auch hochkomplexe Datenräume zweckmäßig abbilden, ohne für simplere Anwendungen unnötig komplex zu sein. In Abbildung 3.4 ist das Canvas beispielhaft aus der Perspektive eines Datenraumteilnehmers ausgefüllt.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

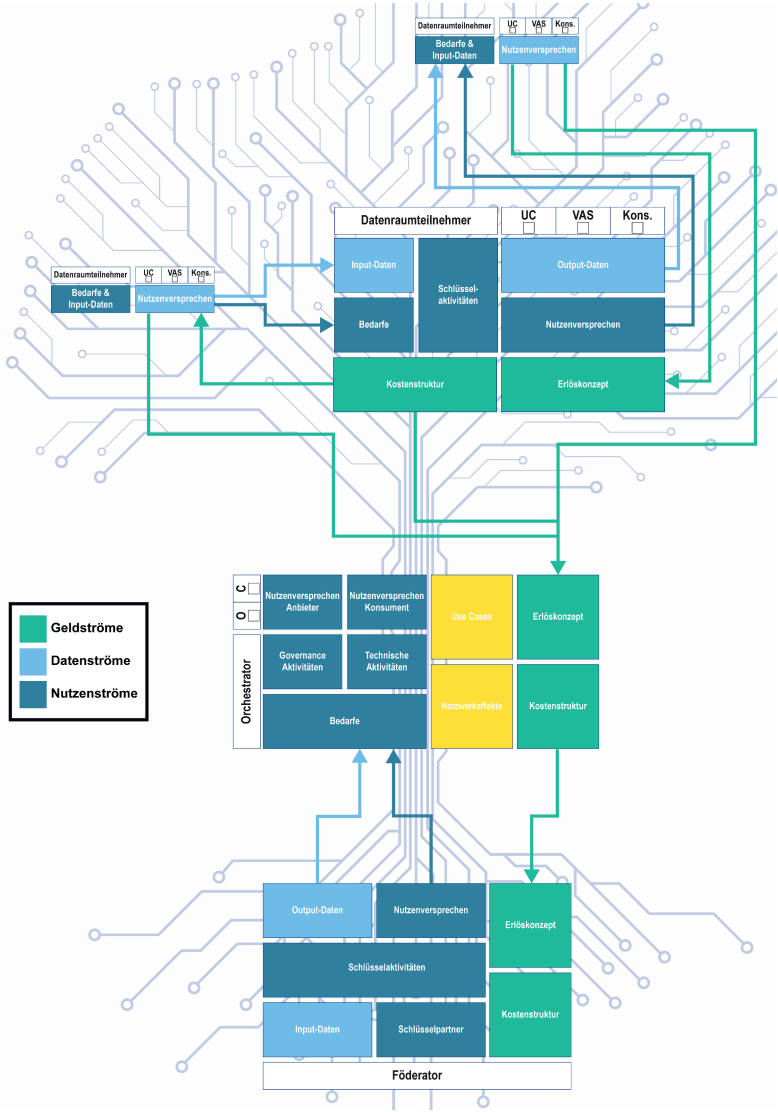


Abbildung 3.3: Gaia-X Geschäftsmodell-Canvas

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Ein Datenraumteilnehmer ist ein Akteur innerhalb des Datenraums, der entweder Daten bereitstellt, verarbeitet oder nutzt. Es ergeben sich drei typische Rollen:

- **Anbieter mit Use Case (UC)**: Ein Teilnehmer, der spezifische, auf Anwendungsfällen basierende Dienstleistungen oder Produkte anbietet. Diese Use Cases stehen im Zusammenhang mit der Nutzung oder Verarbeitung von Daten.
- **Anbieter von Value Added Services (VAS)**: Ein Teilnehmer, der zusätzliche Dienstleistungen anbietet, die auf bereits vorhandenen Daten aufbauen, z. B. durch Analyse oder Veredelung der Daten, um Mehrwert zu schaffen.
- **Reiner Konsument (Kons.)**: Ein Teilnehmer, der ausschließlich Daten und Dienste aus dem Datenraum konsumiert, ohne selbst Daten oder Services bereitzustellen.

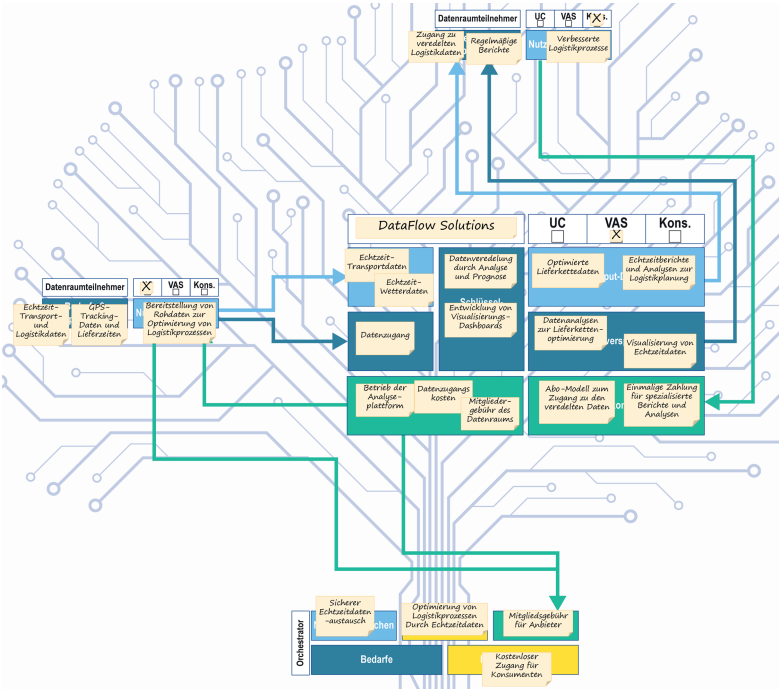


Abbildung 3.4: Fiktiver Beispiel-Canvas eines Datenraumteilnehmers

Es ist zu erkennen, dass in dieser Abbildung der Datenraumteilnehmer "DataFlow Solutions" für sich selbst die Maximalversion seines Sub-Canvas verwendet hat und für alle anderen Akteure, mit denen er interagiert, die Minimalversion. "DataFlow Solutions" ist der Anbieter eines Value Added Service (VAS), was anhand des Kreuzes im VAS-Feld deutlich wird. Die Minimalversion des Sub-Canvas des Orchestrators verdeutlich, dass sich das fokale Unternehmen in einem logistikbasierten Datenraum bewegt, der Anwendungsfälle zur Optimierung von Logistikprozessen durch Echtzeitdaten unterstützt und durch Mitgliedsgebühren für Anbieter finanziert wird. "DataFlow Solutions" benötigt von seinen Schlüsselpartnern im Datenraum die Echtzeit-Transportdaten und Echtzeit-Wetterdaten, um sein

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Nutzenversprechen "Datenanalyse zur Lieferkettenoptimierung" anbieten zu können. Dieses Nutzenversprechen bietet er den Datenraumteilnehmern an, die als reine Konsumenten, gekennzeichnet durch das angekreuzte Kons.-Feld, veredelte Logistikdaten und regelmäßige Berichte zur Verbesserung ihrer Logistikprozesse benötigen. Als Datenraumteilnehmer interagiert "DataFlow Solutions" in keiner für sein Geschäftsmodell relevanten Weise mit den Förderatoren, sodass der Sub-Canvas der Rolle des Förderators nicht aufgenommen wurde. Schließlich dienen die eingezeichneten Nutzen-, Daten- und Geldflüsse dazu, Teile der in den Feldern festgehaltenen Informationen visuell darzustellen. Im Beispiel-Canvas wird durch die Datenflüsse sofort klar, welcher Datenraumteilnehmer Schlüsselpartner von "DataFlow Solutions" und welcher Kunde ist. Darüber hinaus wird durch den fehlenden Geldfluss vom reinen Konsumenten (Kons.) zum Orchestrator deutlich, dass dieser eine Strategie zur Teilnehmerakquise verfolgt, bei der Anbieter kostenpflichtig am Datenraum teilnehmen, während Konsumenten dem Datenraum kostenfrei beitreten können.

Aufgrund der geringen TRL der meisten Gaia-X Förderprojekte und anderer Datenraumprojekte ist derzeit nicht die notwendige Informationsbasis vorhanden, um durch die Analyse bestehender Geschäftsmodelle von Datenräumen empirisch Geschäftsmodellmuster abzuleiten (siehe Abb. 1.5). Daher wurden bestehende Sammlungen an Geschäftsmodellmustern analysiert und deren Muster hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für Datenräume und Gaia-X bewertet. Folgende Kataloge wurden analysiert: Der Business Model Navigator des BMI Lab mit 55 Mustern [7], Osterwalder & Pigneur mit fünf Mustern [5], Johnson mit 19 Mustern [8] und fünf Mustern mit dem Schwerpunkt "Datenräume"[9]. Nach der Identifikation der relevanten Muster und der Eliminierung von Redundanzen wurden die Muster in ein eigenes Dokumentationsschema überführt.

Wie die Funktionalitätsmuster wurden auch die Geschäftsmodellmuster in einem Kartenformat dokumentiert. Abbildung 3.5 zeigt beispielhaft anhand des Musters "Track & Trace", wie der Gaia-X Geschäftsmodell Canvas für das Dokumentationsschema der Geschäftsmodellmuster verwendet wurde.

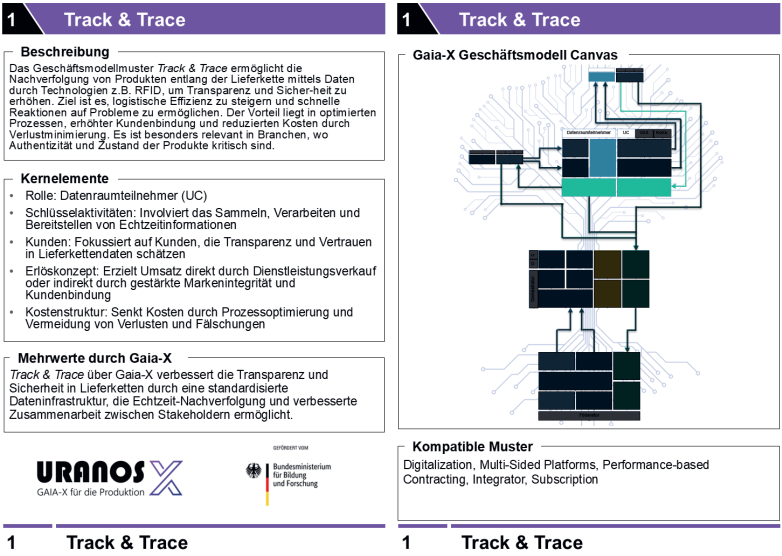


Abbildung 3.5: Geschäftsmodellmuster: Track & Trace

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Das Canvas ist als Silhouette auf der Rückseite der Musterkarten dargestellt und die Felder des Canvas sowie die relevanten Nutzen-, Daten-, und Geldflüsse, auf die sich das Geschäftsmodellmuster bezieht, sind hervorgehoben. Hierbei sind für alle Rollen die Maximalversionen ihrer Sub-Canvases aufgeführt, sowie zwei Minimalversion des Sub-Canvas der Rolle Datenraumteilnehmer. Diese Minimalversionen beschreiben einmal die Schlüsselpartner und einmal die Kunden innerhalb eines Datenraums. Erkennbar an den dargestellten Nutzen-, Daten- und Geldflüssen.
Geschäftsmodellmuster sind nicht auf die Perspektive einer Rolle beschränkt, sodass für gewisse Muster Felder in mehreren der Sub-Canvas hervorgehoben sind. Insgesamt kann diese Variante des Canvas alle Muster des Gaia-X Geschäftsmodellkatalogs darstellen. Neben dem Canvas besteht das Dokumentationschema der Muster aus den Feldern:

- **Beschreibung**: Eine kurze Erläuterung des Grundgedanken, des angestrebten Ziels und der Vorteile des Musters.
- **Kernelemente**: Eine Auflistung der Kernelemente des Gaia-X Geschäftsmodell-Canvas, die das Muster maßgeblich beeinflussen.
- **Mehrwerte durch Gaia-X**: Eine kurze Erläuterung der Vorteile, die Gaia-X dem Muster bietet.
- **Kompatible Muster**: Eine Liste der komplementären Muster des Gaia-X Geschäftsmodellkatalogs

Use Case-Cluster

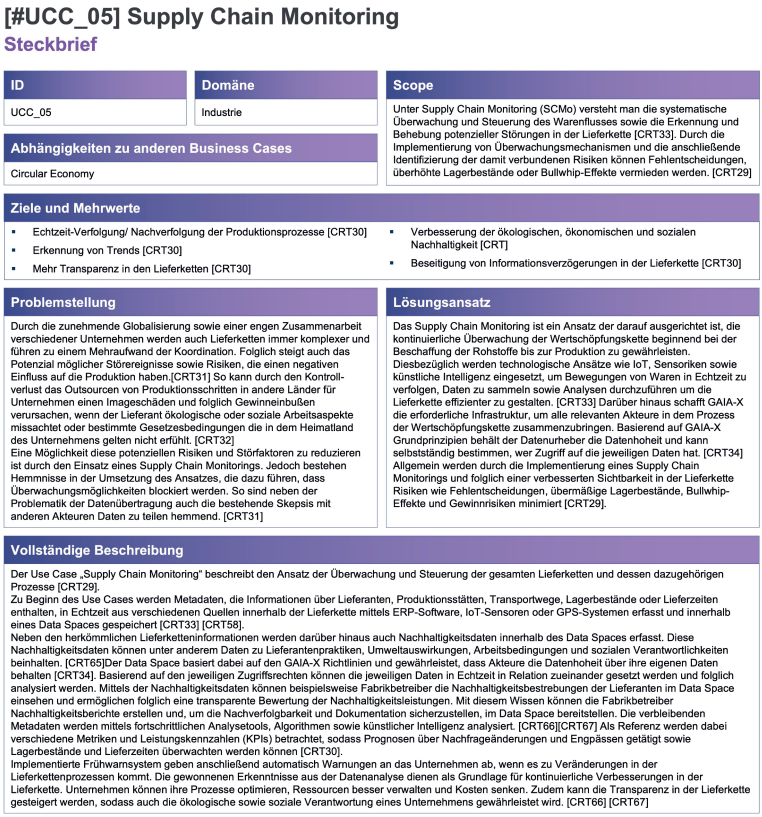
Die fehlende praktische Verbreitung von Datenräumen betrifft auch die Use Cases, auch hier fehlen heute noch wohl etablierte Entwurfsmuster als auch erprobte Best Practices.

Mit dem Ziel, allgemeingültige und wiederverwendbare Blaupausen und Entwurfsmuster für die Gaia-X Datenraum-Domäne „*Industrie 4.0/KMU*“ zu identifizieren und abzuleiten, wurden in Anlehnung an den IEC SRD 62913-1 Standard sogenannte Use Case-Cluster in einem Steckbrief-Format erarbeitet. Die Steckbriefe orientieren sich strukturell wiederum an dem IEC 62559-2 Use Case-Template. Um Unternehmen einen Vergleich und eine Analyse von und zwischen unterschiedlichen Anwendungsfällen zu ermöglichen und somit eine adäquate Entscheidungsfindung zu unterstützen, definiert dieser Standard einen strikt strukturierten Ansatz zur Dokumentation von Anwendungsfällen mit allen notwendigen Kerninformationen und Rahmenbedingungen mit einem Fokus auf die Interaktion zwischen kommunizierenden Komponenten und Akteuren. Dabei verbessert das standardisierte Format die Zusammenarbeit und Interoperabilität zwischen unabhängigen Systemen und erlaubt eine Wiederverwendbarkeit für sowohl Forschung als auch Industrie. [10] So beschreibt ein Use Case-Cluster eine möglichst technologieneutrale und konsolidierte Darstellung aller gemeinsamen und wiederkehrenden Kernmerkmale zwischen unterschiedlichen Implementierungen eines gegebenen Anwendungsfalls.

Die Use Case-Cluster selbst wurden dagegen basierend auf den Merkmalen der unterschiedlichen unternehmerischen Mehrwerte und der dafür erforderlichen Funktionalität abgeleitet. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 211 Initiativen aus 281 Quellen zusammengetragen, analysiert und ausgewertet[2]. Diese unterteilen sich (über alle Domänen hinweg) in 102 Data Spaces und 93 Anwendungsfälle. Die 93 Anwendungsfälle beinhalten 47 Industrie 4.0 relevante Anwendungsfälle. Basierend auf diesen 47 Industrie 4.0-relevanten Anwendungsfällen wurden wiederum sieben verallgemeinerte Use Case-Cluster erarbeitet. Ein Cluster umfasst dabei Anwendungsfälle mit ähnlichen Charakteristika. Eine Kurzeinführung in die im Projekt erarbeiteten Use Case-Cluster wurde bereits in 1.1.1 vorgestellt. Abbildung 3.6 stellt exemplarisch den Steckbrief für das Use Case-Cluster *Supply Chain Monitoring* dar.

[2]Die zugrundeliegenden Rohdaten stehen in [3] zur freien Verfügung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -



[#UCC_05] Supply Chain Monitoring

Steckbrief

ID

UCC_05

Domäne

Industrie

Scope

Unter Supply Chain Monitoring (SCMo) versteht man die systematische Überwachung und Steuerung des Warenflusses sowie die Erkennung und Behebung potenzieller Störungen in der Lieferkette [CRT33]. Durch die Implementierung von Überwachungsmechanismen und die anschließende Identifizierung der damit verbundenen Risiken können Fehlentscheidungen, überhöhte Lagerbestände oder Bullwhip-Effekte vermieden werden. [CRT29]

Abhängigkeiten zu anderen Business Cases

Circular Economy

Ziele und Mehrwerte

- Echtzeit-Verfolgung/ Nachverfolgung der Produktionsprozesse [CRT30]
- Erkennung von Trends [CRT30]
- Mehr Transparenz in den Lieferketten [CRT30]
- Verbesserung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit [CRT]
- Beseitigung von Informationsverzögerungen in der Lieferkette [CRT30]

Problemstellung

Durch die zunehmende Globalisierung sowie einer engen Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen werden auch Lieferketten immer komplexer und führen zu einem Mehraufwand der Koordination. Folglich steigt auch das Potenzial möglicher Störereignisse sowie Risiken, die einen negativen Einfluss auf die Produktion haben.[CRT31] So kann durch den Kontrollverlust das Outsourcen von Produktionsschritten in andere Länder für Unternehmen einen Imageschäden und folglich Gewinneinbußen verursachen, wenn der Lieferant ökologische oder soziale Arbeitsaspekte missachtet oder bestimmte Gesetzesbedingungen die in dem Heimatland des Unternehmens gelten nicht erfühlt. [CRT32]
Eine Möglichkeit diese potenziellen Risiken und Störfaktoren zu reduzieren ist durch den Einsatz eines Supply Chain Monitorings. Jedoch bestehen Hemmnisse in der Umsetzung des Ansatzes, die dazu führen, dass Überwachungsmöglichkeiten blockiert werden. So sind neben der Problematik der Datenübertragung auch die bestehende Skepsis mit anderen Akteuren Daten zu teilen hemmend. [CRT31]

Lösungsansatz

Das Supply Chain Monitoring ist ein Ansatz der darauf ausgerichtet ist, die kontinuierliche Überwachung der Wertschöpfungskette beginnend bei der Beschaffung der Rohstoffe bis zur Produktion zu gewährleisten. Diesbezüglich werden technologische Ansätze wie IoT, Sensoriken sowie künstliche Intelligenz eingesetzt, um Bewegungen von Waren in Echtzeit zu verfolgen, Daten zu sammeln sowie Analysen durchzuführen um die Lieferkette effizienter zu gestalten. [CRT33] Darüber hinaus schafft GAIA-X die erforderliche Infrastruktur, um alle relevanten Akteure in dem Prozess der Wertschöpfungskette zusammenzubringen. Basierend auf GAIA-X Grundprinzipien behält der Datenurheber die Datenhoheit und kann selbstständig bestimmen, wer Zugriff auf die jeweiligen Daten hat. [CRT34] Allgemein werden durch die Implementierung eines Supply Chain Monitorings und folglich einer verbesserten Sichtbarkeit in der Lieferkette Risiken wie Fehlentscheidungen, übermäßige Lagerbestände, Bullwhip-Effekte und Gewinnrisiken minimiert [CRT29].

Vollständige Beschreibung

Der Use Case „Supply Chain Monitoring" beschreibt den Ansatz der Überwachung und Steuerung der gesamten Lieferketten und dessen dazugehörigen Prozesse [CRT29].
Zu Beginn des Use Cases werden Metadaten, die Informationen über Lieferanten, Produktionsstätten, Transportwege, Lagerbestände oder Lieferzeiten enthalten, in Echtzeit aus verschiedenen Quellen innerhalb der Lieferkette mittels ERP-Software, IoT-Sensoren oder GPS-Systemen erfasst und innerhalb eines Data Spaces gespeichert [CRT33] [CRT58].
Neben den herkömmlichen Lieferketteninformationen werden darüber hinaus auch Nachhaltigkeitsdaten innerhalb des Data Spaces erfasst. Diese Nachhaltigkeitsdaten können unter anderem Daten zu Lieferantenpraktiken, Umweltauswirkungen, Arbeitsbedingungen und sozialen Verantwortlichkeiten beinhalten. [CRT65]Der Data Space basiert dabei auf den GAIA-X Richtlinien und gewährleistet, dass Akteure die Datenhoheit über ihre eigenen Daten behalten [CRT34]. Basierend auf den jeweiligen Zugriffsrechten können die jeweiligen Daten in Echtzeit in Relation zueinander gesetzt werden und folglich analysiert werden. Mittels der Nachhaltigkeitsdaten können beispielsweise Fabrikbetreiber die Nachhaltigkeitsbestrebungen der Lieferanten im Data Space einsehen und ermöglichen folglich eine transparente Bewertung der Nachhaltigkeitsleistungen. Mit diesem Wissen können die Fabrikbetreiber Nachhaltigkeitsberichte erstellen und, um die Nachverfolgbarkeit und Dokumentation sicherzustellen, im Data Space bereitstellen. Die verbleibenden Metadaten werden mittels fortschrittlichen Analysetools, Algorithmen sowie künstlicher Intelligenz analysiert. [CRT66][CRT67] Als Referenz werden dabei verschiedene Metriken und Leistungskennzahlen (KPIs) betrachtet, sodass Prognosen über Nachfrageänderungen und Engpässen getätigt sowie Lagerbestände und Lieferzeiten überwachten werden können [CRT30].
Implementierte Frühwarnsystem geben anschließend automatisch Warnungen an das Unternehmen ab, wenn es zu Veränderungen in der Lieferkettenprozessen kommt. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Datenanalyse dienen als Grundlage für kontinuierliche Verbesserungen in der Lieferkette. Unternehmen können ihre Prozesse optimieren, Ressourcen besser verwalten und Kosten senken. Zudem kann die Transparenz in der Lieferkette gesteigert werden, sodass auch die ökologische sowie soziale Verantwortung eines Unternehmens gewährleistet wird. [CRT66] [CRT67]

Abbildung 3.6: Beispielhafter Auszug eines Steckbriefs: Use Case-Cluster „Supply Chain Monitoring"

Über die in Abbildung 3.6 dargestellten Informationen hinaus, wurden für den jeweiligen Anwendungsfall die erforderlichen Basistechnologien (z. B. digitale Zwillinge), alle Interoperabilitätsanforderungen (technisch, semantisch und pragmatisch) sowie die erforderlichen Interaktionen bzw. Kommunikationsflüsse zwischen den interagierenden Akteuren erfasst. Zudem enthalten die Steckbriefe eine Übersicht aller Projekte und Initiativen, die eine Implementierung des jeweiligen Anwendungsfalls erproben.

Zusammenfassend umfassen die Steckbriefe alle verfügbaren Informationen und Eigenschaften der vorgestellten Anwendungsfälle auf einem hohen Abstraktionslevel, um Unternehmen eine Entscheidungsfindung im Hinblick auf die geschäftliche als auch technische Integration von Gaia-X und Datenräumen zu ermöglichen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

3.3.3 Von der Gaia-X-Idee zum Gaia-X-Entwicklungsauftrag

Um die Potenziale von Gaia-X zu erschließen, müssen KMU geeignete Anwendungen entwickeln. Zur Unterstützung der Erarbeitung solcher Anwendungen, die neben den strukturellen Eigenschaften von Gaia-X auch den spezifischen Unternehmenskontext berücksichtigen müssen, wurde eine Methode ausgearbeitet. Die Schritte des zugehörigen Vorgehens erstrecken sich von den frühen Phasen der Ideenfindung über die Bewertung und Auswahl von Ideen bis hin zur Geschäftsmodellentwicklung und Aufbereitung von Entwicklungsaufträgen für die Umsetzung (s. Abb. 3.7).

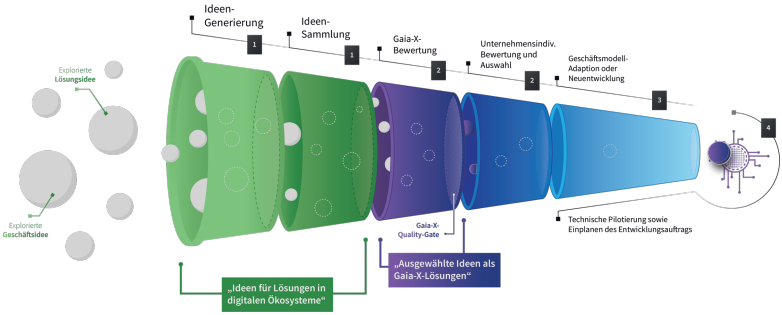


Abbildung 3.7: Gaia-X Ideentrichter – von der Idee zum Entwicklungsauftrag

Methode zur Ideengenerierung und Ideensammlung für Lösungen in digitalen Ökosystemen

Um die spezifische Struktur von Datenökosystemen bereits bei der Ideenfindung zu berücksichtigen und damit geeignete Ideen für Gaia-X zu entwickeln, wurde eine Methode zur Ideenfindung entwickelt. Diese wurde am Beispiel digitaler Services im Kontext cyber-physischer Systeme in Datenökosystemen erarbeitet. Bei der Entwicklung der Methode wurden zwei grundlegende Ansätze berücksichtigt, der Design Thinking Prozess nach Schmidberger und Wippermann [11] und der Ideentrichter nach Gausemeier et al. [12]. In Anlehnung an den Design Thinking Prozess unterscheidet die Methode zwischen einem Problem- und Lösungsraum. Diese Unterscheidung spiegelt sich auch in der grafischen Darstellung der Methode wider (s. Abb. 3.8). Der Fokus der beschriebenen Schritte der Methode liegt auf der Ideengenerierung, Ideensammlung und der Ideenbewertung.

Um die Ideenfindung zu unterstützen, werden zur Durchführung der Methode Hilfsmittel und Werkzeuge zur Verfügung gestellt. Sie unterstützen bei der Problemraum-Analyse, der Charakterisierung und Wiederverwendung von Ideen im Kontext Datenräume, der Ideengewinnung sowie die Bewertung und Auswahl von Ideen.

Beispielhaft folgt eine kurze Erklärung zu den Hilfsmitteln, die die strukturierte Erfassung, Charakterisierung und Wiederverwendung von Ideen ermöglichen (s. Abb. 3.9). Diese Hilfsmittel unterstützen vor allem im Rahmen der Konkretisierung von Ideen, sowie der Ideengenerierung in darauffolgenden Ideenfindungsprozessen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

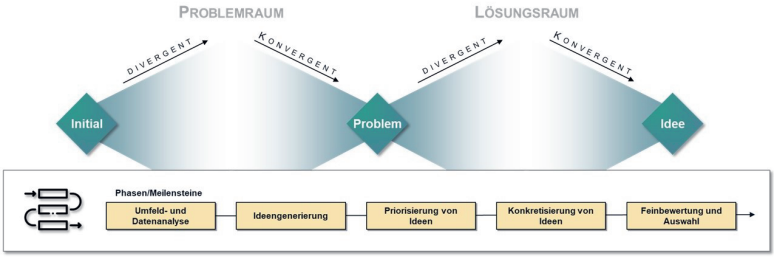


Abbildung 3.8: Ablauf der Methode basierend auf der Verknüpfung des Design Thinking Ansatzes mit dem Ideentrichter

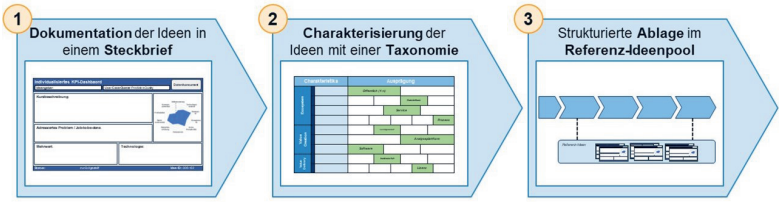


Abbildung 3.9: Vorgehen zur Anwendung der Hilfsmittel zur strukturierten Erfassung und Charakterisierung sowie Wiederverwendung von Ideen

Im ersten Schritt werden die Ideen zur Nutzung eines Datenraums erfasst und gesammelt. Mithilfe von Ideensteckbriefen können Ideen basierend auf wesentlichen Merkmalen und Informationen strukturiert werden [13–16]. Ergänzend zu klassischen Merkmalen aus der Innovationsmanagementliteratur, wurde bspw. das Ideenmerkmal "Rolle im Datenraum" eingefügt. Mit diesem können direkt auf dem Ideensteckbrief die möglichen Rollen Datenkonsument, -lieferant und Datenraumföderator und mögliche Geschäftspartner, die diese Rollen übernehmen, dokumentiert werden (s. Abb. 3.10). Im zweiten Schritt ist basierend auf dem Ansatz von NICKERSON ET AL. [17] eine Taxonomie entwickelt worden, die die Vergleichbarkeit von mehreren Ideen und damit die Wahl zwischen mehreren Alternativen erleichtert. Dazu unterscheidet die Taxonomie zwischen kennzeichnenden Charakteristika des Datenraums (z. B. ist dieser öffentlich zugänglich oder privat), wie Geschäftswert durch den Datenraum geschaffen wird (z. B. Teilen von Daten zwischen Geschäftspartnern) und wie der Geschäftswert zur Verfügung gestellt wird (z. B. über eigene bestehende IT-Systeme oder neue datenraumspezifisische IT-Systeme) (s. Abb. 3.10). Der dritte Schritt der Anwendung der entwickelten Hilfsmittel unterstützt die Verwaltung eines unternehmensinternen Referenz-Ideenpools. Dieser soll sicherstellen, dass Ideen, die zunächst vom Unternehmen zurückgestellt worden sind, bei gegebener späterer Relevanz wieder in den Innovationsprozess eingeführt werden können [12]. Es empfiehlt sich dazu das Format der bereits erwähnten Ideensteckbriefe zu nutzen. Das Management der Ideensteckbriefe des Referenz-Ideenpools sollte in geeigneten Datenbanksystemen oder vergleichbaren Formaten stattfinden [13]. Aufbauend auf den im Referenz-Ideenpool dokumentierten Ideen vorausgegangener Ideenfindungsprozesse kann der Ideenpool in darauffolgenden Ideenfindungsprozessen als ergänzendes Hilfsmittel zusammen mit weiteren Methoden genutzt werden (s. Abb. 3.11). Der Referenz-Ideenpool bildet damit ein zentrales Element der Ideengenerierung und Ideensammlung für die Entwicklung von Gaia-X-Ideen. Die initiale Befüllung des Referenz-Ideenpools ist basierend auf der Analyse von verbreiteten Datenraum-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Anwendungsfällen (s. [3]) im Projekt erfolgt. Somit steht für die initiale Durchführung der drei Schritte bereits Lösungswissen im Referenz-Ideenpool zur Verfügung.

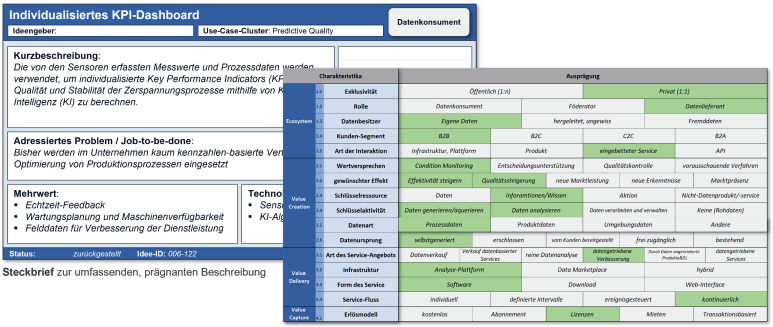


Abbildung 3.10: Detailansicht der Struktur der Ideensteckbriefe und der entwickelten Taxonomie

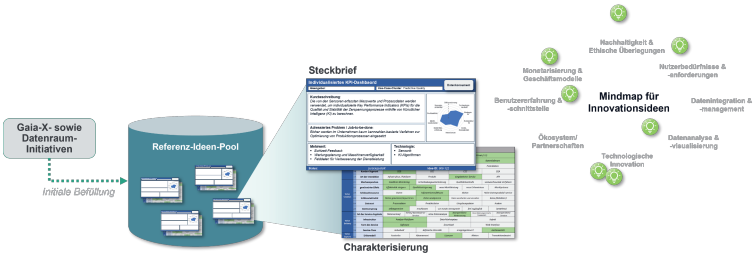


Abbildung 3.11: Kombination aus Referenz-Ideenpool mit ausgefüllten Steckbriefen inkl. Zuordnung zur entwickelten Taxonomie und Mindmap für Innovationsideen in der Phase der Ideengenerierung

Ergänzend zu den beschriebenen Hilfsmitteln ist ein übergeordnetes Vorgehensmodell für die Ideengenerierung, Ideensammlung und Ideenbewertung entwickelt worden (s. Abb. 3.12). Zusammen mit der Nutzung der entwickelten Hilfsmittel bildet das Vorgehen zur Ideenfindung und -sammlung die erste Phase des Ideentrichters und damit die Basis für die Gaia-X-Bewertung (s. Abb. 3.7).

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

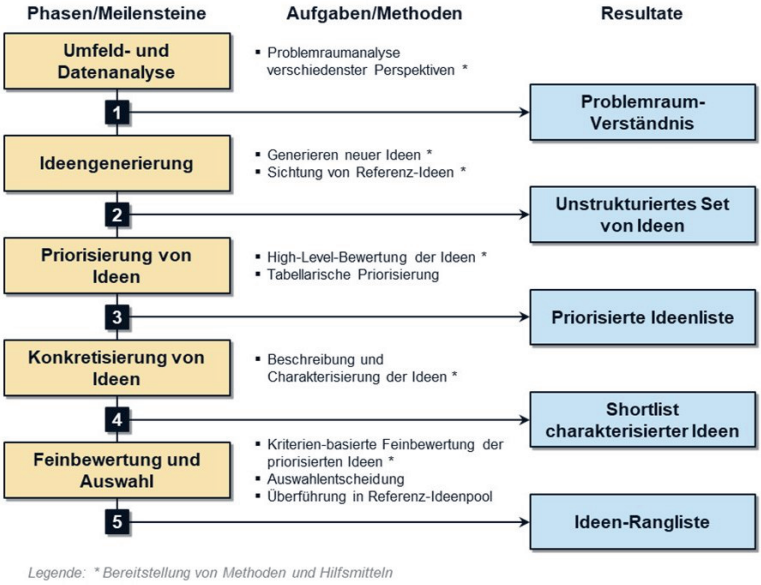


Abbildung 3.12: Vorgehensmodell zur Ideenfindung

Methode zur Gaia-X-Bewertung und unternehmensindividuellen Auswahl

Phase 2 des Ideentrichters befasst sich mit der Bestimmung des Fits zu Gaia-X und der Evaluation der Anwendungsideen. Hierzu umfasst es geeignete Gaia-X spezifische Evaluationskriterien. Für die Entwicklung des Evaluationswerkzeugs, wurden zunächst grundlegende Begriffe wie "Daten", "Informationstechnologie", "Anwendungsidee" und "Evaluationswerkzeug" definiert sowie die Gaia-X-Architektur analysiert. Es folgte eine Typisierung relevanter Lösungsmodelle und die Betrachtung von Methoden zur Ideenbewertung. Auf Basis dieser Analysen wurden Anforderungen an den Entwicklungsprozess des Werkzeugs formuliert.

Für einen praxisnahen Einsatz wurden das Evaluationsmodell und die Kriterien so gewählt, dass sie realitätsnah, wirtschaftlich und benutzerfreundlich sind. Die Evaluationskriterien weisen qualitative Merkmale auf, die eine fundierte Beurteilung der Eignung von Anwendungsideen für Gaia-X ermöglichen. Dabei werden sowohl KO-Kriterien als auch Priorisierungskriterien betrachtet. Die Kriterien sind überschneidungsfrei und betrachten die Anwendungsideen ganzheitlich, wodurch eine klare Bewertung möglich wird. [13, 18, 19]

Schließlich sind die Evaluationskriterien auch so formuliert, dass sie für jegliche Anwendungsideen anwendbar sind. [20, 21]

Das Gaia-X Value Canvas

Das angestrebte Evaluationswerkzeug wurde als Gaia-X-Value-Canvas umgesetzt. Hier muss der Nutzer die Anwendungsidee kurz als Fließtext in einem "Ideenprofil" beschreiben. Anschließend wird beurteilt, welche Problem- und Aufgabenkomplexe (PAK) die Anwendungsidee adressiert (s. Abb. 3.13). Ein PAK bezeichnet eine Gruppe verwandter Herausforderungen der Anwendungsidee, die durch

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

spezifische Lösungsansätze im Gaia-X-Ökosystem adressiert werden können. Mithilfe detaillierter Fragen kann der Nutzer beurteilen, welche der acht gegebenen PAK seine Anwendungsidee umfasst. Hieraus lässt sich schließen, welche übergeordneten Lösungsansätze für die Lösung und Bewältigung der bei der Anwendungsidee anfallenden Aufgaben und Problemen geeignet sind. Dazu wurden die Lösungsansätze in folgende Lösungsmodelle (LM) systematisiert:

- **Portable Gaia-X-Dienste** bieten Unternehmen Flexibilität und digitale Selbstbestimmung, indem sie den einfachen Wechsel zwischen Cloud-Anbietern ermöglichen, Vendor-Lock-in vermeiden und die Kontrolle über Datenstandorte mit strengen Datenschutzstandards sicherstellen.
- **Interoperable Gaia-X-Dienste** ermöglichen eine nahtlose Zusammenarbeit und Integration verschiedener Angebote im Gaia-X-Ökosystem, fördern die Datenkonsistenz und erleichtern maßgeschneiderte Cloud-Lösungen durch Standards und Protokolle.
- **Vertrauen in Gaia-X-Teilnehmer und -Dienste**: Das Gaia-X-Trust-Framework gewährleistet durch verifizierbare Selbstbeschreibungen, einheitliche Sicherheitsstandards und Gaia-X-Labels Vertrauen, Sicherheit und Rechtskonformität für digitale Geschäftsbeziehungen, sodass Unternehmen sicher und datenschutzkonform innerhalb des Gaia-X-Ökosystems agieren können.
- **Sicherstellen von Kontrolle und Datensouveränität**: Gaia-X ermöglicht Unternehmen durch anbieter- und konsumentenseitige Nutzungsrichtlinien umfassende Kontrolle und Datensouveränität über ihre in der Cloud gespeicherten Daten, wodurch Datenschutzverletzungen und Kontrollverluste effektiv vermieden werden können.
- **Zugang zu Cloud-Computing-Infrastrukturen und Zukunftstechnologien**: Gaia-X bietet Unternehmen einen sicheren Zugang zu Cloud-Computing und Zukunftstechnologien, fördert die Zusammenarbeit, gewährleistet europäische Datenschutzstandards und erleichtert so rechtskonformes Wachstum, Effizienzsteigerung und technologische Akzeptanz.
- **Kollaborations- und Innovationsmöglichkeiten**: Das Gaia-X-Ökosystem fördert durch eine gemeinsame, interoperable Infrastruktur auf Daten-, Infrastruktur- und Anwendungsebene die Kollaboration und Innovation zwischen Unternehmen, erleichtert den Wissensaustausch und ermöglicht Kosteneinsparungen sowie gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit.
- **Schaffung eines Level-Playing-Field**: Gaia-X schafft eine vertrauenswürdige und souveräne digitale Infrastruktur für Europa, indem es transparente Rahmenbedingungen und faire Vertragsstandards etabliert, KMU unterstützt und gleiche Wettbewerbsbedingungen sowie einen offenen Datenmarkt fördert.
- **Schaffung von Parametern für die Datenbereitstellung und Datenverfügbarkeit**: Gaia-X fördert durch die Schaffung eines vertrauenswürdigen Datenrahmens und Standards den effizienten Datenaustausch, bricht Datensilos auf, ermöglicht die Nutzung bislang ungenutzter Daten und legt so die Basis für innovative Anwendungen und Technologien im Datenmanagement.

Von der Anzahl der Gaia-X Lösungsansätze, die für die Anwendungsidee geeignet sind, wird dann geschlossen, wie geeignet die Anwendungsidee für Gaia-X ist (wie gut der Fit ist).

Abschließend wurde das Evaluationswerkzeug durch einen Gaia-X-Anwendungsfall validiert, der eine hohe Eignung zeigte. Das Werkzeug erwies sich als tauglich, da es nachvollziehbare Ergebnisse lieferte. Weitere Forschung wird jedoch benötigt, um das Werkzeug in der Praxis zu testen und anzupassen. Beispielsweise könnten die Gewichtung der Evaluationskriterien und die Durchführung einer differenzierten Nutzwertanalyse in zukünftigen Versionen angepasst werden, um flexibler auf Umweltbedingungen einzugehen und genauere Ergebnisse zu erzielen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

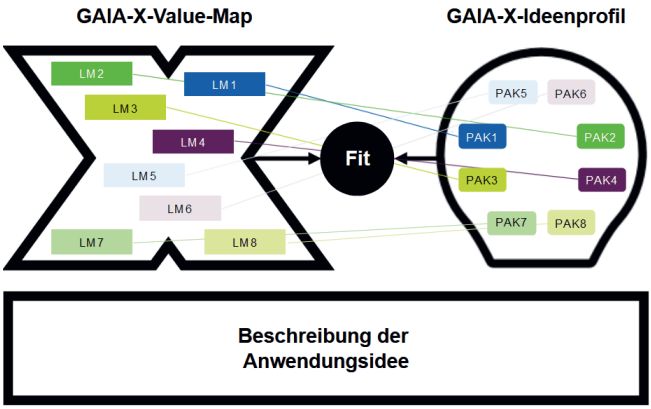


Abbildung 3.13: Der Gaia-X-Value-Canvas (LM=Lösungsmodell; PAK=Problem-Aufgabenkomplex)

Methode zur Geschäftsmodelladaption oder -neuentwicklung

Die zuvor betrachtete Evaluationsmethode ist ein essenzieller Schritt auf dem Weg zu Gaia-X-Geschäftsmodellen, da eine vorgelagerte Prüfung der Kompatibilität von Anwendungsidee und Gaia-X-Ökosystem Unternehmen proaktiv bei der Einschätzung der Gaia-X-Konformität unterstützt. Für die Geschäftsmodellentwicklung gibt es in Gaia-X Werkzeuge und Rahmenbedingungen, wie z. B. Akteurskonstellationen. Um die Struktur von Gaia-X in der Geschäftsmodellentwicklung in den Fokus zu setzen und die Skalierbarkeit der Geschäftsmodelle sicherzustellen, wurde ein Vorgehensmodell speziell für die Entwicklung von Gaia-X Geschäftsmodellen ausgearbeitet, welches aus drei zentralen Phasen besteht (s. Abb. 3.14).

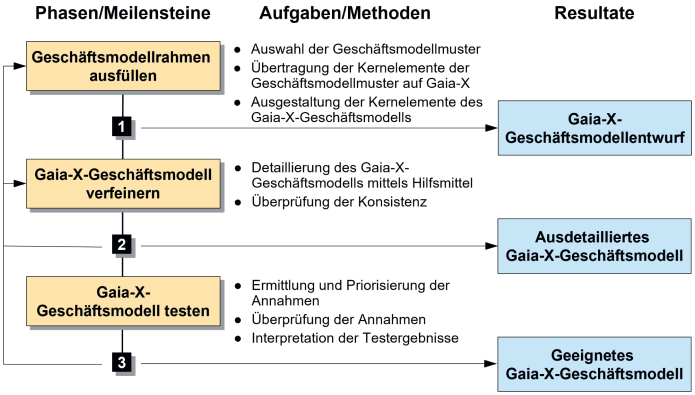


Abbildung 3.14: Vorgehensmodell der Methode zur Entwicklung von Gaia-X-Geschäftsmodellen

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Die erste Phase fokussiert das Ausfüllen des Geschäftsmodellrahmens, welcher den Gaia-X-Canvas beinhaltet und somit auf die spezifischen Anforderungen des Gaia-X-Ökosystems adaptiert ist. Hierbei werden die im Rahmen des Projekts ausgearbeiteten Geschäftsmodellmuster (s. Sektion 3.3.2) verwendet.

Anschließend wird das Geschäftsmodell in der zweiten Phase unter Verwendung von Hilfmitteln, die jeweils die Themenschwerpunkte Strategie, KPIs, Ökosystem und Daten fokussieren, weiter verfeinert. Ein Hilfsmittel ist das Daten Canvas, welcher in Anlehnung an die Forschung von AZKAN ET AL. [22] erarbeitet wurde. Der Daten Canvas ermöglicht eine strukturierte Erfassung und Analyse der Datenwertschöpfungskette. Die benötigten Ressourcen werden dabei ausgehend von ihrer Erfassung bis hin zur Anwendung des generierten Wissens systematisch identifiziert. Zusätzlich unterscheidet der Daten Canvas zwischen den drei Stakeholdern Anbieter, Konsument und Föderator und kennzeichnet interne und externe Aktivitäten und Ressourcen. Die für die Wertschöpfung benötigten Aktivitäten und Ressourcen werden zudem bezüglich ihrer Frequenz in drei Dimensionen strukturiert: einmalig, nach Bedarf, kontinuierlich. Ein in Anlehnung an AZKAN ET AL. [22] entwickelter Fragenkatalog, der auf den einzelnen Schritten des Datenwertschöpfungsprozesses basiert, unterstützt die Anwender mittels strukturierter Fragen bei der Füllung des Daten Canvas (s. Abb. 3.15).

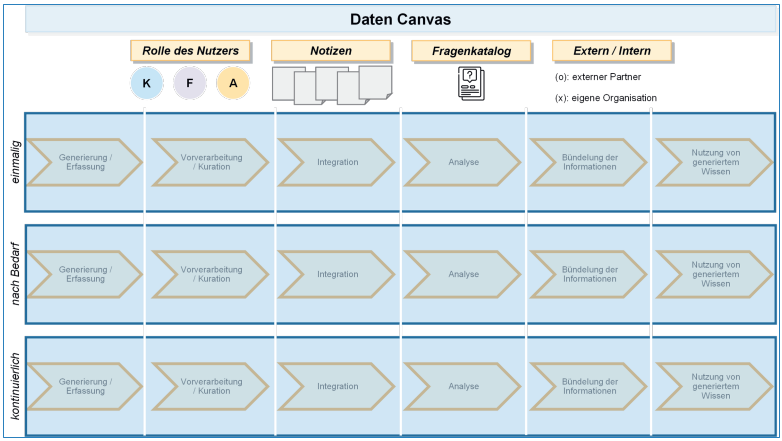


Abbildung 3.15: Adaptierte Daten-Canvas für den Schritt "Geschäftsmodell verfeinern"

Zusätzlich zu der Verfeinerung des Geschäftsmodells beinhaltet die zweite Phase auch die Prüfung der logischen Stimmigkeit des Geschäftsmodells und eine Evaluation der Interdependenzen zwischen den Geschäftsmodellkomponenten.

In der dritten und letzten Phase wird das ausdetaillierte Geschäftsmodell getestet. Dabei werden die Annahmen, die dem Geschäftsmodell zugrundeliegen, basierend auf ihrer Testbarkeit und ihrer Relevanz für das Geschäftsmodell priorisiert. Anschließend werden die Annahmen getestet und die Testergebnisse ausgewertet. Bei der Feststellung von Schwächen wird das Geschäftsmodell angepasst, um seine praktische Umsetzbarkeit zu gewährleisten.

Die beschriebene Vorgehensweise ist iterativ anzuwenden, um im dynamischen Kontext von Gaia-X den Anforderungen an ein geeignetes Geschäftsmodell gerecht zu werden und flexible Anpassungen zu erlauben, die auf veränderten externen Rahmenbedingungen oder neuen Erkenntnissen basieren können.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Methode zur Dokumentation von Gaia-X-Entwicklungsaufträgen

Die Nutzung von Gaia-X-Datenräumen eröffnet KMU neue Möglichkeiten, durch neue Möglichkeiten des Datenteilens und datengestützte Prozesse Effizienzsteigerungen und Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Für produzierende Unternehmen stellt bspw. die Zusammenarbeit mit Geschäftspartnern in ihrer Lieferkette einen vielversprechenden Ansatz für die Anwendung von Datenräumen dar. APIs sind die technologische Grundlage, um Gaia-X-Datenräume umzusetzen und Interoperabilität sowie standardisierte Datenzugriffe zu ermöglichen, was für die gemeinsame Nutzung von Daten essenziell ist. Zur gezielten Entwicklung von Gaia-X-Anwendungen wurde ein standardisiertes Template erarbeitet, das auf der Norm IEC62890 [23] basiert. Dies hilft, Anforderungen aller Akteure übersichtlich darzustellen.

Die Sammlung und Analyse von Use Cases erlaubt die systematische Identifikation und Umsetzung von Gaia-X-Anwendungen. Use Cases bieten eine nicht-technische Beschreibung der Systemfunktionen, erfassen sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen wie Flexibilität und Sicherheit und sind besonders geeignet für sich ändernde Anforderungen der API-Ökonomie. Das gegebene Use-Case-Template wurde angepasst, um die spezifischen Anforderungen des Gaia-X-Ökosystems zu berücksichtigen (s. Abb. 3.16).

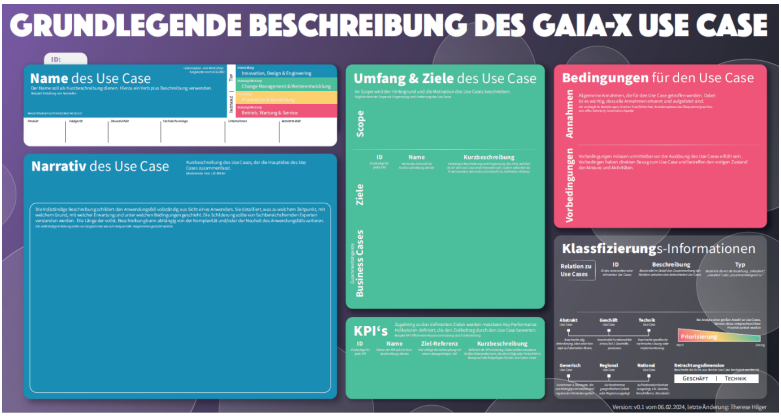


Abbildung 3.16: Struktur des Use-Case-Templates für Gaia-X-Entwicklungsaufträge

Das Template für Gaia-X-Entwicklungsaufträge umfasst:

- **ID und Name:** Eindeutige Identifikation und Bezeichnung des Use Cases
- **Scope und Ziele:** Definition des Anwendungsbereichs und der Ziele, wie etwa Transparenzsteigerung und Prozessoptimierung
- **Kurzbeschreibung:** Übersichtlicher Einstieg in den Use Case und dessen Mehrwert
- **Detaillierte Beschreibung:**
  - **Business-Aspekte:** Erfasst die geschäftlichen Vorteile, z. B. höhere Effizienz und optimierte Ressourcenverteilung
  - **Technische Aspekte:** Beschreibt die API-Spezifikationen und Integrationsanforderungen
  - **Rechtliche Aspekte:** Erfordert Sicherheits- und Compliance-Maßnahmen nach Gaia-X-Standards

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

- **Akteure und Rollen:** Listet beteiligte Akteure (Datenkonsument, -lieferant, Föderator) und ihre Rollen
- **Key Performance Indicators (KPIs):** Erfolgskennzahlen wie Zeit- und Kosteneffizienz, um die Wirksamkeit des Use Cases zu messen
- **Use-Case-Diagramme:** Visualisieren die Datenflüsse und Interaktionen innerhalb der Gaia-X-Umgebung

Für Beispiel-Use-Cases im Themenbereich Wertschöpfungsnetzwerke ist das Use-Case-Template ausgefüllt und erfolgreich getestet worden.

Ausgefülltes Use-Case-Template am Beispiel Supply Chain Visibility and Traceability: Dieser Use Case erhöht die Transparenz und Nachverfolgbarkeit durch Echtzeitinformationen zu Produktions-, Lager- und Transportprozessen. Mit APIs wird eine sichere Datenfreigabe innerhalb des Netzwerks ermöglicht, wobei die Datenhoheit bei den Akteuren bleibt (s. Abb. 3.17).

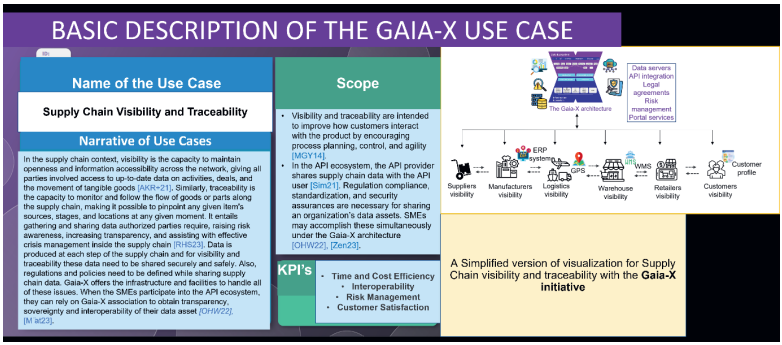


Abbildung 3.17: Ausgefülltes Use-Case-Template am Beispiel Supply Chain Visibility and Traceability

3.3.4 Die Spezifikation von Gaia-X Anwendungen

Architekturstandards

Im Kontext des Themenfeldes Architekturstandards sind vor allem Aspekte der Wiederverwendung des Wissens einzelner technischer Umsetzungen der Anwendungsfälle relevant, vgl. [24]. (IT-)Architekturstandard ist ein Sammelbegriff für alle Aspekte der IT in einer Organisation – ob nun statisch in Form von Hardware oder dynamisch in Form von Software. Hierfür haben sich in anderen Domänen so genannte Referenzarchitekturen als Dokumentationsstandard bzw. Blaupausen etabliert. Insbesondere im Kontext der Integration von OT (Operational Technology) mit IT (Information Technology) ist die Interoperabilität der Datenprozesse im Fokus dieser Architekturen [25]. Im Smart Grid hat sich beispielsweise das so genannte SGAM – Smart Grid Architecture Model etabliert.

Das SGAM und seine Methodik sollten ursprünglich dazu dienen, das Design und die Technologien von Smart Grid-Anwendungsfällen sowohl architektur- als auch technologieneutral zu (re-)präsentieren [10] – eine Anforderung, die es auch in InGAIA-X gibt. Darüber hinaus ermöglicht die dreidimensionale Sichtweise eine Trennung der verschiedenen Sichtweisen in der Systementwicklung. Das SGAM musste für praktische Zwecke entwickelt werden. Im Versorgungsbereich hatten die Anbieter ein Monopol auf den Verkauf monolithischer Systeme an ihre Kunden, die aufgrund ihrer gesicherten Einnahmen in Form

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

von regulierten Unternehmensgewinnen gewohnt waren, hohe Preise zu zahlen. Mit der Energiewende führte ein neues Betriebsparadigma zu einer Vielzahl neuer Schnittstellen zu verteilten Systemen, Sensoren, erneuerbare Einspeiser und mehr Betriebsdaten, die aufgrund von Betriebsoptimierungserfordernissen gesammelt werden. Das Thema Smart Grid kam auf. Die Versorgungsunternehmen waren nicht bereit für das neue IT-Paradigma und die benötigten Technologien und die daraus resultierenden Anforderungen. Ihre IT-Abteilungen verfügten zumeist nur über geringe Kenntnisse in den Bereichen konzeptionelle Modellierung, Management von Unternehmensarchitekturen, Systemtechnik und serviceorientierte Architekturen, da sie sich bei schlüsselfertigen Lösungen in der Regel auf Integratoren, OEMs (Original Equipment Manufacturer) und Anbieter verließen. Benutzerdefinierte Schnittstellen, die auf neuen Benutzeranforderungen für neue Geschäftsprozesse basieren, wurden zu einer Herausforderung. Es existierten keine domänenspezifischen Unified Modeling Language (UML)-Tools, PowerPoint und Visio waren die Mittel der Wahl für die Modellierung von IT-Landschaften und es wurde kein Wert auf eine standardisierte Semantik und Syntax gelegt. Die Einführung der Modellierung für Smart Grids erforderte also das Erlernen aller domänenspezifischen Anforderungen, proprietärer Werkzeuge und Prozesse für den mit Informatik vertrauten Integrator. Der Fokus musste auf einer Methode liegen, die ihre theoretische Grundlage (z. B. der ISO / IEC 42010 Meta-Modellierung für Architekturen Standard) verbirgt und den Aspekt des organisatorischen Umfangs, der IT-Ebene und der Wertschöpfungskette für den Stakeholder beim Energieversorger nachvollziehbar macht. Generell war der Weg von einer einfachen Anwendungsfallvorlage mit einem iterativen (und ggf. agilen) Prozess zur Codegenerierung unter Berücksichtigung des begrenzten Modellierungshintergrunds der Stakeholder und ihrer Domänenanforderungen notwendig.

Das SGAM besteht aus fünf konsistenten und kanonisch verwendeten Schichten, die Anwendungsfälle, Informationsmodelle, Kommunikationsprotokolle und Komponenten darstellen [26]. Jede Schicht deckt eine so genannte Smart Grid-Ebene ab, die von Domänen (der Wertschöpfungskette) aufgespannt wird. Die Absicht des Referenzbezeichnungsmodells ist es, die Darstellung des aktuellen Stands der Implementierungen im elektrischen Stromnetz zu ermöglichen, aber auch die Entwicklung zu zukünftigen Smart Grid-Szenarien darzustellen, indem es in seinem Kern die Prinzipien der Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und Aufrüstbarkeit unterstützt. Die im SGAM modellierten Bereiche berücksichtigen hauptsächlich die Energieumwandlungskette. Die Hierarchie der Verwaltung und des Betriebs von Energiesystemen aus Sicht der Automatisierung und der Organisationsebene der Versorgungsunternehmen wird im SGAM durch die Definition weiterer Bereiche widergespiegelt. Schließlich definiert das SGAM als eine wichtige Anforderung an verteilte Systeme sogenannte Interoperabilitätsschichten [27], die auf dem GWAC (GridWise Architecture Council) IOP (Interoperability)-Stack basieren. In diesem Zusammenhang sind im System Engineering verschiedene neue SGAM-basierte Modelle entwickelt worden. Diese Modelle konzentrieren sich auf das Home and Building Architecture Management (HBAM), das so genannte Smart City Infrastructure Architecture Model SCIAM, das Electric Mobility Architecture Model (EMAM), das Maritime Architecture Framework (MAF) und natürlich das RAMI 4.0, das in URANOS-X ausgewählt wurde, eine Begründung hierzu findet sich später im Abschnitt.

Der RAMI Ansatz trägt der Notwendigkeit Rechnung, die Anforderungserhebung besser zu strukturieren [28]. Ferner ermöglicht das RAMI 4.0 Modell es auch, geeignet Operational Technology (OT) Datenquellen, welche heutzutage in Verwaltungsschalen gekapselt sein können, zu modellieren und auf der übergeordneten IT (Information Technology) Ebene diese Prozessdaten wiederum mittels Gaia-X Diensten in einem Datenraum zur Verfügung zu stellen. Datenräume können dann auf dem Business oder Function Layer modelliert werden.

Durch eine strukturierte Anforderungserhebung mit Hilfe eines IEC 62559 Templates oder auch einem Business Model Canvas kann sichergestellt werden, dass genügend Informationen erhoben werden, um ein RAMI 4.0-Architekturmodell eines (technischen) Industrie 4.0-Anwendungsfalls zu erstellen. Beide Werkzeuge nutzen das gleiche ISO/IEC 42010-Metamodell und sind aufeinander abgestimmt (vgl. Abbildung 3.18). Mit der gesicherten Datenqualität können die technischen Lösungen und ihre

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

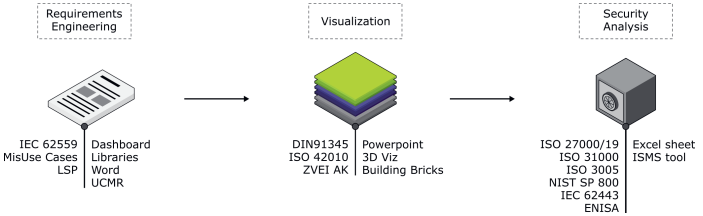


Abbildung 3.18: Anforderungsmanagement zu Architekturmodellierung

inhärente Architektur für Diskussionen mit den Beteiligten oder für graphische Analysen visualisiert werden. Schnittstellen, ausgetauschte Daten sowie Application Programming Interfaces (API) werden dokumentiert und zur Diskussion mit den Stakeholdern gestellt. Da dieser Schritt in einer frühen Phase eines Projekts stattfindet, senkt die Harmonisierung und Abstimmung der Anforderungen sowohl für funktionale als auch für nicht-funktionale Aspekte die Integrations- und Entwicklungskosten. Wichtige Informationen zu Schnittstellen und Datenaustausch wie technische Standards, Nutzlasten, Quality-of-Service, Uptime etc. können diskutiert und bewertet werden. Das RAMI 4.0 deckt andere Dimensionen ab als das SGAM, aber die ursprüngliche Methode und Toolchain kann an diese Änderungen angepasst werden.

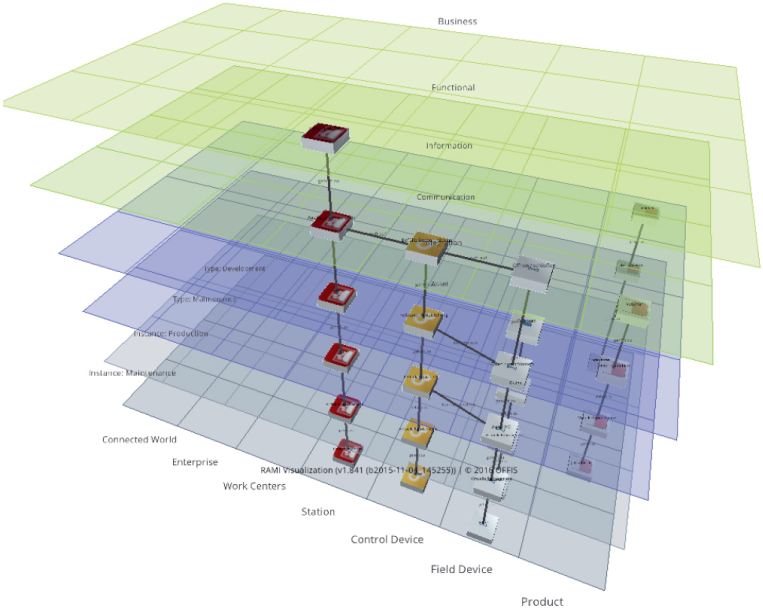


Abbildung 3.19: RAMI 4.0 Visualisierung einer Joghurtbecherabfüllanlage

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Das RAMI 4.0-Derivat des ursprünglichen SGAM-Domänenansatzes folgt typischerweise den Interoperabilitäts-Stack-Regeln für die technischen Lösungen, wie sie von SGAM definiert wurden, weil diese aus der Stakeholder-Perspektive einzunehmenden Gesichtspunkte in der Regel eine natürliche Passung für (technische) Entwicklungsprojekte im Kontext automatisierter Systems-of-Systems sind. Einige grundlegende Designregeln für die Modellierung der geplanten technischen Anwendungsfälle in den drei Dimensionen müssen befolgt werden, damit verschiedene Metriken, Styleguides und Werkzeuge mit dem neuen Modell arbeiten können. Der vorgestellte Ansatz macht sich die Tatsache zunutze, dass das RAMI viele grundlegenden Gestaltungsprinzipien mit dem SGAM teilt, wodurch eine Übertragung der SGAM-Visualisierung auf den Bereich Industrie 4.0 möglich wird. Dieser Abschnitt bietet eine sehr kurze Einführung in das RAMI-Modell und konzentriert sich dabei auf die wichtigsten Änderungen aus Sicht des Modellierungsparadigmas im Requirements Engineering und Domain Engineering.

Das Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0 (RAMI 4.0) ist das derzeit anspruchsvollste Derivat des SGAM, das vom ZVEI in Deutschland entwickelt wurde. Basierend auf dem diskutierten deutschen Industrie 4.0-Konzept ist der Hauptaspekt die Wiederverwendung des GWAC-Interoperabilitäts-Stacks, der die Automatisierungspyramide darstellt. Zusätzlich zu den Komponenten, Business, Funktion, Information, Kommunikation und Asset wird eine neue Schicht namens Integration (für die Industrie 4.0-Komponenten-Meta-Informationen und die Verwaltungsschale) eingeführt. Das Modell soll die verschiedenen Nutzerperspektiven auf das Thema Industrie 4.0 auf der Gesamtebene harmonisieren und ein gemeinsames Verständnis für die Stakeholder über die Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten für Industrie 4.0-Lösungen von verschiedenen Anbietern schaffen. Unterschiedliche industrielle Teilbereiche wie Automatisierung, Maschinenbau und Verfahrenstechnik müssen sich auf eine gemeinsame Sicht auf die Gesamtsystemlandschaft einigen. Die SGAM-Prinzipien für den Umfang der Lokalisierung von Standards werden in den RAMI-Paradigmen wiederverwendet, wobei auch RAMI 4.0 als Referenzbezeichnungssystem (siehe Abbildung 3.19) verwendet wird.

Im Kontext von URANOS-X hat sich in der Analyse das RAMI als geeignetes Modell zur Modellierung der Anwendungsfälle erwiesen. Kombiniert mit SysML (System Modeling Language) 2.1 bietet es passende Instrumente, Wissen verständlich aufzubereiten, vermitteln, aber vor allem auch als Referenz im Kontext Leader, Learner, Listener zu bewahren. Ferner ist der Bezug des RAMI im Kontext industrieller Fertigung und den dazugehörigen Daten gegeben, anders als beim SGAM ist das RAMI dabei sowohl geeignet, Blueprint Technologien als auch Instanzen in einem Reference Designation System abzubilden. Dies ermöglicht es, sowohl den Entwurf als auch das finale Produkt mit seinem Abweichungen zu modellieren und ggf. Varianten von Datenquellen etc. einzupflegen.

Modellierungssprache & -methode

Die Kluft zwischen spannendem Anwendungsfall und konkreter technischen Umsetzung ist groß. Eine formale Spezifikation kann helfen, ein gemeinsames Verständnis zwischen technischen und geschäftlichen Akteuren zu schaffen, um eine reibungslose Umsetzung des anvisierten Anwendungsfalles zu ermöglichen. Eine solche formale Spezifikation von Datenräumen fehlt jedoch [29, 30], was die Umsetzung von Datenräumen erschwert. Aus diesem Grund wurde eine formale Spezifikation von Datenräumen durch die Entwicklung einer Modellierungsmethode mit SysML umgesetzt. Die entwickelte Modellierungsmethode kann sowohl von Projektmanagern als auch von Softwareentwicklern effektiv genutzt werden, um Datenräume besser zu verstehen und mit ihnen zu arbeiten.

Die Modellierungsmethode wurde wie folgt entwickelt: Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um mögliche Modellierungssprachen zu identifizieren. Anschließend wurde ein Metamodell für Datenräume entwickelt und die für die Modellierung relevanten Elemente identifiziert. In einem iterativen Prozess wurden die erforderlichen Partialmodelle und ihre Reihenfolge definiert. Es wurden zwei Validierungssitzungen mit verschiedenen Teilnehmergruppen durchgeführt. Danach wurde die Anwendung der Methode bei der Entwicklung eines technischen Demonstrators angewandt.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Diese Schritte stellen sicher, dass die Methode sowohl aus geschäftlicher als auch aus technischer Sicht zweckmäßig angewendet werden kann.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass SysML am besten geeignet ist, um Interaktionen, Rollen und den Datenaustausch im Datenraum zu modellieren. Sie bietet einen strukturierten Ansatz für die Entwicklung und Integration komplexer Systeme. Abbildung 3.20 zeigt die Modellierungsmethode.

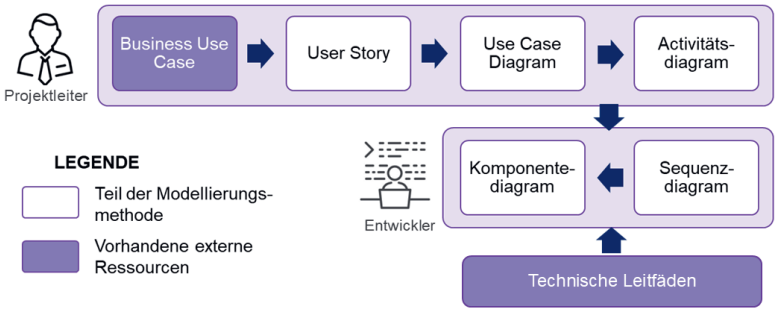
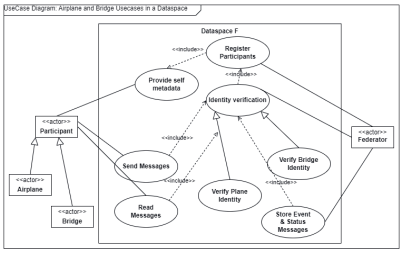


Abbildung 3.20: Modellierungsmethode für Systeme in Gaia-X

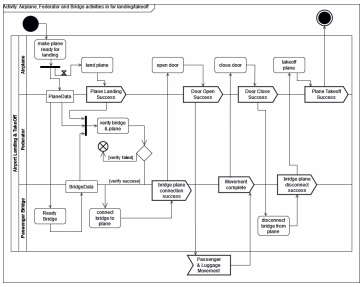
Sie eignet sich, um ein komplexes Szenario in eine konkrete Spezifikation aufzuschlüsseln. Die Methode beginnt mit der Identifizierung von Akteuren, Prozessen und Datensignalen. Für Datenräume sind dies geschäftliche Anwendungsfälle, in denen Datenräume implementiert werden sollen. Die vorgeschlagene Modellierungsmethode geht von einem geschäftlichen Anwendungsfall aus, in dem ein Datenraum spezifiziert werden soll. Dieser Geschäftsanwendungsfall enthält Prozesse, an denen mehrere Stakeholder partizipieren. In den Prozessen finden auch wichtige Dateninteraktionen statt. Die Modellierungsmethode leitet die Benutzer an, die Akteure, Prozesse und Dateninteraktionen mit Hilfe von vier SysML-Diagrammen klar zu spezifizieren. Für jeden Stakeholder, der in den Datenraum involviert ist, wird eine User Story erstellt, um Transparenz darüber zu schaffen, welche Daten mit wem ausgetauscht werden. Daraus ergeben sich die Akteure, die mit dem Datenraum interagieren, und die Aktionen, die sie ausführen. Diese Elemente werden dann als SysML-Usecase- und Aktivitätsdiagramme modelliert. Die Diagramme dienen der Entscheidungsfindung, insbesondere für Projektmanager, da sie ihnen helfen, den Umfang ihres Entwicklungsvorhabens abzuschätzen.

Softwareentwickler benötigen mehr technische Informationen, z. B. einen Architekturüberblick, ein detailliertes Verständnis von Datenflüssen und Integrationspunkten sowie genaue Definitionen von Schnittstellen und APIs. Dies hilft ihnen, genau zu verstehen, was zu entwickeln ist und wie es unter Berücksichtigung der Datenraumstandards entwickelt werden sollte. Hierzu werden die beiden vorangegangenen Diagramme und bestehende technische Leitfäden genutzt [31, 32]. Diese werden an dieser Stelle um Sequenzdiagramme ergänzt, die den detaillierten Datenfluss zwischen den Beteiligten oder Komponenten im Datenraum modellieren. Zur weiteren Unterstützung der Entwickler wird die Architektur des angestrebten Anwendungsfall im Datenraum anhand eines Komponentendiagramms modelliert. Die Modelle, die bei der beispielhaften Anwendung der Methode für die Entwicklung des technischen Demonstrators entstanden sind, finden sich in Abb. 3.21.

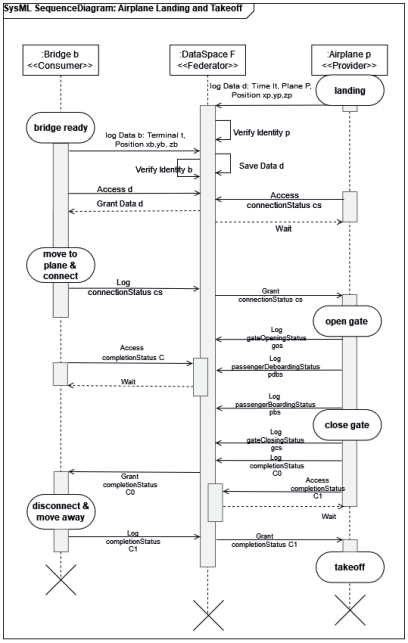
https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -



(a) Use Case Diagram



(b) Aktivitätsdiagram



(c) Sequenzdiagram

Abbildung 3.21: Beispiele für die für den Demonstrator erstellten Modelle

3.3.5 Integration & Validierung

Unternehmen stehen vor ähnlichen Herausforderungen bei der Integration und Analyse von Daten sowie deren Verarbeitung in einer einheitlichen Sprache und Struktur. Die Transformation und die Notwendigkeit, Interoperabilitätsvoraussetzungen zu berücksichtigen, machen eine strategische Ausrichtung für die weitere Entwicklung erforderlich. Es bedarf sowohl geeigneter Governance-Konzepte als auch einer Zertifizierung der Akteure, um die Einhaltung der festgelegten Standards und Richtlinien zu gewährleisten und die Konformität mit den Anforderungen von Gaia-X, insbesondere für KMU, sicherzustellen.

Governance Konzept

Das Ziel des Governance-Konzeptes besteht darin, eine Übersicht und Struktur zu schaffen, die die zu berücksichtigenden Richtlinien, Prozesse und Aspekte für produzierende Unternehmen im Gaia-X Kontext aufzeigt. Im Rahmen einer Untersuchung von Gaia-X-Leuchtturmprojekten und Projekten im fortgeschrittenen Stadium wurden wesentliche Eigenschaften für die Struktur eines Governance-Konzepts identifiziert. Hierbei wurden Gaia-X-konforme Prozesse sowie darin enthaltenen Richtlinien und Standards gegenübergestellt und auf ihre Relevanz hin überprüft. Die Ergebnisse daraus führten zur Herausarbeitung spezifischer Kriterien, die die Gaia-X-Konformitäten aufwiesen und das Governance-Konzept formten. Die folgende Abbildung 3.22 zeigt die Zusammensetzung des

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Governance-Konzepts.

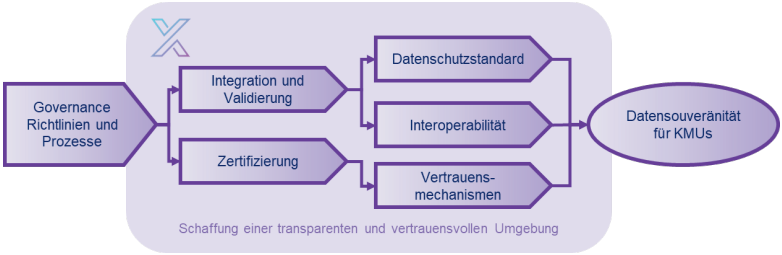


Abbildung 3.22: Governance-Konzept

Das Governance-Konzept besteht aus sechs aufeinander aufbauenden Kernelementen, die die Datensouveränität für KMU in einer transparenten und vertrauensvollen Umgebung sicherstellen sollen. Die Governanceprozesse im Kontext von Gaia-X beziehen sich auf strukturierte Abläufe und Mechanismen, die gewährleisten, dass die an der Gaia-X-Initiative beteiligten Unternehmen gemäß den definierten Richtlinien, Standards und Vorgaben handeln und die Umsetzung dieser Anforderungen kontrolliert erfolgt [33]. Darin werden die Definition von Verantwortlichkeiten und Rollen, regelmäßiger Audits, Berichterstattung, Überprüfungen und Kontrolle, das Risikomanagement, die Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Umsetzung von Richtlinien und die Festlegung von Standards sowie die kontinuierliche Verbesserung dieser auf der Grundlage von Erfahrungen und Veränderungen in der Umgebung berücksichtigt [34].

In der folgenden Abbildung 3.23 werden ausgewählte Prozesse dargestellt, die im Governance-Konzept berücksichtigt werden und aufzeigen, welche technischen Maßnahmen erforderlich sind sowie welche Gaia-X-Lösungen beziehungsweise entwickelten Werkzeuge in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen. Das Gaia-X Trust Framework schafft ein vertrauenswürdiges Umfeld, das die Risiken beim Austausch sensibler Daten minimiert, indem es Sicherheits- und Datenschutzanforderungen definiert. Es legt die Voraussetzungen für die Mitgliedschaft im Gaia-X-Ökosystem fest, fördert eine gemeinsame Governance und gewährleistet Interoperabilität zwischen verschiedenen Ökosystemen und Datenräumen. Dadurch wird eine nahtlose Integration und der sichere Austausch von Daten über verschiedene Anbieter hinweg ermöglicht. Zudem gibt es den Unternehmen die vollständige Kontrolle über ihre Daten, wodurch die Datensouveränität gestärkt wird [35]. Die Gaia-X Federation Services (GXFS) Toolbox unterstützt dezentrale digitale Ökosysteme mit Hilfe von einer Werkzeugkiste mit Open Source basierten Softwarekomponenten. Diese Komponenten unterstürzen bspw. bei der Förderung der Interoperabilität und Datenklassifizierung [36]. Das Gaia-X Digital Clearing House (GXDCH) dient als zentrale Anlaufstelle, um die Einhaltung der Gaia-X Regeln verifizieren zu lassen und damit den Nachweis der Gaia-X-Konformität zu erhalten [37].

Insgesamt dienen Governanceprozesse in Gaia-X dazu, sicherzustellen, dass Richtlinien und Standards effektiv umgesetzt, überwacht und kontrolliert werden, um die Integrität, Sicherheit und Effizienz des Gaia-X-Ökosystems zu gewährleisten.

Das Governance-Konzept (s. Abb. 3.22) befasst sich neben den Prozessen und Richtlinien auch mit der Integration und Validierung. Dabei werden Kriterien berücksichtig, die die Datenschutzstandards und die Interoperabilität mit technischen Aspekten umfasst. Hervorzuheben sind hierbei der Data Governance Act (DGA) und das Gaia-X-Trust-Framework. Die Zertifizierung im Governance-Konzept beinhaltet die Gaia-X-Compliance auf der konzeptionellen Basis, die die Vertrauensmechanismen festigen und so die Unterstützung zur der Datensouveränität liefern.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Prozess/Richtlinie	Beschreibung	Technische Maßnahmen	GAIA-X Trust Framework	GXFS Toolbox	GXDCH
Datenhoheit	Sicherstellung der Kontrolle der Unternehmensdaten	Implementierung von Blockchain-Technologien zur Sicherstellung der Datenintegrität	Verwendung von Selbst-verpflichtungen und Vertraulichkeitsvereinbarungen	Nutzung von Datenmanagement-Tools	Integration von Compliance-Checks für Datenverwendung
Interoperabilität	Standards und Protokolle zur Gewährleistung der Interoperabilität zwischen Plattformen	Nutzung von offenen Standards zur Gewährleistung der Interoperabilität	Etablierung von Inter-operabilitätsanforderungen	Förderung der Interoperabilität	Schnittstellenimplemen-tierung zur Datenintegration
Sicherheit und Datenschutz	Richtlinien zur Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes	Implementierung von Verschlüsselungstechnologien für Daten bei der Übertragung	Berücksichtigung von Sicherheitsstandards	Nutzung von GXFS-Tools zur Sicherheits-bewertung	Überprüfung der Datenverarbeitung
Vertrauenswürdigkeit	Mechanismen zur Schaffung von Vertrauen zwischen Akteuren im Ökosystem	Verwendung von Identitäts- und Zugriffsmanagement-Systemen zur Authentifizierung und Autorisierung von Beteiligten	Vertrauensbeziehungen durch Nachweis der Einhaltung von Standards	Überprüfung der Vertrauenswürdigkeit	Validierung von Datenherkunft und Datennutzung
Compliance	Einhaltung von gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen	Nutzung von Compliance-Management-Software zur Überwachung regulatorischer Anforderungen	Integration von Compliance-Anforderungen	Überwachung der Compliance	Unterstützung bei der Einhaltung von Vorschriften
Zugangsmanagement	Richtlinien zur Verwaltung des Zugriffs auf Daten und Systeme	Implementierung von rollenbasierten Zugriffskontrollsystemen mit Gazelle	Definierung von Zugriffsrechten	Verwaltung von Zugriffsrechten	Verwaltung des Zugangs über den GXDCH zur Sicherstellung der Datensicherheit
Datenklassifizierung	Identifizierung und Klassifizierung von Daten nach Sensibilität und Verwendungszweck	Einsatz von Data Loss Prevention-Technologien zur Identifizierung und Klassifizierung sensibler Daten	Integration von Klassifizierungsstandards	Unterstützung der Datenklassifizierung	Überprüfung der Datenklassifizierung

Abbildung 3.23: Überblick Prozesse und Richtlinien der Governance anhand der Gaia-X Bestandteile

Die technische Umsetzung einer Zertifizierung

Bei der Kooperation von zwei sich unbekannten Unternehmen, bedarf es einer Zertifizierung, um sicherzustellen, dass beide Partner gemeinsame Standards einhalten. Die Zertifizierung bietet objektive Standards und ermöglicht es den Beteiligten, Vertrauen in die Qualifikation, Kompetenz und Zuverlässigkeit des Anderen zu gewinnen. Durch die Schaffung einer Vertrauensbasis und die Einhaltung von Branchenstandards und regulatorischen Anforderungen bietet eine Zertifizierung eine transparente Basis für die Kommunikation im Vorfeld einer Kooperation. Der Zertifizierungsservice dient der Ermittlung und formalen Bestätigung der Anforderungen und Qualifikationen beider Parteien, um die Konformität eines Teilnehmers nach vordefinierten Bewertungskriterien zu bestätigen, Risiken zu minimieren und die Effizienz zu steigern. Dabei werden verschiedene Rollen wie “Consumer”, “Provider” und “Federator” berücksichtigt. Das folgende Beispiel (s. Abb. 3.24) zeigt einen Anwendungsfall aus dem Flughafenbereich: Ein Flughafen muss erweitert werden und integriert weitere Unternehmen (z. B. Energiesystem) in sein Ökosystem.

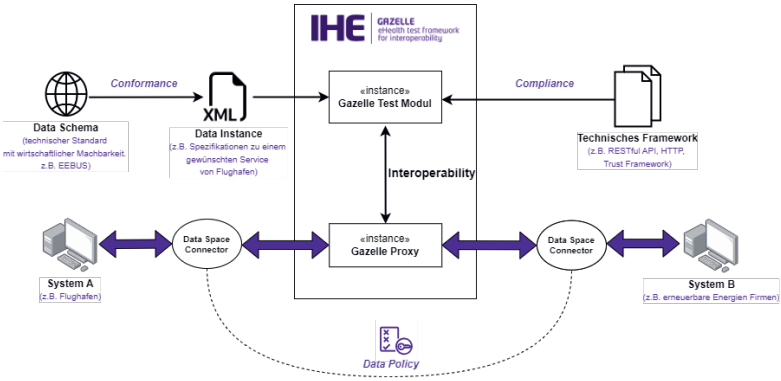


Abbildung 3.24: Implementierung des Zertifizierungsverfahrens mit IHE Gazelle

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Im vorliegenden Fall wurde IHE Gazelle[3] genutzt, um die Interoperabilität der Informationssysteme zu testen. IHE Gazelle ist eine Softwareplattform zum Testen der Interoperabilität von Informationssystemen. Das ausgereifte Gazelle-Testbed-Projekt kann eine robustere Software-Entwicklungsumgebung nicht nur für eHealth, sondern auch für andere Bereiche bereitstellen. Die in der IHE Gazelle enthaltenen Services, wie z. B. Testmanagement, Verifikation und Simulator decken technischen Anforderungen des Zertifizierungsprozesses ab. Die grundsätzliche methodische Anwendbarkeit der Methodik in der Energiewirtschaft wurde durch das österreichische FuE-Projekts "IES Austria" erfolgreich nachgewiesen. Daher ist eine projektübergreifende Pilotierung der Methodik im Rahmen von Gaia-X sinnvoll. Im Kontext der Systemintegration und des Testens wurde Gazelle auch für den Zertifizierungsprozess im Rahmen des URANOS-X Demonstrators eingesetzt. Für den Anwendungsfall Flughafen wurden mehrere spezifische Schritte durchgeführt:

- Die Bereitstellung und kontinuierliche Integration der Plattform IHE Gazelle ermöglicht den Datenaustausch zwischen den beiden Systemen, was für den Zertifizierungsprozess essenziell ist.
- Relevante Informationen zu Flughäfen und Energiesystemen wurden über den Data Space Connector unter Berücksichtigung der Data Policy in die IHE Gazelle Plattform integriert, um die Interoperabilität zu gewährleisten.
- Die Anforderungen der Flughäfen wurden unter Berücksichtigung von technischen Standards zur wirtschaftlichen Machbarkeit und des entsprechenden technischen Frameworks behandelt. Erste Profile, Schematron-Mappings und Dateninstanzen im XML-Format wurden generiert.
- Die Interoperabilität wurde anhand realistischer Testszenarien überprüft und mit den Testmodulen der IHE Gazelle-Plattform dokumentiert, um die Compliance und Konformität der Dateninstanzen zu gewährleisten.

Diese Maßnahmen stellen sicher, dass der Zertifizierungsprozess den Bedürfnissen an Sicherheit, Transparenz und Datenintegrität erfüllt und gleichzeitig KMU die notwendige Flexibilität bietet.

3.3.6 Die Gaia-X Erlebniswelt

Die Themen rund um Gaia-X sind für viele Unternehmen und Anwender auch mehrere Jahre seit Vorstellung der Initiative noch schwierig nachzuvollziehen. Zur Förderung des Verständnisses zu Gaia-X bieten Test- und Experimentierräume die Möglichkeit, durch den Einsatz von Demonstratoren und Workshops, komplexe Systeme interaktiv erlebbar zu machen. Um die unterschiedlichen Kenntnisstände und Kulturen der adressierten Unternehmen und Personen Rechnung zu tragen, ist es sinnvoll, die Inhalte in verschiedenen Tiefen und Formaten anzubieten. Unter besonderer Berücksichtigung von produzierenden KMU sind die Gaia-Xperience Labs in Aachen und Paderborn entstanden.

Folgende Formate werden in den Gaia-X-Xperience Labs genutzt und nachfolgend beschrieben:

1. Erklär bzw. Lernvideos
2. VR- (Virtual Reality)- und AR- (Augmented Reality) Anwendungen
3. Roadmapping und Blueprinting mittels Gamification
4. Visualisierungen und Demonstratoren

Erklär- bzw. Lernvideos: Von den Gaia-X Grundlagen bis zu Gaia-X Reifegraden

Aus der Bedarfs- und Anforderungserhebung mit Vertretern und Vertreterinnen der produzierenden Industrie ist zu entnehmen, dass diese noch über wenig bis gar keine Kenntnisse zu Gaia-X verfügen.

[3] https://www.ihe-europe.net/testing-IHE/gazelle

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Um also Nutzen und Vorteile deutlich machen zu können, bedurfte es zunächst einer Begriffsklärung. Eine Einführung gelingt mit drei Erklärvideos, die in einfacher Darstellung und Sprache Gaia-X vorstellen und didaktisch aufeinander aufbauen, aber auch – je nach Kenntnisstand der Rezipierenden – für sich alleine stehen können:

- **Video 1** erklärt die grundsätzlichen Prinzipien der Initiative Gaia-X anhand eines einfachen Use Cases. Dabei steht die Etablierung einer sicheren und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur nach EU-Recht sowie die Datensouveränität der einzelnen Unternehmen im Vordergrund.
- **Video 2** erklärt den Aufbau und die Funktionsweise von Gaia-X anhand der Regularien und technologischen Zusammenhänge. Betrachtet werden etwa die Interaktion der teilnehmenden Unternehmen, der konkrete Datenaustausch sowie Aspekte der Governance.
- **Video 3** stellt übersichtlich die Einflussfaktoren dar, die den Gaia-X-Reifegrad von Unternehmen bestimmen. Dabei werden die Handlungsfelder in den Dimensionen Technologie, Organisation und Umfeld bewertet. Video 3 soll auf die Anwendung des Reifegradmodells vorbereiten, Impulse geben und erste Verbesserungspotenziale sichtbar machen.

Virtual Reality- und Augmented Reality Anwendungen: Gaia-X erleben und ausprobieren

Eine interaktive Virtual-Reality-Anwendung und eine Augmented-Reality-Anwendung ermöglichen es, Gaia-X vorzustellen, greifbar zu machen und so die Vorteile für die produzierende Industrie zu vermitteln. Das didaktische Konzept und die Interaktionsmöglichkeiten sollen dafür sorgen, dass für die User ein echtes Erlebnis entsteht, was den Lerneffekt gegenüber reiner Wissensvermittlung weiter erhöht.

Virtual-Reality-Anwendung: Die VR-Experience informiert spielerisch über die Prinzipien und Vorteile von Gaia-X. Teil dessen sind die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette (s. Abb. 3.25).

Abbildung 3.25: Einblick in die Gaia-X VR-Anwendung

Die VR-Anwendung ist so gestaltet, dass eine explorative und selbstgesteuerte Erkundung möglich ist. Dies wird über eine User Experience realisiert, die den Nutzer durch eine beispielhafte, fiktive Gaia-X-Welt führt und ihm in Form von zu erfüllenden Missionen bzw. Aufgaben und dargebotenen Lösungsmustern selbst zum handelnden Akteur macht. Begleitet wird der Nutzer durch einen digitalen Avatar. Die VR-Lösung eignet sich für die Darstellung an beliebigen Orten und kann bei Terminen mit Unternehmen oder Projektpartnern ortsunabhängig angewendet werden.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Augmented-Reality-Anwendung: Eine reale Produktionsumgebung, wie beispielsweise die Demonstrationsfabrik Aachen, bietet den Rahmen für eine geeignete AR-Applikation. In der AR-Welt werden reale Maschinen abgebildet, anhand derer der Datenaustausch zwischen den Maschinen und IT-Systemen als Datenströme "sichtbar" gemacht wird. Zusätzlich können an Maschinen detailliertere Informationen angezeigt gezeigt, die den Nutzen von Gaia-X verdeutlichen. Auch diese User Experience wird durch einen Avatar begleitet, der den User bei Bedarf mit Informationen und Anleitungen zu nächsten Schritten bzw. weiteren Optionen unterstützt.

Gamification: Spielerisch individuelle Roadmaps für Gaia-X erstellen

Ein eintägiger Workshop, der darauf abzielt, das grundlegende Verständnis für das Konzept von Datenräumen zu vermitteln, ist ebenfalls Teil der Gaia-X Erlebniswelt. Im Rahmen des Workshops werden die Definition sowie die wesentlichen Funktionen von Datenräumen erläutert. Darüber hinaus werden Ansätze zur effizienten Nutzung der Datenräume vorgestellt. Als Ergebnis erhalten die Teilnehmer eine Anleitung zur Entwicklung einer eigenen Gaia-X Roadmap.

Der Workshop richtet sich an Manager, insbesondere an C-Level-Executives von KMU im produzierenden Gewerbe. Nach einer einführenden allgemeinen Erklärung von Datenräumen, erstellt jeder Teilnehmer seine eigene Charakterkarte auf Basis einer adaptierten Version des Spiels *"Dungeons and Dragons"*, um seine eigenen Fähigkeiten, Angebote und Interessen im Kontext von Gaia-X zu identifizieren und zu beschreiben. Basierend auf diesen Charakteren nehmen die Teilnehmer anschließend an einem Brettspiel teil, in dem sie die erarbeiteten Fähigkeiten nutzen und weiterentwickeln können. Ziel ist es, verschiedene Hindernisse und Herausforderungen zu überwinden, um mit Gaia-X die eigenen strategischen Ziele zu erreichen.

Visualisierung und Demonstration– Gaia-X Control Board

Die Herausforderung bei der Visualisierung von Prozessen und Informationsflüssen resultiert aus der Komplexität der relevanten Komponenten und deren Interaktionen.

Mit insgesamt 10 Bildschirmen ermöglicht das Gaia-X Control Board in Aachen komplexe Zusammenhänge verschiedener Technologien, IT-Systeme, eingebundenen Maschinen, Produkte und Unternehmen/Menschen simultan auf einer Wand darzustellen. Zur Erhöhung der Nachverfolgbarkeit wird die Verknüpfung zwischen den dargestellten Inhalten zusätzlich durch steuerbare LED-Leuchtstreifen unterstützt. Dabei können sowohl vordefinierte Komponenten modular kombiniert als auch Testsysteme live integriert werden, um unterschiedliche Demonstrationsszenarien zu erstellen. Die Farben sowie die Animationsrichtung und -geschwindigkeit der LED-Leuchtstreifen können entsprechend den spezifischen Szenarien programmiert werden.

Eines der möglichen Demonstrationsszenarien ist folgendes: In Zukunft ist die Bereitstellung der Nutzungsinformationen von Produkten und Kunden für die Rückführung der Produkte in einer Kreislaufwirtschaft notwendig. In dem dargestellten Beispiel (s. Abb. 3.26), wird dazu ein Bereich des Netzwerks zwischen der Entwicklung, Produktion, Zulieferern und Kunden abgebildet. Für die Bereitstellung eines digitalen Produktpasses werden Daten aus den ERP-Systemen (Enterprise-Ressource-Planning) der Zulieferer an den Hersteller übertragen. Dieser lässt durch die Entwicklungsabteilung im PLM-System (Produktlebenszyklusmanagement) den CO_2 Abdruck des Produkts ermitteln. Dabei werden sowohl Simulationen und Messungen an dem realen Produkt als auch Analysen der Maschinendaten aus der eigenen Produktion durch einen Drittanbieter aus dem Datenökosystem einbezogen. Aus dem ERP- und CRM-System (Customer Relationship Management) werden die Kunden der Produkte identifiziert und die der Produktpass inkl. des CO_2 Abdrucks auf einer herstellerunabhängigen Plattform im Datenökosystem bereitgestellt.

Durch den Einsatz von Touchbildschirmen ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit interaktive Elemente in den Szenarien zu integrieren. Für einen Workshop kann die Interaktivität des Gaia-X Control

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

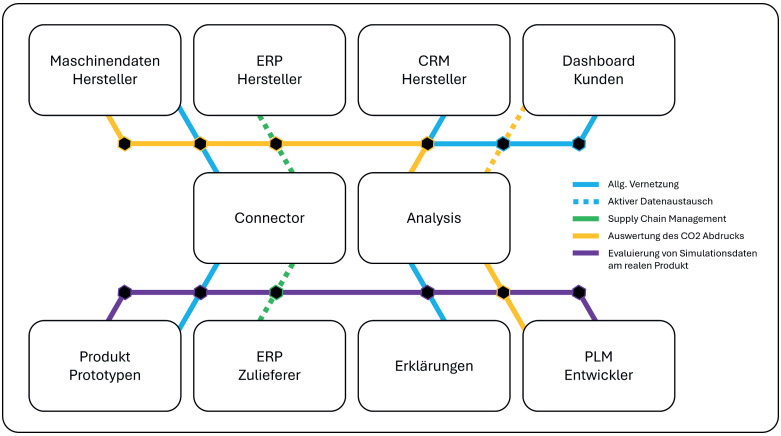


Abbildung 3.26: Konzept für ein Gaia-X Control Board

Board zusätzlich gesteigert werden, indem die abgebildeten Szenarien flexibel an die spezifischen realen Gegebenheiten der teilnehmenden Unternehmen angepasst werden.

Live-Demonstrator in Paderborn

In Paderborn ist als Teil der Gaia-X Erlebniswelt ein weiterer Demonstrator entstanden. Dieser ist so konzipiert, dass er den Akteuren in der Wirtschaft eine umfassende, praxisnahe und immersive Bildungserfahrung mit Schwerpunkt auf Datenräumen bietet. Der Demonstrator hilft auch bei der Durchführung eines ergänzenden Schulungskonzepts, das auf die Problemfelder der Unternehmensakteure eingeht. Abbildung 3.27 zeigt das Konzept des Demonstrators im Detail.

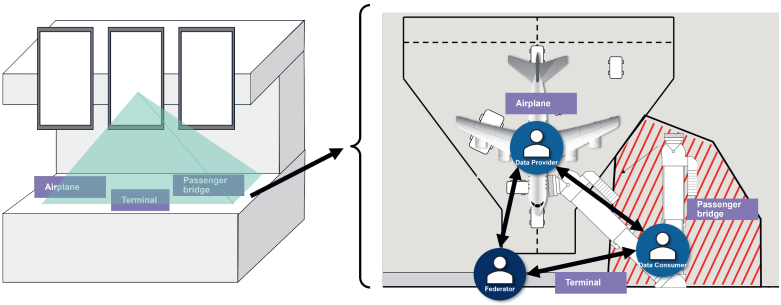


Abbildung 3.27: Aufbau des Live-Demonstrators in Paderborn

Der Demonstrator verfügt über drei Bildschirme, auf denen Lerninhalte dargestellt werden und die es den Lernenden ermöglichen, sich interaktiv mit verschiedenen Aspekten von Datenräumen auseinanderzusetzen. Das Herzstück des Demonstrators ist eine 3D-gedruckte Flughafenumgebung, die ein Miniaturmodell mit drei Hauptkomponenten darstellt:

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

- ein Flugzeug (Datenanbieter),
- eine Passagierbrücke (Datenverbraucher)
- ein Flughafenterminal (Federator).

Über diesem Aufbau zeigt ein Projektor den Datenfluss und die einzelnen Schritte innerhalb eines Datenraums auf der 3D-gedruckten Flughafenumgebung an. Die Lernenden können eine detaillierte Abfolge von Aktionen beobachten und daran teilnehmen: Das Flugzeug, das als Datenlieferant fungiert, landet auf dem Flughafen. Das Flughafenterminal, das als Federator fungiert, identifiziert das Flugzeug als vertrauenswürdige Einheit. Anschließend überträgt das Flugzeug Flugdaten an die Passagierbrücke, die als Datenabnehmer fungiert. Anhand dieser Daten bewegt sich die Fluggastbrücke zum richtigen Ort und bringt die erforderlichen Materialien, wie Wartungs- und Reparaturmaterial, zum Flugzeug.

Dieser gesamte Prozess wird durch einen implementierten Minimum Viable Dataspace dargestellt, der die grundlegenden Funktionen eines Datenraums zeigt, sodass die Lernenden jeden Schritt auch selbst aktiv nachvollziehen können. Diese praktische Erfahrung soll das Verständnis für die operativen und funktionalen Aspekte von Datenräumen vertiefen.

3.3.7 Die Transformation zum Datenraumakteur

Der Gaia-X Quick-Check

Der Quick-Check ist ein webbasiertes Tool[4], das Unternehmen dabei unterstützt, zu bewerten, ob Gaia-X für sie von strategischer Relevanz ist. Das Tool richtet sich vor allem an KMU, die bisher noch keine Erfahrung mit Gaia-X oder der Arbeit in Datenräumen haben und für die dieses Thema neu ist.

Die für das Tool relevante Anwendungsfallbeschreibung (User Story) ist folgende:

"Ich als Geschäftsführung oder Digitalisierungsbeauftragter in einem KMU des produzierenden Gewerbes möchte in einer frühen Phase online herausfinden, ob Gaia-X für mich ein Thema ist, das ich weiter mit meiner Fachabteilung vertiefen sollte."

Der Quick-Check ist so gestaltet, dass er hauptsächlich von der Geschäftsführung oder einer für die Digitalisierung zuständigen Person durchgeführt werden kann. Eine Einbindung der IT-Abteilung ist optional und nur unterstützend vorgesehen. Im Fokus stehen Unternehmen, die Gaia-X möglicherweise in Zukunft anwenden könnten und die daher zu den potenziellen Nutzern (sogenannte "Listener") gehören. Das Tool richtet sich explizit an Unternehmen, für die ein ausgereiftes Reifegradmodell noch zu komplex ist. Ziel ist es, pragmatisch und unkompliziert zu helfen, die Entscheidung zu treffen, ob eine vertiefte Auseinandersetzung mit Gaia-X sinnvoll ist (s. Abb. 3.28).

Das Tool lässt sich grob in folgende Teilbereiche einteilen:

Ermittlung der strategischen Relevanz von Gaia-X: Die strategische Relevanz von Gaia-X-Nutzenpotentialen für das Unternehmen wird anhand eines strukturierten Fragebogens bestimmt. Dabei wird analysiert, ob das Unternehmen durch den Einsatz von Gaia-X-Lösungen einen Wettbewerbsvorteil erzielen könnte.

Ermittlung des Erfüllungsgrad von allgemeinen Grundvoraussetzungen: Anhand eines Fragebogens wird erfasst, ob bestimmte grundlegende Voraussetzungen innerhalb des Unternehmens bereits vorhanden sind, die für die Nutzung von Gaia-X-Technologien erforderlich sind. Dazu gehören beispielsweise technische Infrastrukturen, organisatorische Strukturen oder datenschutzrechtliche Rahmenbedingungen.

[4] https://gaia-x4produktion.de/

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

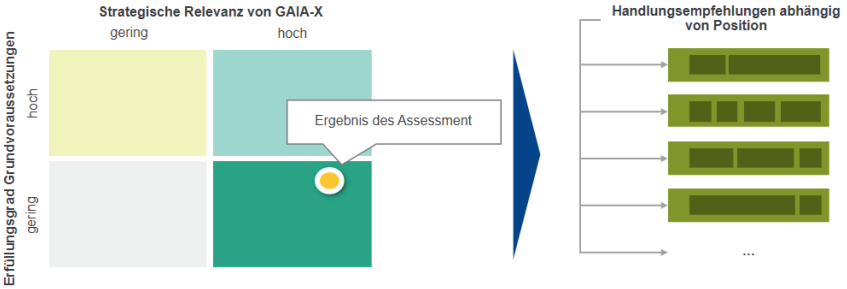


Abbildung 3.28: Die Bewertung im Quick Check

Auswertung und Ableitung von passenden Handlungsempfehlungen: Die Auswertung der Fragebögen erfolgt automatisch durch das Quick-Check-Tool, das dem Unternehmen anschließend erste Handlungsempfehlungen vorschlägt. Basierend auf der Position des Unternehmens in einer Bewertungsmatrix werden gezielte Hinweise zur strategischen Relevanz und Umsetzbarkeit von Gaia-X-Technologien gegeben.

Beispielsweise kann das Tool aufzeigen, ob das Unternehmen bereits eine solide Basis für die Implementierung von Gaia-X besitzt, obwohl das Thema aktuell noch keine hohe Priorität in der Geschäftsstrategie hat. In einem solchen Fall könnte es sinnvoll sein, die Geschäftsstrategie dahingehend zu überprüfen, ob die Integration von Gaia-X künftig relevant werden könnte. Auf der anderen Seite könnte das Tool auch feststellen, dass Gaia-X aus strategischer Sicht für das Unternehmen sehr wertvoll ist, aber noch keine ausreichende Grundlage zur Umsetzung besteht. In diesem Fall könnten weiterführende Empfehlungen gegeben werden, etwa welche Schritte zur Verbesserung der technologischen oder organisatorischen Rahmenbedingungen notwendig sind.

Durch diesen Quick-Check erhalten Unternehmen einen ersten fundierten Überblick über ihre aktuelle Situation und können ohne großen initialen Aufwand einschätzen, wie relevant Gaia-X-Technologien für sie sind und welche nächsten Schritte in Betracht gezogen werden könnten.

Gaia-X Reifegradmodell

Die Anwendung eines Reifegradmodells ermöglicht eine objektive Bewertung der Leistungsfähigkeit einer Organisationseinheit in Bezug auf ein spezifisches Thema. Das Gaia-X-Reifegradmodell bietet Unternehmen die Möglichkeit, ihren aktuellen Stand im Hinblick auf die Gaia-X-Konformität transparent darzustellen. Es ermöglicht ihnen zukünftige Entwicklungsziele zu definieren, die erforderlich sind, um Geschäftsziele durch den Einsatz von Gaia-X-Komponenten zu erreichen und die Integration in Datenräume zu realisieren. Angesichts des Bedarfs an Unterstützung für produzierende Unternehmen bei der Implementierung von Gaia-X ist es von entscheidender Bedeutung, diese Unternehmen zu befähigen, als vollwertige Teilnehmer innerhalb der Gaia-X-Infrastruktur zu agieren.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Aus der Analyse bestehender Arbeiten, Reifegradmodelle und des Anwendungskontexts wurden Merkmale und Kriterien für die Teilnahme in Datenräumen abgeleitet. Diese sind im Reifegradmodell zusammengefasst, das sich in drei Dimensionen und zwölf Handlungsfelder gliedert (s. Abb. 3.29):

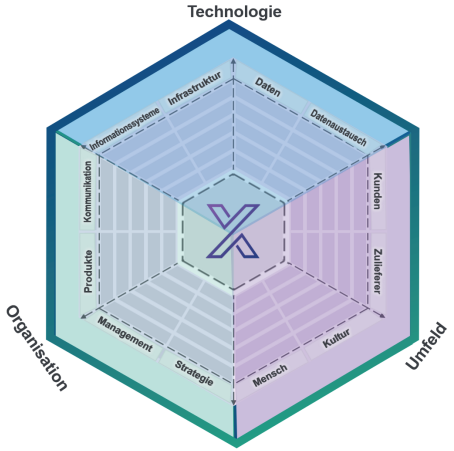


Abbildung 3.29: URANOS-X Reifegradmodell.

Technologie: Die Technologie-Dimension umfasst die vier Handlungsfelder Informationssysteme, Infrastruktur, Daten und Datenaustausch innerhalb eines Unternehmens. Im Zentrum dieser Dimension steht die Definition einer robusten Datenarchitektur sowie die Gestaltung effizienter Prozesse. Insbesondere die Interoperabilität ist entscheidend, da sie den sicheren und nahtlosen Austausch von Daten über verschiedene Systeme hinweg ermöglicht. Dabei ermöglichen die Gaia-X-konforme Datenräume Daten aus unterschiedlichen Quellen sicher und interoperabel zu integrieren. Zudem ist die Datenqualität von wesentlicher Bedeutung, da sie die Effektivität und Effizienz sowie die Integrationsfähigkeit in heterogene Systemlandschaften beeinflusst.

Organisation: Die Organisations-Dimension betrachtet die Handlungsfelder Produkte, Kommunikation, Management und Strategie. Für die effiziente Nutzung vorhandener Ressourcen und die fundierte Entscheidungsfindung ist eine transparente Kommunikation von entscheidender Bedeutung. Dies ermöglicht es Produkte und Dienstleistungen so zu gestalten, dass sie für Datenräume geeignet sind und flexibel Daten aus verschiedenen Quellen integrieren können. Strategische Entwicklungen, Kooperationen und ein agiles Management sind ebenfalls unerlässlich. Um die Gaia-X-Konformität zu fördern müssen Prozesse, Richtlinien sowie Compliance- und Zertifizierungsstandards innerhalb der Organisation berücksichtigt werden.

Umfeld: Die Umfeld-Dimension betrachtet die Handlungsfelder Mensch und Kultur, Kunden und Zulieferer. Das Bewusstsein für Gaia-X und die damit verbundenen Entwicklungen sind entscheidend für die Förderung von Datensouveränität und die Verbesserung der Integrationsfähigkeit zwischen verschiedenen Beteiligten. Darüber hinaus werden die Integration der Unternehmenskultur sowie die Einbindung der Mitarbeitenden berücksichtigt. Des Weiteren spielen Bestandteile aus dem Governance-Konzept eine zentrale Rolle, indem sie den Wissensaustausch und die Kompetenzentwicklung sowohl innerhalb des Unternehmens als auch im Austausch mit externen Partnern ausrichten.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Unternehmen können je Handlungsfeld eine von fünf Reifegradstufen einnehmen (s. Abb. 3.30):

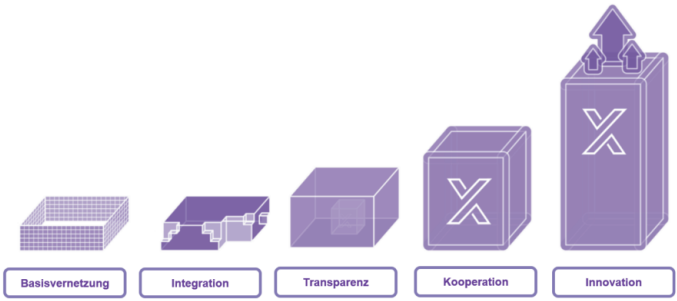


Abbildung 3.30: Stufen im Reifegradmodell.

Basisvernetzung
Die erste Stufe des Reifegradmodells ist die Basisvernetzung, in der Unternehmen isolierte Informationstechnologien einsetzen und erste Schritte zur Vernetzung von Systemen unternommen werden. Digitale Funktionen werden rudimentär genutzt, wobei Daten noch manuell erfasst und keine automatisierten Prozesse zur Analyse angewendet werden. Unternehmen beginnen, die digitale Transformation zu initiieren, und haben grundlegende Sicherheitsmaßnahmen implementiert. In diesem Stadium erfolgt die erste Annäherung an Datenräume, indem Unternehmen anfangen die Prinzipien der digitalen Souveränität, Datensicherheit und die Anforderungen der Gaia-X-Konformität zu berücksichtigen.

Integration
In der Integration wird der Übergang zur Industrie 4.0 erreicht, Geschäftsprozesse werden durch den Einsatz von Sensoren und Technologien digital abgebildet und damit transparenter. Unternehmen erstellen einen digitalen Schatten, der wesentliche Geschäftsdaten wie Maschinendaten, Auftragsdaten und Produktionsprozesse umfasst. Basierend auf den aktuellen Daten werden Veränderungen dieser Prozesse kontinuierlich durch IT-Systeme unterstützt. Die Entwicklung von Datenräumen gewinnt hier an Bedeutung, da sie die Integration dezentraler Datenquellen unterstützt und so die schnelle Reaktion auf unterschiedliche Informationsströme ermöglicht. Dadurch werden Prozesse effizienter gestaltet und die Flexibilität erhöht, um schnell auf neue Daten zuzugreifen und diese zu verarbeiten. Die Unternehmen beginnen ihre Daten gemäß den Gaia-X-Standards zu strukturieren, um Interoperabilität, Datensicherheit und Skalierbarkeit zu fördern. In dieser Phase werden die automatisierte Datenübertragung, die Etablierung einheitlicher Datenstrukturen und die schrittweise Anpassung an die Gaia-X-Konformität zunehmend relevant.

Transparenz
Die dritte Stufe, Transparenz, baut auf dem digitalen Schatten der vorherigen Stufe auf. Innerhalb des sicheren und interoperablen Gaia-X-Ökosystems ermöglichen Datenräume die Integration dezentraler Informationen aus verschiedenen Quellen und bieten Unternehmen die Möglichkeit, ihre Daten sicher auszutauschen und für Analysezwecke zu nutzen, ohne die Kontrolle zu verlieren. Gleichzeitig wird die Datenanalyse um diagnostische Verfahren erweitert, um tiefere Einblicke in Geschäftsprozesse zu gewinnen. Dieser Schritt schafft Transparenz in Bezug auf Geschäftsabläufe und potenzielle Störungen und unterstützt so fundierte Entscheidungsfindungen. Dabei werden die Prinzipien einer offenen, sicheren und souveränen Datenarchitektur konsequent eingehalten.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Kooperation
In der vierten Stufe, der Kooperation, fördert das Gaia-X-Ökosystem die Interoperabilität zwischen Unternehmen und Diensten, was den sicheren Datenaustausch sowie die Verbesserung der Datenqualität und -verfügbarkeit ermöglicht. Unternehmen können durch die Analyse von Daten aus dem digitalen Schatten und der Nutzung von Datenräumen nicht nur zukünftige Ereignisse vorhersagen, sondern auch proaktive Maßnahmen ergreifen, um Prozesse effizient zu steuern. Die Weiterentwicklung von Datenräumen wird hierbei entscheidend, da Unternehmen zunehmend in der Lage sind, Daten aus unterschiedlichen Quellen und Partnern in einem sicheren, interoperablen Rahmen zu integrieren.

Innovation
In der letzten Stufe, der Innovation, setzen Unternehmen das Gaia-X-Ökosystem vollständig für intelligente Vernetzung und Automatisierung ein, wodurch sie einen hohen Grad an Resilienz erreichen. Diese Stufe stellt den höchsten Reifegrad dar, da Entscheidungen autonom auf Basis des digitalen Schattens und durch die Gaia-X-konforme Interoperabilität getroffen werden. Die Nutzung von Datenräumen ermöglicht eine signifikante Prozessoptimierung, steigert die Datenverfügbarkeit und verbessert die Effizienz der Entscheidungsfindung. Zudem werden Lösungen entwickelt, die eine fortlaufende Weiterentwicklung und Anpassung der Systeme fördern, sodass Unternehmen ihre Leistung und Innovationsfähigkeit erheblich steigern.

3.4 Diskussion & Fazit

Insgesamt hat das Forschungsprojekt sein Ziel eines Entwicklungsbaukastens zur Befähigung von KMU für Gaia-X erreicht. Die Projektergebnisse unterstützen KMU bei der Bewältigung von Problemen, die im Rahmen der Bedarfs- und Anforderungserhebung von den relevanten Stakeholdern artikuliert wurden. Die zentralen Ergebnisse des Projekt sind:

- Eine Methode wurde entwickelt, die den gesamten Prozess von der Ideenfindung über die Entwicklung von Geschäftsmodellen bis hin zur Erstellung des Entwicklungsauftrags umfasst. Diese Methode beinhaltet spezifische Geschäftsmodellmuster sowie ein Gaia-X Geschäftsmodell-Canvas. Damit können KMU geeignete Anwendungsfälle und zugehörige Geschäftsmodelle im Rahmen von Gaia-X identifizieren und zur Umsetzung vorbereiten.
- Eine Modellierungsmethode zur Spezifikation von Gaia-X Anwendungen wurde geschaffen, die die Lücke zwischen einem spannenden Anwendungsfall und der konkreten technischen Umsetzung überbrückt.
- Ein Gaia-X Quick-Check ermöglicht KMU eine erste Einschätzung der strategischen Relevanz von Gaia-X.
- Eine Gaia-X Erlebniswelt bietet mehreren Test- und Experimentierräumen, die die Funktionsweise und den Mehrwert von Gaia-X interaktiv erlebbar machen.

Ein nicht unerheblicher Teil der artikulierten Bedürfnisse lag jedoch außerhalb des Scopes des Projektes. Darunter sind viele Punkte, die dem derzeitigen niedrigen Reifegrad von Gaia-X und dem Konzept der Datenräume geschuldet sind, wie z. B. der Entwicklungsstand des EDC-Connectors. Darüber hinaus hatte der geringe praktische Reifegrad und die wenigen Instanziierungen auch Einfluss auf konkrete Projektergebnisse, wie z. B. die Geschäftsmodellmuster. Hier konnte der angestrebte empirische Ansatz nicht genutzt werden. Stattdessen wurden bekannte Muster vor dem Hintergrund der Technologiekonzeption analysiert. Es verbleibt also klare Forschungsbedarf, Muster bei entsprechender Reife von Gaia-X in der Praxis empirisch abzuleiten und damit auch neue Muster zu identifizieren. Letztlich

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

sind aber die Projektergebnisse sowie die entwickelten Demonstratoren über das Projekt hinaus nutzbar bzw. im Einsatz, sodass die Befähigung von KMU für Gaia-X auch über das Projektende hinaus vorangetrieben wird.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). *Das Projekt GAIA-X – Eine vernetzte Dateninfrastruktur als Wiege eines vitalen, europäischen öko-systems*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2019.

[2] G.H. Travassos, F. Shull, J. Carver, and V.R. Basili. *Reading Techniques for OO Design Inspections*. Digital Repository at the University of Maryland, 2002. Technical Report COPPE UFRJ-Brazil / Fraunhofer Center-Maryland / University of Maryland.

[3] Theresa Hilger and Johann Schütz. Datenaufbereitung zum state-of-the-art und fortschritt europäischer gaia-x sowie datenraum initiativen mit einem schwerpunkt auf industrie 4.0 anwendungsfälle, 06 2024. URL `https://doi.org/10.5281/zenodo.11408641`.

[4] Data Spaces Support Centre. Data spaces blueprint v1.5. `https://dssc.eu/page/blueprint`, 2024. URL `https://dssc.eu/page/blueprint`. Version 1.5, updated in 2024.

[5] Alexander Osterwalder and Yves Pigneur. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2010. ISBN 978-0470876411.

[6] Marcel Allweins, Markus Proesch, and Ted Ladd. The platform canvas—conceptualization of a design framework for multi-sided platform businesses. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 4(3):303–328, 2020. doi: 10.1177/2515127420959051. URL `https://doi.org/10.1177/2515127420959051`.

[7] Oliver Gassmann, Karolin Frankenberger, and Michaela Csik. *The Business Model Navigator: 55 Models That Will Revolutionise Your Business*. Pearson, Harlow, England, 2014. ISBN 978-1292065816.

[8] Mark W. Johnson. *Seizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*. Harvard Business Review Press, Boston, Massachusetts, 2010. ISBN 978-1422124819.

[9] DSSC. Starter kit for data space designers — version 1.0 — march 2023, 2023. URL `https://dssc.eu/space/SK/29523973/Starter+Kit+for+Data+Space+Designers+%7C+Version+1.0+%7C+March+2023`. Accessed: 2024-11-05.

[10] Matthias Frohner, Marion Gottschalk, Gerald Franzl, Richard Pasteka, Mathias Uslar, and Stefan Sauermann. Smart grid interoperability profiles development. In *2017 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, pages 189–194. IEEE, 2017.

[11] Iris Schmidberger and Sven Wippermann. Die innovationsmethodologie design thinking. In *Design Thinking im Bildungsmanagement: Innovationen in Bildungskontexten erfolgreich entwickeln und umsetzen*, pages 25–52. Springer, 2022.

[12] Jürgen Gausemeier, Roman Dumitrescu, Tomas Pfänder, Daniel Steffen, and Frank Thielemann. *Innovationen für die Märkte von morgen: strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2018.

[13] Dieter Vahs and Alexander Brem. *Innovationsmanagement. Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung*. Schäffer Poeschel, Stuttgart, 5., überarbeitete auflage edition, 2015.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[14] Mathias Messerle. *Methodik zur Identifizierung der erfolgversprechendsten Produktideen in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses*. PhD thesis, Dissertation, Stuttgart, Universität Stuttgart, 2016, 2016.

[15] Daniel Schallmo. Techniken der geschäftsmodell-ideen-gewinnung. *Geschäftsmodelle erfolgreich entwickeln und implementieren: Mit Aufgaben und Kontrollfragen*, pages 109–119, 2013.

[16] Johann Strassl and Günter Schicker. *Digitale Strategien entwickeln: Von der Idee zur Roadmap*, volume Nr. 73 (Januar 2020) of *Weidener Diskussionspapiere*. Ostbayerische Technische Hochschule (OTH), Amberg-Weiden, 2020. ISBN 9783937804750. doi: 213882. URL https://www.oth-aw.de/files/oth-aw/Aktuelles/Veroeffentlichungen/WEN-Diskussionspapier/WEN-DPs-PDF/DP73.pdf.

[17] Robert C Nickerson, Upkar Varshney, and Jan Muntermann. A method for taxonomy development and its application in information systems. *European Journal of Information Systems*, 22(3):336–359, 2013.

[18] William E. Souder. A scoring methodology for assessing the suitability of management science models. *Management Science*, 18(10):B–526–B–543, 1972.

[19] Klaus Brockhoff. *Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle*. Oldenbourg, München [u.a.], 4., erg. aufl. edition, 1994.

[20] Andreas Breiing and Rainer Knosala. *Bewerten technischer Systeme. Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen*. Springer, Berlin [u.a.], 1997.

[21] Stefan Wartzack. Auswahl- und bewertungsmethoden. In B. Bender and K. Gericke, editors, *Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*, pages 307–334. Springer, Berlin [u.a.], 9. aufl. edition, 2021.

[22] Demand ProjeKt. Data business in ecosystems. *Veröffentlichung aus DEMAND-Forschungsprojekt*, 2021.

[23] IEC. Industrial-process measurement, control and automation - life-cycle-management for systems and components, 07 2020. URL https://www.vde-verlag.de/iec-normen/248992/iec-62890-2020.html.

[24] Hans-Jürgen Appelrath, Petra Beenken, Ludger Bischofs, and Mathias Uslar. Itarchitekturentwicklung im smart grid: Perspektiven für eine sichere markt-und standardbasierte integration erneuerbarer energien, 2012.

[25] Martine Gouriet, Hervé Barancourt, Marianne Boust, Philippe Calvez, Michael Laskowski, Anne-Sophie Taillandier, Loïc Tilman, Mathias Uslar, and Oliver Warweg. The energy data space: The path to a european approach for energy. In Boris Otto, Michael ten Hompel, and Stefan Wrobel, editors, *Designing Data Spaces : The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*, pages 535–575. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-030-93975-5. doi: 10.1007/978-3-030-93975-5_33. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-93975-5_33.

[26] Heiko Englert and Mathias Uslar. Europäisches architekturmodell für smart grids-methodik und anwendung der ergebnisse der arbeitsgruppe referenzarchitektur des eu normungsmandats m/490. In *Tagungsband VDE-Kongress*, 2012.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[27] Johann Schütz, Mathias Uslar, and Jürgen Meister. A case study research on interoperability improvement in smart grids: state-of-the-art and further opportunities. *Open Research Europe*, 1(33):33, 2021.

[28] Mathias Uslar, André Göring, Roland Heidel, Christian Neureiter, Dominik Engel, and Stefan Schulte. An open source 3d visualization for the rami 4.0 reference modell. In *VDE Konferenz 2016*, pages 1–6, 01 2016.

[29] Simon Scerri, Tuomo Tuikka, Irene Lopez de Vallejo, and Edward Curry. Common european data spaces: Challenges and opportunities. In Edward Curry, Simon Scerri, and Tuomo Tuikka, editors, *Data Spaces: Design, Deployment and Future Directions*, pages 337–357. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-030-98636-0. doi: 10.1007/978-3-030-98636-0_16. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-98636-0_16.

[30] Rohit A Deshmukh, Diego Collarana, Joshua Gelhaar, Johannes Theissen-Lipp, Christoph Lange, Benedikt T Arnold, Edward Curry, and Stefan Decker. Challenges and opportunities for enabling the next generation of cross-domain dataspaces. In *The Second International Workshop on Semantics in Dataspaces, co-located with the Extended Semantic Web Conference*, 2024.

[31] Eclipse. Eclipse Dataspace Components, 2024. URL https://github.com/eclipse-edc. Abgerufen: 4. Dezember 2024.

[32] Data Spaces Support Centre. Introducing Blueprint 1.0: the evolution of Data Spaces - News, 07 2024. URL https://dssc.eu/space/News/blog/381878275/Introducing+Blueprint+1.0%3A+the+evolution+of+Data+Spaces. [Online; accessed 25. Jul. 2024].

[33] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Gaia-x, 2023. URL https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/gaia-x/gaia-x.html. Accessed: 2024-08.

[34] Gaia-X. Gaia-x architecture document, 2022. URL https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/2022/06/Gaia-x-Architecture-Document-22.04-Release.pdf. Accessed: 2024-08.

[35] Gaia-X AISBL. Gaia-x labelling framework, 2021. URL https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/files/2021-11/Gaia-X%20Labelling%20Framework_0.pdf. Accessed: 2024-08.

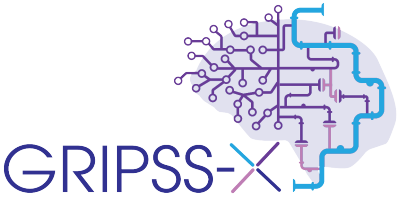
[36] Gaia-X Federation Services. überblick über gaia-x federation services, 2023. URL https://www.gxfs.eu/de/gxfs-ueberblick/. Accessed: 2024-08.

[37] Gaia-X Hub. Gaia-x digital clearing houses (gxdch): Torwächter-datenwirtschaft. Technical report, Gaia-X Hub, 2024. URL https://gaia-x-hub.de/wp-content/uploads/2024/08/24-08-02_GXDCH_Torwaechter-Datenwirtschaft.pdf. Accessed: 2024-08.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

4 GRIPSS-X

T. Schrage, J. Eichholz, N. Große, D. Karabulut, B. Kurpicz, L. Schubert, D. Hefft, D. Kiklhorn, M. Wolny, C. Azkan, M. Sadus, B. van Deursen, R. Bistritz, J. Graefenstein, S. Neumann, M. Hahn, P. Ehnert, T. Delbrügger, E. N. Özkan



Titel	GAIA-X-Ready Industrial Product-Service Systems: Smarte Tools für servicezentrierte Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken
Förderlinie	ZdW - InGAIA-X: Industrie 4.0 - GAIA-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken
Laufzeit	01.11.2022 bis 31.12.2024
Fördermittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen	02J21D100

4.1 Einführung

Das Akronym GRIPSS-X steht für Gaia-X-Ready Industrial Product-Service Systems: Smarte Tools für servicezentrierte Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken. Es verfolgt die Vision einer offenen Wertschöpfungsplattform für den Maschinen- und Anlagenbau unter dem Einsatz der Gaia-X-Bausteine und KI-basierter Dienstleistungen. Im Zielbild von GRIPSS-X steht die Reduktion von Koordinierungsaufwänden in der Beauftragung industrieller Dienstleistung, deren Effizienz in der heutigen Zeit von unscharfen Leistungsbeschreibungen und einem heterogenen Verständnis der Selbstbeschreibung von Unternehmen überschattet ist. Das Konsortium des Projekts wird von einer interdisziplinären Partnerschaft aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen getragen, die ihre jeweiligen Expertisen einbringen, um innovative Forschungsergebnisse zu erarbeiten, welche gleichermaßen für die Wissenschaft und Wirtschaft wertvoll sind. Zu den Forschungspartnern zählt der Lehrstuhl für Unternehmenslogistik (LFO) der Technischen Universität Dortmund, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) sowie das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST).

Der LFO übernimmt im Projekt die Rolle des Koordinators und stellt sicher, dass die Zusammenarbeit zwischen den Partnern reibungslos verläuft und die Projektziele erreicht werden. Wissenschaftlich untersucht der LFO die Wirkungszusammenhänge von Wertschöpfungsplattformen. Das

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Fraunhofer IML bringt seine Expertise in der Entwicklung branchenübergreifender und kundenspezifischer Lösungen ein. Im Projekt ist es für die Erfassung und Bewertung aktueller Serviceprozesse, Stammdaten und Kollaborationsprinzipien bei den Industriepartnern verantwortlich, um umfangreiche Unternehmensfallstudien vorzubereiten und einen Anforderungskatalog zu erstellen. Das Fraunhofer ISST konzentriert sich auf die Entwicklung sicherer und souveräner Dateninfrastrukturen für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Im Rahmen von GRIPSS-X unterstützt es das Konsortium durch die Implementierung der Gaia-X-Infrastruktur auf der Plattform und entwickelt gemeinsam mit den Industriepartnern neue, datengetriebene Geschäftsmodelle.

Zu den Industriepartnern zählen die adesso SE, Weber Rohrleitungsbau, wagner GmbH, Weldotherm Gesellschaft für Wärmetechnik mbH, Weldotherm Wärmetechnischer Dienst GmbH, iits-consulting und Hahn Projects GmbH. Die adesso SE bringt ihre Expertise in der Konzeption und Umsetzung von IT-gestützten Geschäftsmodellen und -prozessen ein. Im Projekt ist adesso für die Erhebung und Zusammenführung der Anforderungen der verschiedenen Partner sowie die Analyse und Unterstützung der Entwicklung von Anwendungsszenarien der Plattform zuständig. Sie trägt zudem ihre Erfahrungen in der Leistungskategorisierung bei, um die Kategorisierung von Dienstleistungen zu verbessern.
Weber Rohrleitungsbau bringt als Marktführer im industriellen Rohrleitungsbau in der Prozessindustrie in Deutschland die Perspektive eines Großunternehmens für Produkte und Services ein und thematisiert die Herausforderungen in der Zusammenarbeit innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken. Die wagner GmbH, spezialisiert auf die Instandsetzung von Maschinen und Anlagen, trägt zur praxisnahen Integration physischer industrieller Services auf der Wertschöpfungsplattform bei und nutzt ihre Erfahrungen in der Instandhaltung und Sondermaschinenfertigung. Im Bereich der Wärmebehandlung bringt die Weldotherm Gesellschaft für Wärmetechnik mbH ihre Expertise als Maschinenbauzulieferer für Anlagen zur Wärmebehandlung ein, während die Weldotherm Wärmetechnischer Dienst GmbH ihre Erfahrungen als KMU und führender Anbieter von Wärmebehandlungen von hochlegierten Stählen in verschiedenen spezialisierten Branchen einbringt. Weldotherm WTD unterstützt die Entwicklung des Gesamtkonzepts prototypisch und erweitert es um ihre Sichtweise und Fachkenntnisse.
Als KI-Experte unterstützt iits-consulting das Projekt durch die Entwicklung und Implementierung von KI-basierten Tools, die die Prozesse auf der Wertschöpfungsplattform optimieren und automatisieren sollen. Die Hahn Projects GmbH trägt durch innovative Softwarelösungen zur Digitalisierung von Instandhaltung und Produktion bei. Sie ist im Projekt für den Aufbau der GRIPSS-X-Plattform verantwortlich und stellt die Einhaltung der Gaia-X-Konformität sicher. Abbildung 4.1 visualisiert die integrative Zusammenarbeit der Partner im Projekt.

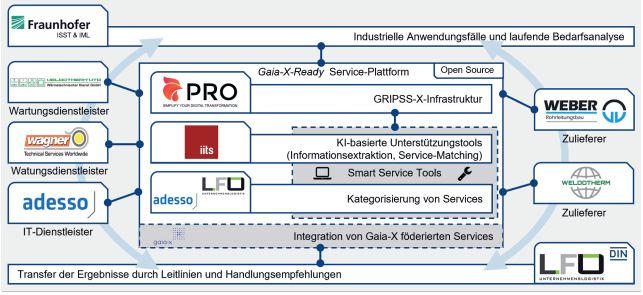


Abbildung 4.1: Partnerstruktur GRIPSS-X

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Anforderungskatalog für eine Plattform zur gemeinsamen Erbringung industrieller Dienstleistungen
- Prototypische Umsetzung der Wertschöpfungsplattform
- DIN SPEC zur Kategorisierung technischer Dienstleistungen für industrielle verfahrenstechnische Anlagen
- Prototypische Umsetzung eines KI-Tools zur Informationsextraktion aus Ausschreibungen
- Prototypische Umsetzung eines KI-Tools zum Matching von Nachfrager und Anbieter
- DIN SPEC zu Transformationsleitfäden für die Mitwirkung an Datenräumen in serviceorientierten, industriellen Wertschöpfungsnetzwerken
- Entwicklung von Geschäftsmodellen für die Wertschöpfungsplattform
- Wissenschaftliche und praxisnahe Verbreitung

4.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt

Für die Förderlinie InGAIA-X leistet das Projekt GRIPSS-X einen Beitrag für den bislang unterrepräsentierten Fall von klein- und mittelständischen Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau. Die Anschlussfähigkeit, gerade für klein- und mittelständische Unternehmen, erweist sich in der heutigen Zeit als hochrelevant. Die Beauftragung von industriellen Services verläuft als Zusammenführung mehrerer kleiner Unterbeauftragungen, bei denen das Aussetzen eines Prozessschritts das Verzögern des Gesamtprojekterfolgs zur Folge hat. Unpräzise Leistungsbeschreibungen und unzählige Absprachen führen zu erheblichen Koordinierungsaufwänden, die auf Basis der durch GRIPSS-X entwickelten Gesamtlösung reduziert werden sollen. Gaia-X bietet hier gezielt Unterstützung, indem es Unternehmen, speziell kleinen und mittelständischen Betrieben, eine gemeinsame Dateninfrastruktur für den sicheren, souveränen und effizienten Austausch von Informationen zur Verfügung stellt.

Durch die Einbindung von Gaia-X kann GRIPSS-X standardisierte Prozesse für den Datenaustausch sicherstellen, was insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen von Vorteil ist. Diese Unternehmen stehen häufig vor der Herausforderung, komplexe Dienstleistungsanforderungen effizient zu organisieren und dabei gleichzeitig sicherzustellen, dass Daten nur für definierte Zwecke verwendet werden. Gaia-X bietet in diesem Kontext die nötigen technischen Spezifikationen und regulatorischen Rahmenbedingungen, um diese Anforderungen zu erfüllen. Insbesondere die Nutzung des Sovereign Cloud Stack und des Eclipse Dataspace Connector innerhalb der GRIPSS-X-Plattform gewährleistet, dass Datenhoheit gewahrt wird und der Austausch von Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg sicher und kontrolliert erfolgt.

Ein weiterer Vorteil von Gaia-X im Kontext von GRIPSS-X ist die Förderung der Interoperabilität. Diese ermöglicht es unterschiedlichen Unternehmen, Plattformen und Technologien, innerhalb eines gemeinsamen Rahmens zu kooperieren, ohne auf proprietäre Systeme angewiesen zu sein. Dies ist insbesondere für industrielle Wertschöpfungsnetzwerke von entscheidender Bedeutung, da viele kleine und mittelständische Unternehmen über begrenzte technische Ressourcen verfügen. Gaia-X reduziert die Hürde für die Teilnahme an solchen Netzwerken und unterstützt Unternehmen bei der Integration und Nutzung der Plattform, indem standardisierte Schnittstellen und Datenformate definiert werden.

Durch die Umsetzung von Gaia-X-Standards und die Verankerung von Datensouveränität und Interoperabilität stellt das Projekt GRIPSS-X ein konkretes Beispiel dar, wie die Zukunft der industriellen Wertschöpfung verbessert werden kann.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

4.3 Methodik/Umsetzung

Die Umsetzung des Projekts erfolgte eingebettet in das explorative Forschungsparadigma der Design Science [1–3] der Mixed-Methods-Ansatz aus qualitativen und quantitativen Methoden eingesetzt und in insgesamt sieben Arbeitspaketen abgebildet, die nach dem Action Research Ansatz [4] strukturiert sind. Hierbei ist es das Ziel, dass sowohl die Industrie- und Entwicklungs-, als auch die Forschungspartner über eine iterative Vorgehensweise (BIE-Cycles, bestehend aus Building, Intervention, Evaluation) gemeinsame Lösungsartefakte entwickeln. Die Lösungsartefakte sind je nach Arbeitszyklus unterschiedlich ausgeprägt. Die Konsortialpartner bilden eine exemplarische Wertschöpfungskette ab. Einerseits erfordert dies Kompetenzträger aus dem Bereich der Industrie, vor allem Erfahrene aus den klein- und mittelständischen Unternehmen (Weldotherm WTD und GFW, wagner, Weber Engineering). Gleichwohl bedarf es auf technischer Seite erfahrener Expertise rund um die Gestaltung von Datenökosystemen sowie im Bereich der künstlichen Intelligenz (Adesso, Hahn Projects, IITS). Ergänzt um die wissenschaftliche Kompetenz, die durch die Fraunhofer Gesellschaft (IML / ISST) und den Lehrstuhl für Unternehmenslogistik (TU Dortmund) gesichert wird, umfasst das Projekt einen Dreiklang dieser Kompetenzbündel. Zu Projektstart wurde eine gemeinsame Vision und Mission mit dem Fokus auf die Reduktion von Koordinierungsaufwänden erarbeitet. Weiterhin wurden die Anwendungsfälle identifiziert. Schnittmengen fanden sich unter anderem im Ausschreibungsprozess- sowie dem Service-Matching. Ebenso wurde ein fortlaufend aktualisierter Anforderungskatalog bestehend aus 78 Anforderungen zu der zu entwickelnden Wertschöpfungsplattform abgeleitet. Des Weiteren wurde ein Konzept der Wertschöpfungsplattform, die Entwicklungsroadmap unter Betrachtung der Gaia-X und der im Projekt erarbeiteten KI-Bausteine erstellt, fortlaufend gesichtet und anschließend in eine prototypische Wertschöpfungsplattform implementiert. Anhaltspunkte zu Schnittstellen für weitere Dienste und Systeme, wie insbesondere zu den KI-basierten Services, wurden definiert und prototypisch implementiert. Darüber hinaus wurde eine DIN SPEC zur Kategorisierung industrieller Dienstleistungen veröffentlicht, mit der eine einheitliche Beschreibung ermöglicht und damit ein einheitliches Verständnis gestärkt wird. Weiterhin erfolgte eine Sammlung aussichtsreicher Smart Service Tools für die Wertschöpfungsplattformen, die Konzeption ausgewählter Smart Service Tools, implementierter und trainierter Smart Service Tools sowie deren Einbindung in die GRIPSS-X-Wertschöpfungsplattform am Beispiel der Informationsextraktion aus Ausschreibungen sowie des Service-Matchings. Zudem konnten Erkenntnisse zur unternehmensinternen und –übergreifenden Wirkungsweise der Entwicklungen festgehalten werden, die auch über das Konsortium hinweg durch Expertengespräche und Umfragen validiert wurden. Die zentralen Erkenntnisse bildeten die Grundlage zur Erarbeitung der DIN SPEC zu Transformationsleitfäden in Bezug auf die Teilnahme an Wertschöpfungsnetzwerken. Weiterhin wurden die Mehrwerte durch die Teilnahme an GRIPSS-X für alle Stakeholder aufgezeigt, die Entwicklung von Geschäftsmodellen über einen gemeinsamen Workshop vorangetrieben, Verwertungsmöglichkeiten basierend auf Gaia-X aufgezeigt sowie eine Erkenntnisrückführung zu Uranos-X und Gaia-X AISBL realisiert. Darüber hinaus wurde eine Projektwebseite sowie ein Social-Media-Kanal zu GRIPSS-X aufgesetzt und regelmäßig Projektfortschritte in Form von Vorträgen auf Tagungen, Konferenzen und weiteren Vernetzungsveranstaltungen kommuniziert, aus denen insgesamt wissenschaftliche und praxisnahe Veröffentlichungen hervorgegangen sind.

4.4 Ergebnisse

Im Zentrum des Forschungsprojekts steht die Erarbeitung einer Gesamtlösung, der sogenannten GRIPSS-X-Plattform, die der Vision einer offenen Wertschöpfungsplattform folgt. Die Plattform selbst bildet einen digitalen Marktplatz zur Zusammenführung von Anbietern und Nachfragern industrieller Services ab. Damit einhergehende Lösungsbausteine sind insbesondere die mit der Plattform verbundenen Anforderungen in Bezug auf die Gestaltung der Plattform, der KI-Dienste sowie der Gaia-X-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Bausteine. Auf Seiten der Gaia-X-Infrastruktur wurden insbesondere Umsetzungen zu den Selbstbeschreibungsgraphen, dem Eclipse Dataspace Connector (EDC) sowie dem Konzept des Souvereign Cloud Stack verfolgt.

Anforderungskatalog für eine Plattform zur gemeinsamen Erbringung industrieller Dienstleistungen

Die Anforderungsanalyse zielt darauf ab, die spezifischen Bedürfnisse und Anforderungen für die Entwicklung einer Gaia-X-kompatiblen Plattform zu definieren und stellt sicher, dass sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen identifiziert werden, um die technischen und operativen Bedürfnisse aller Beteiligten zu decken. Insgesamt wurden 78 Anforderungen identifiziert, die aus verschiedenen Quellen stammen:

1. Muss-Kriterien: Diese grundlegenden Anforderungen wurden in Workshops mit den Anwendungspartnern entwickelt. Sie umfassen notwendige funktionale und nicht-funktionale Kriterien, die für den Aufbau einer funktionierenden Gaia-X-Plattform essenziell sind. Diese Kriterien sichern die Basisfunktionen und setzen die Standards für Interoperabilität und Benutzerfreundlichkeit.

2. Big-Picture-Anforderungen: In Zusammenarbeit mit dem Gesamtkonsortium wurde eine übergeordnete Sicht auf die Plattform entwickelt, die die langfristige Vision und strategische Ausrichtung widerspiegelt. Diese Anforderungen unterstützen die gesamte Plattform-Architektur und fördern die Ziele von GRIPSS-X hinsichtlich einer vernetzten und skalierbaren Infrastruktur.

3. KI-bezogene-Anforderungen: Diese Anforderungen wurden durch Workshops mit Entwicklungs- und Anwendungspartnern identifiziert und umfassen spezifische KI-Funktionen. Dazu gehören unter anderem die automatische Bedarfsermittlung, KI-gestützte Risikobewertungen und die Optimierung der Wartungsprozesse sowie das intelligente Dokumentenmanagement.

4. Gaia-X technische Spezifikationen: Anforderungen in dieser Kategorie stammen direkt aus dem Gaia-X Framework (https://docs.gaia-x.eu/framework/?tab=specifications). Sie definieren technische und regulatorische Standards und sorgen dafür, dass die Plattform den Gaia-X-Richtlinien, wie z. B. Datenschutz, Datenhoheit und Interoperabilität, entspricht.

Abbildung 4.2 beinhaltet das Ergebnis der initialen Anforderungsidentifikation innerhalb eines Workshops. Die Anforderungen wurden anschließend in einer Excel-Datei aufbereitet und stetig erweitert, um z. B. die Anforderungen aus den technischen Spezifikationen von Gaia-X zu berücksichtigen.

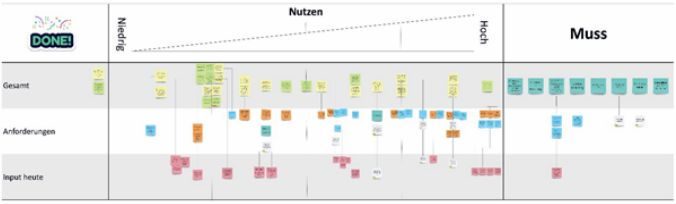


Abbildung 4.2: Schaubild des Anforderungsworkshops

Der Anforderungskatalog ist in Kategorien gegliedert, die auf den Ursprung der Anforderungen und deren Verwendungszweck abgestimmt sind. Dies umfasst sowohl funktionale Aspekte (z. B. automatisierte Angebotserstellung und Service-Matching) als auch nicht-funktionale Anforderungen, wie

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

die Sicherheit und Standardisierung von Schnittstellen. Ziel des strukturierten Anforderungskataloges ist es, die einzelnen Arbeitspakete mit einer Übersicht und Priorisierung zu unterstützen, um die Konzeption und Umsetzung einzelner Artefakte im Projektmanagement des jeweiligen Arbeitspaketes anhand der Anforderungen zu steuern. Die identifizierten Anforderungen spiegeln eine umfassende, technische und betriebswirtschaftliche Perspektive der notwendigen Funktionen wider. Sie sind das Ergebnis eines kollaborativen Prozesses mit unterschiedlichen Stakeholdern und sichern die Einhaltung von GAIA-X Standards sowie die Schaffung einer funktionalen, zukunftsorientierten Co-Creation Plattform für industrielle Dienstleistungen.

Prototypische Umsetzung der Wertschöpfungsplattform

Insgesamt konnte ein ausgereiftes Konzept der Wertschöpfungsplattform, eine detaillierte Entwicklungsroadmap und eine einsatzbereite Wertschöpfungsplattform (siehe Abbildung 4.3) sowie definierte Schnittstellen für weitere Dienste und Systeme entwickelt werden.

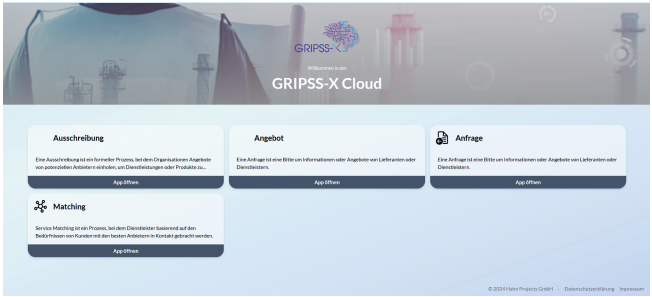


Abbildung 4.3: GRIPSS-X-Plattform

Die Plattform fokussiert sich auf die sichere und souveräne Integration verschiedenster Smart Service Tools und ermöglicht einen effizienten Datenaustausch innerhalb der föderierten Struktur von Gaia-X. Sie zeichnet sich durch ihre Mandantenfähigkeit und die Einhaltung der Gaia-X-Richtlinien aus. Hierbei decken die Funktionen der GRIPSS-X-Plattform die folgenden Elemente eines Transaktionszyklus zur Beauftragung industrieller Services über die Informations- und Anbahnungsphase (verfügbare Angebote) bis hin zum Service-Matching ab: Ausschreibung (Nachfrager) und Angebot (Anbieter). Die GRIPSS-X-Plattform bedient sich dabei der Logik des Sovereign-Cloud-Stacks (SCS), um die Struktur der Selbstähnlichkeit bei mehreren Instanzen der GRIPSS-X-Plattform zu gewährleisten. Zudem wurde der Eclipse Dataspace Connector (EDC) validiert, um einen sicheren und standardisierten Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg zu ermöglichen. Weiterhin wird die Logik der Selbstbeschreibungsgraphen aus dem GXFS-Katalog getestet, um die Funktionen bzw. Services auf der Plattform zu beschreiben. Ein weiterer zentraler Aspekt war die Definition und Implementierung von Schnittstellen zu weiteren Diensten und Systemen. Hierbei wurden bestehende industrielle Dienstleistungen und IT-Infrastrukturen der Projektpartner berücksichtigt, um einen barrierefreien Zugang zur Plattform zu gewährleisten. Diese Schnittstellen ermöglichen die reibungslose Integration und Erweiterung der Smart Service Tools sowie die Anbindung externer Systeme und Dienste, wodurch die Flexibilität und Skalierbarkeit der Plattform erhöht wird.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

DIN SPEC 77218 zur Kategorisierung technische Dienstleistungen für industrielle verfahrenstechnische Anlagen

Die DIN SPEC legt eine Strukturierung und Kategorisierung der industriellen Leistungskategorien insbesondere in Anlehnung an die DIN SPEC 77229 Reihe fest. Sie stellt außerdem eine Visualisierung dieser Struktur im Bereich der industriellen verfahrenstechnischen Anlagen bereit, damit Leistungen besser zugeordnet und voneinander abgegrenzt werden können. Die Einteilung industrieller Tätigkeiten und Leistungen erfolgt in Gewerke und Leistungskategorien (LK). Dabei kann eine hierarchische Gliederung vorgenommen werden, die von einer allgemeinen Einteilung in Gewerke bis hin zu einer detaillierten Aufschlüsselung in Leistungskategorien mit spezifischen Leistungspositionen und deren Merkmalen reicht. Eine präzisere Kategorisierung industrieller Dienstleistungen erfolgt anhand einer fünfstufigen Struktur, wie in Abbildung 4.4 dargestellt.

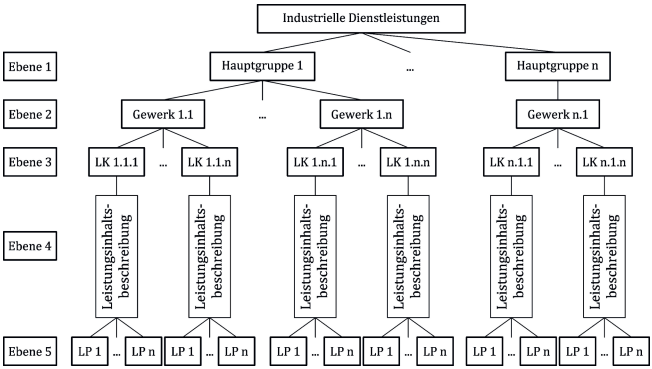


Abbildung 4.4: Kategoriesystem aus DIN SPEC 77218

Die Ebene 1 unterteilt Leistungen in Hauptgruppen. Die grobe Einteilung erlaubt eine schnellere Zuordnung der Ebene 2, also der Gewerke. Damit bietet sie eine erste Vorselektion und reduziert die Menge der auswählbaren Leistungen. Die Einführung der Hauptgruppen erleichtert die Strukturierung und Übersichtlichkeit der zahlreichen Gewerke. Diese Hauptgruppen fassen verwandte Gewerke zusammen, welche exklusiv zugeordnet werden, um die Kategorisierung einfach und eindeutig zu halten. Jede Hauptgruppe umfasst dabei exklusiv ein bis mehrere Gewerke. Die Ebene 2 umfasst die in der Praxis üblichen Gewerke der Hauptgruppen, welche von Dienstleistern entweder einzeln oder in Kombination bedient werden können. Für einige Gewerke, wie beispielsweise den Rohrleitungsbau und den Metallbau, existieren Standardleistungsverzeichnisse. Eine ausführliche Darstellung der Gewerke findet sich in der DIN SPEC 77229, welche in Kooperation mit Auftraggebern und -nehmern entwickelt wurde und jährlich aktualisiert wird. Im Anschluss an die Grobeinteilung der Tätigkeiten in Gewerke erfolgt auf Ebene 3 eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Tätigkeiten unter Zuhilfenahme von Leistungskategorien (LK). Die Bezeichnung der Leistungskategorien ermöglicht eine präzise Zuordnung der Arbeiten zu den durchzuführenden Tätigkeiten. Die Leistungsinhaltsbeschreibungen stellen die vierte Ebene der Tätigkeitsunterteilung dar und bieten detaillierte Definitionen der einzelnen Tätigkeiten. Die Aufstellung der Arbeitsschritte innerhalb der Leistungskategorien erfolgt in einer systematischen Weise, wodurch eine präzisere Einsicht in die spezifischen Arbeitsinhalte und deren Anforderungen ermöglicht wird. Die Struktur der Leistungsinhaltsbeschreibungen umfasst vier Teile: „Einleitung“, „Vorbereitung“, „Durchführung“ und „Nachbereitung“ der Arbeit. Die Leistungspositionen (LP) stellen die fünfte Ebene der Tätigkeitsunterteilung dar und dienen der weiteren Präzisierung der

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

zu erbringenden Leistungen. Sie erweitern die Leistungskategorien und konkretisieren die Tätigkeiten. Die genaue Definition der Leistungspositionen ermöglicht die gezielte Auswahl von Unternehmen, da nicht alle Dienstleister über die erforderlichen Kapazitäten für spezifische Anforderungen, wie etwa die Herstellung einer bestimmten Rohrleitungslänge oder die Bearbeitung einer speziellen Nennweite, verfügen. Die verschiedenen Einflussgrößen prägen unterschiedliche Leistungskategorien, werden jedoch als Leistungspositionen einer spezifischen Kategorie zugewiesen. Die Nennweite einer Rohrleitung nimmt beispielsweise Einfluss auf sowohl Montage- als auch Schweißarbeiten, sodass sie beiden Leistungskategorien zugeordnet werden kann. Die strukturierte Zuweisung ermöglicht eine präzisere Planung und Ausführung der Arbeiten, indem alle relevanten Einflussgrößen korrekt berücksichtigt werden. Dies führt zu einer optimierten Organisation der Arbeitsprozesse sowie einer gesteigerten Sensibilität für die spezifischen Anforderungen innerhalb der Leistungskategorien.

Prototypische Umsetzung eines KI-Tools zur Informationsextraktion aus Ausschreibungen

Ein Tool zur Reduzierung von Koordinierungsaufwendungen stellt das entwickelte KI-basierte Informationsextraktionstool dar (siehe Abbildung 4.5). Dieses ermöglicht es, Ausschreibungsdokumente aus den beiden Kategorien Wärmebehandlung und Rohrleitungsbau in verschiedenen Dateiformaten hochzuladen und vordefinierte Informationen (genannt Keyfacts) automatisiert auszulesen (wie z. B. Kontaktperson, Projektlaufzeit und Leistungsumfang).

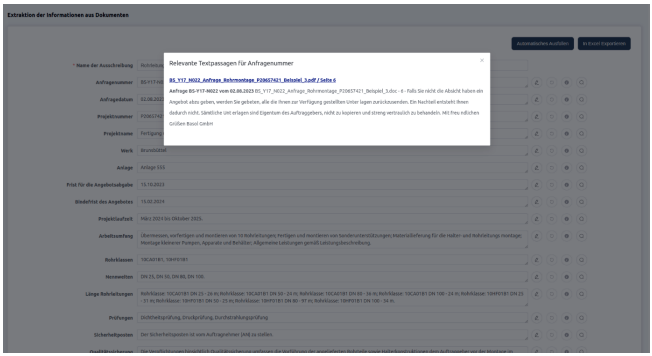


Abbildung 4.5: KI Tool zur Informationsextraktion

Die Methode basiert dabei auf großen Sprachmodellen (Large Language Models, LLMs) und sogenannten RAG-Systemen (Retrieval Augmented Generation). Dafür wurde zunächst für jeden Keyfact mittels Prompt Engineering eine spezifische Frage formuliert, die das Sprachmodell beantworten soll (z. B.: „Wer ist in der Ausschreibung als Kontaktperson genannt?“). Der Extraktionsprozess selbst verläuft dann in mehreren Schritten (siehe Abbildung 4.6):

1. Dokumentaufteilung in Chunks: Die Ausschreibungsdokumente werden in kleinere Textteile, sogenannte Chunks, unterteilt, um die Informationen möglichst kleinteilig vorliegen zu haben.

2. Umwandlung in Vektoren: Die Chunks werden dann mithilfe eines Embedding-Models in Vektoren umgewandelt, die die semantischen Inhalte des Textes bewahren. Diese Vektoren werden für die weitere Bearbeitung innerhalb des RAG-Systems in einer Vektordatenbank gespeichert.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

3. Relevanzprüfung der Chunks: Im nächsten Schritt wird geprüft, welche Chunks für die aktuelle Frage relevant sind. Dazu wird die Frage ebenfalls in einen Vektor transformiert, und durch Berechnung der Kosinus-Ähnlichkeiten wird ermittelt, welche Chunks am besten zur Frage passen (Chunk Retrieval). Nur die relevantesten Chunks werden zur weiteren Verarbeitung verwendet.

4. Prompt-Erstellung für den Keyfact: Als nächstes wird ein aus drei Teilen bestehender Prompt für den aktuellen Keyfact generiert:

   a. Der System Prompt enthält allgemeine Instruktionen (z. B. „Bitte beantworte die Frage ausschließlich mit dem gegebenen Kontext.“).

   b. Der Kontext besteht aus den zuvor ausgewählten relevanten Chunks.

   c. Der eigentliche Prompt zur Extraktion des Keyfacts.

   Dieser zusammengesetzte Prompt wird an das Sprachmodell gesendet und die Antwort schließlich automatisiert ausgeben.

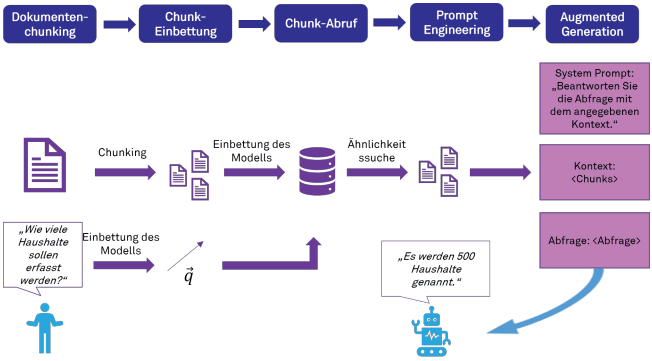


Abbildung 4.6: Schema des Informationsextraktions-Tools

Das Informationsextraktionstool ist in die GRIPSS-X Plattform eingebunden und ermöglicht neben der automatisierten Extraktion der festgelegten Keyfacts auch die Einsicht in die zugehörigen Textpassagen im Originaldokument, um die jeweiligen Antworten überprüfen zu können.
Das Informationsextraktions-Tool ist in die GRIPSS-X Plattform eingebunden.

Prototypische Umsetzung eines KI-Tools zum Matching von Nachfrager und Anbieter

Zum Zwecke der Optimierung und Automatisierung von Prozessen auf der Wertschöpfungsplattform wurde ein weiteres KI-basiertes Tool konzipiert und entwickelt, das sogenannte Service-Matching. Dieses Tool gleicht in Ausschreibungen angefragte Dienstleistungen mit geeigneten Unternehmen ab, die diese Leistungen entweder vollständig oder teilweise anbieten können. Die Grundlage für das Service-Matching bildet dabei zum einen eine Datenbank, die 8 verschiedene Gewerke (Rohrleitungsbau; Apparate und Maschinen; Metallbau; Gerüstbau; Kälte-, Wärme- und Schallisolierung; EMSR; Elektrische Begleitheizung; Blitzschutz) sowie 154 spezifische Leistungskategorien umfasst, welche aus der DIN SPEC 77229 Reihe extrahiert wurden. Die zweite Grundlage des Service Matchings

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

bildet ein Satz von Firmenprofilen mit entsprechenden Leistungsbeschreibungen. Da zum Zeitpunkt der Entwicklung des Tools keine umfassende Sammlung von Firmenprofilen verfügbar war, wurde ein synthetischer Datensatz erstellt. Mithilfe generativer KI und LLMs wurden Beschreibungen von 100 fiktiven Unternehmen erzeugt, basierend auf den Gewerken und Leistungskategorien der DIN SPEC 77229. Methodisch gliedert sich der Prozess des Service-Matchings in drei Schritte (siehe Abbildung 4.7):

1. Identifikation der relevanten Gewerke und Leistungen in der Ausschreibung: Das Tool analysiert das Dokument und ordnet die darin enthaltenen Dienstleistungen den spezifischen Gewerken und Leistungskategorien zu.
2. Zuordnung Gewerke und Leistungen zu Firmenprofilen: Analog dazu werden die gespeicherten Firmenprofile analysiert und ebenso die jeweiligen Gewerke und Leistungskategorien identifiziert. (Anmerkung: Dieser Schritt wird zu Beginn einmalig ausgeführt und auf die abgeleiteten Zuordnungen kann später jederzeit im Matching zugegriffen werden.)
3. Die extrahierten Leistungen aus der Ausschreibung werden mit den angebotenen Leistungen der Firmen abgeglichen, um die passenden Unternehmen zu finden. Das Ergebnis kann dabei aus einem einzelnen Unternehmen bestehen, welches alle Leistungen abdeckt oder aus mehreren Unternehmen, die gemeinsam die geforderte Leistung abdecken können.

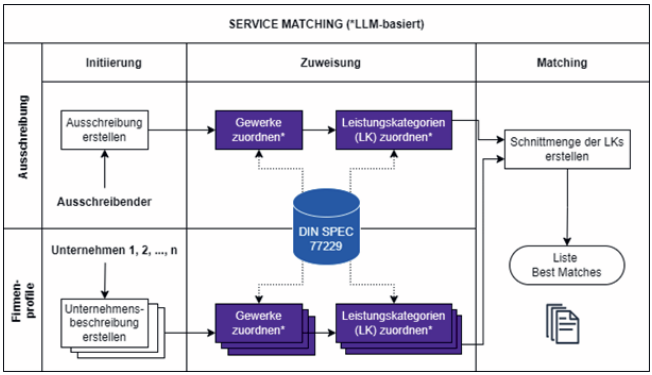


Abbildung 4.7: Schema des Service-Matching Tools

Neben der automatisierten Rückgabe passender Firmen, kann das Tool zudem relevante Textpassagen aus der Ausschreibung und den Firmenprofilen anzeigen, um die extrahierten Informationen manuell zu überprüfen und so die Qualität der Zuordnung zu kontrollieren. Das Service-Matching Tool ist ebenso in die GRIPSS-X Plattform integriert.

DIN SPEC zu einem Leitfaden für die Mitwirkung an Datenräumen in serviceorientierten, industriellen Wertschöpfungsnetzwerken

Die DIN SPEC 91513 legt einen Leitfaden zur merkmalgeleiteten Einordnung in serviceorientierten, industriellen Wertschöpfungsnetzwerken fest. Diese Einordnung dient zum Überprüfen, ob die Erwartungen des eigenen Unternehmens und deren Anwendungsfälle die Voraussetzungen erfüllen, um an entsprechenden Datenräumen teilzunehmen. Die initiale Zielgruppe des Leitfadens stellen dabei

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

speziell die Anbieter und Nachfrager aus dem wertschöpfenden, industriellen Dienstleistungsbereich dar. Durch die DIN SPEC wird ein gemeinsames Verständnis für industrielle Unternehmen geschaffen, damit diese auf der Basis vorgeprägter Merkmale die eigenen Prozesse selbstständig verorten können und damit mögliche Handlungspfade zur Teilnahme in einem Datenökosystem für industrielle Dienstleistungen aufgezeigt bekommen. Der Leitfaden gibt die notwendigen Informationen, um die Mitwirkung in Datenräumen eigenständig einzuschätzen. Auf diese Weise wird insbesondere klein- und mittelständischen Unternehmen eine Orientierungshilfe mitgegeben, die die Reduktion von Aufwendungen in Bezug auf die Teilhabe an industriellen Datenökosystemen ermöglicht. Kernstück bildet ein Reifegradmodell, in welches sich die Unternehmen einordnen können. Dieses umfasst fünf Stufen. Diese Stufen sind in verschiedene Merkmale unterteilt, die wichtige Dimensionen der Mitwirkung beschreiben. Zur vereinfachten Anwendung und zur Unterstützung des Verständnisses hilft dieser Leitfaden speziell KMU, die relevanten Merkmale zu erkennen und zu verstehen, was für jedes Merkmal eine minimale oder maximale Ausprägung bedeutet. Mithilfe eines Punktesystems können Unternehmen ihre aktuelle Reifegradstufe grundlegend ermitteln. Anhand der Reifegrade erhalten die Unternehmen zudem einen ersten Überblick darüber, inwieweit sie bereits an Datenräumen teilnehmen können.

Entwicklung von Geschäftsmodellen für die Wertschöpfungsplattform

Die GRIPSS-X-Plattform bietet Unternehmen eine innovative Infrastruktur im Rahmen der Gaia-X-Initiative, um den Datenaustausch sicher und effizient zu gestalten und die Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg zu optimieren. Sie unterstützt Dienstleistungsanbieter und -suchende dabei, passende Partner durch digitalisierte Ausschreibungs- und Matching-Prozesse gezielt zu finden, wodurch der Koordinationsaufwand reduziert wird. Dies eröffnet den Anbietern neue Vertriebskanäle und erhöht ihre Sichtbarkeit am Markt. Gleichzeitig ermöglicht die Plattform es ihnen, Zeit durch automatisierte Prozesse zu sparen, Markttransparenz zu verbessern und Echtzeit-Benachrichtigungen über Ausschreibungen zu erhalten. Darüber hinaus wird das Geschäftsmodell „Manufacturing-as-a-Service“ gefördert, wodurch das Unternehmenswachstum und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Dienstleistungssuchende profitieren ebenfalls, da sie über die Plattform effizient und schnell geeignete Anbieter finden können, insbesondere bei kurzfristigem Bedarf. Die automatisierten Angebotsprozesse reduzieren den administrativen Aufwand und bieten transparente Preisstrukturen. Außerdem erhalten die Suchenden durch Einblicke in Bewertungen und Zertifizierungen eine höhere Servicequalität, was langfristige Partnerschaften und effizientere Abläufe ermöglicht. In der nachfolgenden Abbildung 4.8 sind die Vorteile für beide Nutzerseiten der Plattform zusammenfassend dargestellt.

Um die Plattform perspektivisch auf längere Sicht wirtschaftlich betreiben zu können, wurden unterschiedliche Geschäftsmodelle entwickelt, die den spezifischen Anforderungen der Teilnehmer gerecht werden. Ein Abonnementmodell bietet Basis- und Premiumversionen mit zusätzlichen Funktionen wie erweiterten Analyse-Tools und priorisierten Suchplatzierungen. Ergänzend dazu gibt es Transaktionsgebühren, die nur bei erfolgreichen Vermittlungen anfallen und attraktiv für Unternehmen sind, die die Plattform bedarfsgesteuert nutzen. Zudem können datengetriebene Services angeboten werden, bei denen Unternehmen gegen Gebühr auf aggregierte Marktdaten Zugriff erhalten, um fundierte strategische Entscheidungen zu treffen. Ein Staffelpreissystem würde in diesem Kontext regelmäßige Nutzer durch vergünstigte Raten belohnen und somit langfristige Bindungen fördern. Eine besondere Priorität liegt auf der Datensouveränität, weshalb GRIPSS-X auf die Gaia-X-Infrastruktur und den Sovereign Cloud Stack setzt. Dies ermöglicht den sicheren Austausch sensibler Informationen und stärkt das Vertrauen der Nutzer in die Plattform, was das Gaia-X-Label als zusätzlichen Marketingvorteil etabliert. Durch die Integration von Community-Funktionen fördert die Plattform zudem den Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Anbietern und Suchenden, was nicht nur Netzwerkvorteile bietet, sondern auch zusätzliche Einnahmequellen durch Premiumdienste schafft.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

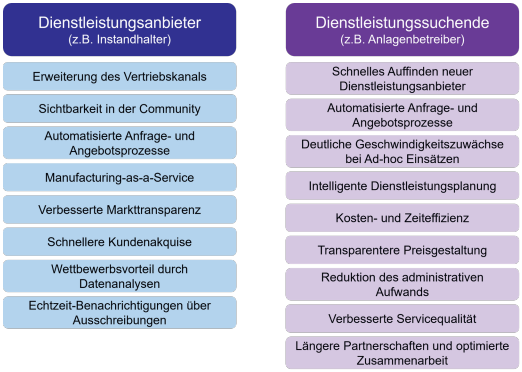


Abbildung 4.8: Vorteile in der Nutzung der GRIPSS-X-Plattform

Validierung der Projektergebnisse

Die Validierung der GRIPSS-X-Plattform erfolgte anhand eines iterativen Prozesses, der von Anfang an die Perspektiven interner und externer Stakeholder berücksichtigte (siehe Abbildung 4.9).

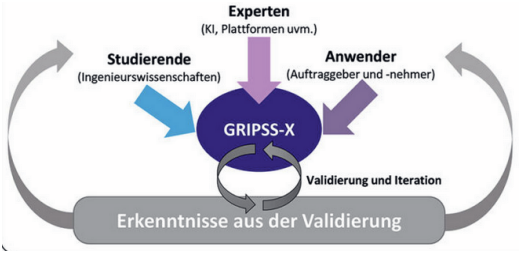


Abbildung 4.9: Validierung der Projektergebnisse

Bereits zur Mitte der Projektlaufzeit wurden erste Validierungskonzepte im Rahmen von Workshops erarbeitet und entwickelt, wobei die gezielte Einbindung unterschiedlicher Beteiligter im Fokus stand. Um die Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit der Plattform kontinuierlich zu verbessern, wurden umfassende Rückmeldungen aus verschiedenen Perspektiven gesammelt. Hierfür kamen standardisierte Fragebögen mit sowohl quantitativen als auch qualitativen Elementen zum Einsatz. Dies ermöglichte einerseits ein fortlaufendes Tracking der Fortschritte, andererseits boten die qualitativen Fragen vertiefte Einblicke in die spezifischen Bedürfnisse und potenziellen Verbesserungsvorschläge der Nutzer.

Die Validierung umfasste drei zentrale Stakeholdergruppen. Zunächst wurden potenzielle Anwenderinnen und Anwender der Plattform einbezogen, die ein fundiertes Verständnis für die Anforderungen kooperativer industrieller Dienstleistungen in Wertschöpfungsnetzwerken mitbrachten. Diese Gruppe ermöglichte es, praxisorientierte Anwendungsfälle direkt zu adressieren und sicherzustellen, dass die Funktionen den Anforderungen des industriellen Sektors gerecht werden. Des Weiteren unterstützte Fachpersonal für die Entwicklung und Programmierung von Plattformen und künstlicher Intelligenz maßgeblich die Evaluation und Optimierung der Funktionalitäten. Schließlich wurden auch Studie-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

rende beteiligt, die ihre Kompetenzen im Umgang mit digitalen Plattformen einbrachten und eine gezielte Bewertung der Benutzerfreundlichkeit vornahmen. Die Ergebnisse der Validierungsschleifen wurden zentral erfasst und in regelmäßigen Abständen analysiert. Hierfür wurde ein agiles Vorgehen angewandt, bei dem alle paar Wochen Rückmeldungen ausgewertet, priorisiert und anschließend sukzessive in die Plattform implementiert wurden. So konnten unterschiedliche Probleme effizient erfasst, Anforderungen gezielt realisiert und zugleich die Nähe zu den Anwenderinnen und Anwendern aufrechterhalten werden.

Ein weiterer Fokus lag auf dem kontinuierlichen Wissenstransfer mit den Validierungsteilnehmern. Die Erkenntnisse aus den Fragebögen flossen direkt in die technische Umsetzung ein, während die Ergebnisse und Fortschritte regelmäßig über verschiedene Kanäle, wie LinkedIn-Beiträge, Newsletter und die Projektwebseite, kommuniziert wurden. Diese Vorgehensweise stärkte die Transparenz des Entwicklungsprozesses und förderte gleichzeitig den Austausch mit der Fach-Community. Zusätzlich wurden die Studierenden durch ein interaktives Lehrformat in Form eines Labors eingebunden. Hier erhielten sie nicht nur tiefergehende Einblicke in das Projekt und die Plattform, sondern trugen mit ihren Ideen und durch das Aufdecken von Verbesserungspotenzialen aktiv zur Weiterentwicklung bei.

Wissenschaftliche und praxisnahe Verbreitung

Eine aktive Öffentlichkeitsarbeit stellt eine breite Verbreitung sicher, wodurch immer wieder Input in Form von Feedback zu bestehenden Lösungsbestandteilen oder Anregungen für weitere Umsetzungsmöglichkeiten gesammelt werden konnte. Durch eine Webseite (siehe Abbildung 4.10) sowie LinkedIn Page konnten die Ergebnisse regelmäßig verfolgt werden. Dies wurde unterstützt durch einen mehrmals im Jahr veröffentlichten Newsletter, in dem die Ergebnisse konsolidiert zusammengetragen wurden. Hierdurch konnten eine hohe Reichweite und damit viele potenzielle Nutzer generiert werden. Darüber hinaus gab es viele öffentlichkeitswirksame Auftritte bei Formaten wie Messen, Tagungen oder Industrieverbänden. Zudem konnten die Ergebnisse in zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen an die Fachcommunity weitergetragen werden.

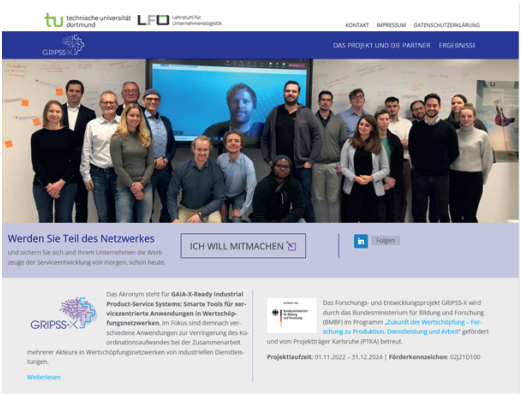


Abbildung 4.10: Projektwebseite von GRIPSS-X

Aus praxisseitiger Sicht sei hier besonders die Teilnahme an der HannoverMesse 2024 hervorzuheben. Unter dem Motto „Connecting to Data Ecosystems based on Gaia-X" des Gaia-X Community Stands durfte GRIPSS-X auf der Hannover Messe seine neuesten Erkenntnisse vorstellen (siehe Abbildung 4.11).

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Abbildung 4.11: Eindrücke von der Hannover Messe 2024

GRIPSS-X war mit einem eigenen Stand vertreten und hatte somit die Möglichkeit, durch den praxisnahen Demonstrator, kurzweilige Präsentationen und anregende Diskussionen, das Projekt vorzustellen und somit vor allem dem Mittelstand neue Möglichkeiten der Wertschöpfung aufzuzeigen. Dabei bot die Messe zahlreiche Networking-Möglichkeiten mit Branchenexperten und Entscheidungsträgern. Ein Höhepunkt war der Besuch von Bundeswirtschaftsminister Dr. Robert Habeck am Projektstand. Darüber hinaus gab es zahlreiche weitere Kontakte zu Vertretern aus Politik, wie dem BMBF, BMWK sowie verschiedenen Ministerien, der Wissenschaft mit dem PTKA und verschiedensten Interessenvertretern der Initiative Gaia-X sowie der Praxis mit vielen namhaften Unternehmen. Hierdurch konnte das Projektkonsortium vor Ort viele wertvolle Kontakte knüpfen und projektnahe Anwendungsfälle gemeinsam erörtern. Die Möglichkeit, die Lösungen des Projekts einem breiten Publikum zu präsentieren und Ideen auszutauschen, ist von großem Wert für das Projekt und bot eine exzellente Möglichkeit, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Aus wissenschaftlicher Sicht sei vor allem die Teilnahme an der Conference on Information Systems (AMCIS) hervorzuheben, an der mehr als tausend Teilnehmer aus aller Welt teilnahmen und zu der 800 Beiträge eingereicht wurden. Sie gilt damit als eine der wichtigsten Plattformen für die Vorstellung von Spitzenforschung in den Bereichen Systeme, Technologie und Methoden. Auch aus dem Projekt GRIPSS-X konnte ein Beitrag mit dem Titel „Design Knowledge for Gaia-X Compliant Ecosystems“ [5] platziert werden. Das Paper bietet einen umfassenden Überblick über den aktuellen Forschungsstand und untersucht verschiedene Ansätze zur Gestaltung eines Daten-Ökosystems, das mit Gaia-X kompatibel ist. Dabei ergab sich, dass die Integration digitaler Technologien Unternehmen vielfältige Chancen eröffnet. Dennoch stellt dies speziell KMU vor Herausforderungen, da diese oft über nur begrenzte Ressourcen verfügen. In diesem Zusammenhang bietet Gaia-X potenzielle Lösungen in Form von föderierten Diensten, die einen einfachen Zugang zu föderierten Datenökosystemen ermöglichen. Das Paper wurde in die besten 25 Prozent der eingereichten Konferenzbeiträge eingestuft und wurde daher sowohl in einer regulären (siehe Abbildung 4.12) als auch in einer Spotlight-Sitzung präsentiert. Über den akademischen Austausch hinaus bot die Konferenz eine wertvolle Gelegenheit zum Knüpfen von internationalen Kontakten.

Über die Projektlaufzeit wurde das gemeinsame Verständnis für das Thema Datenökosystem für alle Verbundpartner auf die Probe gestellt. Der Anspruch, klein- und mittelständische Unternehmen, eine Anschlussfähigkeit an solch innovative Lösungsansätze wie die GRIPSS-X-Plattform zu gewährleisten, erweist sich auch nach Ende der Projektlaufzeit als eine wiederkehrende Herausforderung, weshalb auch Erkenntnisse mit Tragweite über das Projekt hinweg sehr wichtig sind und durch die in den Projekten erarbeiteten DIN SPECs nachhaltig verwertet werden. Innerhalb der Projektlaufzeit unterlagen die technischen Voraussetzungen zur Implementierung der Gaia-X-basierten Bausteine aus dem Katalog der Gaia-X-Federated Services einer kontinuierlichen Weiterentwicklung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Abbildung 4.12: Vortrag bei der AMCIS 2023

Diskussion & Fazit

Die GRIPSS-X-Plattform stellt im Kontext der Gaia-X-Initiative eine anwendungsorientierte Lösung für den sicheren und effizienten Datenaustausch im industriellen Umfeld dar. Durch die Bereitstellung einer digitalen Infrastruktur, die den Austausch und die Koordination von industriellen Dienstleistungen zwischen Unternehmen vereinfacht, werden die Potenziale zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Prozessoptimierungen ausgeschöpft. Die Plattform ermöglicht es, über Unternehmensgrenzen hinweg effizienter zusammenzuarbeiten und datengetriebene Entscheidungen zu treffen, die auf einer fundierten Grundlage beruhen. Insbesondere im Bereich der industriellen Dienstleistungen werden hierdurch neue Möglichkeiten der Wertschöpfung aufgezeigt und geschaffen. Ein erstes zentrales Ergebnis des Projekts ist der umfangreiche Anforderungskatalog mit 78 identifizierten Anforderungen. Diese umfassen sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Kriterien, die sicherstellen, dass die Plattform den spezifischen Anforderungen der verschiedenen Projektbeteiligten gerecht wird. Die Anforderungen wurden in vier Kategorien unterteilt: Muss-Kriterien, Big-Picture-Anforderungen, KI-bezogene Anforderungen und Gaia-X-technische Spezifikationen. Diese Strukturierung erlaubt eine gezielte Umsetzung der Plattformfunktionen und eine Orientierung an den Gaia-X-Standards, wie etwa in den Bereichen Datenschutz, Datenhoheit und Interoperabilität. Diese Anforderungen bilden die Basis für eine Plattform, die durch Standardisierung und technische Präzision sowohl die aktuellen Bedürfnisse als auch die zukünftige Skalierbarkeit unterstützt.

Ein weiteres zentrales Element des Projekts ist die GRIPSS-X-Plattform selbst, die als prototypische Wertschöpfungsplattform umgesetzt wurde. Hierzu wurde eine detaillierte Roadmap entwickelt, welche unter anderem Schnittstellen für die Integration externer Dienste und Systeme definiert. Hierdurch wird der Datenaustausch innerhalb einer föderierten Struktur ermöglicht, die den Anforderungen des Gaia-X-Projekts entspricht. Die Plattform bietet dabei Funktionen entlang des gesamten Transaktionszyklus – von der Ausschreibung und Angebotserstellung bis hin zum intelligenten Service-Matching. Diese Funktion ermöglicht es, angefragte Dienstleistungen aus einem Ausschreibungsdokument mit passenden Unternehmen abzugleichen, die diese Leistungen entweder vollständig oder teilweise anbieten. Grundlage für das Service-Matching bildet eine Datenbank mit acht Gewerken (u. a. Rohrleitungsbau, Metallbau, Gerüstbau) und insgesamt 154 Leistungskategorien, die auf der Normenreihe DIN SPEC 77229 basieren. Da zum Zeitpunkt der Tool-Entwicklung keine Sammlung an relevanten Firmenprofilen verfügbar war, wurde mithilfe generativer KI und LLMs ein synthetischer Datensatz mit 100 Firmenbeschreibungen erstellt. Der dreistufige Matching-Ansatz identifiziert zunächst die Gewerke und Leistungen einer Ausschreibung, ordnet sie den Firmenprofilen zu und gleicht beide Komponenten in einem abschließenden Schritt ab. In der benutzerfreundlichen Oberfläche des Service-Matching-Tools können Nutzer ein Ausschreibungsdokument hochladen und automatisch eine Liste

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

passender Unternehmen generieren. Diese Funktionen tragen dazu bei, die Auswahl und Verwaltung von Dienstleistungen effizienter zu gestalten und machen die GRIPSS-X-Plattform zu einer zentralen Infrastruktur für die Beauftragung und Organisation industrieller Dienstleistungen.

Eine wesentliche Komponente zur Optimierung des Dienstleistungsmanagements ist das KI-Extraktionstool, das eine automatisierte Analyse von Ausschreibungsdokumenten ermöglicht. Das Tool extrahiert gezielt relevante Informationen und kategorisiert diese in Leistungskategorien, die ebenfalls für das Service-Matching genutzt werden können. Dieser Ansatz reduziert den manuellen Aufwand, erleichtert die Planung und ermöglicht eine präzisere Ressourcennutzung. Die prototypische Implementierung des Tools umfasst eine ChatGPT-API und ein Retrieval Augmented Generation (RAG)-System, das den Informationsabruf effizient gestaltet und die Antwortgenauigkeit erhöht. Hierdurch wird nicht nur der Zeit- und Ressourcenaufwand für die Analyse von Ausschreibungen erheblich verringert, sondern auch die Grundlage für die weitere Automatisierung im industriellen Kontext geschaffen.

Im Zuge des Projekts wurden weitere Fortschritte durch die Entwicklung von Standards wie der DIN SPEC 77218 und DIN SPEC 91513. Diese Standards schaffen eine einheitliche Kategorisierung industrieller Dienstleistungen, die insbesondere KMUs den Zugang zu datenbasierten Plattformen und Netzwerken erleichtert. Die DIN SPEC 77218 ermöglicht eine strukturierte Einteilung und Zuordnung von Dienstleistungen, während die DIN SPEC 91513 einen Leitfaden für die Mitwirkung an Datenräumen bietet. Die Implementierung solcher Standards ist von hoher Relevanz, da sie einen entscheidenden Beitrag zur Interoperabilität und Kompatibilität der Plattform mit bestehenden industriellen Strukturen leistet. Durch die klare Definition von Leistungskategorien und spezifischen Leistungspositionen wird eine präzisere Zuweisung und Planung der erforderlichen Dienstleistungen ermöglicht, was sich positiv auf die Effizienz und Flexibilität industrieller Prozesse auswirkt. Durch diese Entwicklungen wird eine weitere Basis für zukünftige Entwicklungen geschaffen.

Die Validierung der Projektergebnisse erfolgte in einem iterativen Prozess, der die Perspektiven interner und externer Stakeholder kontinuierlich einbezog. Workshops und Feedback-Runden trugen maßgeblich zur Verbesserung der Plattform bei und gewährleisteten, dass die Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen angemessen berücksichtigt wurden. Durch standardisierte Fragebögen wurden Fortschritte erfasst und Verbesserungspotenziale identifiziert, die sukzessive in die Plattformimplementierung eingeflossen sind. Dieser iterative Ansatz stärkte die Nutzerorientierung der Plattform und trug dazu bei, ihre Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit zu optimieren. Ein besonderer Fokus lag auf dem Wissenstransfer mit Validierungsteilnehmern, der durch regelmäßige Berichterstattung und die Einbindung von Studierenden gestärkt wurde. Die Teilnahme des Projekts an Messen und Konferenzen, wie der Hannover Messe und der AMCIS, trug zur breiten Verbreitung der Projektergebnisse bei. Auf diesen Veranstaltungen wurden Erkenntnisse präsentiert und wertvolle Rückmeldungen eingeholt, die die Weiterentwicklung des Projekts unterstützten. Durch die Teilnahme an wissenschaftlichen Konferenzen konnte das Projekt nicht nur innerhalb der Fachcommunity Anerkennung finden, sondern auch internationale Kontakte knüpfen und so den Wissenstransfer fördern. Diese Praxisnähe und die wissenschaftliche Verbreitung untermauern die Relevanz der GRIPSS-X-Plattform für die industrielle Wertschöpfung und stärken ihre Position als zentrale Lösung für den digitalen Wandel in der Industrie.

Das Projekt GRIPSS-X schafft somit zusammengefasst durch die Plattform eine zukunftsorientierte Infrastruktur, die die Anforderungen industrieller Wertschöpfungsnetzwerke integriert. Durch die Entwicklung eines umfassenden Anforderungskatalogs, die Implementierung innovativer KI-Tools und die Einhaltung der Gaia-X-Standards bietet die Plattform die Grundlage für eine effiziente, sichere und flexible Zusammenarbeit. Dabei sicherte die Validierung der Projektergebnisse durch umfangreiche Stakeholder-Einbindung die Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit der Plattform.

Darüber hinaus zeigt das Projekt, dass ein vernetztes Datenökosystem wie Gaia-X Unternehmen zahlreiche Möglichkeiten zur Prozessoptimierung und zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle bietet. Die GRIPSS-X-Plattform positioniert sich als entscheidender Baustein für die industrielle Transformation, indem sie datengetriebene Entscheidungsprozesse und die Integration digitaler Technologien unterstützt. Durch die nachhaltige Verbreitung der Projektergebnisse wird sichergestellt, dass die Platt-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

form auch zukünftig als zentrales Werkzeug für die digitale Wertschöpfung im industriellen Kontext genutzt werden kann.

Über die Projektlaufzeit konnten während der Bearbeitung viele wertvolle Erkenntnisse, die auch über die beschriebenen Ergebnisse hinausgehen, gesammelt werden. Zunächst war eines der größten Probleme die Datenverfügbarkeit. Der Digitalisierungsgrad vieler KMUs erlaubt es in vielen Fällen nicht, eine ausreichende Datengrundlage zur Verfügung zu stellen. Diese wurde in GRIPSS-X vor allem für die KI-Tools benötigt, z. B. Ausschreibungsdokumente oder einheitliche Leistungsbeschreibungen. Entsprechend musste teilweise mit synthetischen Daten gearbeitet werden, wodurch die theoretische Anwendbarkeit gezeigt werden konnte. Der häufig mangelnde Digitalisierungsgrad und die damit verbundene Datenverfügbarkeit sind dabei vor allem in Zeiten von KI problematisch, da zum Anlernen dieser große Datenmengen benötigt werden. Um hier auch im Bereich der KMU in Zukunft gute Fortschritte erzielen zu können, sollte daher vor allem auch die Möglichkeit zur Teilnahme an Datenräumen geprüft werden. Einen ersten Ansatz zur generellen Einordnung des eigenen Reifegrades bietet hierzu die entwickelte DIN SPEC 91513. Weiterhin zeigte sich z. B. bei der Ausarbeitung zur Kategorisierung von DIN SPEC 77218, dass im Bereich der Standardisierung weiterhin ein großer Bedarf besteht. Dies zeigt sich durch ein insgesamt hohes Interesse an den Standardisierungsbestrebungen in GRIPSS-X, welches sich während des Austausches auf verschiedenen Veranstaltungen und mit Vertretern, sowohl aus Praxis als auch Wissenschaft, zeigte. Die erarbeitete DIN SPEC bietet eine gute Grundlage, die jedoch immer weiterentwickelt und vor allem auch in die breite Masse getragen werden muss. Hier sind Industrieverbände und weitere Interessensvertreter in der Pflicht, vor allem an die großen Konzerne heranzutreten und für eine entsprechende Bekanntheit der Standardisierung zu sorgen, damit sie im nächsten Schritt auch von den kleineren Unternehmen übernommen und sich somit als Industriestandard etablieren kann.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Christian Sonnenberg and Jan vom Brocke. Evaluations in the science of the artificial – reconsidering the build-evaluate pattern in design science research. In Ken Peffers, Marcus Rothenberger, and Bill Kuechler, editors, *Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice*, pages 381–397, Berlin, Heidelberg, 2012. Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-29863-9.

[2] Judith Schoonenboom and R Burke Johnson. How to construct a mixed methods research design. *Kolner Zeitschrift fur Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(Suppl 2):107, 2017.

[3] Nataliya Ivankova and Nancy Wingo. Applying mixed methods in action research: Methodological potentials and advantages. *American Behavioral Scientist*, 62(7):978–997, 2018. doi: 10.1177/0002764218772673.

[4] Maung Sein, Ola Henfridsson, Sandeep Purao, Matti Rossi, and Rikard Lindgren. Action design research. *MIS Quarterly*, 35:37–56, 03 2011. doi: 10.2307/23043488.

[5] Daniel Hefft and Nick Große. Design Knowledge for GAIA-X-compliant Ecosystems: A Literature Review. *Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2023) Proceedings. Contribution in: SIG Services.*, 2023. URL `https://aisel.aisnet.org/amcis2023/sig_services/sig_services/2`.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

5 COSMIC-X: Vertrauenswürdige Wertschöpfungsketten in kollaborativen industriellen Ökosystemen

N. Maisch, A. Lechler, O. Riedel (ISW), C. Reich, P. Ruf, F. Stodt (IDACUS), H. Jacobsen, N. Voigt, D. Haag (SW), J. Folmer (HAWE), P. Mueck (KROHNE), Y. Nezu, S. Zehentreiter (Datarella), M. Mohr, C. Gill, M. Mai (inovex), S. Igel, S. Bernauer (Stackable)

Titel	Kollaborative Smart Services für industrielle Wertschöpfungsnetze in GAIA-X
Förderlinie	ZdW - InGaia-X: Industrie 4.0 - Gaia-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken
Laufzeit	01.10.2022 bis 31.12.2024
Fördermittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen	02J21D140-02J21D147

5.1 Einführung: Problemstellungen in den Use Cases

Im Rahmen der Wartung und Instandhaltung von Maschinen und deren Einzelteilen sind in der Regel eine Vielzahl von Partnern und externen Dienstleistern beteiligt, die in unterschiedlichen Phasen der Lieferkette involviert sind oder IT-Services anbieten bzw. diese unterstützen. Um das verteilte Fachwissen effizient in Form digitaler Services einzusetzen, ist eine Zusammenarbeit auf der IT-Ebene notwendig. Folglich müssen Wege gefunden werden, wie kollaborativ an Daten gearbeitet werden kann und diese vertrauensvoll ausgetauscht werden können [1]. Fehlende Standards erschweren die firmenübergreifende Nutzung von Daten, um datengetriebene Geschäftsmodelle voranzutreiben und Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen zu optimieren. Durch Gaia-X werden standardisierte Methoden geschaffen, Daten über Unternehmensgrenzen hinweg sicher nutzbar zu machen und legt dadurch die Grundlage für Optimierungsprozesse unter Beteiligung mehrerer Partner. Insbesondere die vorgestellten Frameworks (z. B. die Gaia-X Federation Services (GXFS)) können dabei helfen, das Vertrauensverhältnis der jeweiligen Geschäftspartner ineinander zu stärken. Besondere Relevanz bekommen standardisierte Policies für die wechselseitige Nutzung von Services und den Datenaustausch der Geschäftspartner untereinander. Die Nutzung eines so entstehenden Datenraums ermöglicht eine Optimierung der Wertschöpfung, da jeder Teilnehmer seine eigene Expertise in den Prozess einbringen kann und weniger ungewollte IT-Barrieren im Weg stehen, z. B. durch bürokratische Maßnahmen zum Zugriff auf fremde Netzwerke. Zentrales Element dafür ist die eindeutige und vertrauenswürdige Identifikation von Menschen und Maschinen als Basis jeglicher firmenübergreifenden Kollaboration. Erst

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

dies ermöglicht die Etablierung von vertrauenswürdigen Zugriffs-, Austausch- und Absicherungsmechanismen für Daten und Services. Essentielle Aspekte zur Herstellung von Vertrauen in Datenräumen sind unter anderem [2]:

- Datenintegrität: "Integrität bezeichnet die Sicherstellung der Korrektheit (Unversehrtheit) von Daten und der korrekten Funktionsweise von Systemen."
- Vertraulichkeit: "Vertraulichkeit ist der Schutz vor unbefugter Preisgabe von Informationen."
- Authentizität: "Mit dem Begriff Authentizität wird die Eigenschaft bezeichnet, die gewährleistet, dass ein Kommunikationspartner tatsächlich derjenige ist, der er vorgibt zu sein."

Die Nutzung der GXFS zur Herstellung von Vertrauen in industriellen Datenräumen kann durch den Einsatz der Blockchain-Technologie zusätzlich unterstützt werden. Eine Kombination der beiden Technologien ermöglicht sowohl die eindeutige Identifikation durch dezentrale Identitäten, die Absicherung von Schnittstellen zwischen verschiedenen Partnern, die Datensouveränität durch kryptografische Autorisierungsmechanismen und nicht zuletzt die Herstellung einer Ground Truth der Daten, die jeder Partner verifizieren und damit vertrauen kann [3, 4].

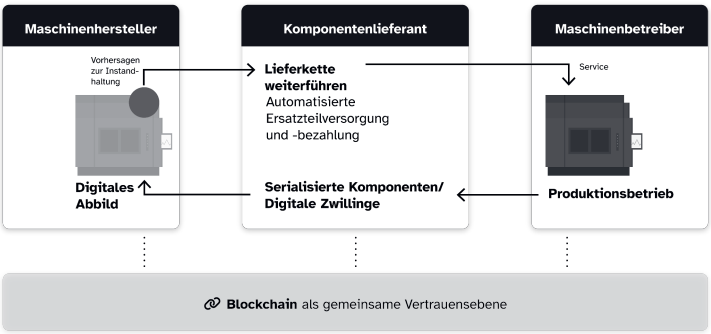


Abbildung 5.1: Rolle einer Blockchain bei der Zusammenarbeit verschiedener Firmen

Die in COSMIC-X bearbeiteten Use Cases basieren daher auf einer gemeinsamen Grundarchitektur mit dem Ziel der Herstellung von Vertrauen zwischen Partnern in einem kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerk digitaler Services für die Unterstützung der Wartung und Instandhaltung. Dabei bildet die Blockchain-Technologie eine gemeinsame Vertrauensebene zwischen Maschinenhersteller, Komponentenlieferant und Maschinenbetreiber (Abbildung 5.1). Im Projekt wurden industrielle Use-Cases durch die technische Expertise der "Enabler" *Stackable GmbH*, *inovex GmbH* und *Datarella GmbH* im Bezug auf reale Maschinen der Konsortialpartner *Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH (SW)*, *HAWE Hydraulik SE* und *KROHNE Messtechnik GmbH* konzipiert und durch das *Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart (ISW)* und das *Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit der Hochschule Furtwangen (IDACUS)* im wissenschaftlichen Kontext begleitet.

Im Rahmen des Projekts wurden drei Problemstellungen adressiert:

- Vertrauenswürdige Lieferkette: In diesem Use Case werden Betriebsdaten technischer Anlagen durch die Nutzung einer Blockchain abgesichert. Dies ermöglicht die Implementierung von Third Party Machine Learning Services für vorausschauende Wartung, die sowohl dem Maschinenbauer selbst als auch seinen Kunden einen Mehrwert bietet. Durch eine algorithmische Bewertung der

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Betriebsdaten einer Anlage können Verschleißanzeichen ermittelt und die Restlebensdauer ihrer Komponenten approximiert werden. Ein Zugriffsmanagement basierend auf den GXFS und die Absicherung der Betriebsdaten durch Blockchain-Technologien dienen dabei zur Herstellung von Vertrauen zwischen Betreiber, Maschinenbauer und dem Machine Learning Provider. Zusätzlich wird durch die Abbildung von Interaktionen entlang der Lieferkette in Datenräume und Blockchains die Grundlage der Automatisierung von Bestellprozessen von Ersatzteilen gelegt, die bisher durch eine hohe Zahl an beteiligten Partnern (Betreiber, Einkauf, Vertrieb, Service, ...) und durch einen hohen Grad an manueller Bearbeitung und Organisation geprägt ist.

- Digitale Zwillinge: Ziel dieses Use Cases ist die Erstellung eines digitalen Abbilds einer Maschine und ihrer Komponenten unter Verwendung einer Verwaltungsschale (engl. Asset Administration Shell - AAS). Sie soll Kunden als individuelle Schnittstelle für aktuelle Handbücher und Wartungsunterlagen dienen, indem die Informationen des Produkts durch den Hersteller aktualisiert werden. Die Zugänge zu dem AAS-Service werden durch ein Zugriffsmanagement basierend auf den GXFS gesteuert. Zusätzlich werden Betriebsdaten des Assets gespeichert und durch die Nutzung von Third-Party-Services auf maschinenspezifische Anomalien hin analysiert. Durch eine Absicherung der Betriebsdaten in einer Blockchain wird ihre Integrität gewährleistet. Im Kontext eines Weiterverkaufs der Maschine sind somit individuelle Fehlerquoten und Auswirkungen von bisherigen Einsätzen unveränderbar dokumentiert und transparent einsehbar.
- Plattformbasierte Wartung: Ziel dieses Use Cases ist die Entwicklung einer Industrial Internet of Things (IIoT)-Plattform zur Visualisierung von Betriebsdaten und zur Unterstützung des Servicepersonals bei der Wartung und Instandhaltung der Komponenten. Dabei teilt sich die Plattform in zwei Teile auf: In die analytische Auswertung von Betriebsdaten des Geräts und in einen KI-gestützten Chatbot, basierend auf historischen Wartungsberichten und offizieller Dokumentation in Form technischer Handbücher, zur Unterstützung der Wartung. Um die Preisgabe sensibler Daten zu vermeiden, ist neben der Anonymisierung von Rohdaten auch das Zugriffsmanagement für den Chatbot und die Visualisierungen notwendig. Zusätzlich entstehen in vielen Situationen, in denen derartigen KI-basierte Systeme eingesetzt werden, auch neuartige Bedrohungen, die sicherheitstechnisch betrachtet werden müssen.

5.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt: Authentifizierung und Autorisierung

Alle Use-Cases in COSMIC-X basieren auf der Kooperation verschiedener Firmen, indem den jeweiligen Partnern der Zugang zu Prozess-, Betriebs- oder Servicedaten zur Verfügung gestellt wird. Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Use Cases ergibt sich auf Implementierungsebene die Anforderung einer stabilen und unternehmensübergreifenden Authentifizierung und Autorisierung. Etablierte Technologien zur Implementierung dieser Problemstellung setzen auf manuell eingerichtete Zugänge zu Datensilos oder zentralen Identitätsprovidern. Die Grundsätze von Gaia-X sehen eine Dezentralisierung von Authentifizierung und Autorisierung vor, um digitale Identitäten und digitale Interaktionen ohne die Abhängigkeit von zentralisierten Entitäten zu ermöglichen [5]. Gaia-X setzt dabei zur Umsetzung auf das Konzept der Self-Sovereign Identity (SSI), bei der jede Partei ihre eigenen digitalen Identitäten selbst kontrollieren kann [6]. Basis für Implementierungen von SSI ist der W3C-Standard der Verifiable Credentials (VC) [7]. VCs beschreiben Aussagen über eine digitale Identität und werden durch den Inhaber (Holder) selbst verwaltet. Ausgeber (Issuer) geben die VCs aus und ein Prüfer (Verifier) überprüft je nach Anwendung das durch den Holder präsentierte VC (Abbildung 5.2).

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

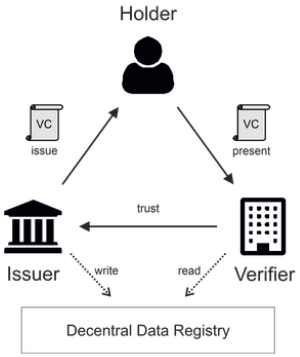


Abbildung 5.2: Funktionsweise von Verifiable Claims

Wesentlicher technischer Bestandteil einer VC ist der W3C-Standard der Decentralized Identifiers (DIDs), mit der VCs eindeutig identifiziert werden. Damit ist eine DID ähnlich einer URL im klassischen Internet, die zu einer Internetseite bzw. einer Ressource auflöst (z. B. Bild oder Dokument). DIDs sind aus drei Teilen aufgebaut (Abbildung 5.3) [8]:

1. DID Schema: Formale Syntax zum Signalisieren einer DID (z. B. 'did')
2. DID Methode: Definition der Implementierung der DID (z. B. 'example')
3. DID Identifikator: Eindeutige Identifikation des Objekts (z. B. '123456789abcdefghi')

did:example:123456789abcdefghi

Abbildung 5.3: Beispielhafte DID

Während viele DID-Methoden auf speziellen SSI-Blockchains basieren, wird in Gaia-X die Methode did:web vorausgesetzt, die beispielsweise folgenderweise formatiert wird: "did:web:example.com". Der methodenspezifische Identifikator ist in diesem Fall eine URL, die auf das DID Dokument verweist und Verifikationsmethoden (z. B. in Form eines öffentlichen Schlüssels) zur kryptografischen Authentifizierung des DID-Halters enthält. Die VCs verwaltet der Nutzer selbst in einem geeigneten SSI-Wallet, in dem die privaten Schlüssel verwaltet werden. Durch die GXFS werden Frameworks für die Umsetzung von SSI mithilfe von VCs, DIDs und Wallets zur Verfügung gestellt [9].

5.3 Methodik/Umsetzung: Vertrauenswürdiger Informationsaustausch in industriellen Geschäftsprozessen

5.3.1 Vertrauen für digitale Services mit Self-Sovereign Identities

Für die digitale Unterstützung der in den Use Cases bearbeiteten Wertschöpfungsprozesse steht im Mittelpunkt, den verschiedenen beteiligten Geschäftspartnern Zugriff auf digitale Informationen zu

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

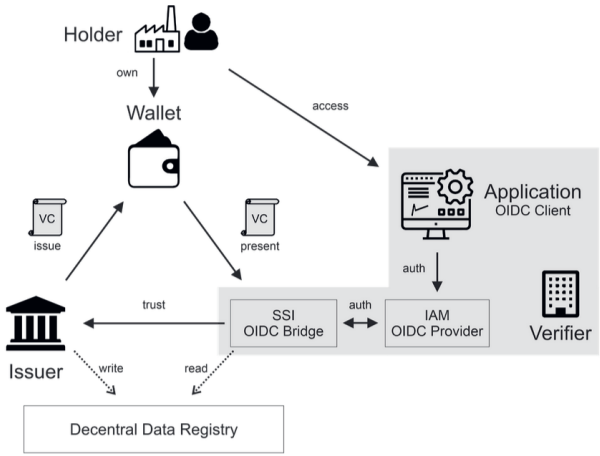


Abbildung 5.4: Vertrauen durch mit OICD und Verifiable Claims

gewähren: Hersteller (Anbieter, Data Owner) geben ihren Kunden (Daten-Konsumenten) Zugriff auf eigene Systeme (bspw. auf Monitoring Dashboards), damit diese Informationen über den Zustand ihrer Maschinen oder Messgeräte erhalten.

In den Unternehmen existieren klassische zentrale Sicherheitsinfrastrukturen zur Identifikation und zur Vergabe von Zugangsberechtigungen, wie ein Identity- und Access Management (IAM), in das neue Informationssysteme mittels Single-Sign-On eingebunden werden können (Abbildung 5.4). Dazu wurden die im Projekt entwickelten Anwendungssysteme, die eine grafische Benutzerschnittstelle haben, mit OpenID Connect (OIDC) ausgestattet. In den Demonstratoren wurde Keycloak als etablierte Open-Source IAM-Lösung verwendet. Die Autorisierung ermöglicht der Open Policy Agent (OPA), der die Durchsetzung beliebig flexibler Regelwerke ermöglicht, die mit der Policy-Sprache Rego als sog. "Rego Rules" deklarativ bereitgestellt werden. Durch die Verwendung von GXFS-Komponenten ist es möglich, diese zentralisierten IAM-Lösungen zu einer souveränen, dezentralen SSI-Architektur zu erweitern.

Jeder Nutzer speichert in seiner Wallet die geeigneten, Gaia-X konformen Verifiable Credentials, die von seinem Unternehmen ausgestellt werden. Die Geschäftspartner haben sich wechselseitig auf deren Akzeptanz und die Nutzungsrichtlinien (Policies) geeinigt. Eine SSI-OIDC Bridge dient als Verbindungskomponente: Wenn ein Anwender auf ein System zugreifen möchte, wird er über die Bridge aufgefordert, sich durch Präsentation seiner Verifiable Credentials zu identifizieren. Danach wird er zur Anwendung zurückgeleitet und kann diese in dem Umfang gemäß der hinterlegten Policies der anfragenden Entität nutzen.

5.3.2 Blockchain als dezentraler Sicherheitsanker

Während SSI einen robusten Ansatz zur Authentifizierung und Autorisierung von Datenzugriffen darstellt, kann die Authentizität und Integrität der angefragten Daten damit nicht sichergestellt werden. Hierfür eignet sich stattdessen die Verwendung einer Blockchain, mit der Informationen unveränderlich gespeichert und von allen beteiligten Parteien unabhängig verifiziert werden können.

Obwohl Stand heute viele unterschiedliche Blockchain-Protokolle existieren, ist deren Eig-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

nung für industrielle Use Cases oftmals sehr spezifisch oder schlicht nicht gegeben. Um die größtmögliche Übereinstimmung zwischen den Anforderungen von COSMIC-X und den Möglichkeiten von Blockchain-Technologien zu erreichen, wurde ein ausführlicher Evaluationsprozess durchgeführt. Dieser stellte sowohl private als auch öffentliche Blockchain-Plattformen anhand der Bewertungskriterien Sicherheit, Privatsphäre, Skalierbarkeit und Interoperabilität gegenüber.

Während erprobte Blockchain-Plattformen der aktuellen Generation überwiegend gut in den Kategorien Sicherheit und Skalierbarkeit abschneiden, sind (vollständige) Privatsphäre und Interoperabilität in verfügbaren Lösungen oft limitiert. Um Privatsphäre in industriellen Szenarien wie COSMIC-X umzusetzen, wurden in der Vergangenheit fast ausschließlich private Blockchains oder Konsortium-Blockchains wie Hyperledger Fabric eingesetzt. Mit diesen gehen allerdings inhärent hohe Infrastrukturkosten für die betreibenden Parteien sowie eingeschränkte Dezentralisierung und Interoperabilität einher. Demgegenüber bieten öffentliche Blockchains einen hohen Grad an Resilienz, Kosteneffizienz und ein gewisses Maß an Interoperabilität. Ein Fokus auf Privatsphäre und Datenschutz entwickelte sich in diesem Umfeld jedoch erst in jüngerer Vergangenheit. Daraus hervorgegangene Blockchain-Plattformen mit entsprechenden Funktionalitäten sind deshalb noch vergleichsweise jung und unerprobt. Stellt man die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze gegenüber, erweist sich ein Privatsphäre-fokussiertes öffentliches Netzwerk aber letztlich als präferierte Lösung im industriellen Kontext.

Damit dieses die Privatsphäre- und Datenschutzanforderungen von COSMIC-X erfüllt, muss es zwingend die Mandantenfähigkeit (*Multi-Tenancy*) unterstützen. Bei Multi-Tenancy bedient eine einzige Instanz einer Software-Anwendung mehrere Mandanten, indem eine logische Isolierung der Nutzer gewährleistet und gleichzeitig Anpassungen ermöglicht werden, die globale Gültigkeit besitzen. Es erlaubt verschiedenen Mandanten die gemeinsame Nutzung einer zugrunde liegenden Infrastruktur unter Einhaltung ihrer Privatsphäre. Der Einsatz von Multi-Tenancy-Lösungen in der Fertigungsindustrie bringt mehrere Vorteile mit sich. Zum einen optimiert sie die gemeinsame Nutzung von Ressourcen, da die Infrastrukturkosten unter den Mandanten aufgeteilt werden. Zum anderen verbessert sie die Effizienz des Zugriffs auf Kundendaten, rationalisiert die Datenverwaltung und fördert die Zusammenarbeit beim gemeinsamen Datenaustausch.

Am Ende des Evaluationsprozesses stellte sich das Cosmos-basierte *Secret Network* [10] als Blockchain-Plattform mit der größten Eignung für COSMIC-X heraus. Das Secret Network ist eine öffentliche Blockchain, die speziell für vertrauliche Datenverarbeitung entwickelt wurde. Mithilfe von etablierten Verschlüsselungstechniken in Kombination mit vertrauenswürdigen Ausführungsumgebungen (*Trusted Execution Environments*) ermöglicht sie die Bereitstellung von sogenannten *Secret Contracts*. Bei diesen handelt es sich um Ende-zu-Ende-verschlüsselte Smart Contracts, mit denen Konsens über Berechnungen hergestellt werden kann, ohne die eingehenden und ausgehenden Daten preiszugeben. Integrierte Zugangskontrollmechanismen (*Viewing Keys*) erlauben es, autorisierten Dritten Einsicht zu gewähren und die Verarbeitungskette auditierbar zu machen. Entsprechend erfüllt das Secret Network die Anforderung der Mandantenfähigkeit bei gleichzeitiger Erhaltung aller Vorteile eines öffentlichen Netzwerks.

5.3.3 Standardisierte Asset-Schnittstellen mit Asset Administration Shell

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das Submodell *Asset Interfaces Description* (AID) der Industrial Digital Twin Association (IDTA) verwendet, um Zugriffe auf Live- oder historische Daten zu realisieren. Das AID beschreibt die Schnittstellen eines Assets (z. B. Maschinen oder einzelne Komponenten) im Kontext eines digitalen Zwillings. Es standardisiert die Definition physischer und digitaler Schnittstellen, um die Interoperabilität zwischen verschiedenen Assets und Systemen zu gewährleisten. Diese Standardisierung erleichtert die Integration in industrielle Umgebungen und optimiert die Kommunikation im Industrial Internet of Things (IIoT). Durch die klare Beschreibung der Schnittstellen

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

können Wartungs-, Diagnose-Tools oder auch Datenkonsumenten effizienter arbeiten, da relevante Zugriffs- und Dateninformationen transparenter sind und sie diese so besser nutzen können. Prozesse für die Datenbereitstellung können automatisiert werden, genauso wie Produktionsprozesse. So können bspw. OPC UA Endpoints, Zugriffspunkte von Datenbanken uvm. automatisiert bereitgestellt werden. Ebenso können Machine Learning Modelle oder auch KI diese Schnittstelle automatisiert nutzen, um Datenquellen zu erfragen und die Daten zu konsumieren. Zusammengefasst dient das Submodell *Asset Interfaces Description* dazu, die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen physischen und virtuellen Assets in vernetzten Umgebungen zu standardisieren und zu optimieren. Es fördert die Effizienz, Interoperabilität und Automatisierung in modernen industriellen Umgebungen und unterstützt die Einhaltung von Standards.

5.3.4 Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz

Die Verwendung von großen Sprachmodellen (Large Language Models, kurz LLMs) ist in verschiedenen Bereichen in den letzten Jahren aufgekommen. LLMs eignen sich hervorragend, um große Menge an Text zu verstehen und sind in der Lage, Fragen zu den Texten präzise zu beantworten. Aus diesem Grund wurde bei der Entwicklung des Chatbots im Use Case Plattformbasierte Wartungäuf diese Technologie gesetzt. Damit ist es möglich, die technischen Handbücher der KROHNE Messgeräte mit natürlicher Sprache durchsuchbar zu machen. Das Servicepersonal kann dem Chatbot ausformulierte Fragen als Eingabe senden und erhält anschließend die dazu passenden relevanten Abschnitte aus dem jeweiligen Handbuch.

Für die beiden anderen Use Cases kommen Verfahren aus dem Bereich der Anomalieerkennung zum Einsatz. Damit ist es möglich, Anomalien in den technischen Betriebsdaten ausfindig zu machen und bei häufigen Auftritten eine Wartung einzuplanen bzw. eine Schätzung zur RUL abzugeben. Es wurden unterschiedliche Verfahren untersucht und miteinander verglichen und am besten eignen sich das Local-Outlier-Factor-Verfahren sowie der Isolation-Forest. Beide Techniken ermöglichen das zuverlässige Erkennen von anomalen Verhalten in den Betriebsdaten.

5.4 Ergebnisse: Einbindung in industrielle Use Cases

5.4.1 Vertrauenswürdige Lieferkette

Algorithmische Bewertung der Restlebenszeit von Maschinenkomponenten

Eine vertrauenswürdige, automatisierte Lieferkette setzt in diesem Anwendungsfall voraus, dass die Verschleißgrenze einer bestimmten Komponente algorithmisch ausgewertet werden kann. Frühere Forschungsergebnisse (Projekt PreCom [11]) zeigten in diesem Bereich gute Ansätze im Kontext von Kugelgewindetrieben, auf welchen nun aufgebaut wurde. Das Vorhaben profitierte dabei insbesondere von der gemeinschaftlichen Expertise hinsichtlich Hydraulik (HAWE), Bearbeitungszentrum (SW) und Machine Learning (inovex). In der Folge wurden drei Analyse-Szenarien definiert, die sich für eine derartige Auswertung eignen. Diese sollten aufgrund unterschiedlicher Komplexitätsgrade einen graduellen Entwicklungsprozess unterstützen:

1. Ein sich verstopfender Ölfilter,
2. Verlust der Vorspannung des Hydraulikspeichers,
3. Verschleiß im Ventilschaltkreis.

Faktoren für die Auswahl einer geeigneten Demonstrator-Maschine waren insbesondere die sensorische Ausstattung (Platzierung und Auflösung standardmäßig verbauter Sensoren vs. Nachrüstung), sowie Kontext bzw. Wiederholbarkeit der Messungen (d.h. möglichst isolierte Zeitpunkte, in denen

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

lediglich die betroffene Komponente hydraulisch aktiv ist). Für den Demonstrator wurden drei Maschinen eines Kunden ausgewählt und mit einer angepassten Konfiguration über einen Zeitraum von rund neun Monaten kontinuierlich ausgewertet. Dabei dienen protokollierte Serviceeinsätze als Referenz für Fehlerfälle, die post-mortem für das Training der Algorithmen genutzt werden sollten. Die gesammelten Maschinendaten wurden in einer zentralen Datenbank gespeichert und ausgewertet. Die im Untersuchungszeitraum dokumentierten Serviceeinsätze erwiesen sich letztlich als unzureichend, um eine RUL mit hinreichender Qualität zu berechnen - daher wurden die Maschinendaten im Demonstrator mit Verfahren zur Anomalieerkennung ausgewertet. Daraus kann näherungsweise eine RUL abgeleitet werden, unter der Annahme, dass mehr erkannte Anomalien in einer kürzeren RUL resultieren. Für die Berechnung kamen die in Kapitel 5.3.4 vorgestellten Verfahren zum Einsatz.

Abbildung einer automatisierten Lieferkette für Ersatzteile

Zur Modellierung einer automatisierten Lieferkette wurde der heute bereits bestehende Prozess analysiert und dessen manuelle Bearbeitungsschritte (Bestellung, Prüfungen, Bestätigungen, Dokumentation etc.) auf einen minimalen Umfang reduziert.

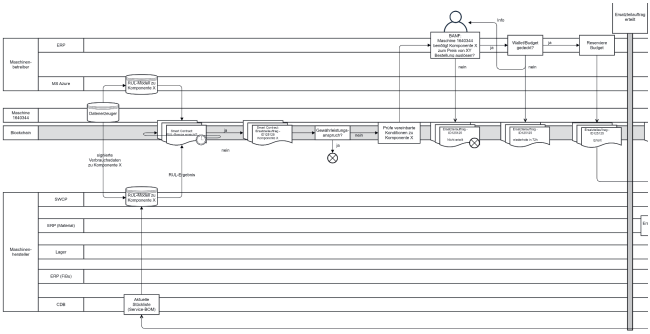


Abbildung 5.5: Der Algorithmus prüft laufend die Verschleißgrenze der betroffenen Komponente. Ist diese erreicht, erfasst ein Smart Contract den Ersatzteilbedarf und erzeugt den Bestellauftrag, sofern ausreichend Budget vorhanden ist. In diesem Beispiel ist zudem noch die Bestätigung im Einkauf des Kunden erforderlich.

Über den Beschaffungsprozess hinaus wurden zudem Möglichkeiten eines automatisierten Zahlungsverkehrs geprüft. Gemäß der deutschen Gesetzgebung sind bspw. von Maschinen geführte Zahlungskonten aktuell nicht rechtmäßig und erfordern demnach weiterhin Prozesse, bei denen z. B. die Vertragsparteien über angebundene ERP-Systeme manuell Zahlungsströme steuern. Ein im Rahmen des Forschungsprojekts "Recht-Testbed" gefälltes Gerichtsurteil konnte Mitte 2024 nachweisen, dass per öffentlicher Blockchain (bzw. Smart Contracts) geführte Vertragsbeziehungen rechtlich uneingeschränkt wirksam sind [12]. Dieser Umstand bekräftigt die Anwendung von industriellen Blockchain-Lösungen und könnte mittelfristig auch einer automatisierten Zahlungsabwicklung den Weg ebnen.

Die in COSMIC-X implementierte Blockchain-Lösung erlaubt im vorliegenden Use Case, die Datenintegrität von Maschinendaten über den gesamten Ersatzteilbeschaffungsprozess hinweg sicherzustellen. Dafür wird jedes Datenpaket auf der produzierenden Maschine signiert und unveränderbar in einem "Secret Contract" verankert (vgl. Kapitel 5.3.2). Jede Maschine ist dafür mit einem lokalen Wallet-Service ausgestattet, der die direkte Kommunikation mit der Blockchain ermöglicht. Bevor eine

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

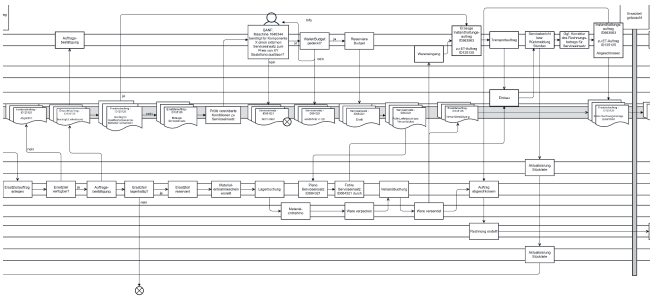


Abbildung 5.6: Die erfolgte Bestellung stößt den Prozess zur Materialbereitstellung an. Optionale Varianten können eine Unterbeauftragung an Sublieferanten, oder eine zusätzliche Buchung eines Serviceeinsatzes sein.

Berechnung zum Zustand einer spezifischen Komponente stattfindet, wird der Hashwert des zu verarbeitenden Datenpakets mit dem auf der Blockchain verankerten Wert abgeglichen. Dies garantiert die Korrektheit der Ergebnisse und schafft eine Vertrauensbasis für die nachgelagerten Geschäftsprozesse. In Smart Contracts kodifizierte Vertragsvereinbarungen ermöglichen darüber hinaus eine Disintermediation und Automatisierung der Lieferkette.

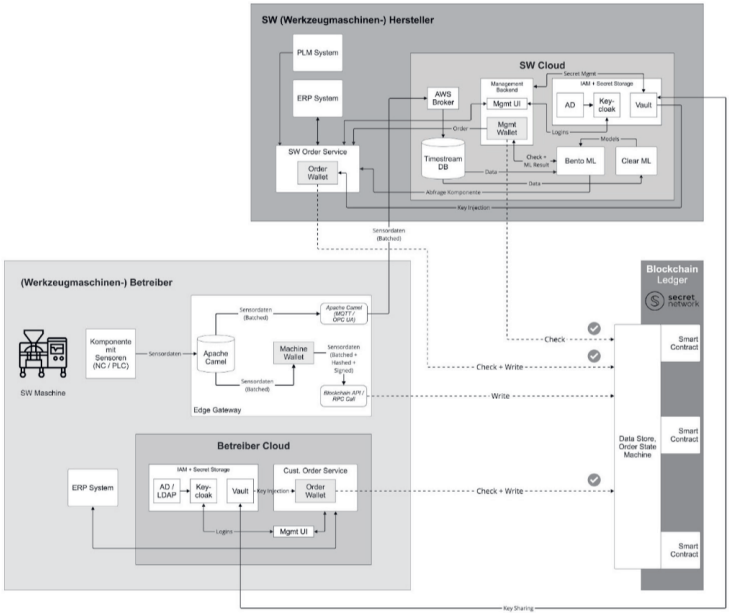


Abbildung 5.7: COSMIC-X Architektur im Use-Case *Vertrauenswürdige Lieferkette*

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Weitere Zusammenhänge der bisher beschriebenen Module und Abläufe finden sich zudem in Abbildung 5.7, die einen Ausschnitt der in COSMIC-X umgesetzten Gesamtarchitektur repräsentiert.

5.4.2 Digitaler Zwilling zur Bereitstellung von Maschinendaten

Der in diesem Abschnitt vorgestellte Use-Case hat das Ziel, Maschinendaten bzw. Daten eines Hydraulikaggregates der HAWE Hydraulik SE für die Kunden und Service Provider verfügbar zu machen. Wichtig ist es dabei sowohl, historisch aufgezeichnete Daten als auch Live-Daten zur Verfügung zu stellen. Historische Daten werden verwendet, um bspw. Machine Learning Modelle trainieren und testen zu können. Live-Daten sollen angeboten werden, damit das Verhalten des trainierten Modells im Live-Betrieb evaluiert werden kann. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Hydraulikdaten verfügbar gemacht wurden, über welche Schnittstellen kommuniziert wird und wie die Verwaltungsschale in dem Kontext eingesetzt wird.

Retrofit Industrie 4.0 - Hydraulikdaten verfügbar machen

Die Hydraulik der HAWE Hydraulik SE wird unter anderem in Werkzeugmaschinen eingesetzt, bspw. zum Verklemmen von Werkstücken auf dem Arbeitstisch, zum Arretieren desselben oder auch um ein Ausgleichsgewicht in der Spindel der Werkzeugmaschine zu schaffen, damit die Spindelantriebe weniger Last gegen die Erdgravitation zu bewegen haben. Da die HAWE Hydraulik SE eine hohe Fer-

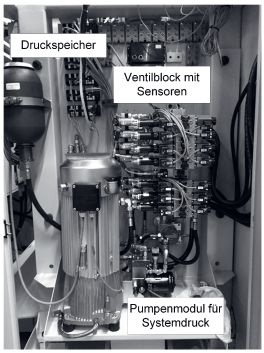


Abbildung 5.8: Hydraulikaggregat mit Zusatzsensorik für die Datenbereitsstellung, in einer Werkzeugmaschine [13]

tigungstiefe besitzt, ist sie im Besitz von Werkzeugmaschinen, die mit HAWE Hydraulik ausgestattet sind. Dieser Vorteil wurde im Rahmen eines internen Projektes ausgenutzt, wobei die Hydraulik mit weiterer Sensorik ausgestattet wurde, um Daten über die Hydraulik im Maschineneinsatz bereitzustellen / aufzuzeichnen. Die Daten der Hydraulik werden mit Betriebsdaten der Maschine aggregiert, um die Hydraulikdaten mit dem Betriebszustand (Produktion, Leerlauf etc.) der Maschine in Verbindung zu bringen. Abbildung 5.8 zeigt die Hydraulik, bestehend aus Pumpenmodul, die für den korrekten Systemdruck sorgt, den Ventilblock, der die hydraulischen Funktionen in der Maschine realisiert und den Druckspeicher, der den Systemdruck der Pumpe speichert und bereitstellt. Um für Forschungsprojekte, wie das vorliegende, Daten zur Verfügung zu haben, wurden über zwei Jahre Daten einer Maschine aufgezeichnet. Diese Daten wurden im Forschungsprojekt über zwei Dienste bereitgestellt. Zum einen sind sie in einer Datenbank gespeichert und können zum Training und Testen von Machine Learning Modellen verwendet werden (Abschnitt 5.3.4). Zum anderen werden die Daten als

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Live-Daten über OPC UA angeboten. Die Bekanntmachung beider beiden Diensten geschieht über die Verwaltungsschale, die im Folgenden beschrieben wird.

Die AAS als Informationsbasis

Um die Betriebsdaten standardisiert bereitzustellen, werden die Verwaltungsschale (AAS) und standardisierte Teilmodelle der IDTA verwendet (Siehe Abschnitt 5.3.3). Die Besonderheit für den Einsatz dieser Technologie ist deren formale Beschreibung, also die syntaktische und semantische Eindeutig- und Interpretierbarkeit. Das ermöglicht jedem Nutzer entsprechende Informationen aus den jeweiligen Teilmodellen zu verwenden und zu verstehen, die von der IDTA standardisiert und freigegeben sind.

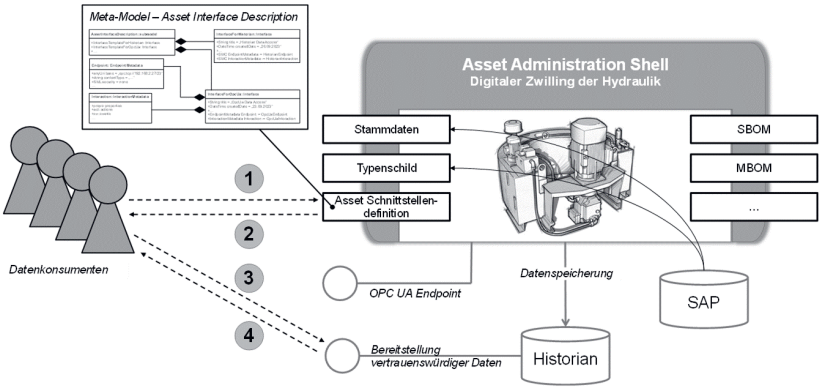


Abbildung 5.9: Verwendung der Asset Administration Shell im User-Case Digitaler Zwilling

Die AAS wird im Rahmen des Forschungsprojektes eingesetzt, um Informationen über die Hydraulik (das Asset) öffentlich einsehbar zu machen, so dass Kunden und Service Provider auf die AAS und deren Teilmodelle lesend zugreifen kann. Für den Digitalen Zwilling der Hydraulik wurden verschiedene Teilmodelle in der AAS eingesetzt, die in Abbildung 5.9 gezeigt werden. Zum einen werden Stammdaten und das digitale Typenschild als Teilmodelle angeboten (Abbildung 5.9, links), um die Hydraulik und deren Typ eindeutig zu identifizieren. Als Typ ist hierbei gemeint, ob es sich bspw. um eine Pumpe oder ein Proportionalschieberventil handelt. Die entsprechenden Informationen werden dafür aus dem unternehmensinternen SAP extrahiert und in den entsprechenden Parametern des AAS-Teilmodells eingefügt. Zum anderen wurde das Teilmodell Asset Interface Description (AID) angewendet [14]. Dieses Teilmodell spezifiziert ein Informationsmodell und eine gemeinsame Darstellung zur Beschreibung der Schnittstelle(n) eines Asset-Dienstes. Auf der Grundlage dieser Informationen ist es möglich, eine Verbindung zu einem solchen Dienst herzustellen und Datenpunkte anzufordern oder zu abonnieren und/oder Operationen durchzuführen. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde das AID-Teilmodell verwendet, um die angebotenen Dienste der Hydraulik abzubilden. Die Dienste sind hierbei Datenbereitstellungsdienste, um Datenpunkte - bspw. Spanndruck, Systemdruck oder auch Rücklauftemperatur des Öls in der Hydraulik - auf verschiedene Weise anbieten zu können. Zum anderen werden diese Datenpunkte durch zwei Dienste angeboten:

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

1. Historisch aufgezeichnete Langzeitdaten
2. Live-Daten über OPC UA

Bezogen auf Abbildung 5.9 können Datenkonsumenten das Teilmodell AID via REST API anfragen, welche Datenzugriffspunkte vorhanden sind (Abbildung 5.9, 1). Die AAS gibt die Zugriffsmöglichkeiten bekannt (Abbildung 5.9, 2). Der Datenkonsument fragt die gewünschte Schnittstelle an (Abbildung 5.9, 3) und empfängt die Daten bzw. den Endpoint für die OPC UA Subscription (Abbildung 5.9, 4). Die aktuell genutzte Version 1.0 spezifiziert laut IDTA lediglich Modbus, MQTT und HTTP, dennoch kann es auch genutzt werden, um zumindest rudimentär notwendige Zugriffpunkte zu spezifizieren. Es ist eine weitere Version der IDTA in Planung, die auch eine vollständige Beschreibung von OPC UA vorsieht und somit der hier vorgeschlagene Ansatz übertragen werden kann. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Langzeitdaten der Hydraulik den Projektpartnern von inovex bereitgestellt, damit Machine Learning Modelle trainiert und getestet werden können. Aufgrund real bestehender IT-Security-Hürden war es im Zuge dieses Projekts nicht möglich, Daten einer realen Hydraulik via OPC UA aus dem Unternehmensnetzwerk heraus anbieten zu können, da hierfür ein Tor in die Produktion geöffnet werden muss, was einen möglichen Angriffsvektor darstellt. Stattdessen wurde eine Serverapplikation entwickelt, die die aufgezeichneten Hydraulikdaten via OPC UA abspielt, um das Machine Learning Modell im Live-Betrieb zu evaluieren. Durch die Anwendung von OPC UA sind die Standardzugriffe auf die abgespielten Daten jedoch identisch zu einer realen Hydraulik oder auch realen Maschine, so dass der hier vorgestellte Ansatz mit minimalem Aufwand auf reale Assets übertragbar ist. Die entsprechenden Daten wurden mithilfe der COSMIC-X Blockchain Lösung vertrauenswürdig gemacht (siehe Kapitel 5.3.2). Ähnlich wie im Use Case "Vertrauenswürdige Lieferkette" (siehe Kapitel 5.4.1) werden Datenpakete auf dem Secret Network verankert und in der Verwaltungsschale zum Abgleich referenziert. Datenkonsumenten können also sicherstellen, ob bspw. die Maschine Learning Modelle mit vertrauenswürdigen Daten trainiert und getestet wurden. Durch eine zukünftige Nutzung von SSI-Methoden durch Gaia-X können Use Cases wie dieser ermöglicht werden.

5.4.3 Plattformbasierte Wartung

In diesem Use Case werden Optimierungspotenziale für Betrieb und Wartung von Infrastruktur in unterschiedlichen Anwendungen der Prozessindustrie erforscht. Eine zentrale Rolle spielt dabei die IIoT-Plattform des Konsortialpartners KROHNE und die Evaluierung der Verwendung von Gaia-X-Föderationsdiensten, die die sichere Verwendung von Daten gewährleisten soll. Um den Betrieb und die Wartung von Maschinen zu verbessern, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts eine neue Art der Verbindung von sich im Feld bzw. in einer Anlage befindlichen KROHNE Messgeräte mit der Cloud umgesetzt. Dabei wurden Durchflussmessgeräte über ein Gateway mit der IoT Plattform verbunden, in der die durch Messgeräte erhobenen Daten anschließend gespeichert, aggregiert und visualisiert werden. Der Kunde selbst und der KROHNE Service können diese Daten einsehen. Darüber hinaus wird der Serviceprozess durch Methoden des Natural Language Processings (NLP) optimiert. Dazu wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Chatbot Service entwickelt, der es möglich macht, interaktiv in natürlicher Sprache Handbücher und Anleitungen zum Troubleshooting von KROHNE Geräten zu durchsuchen. Die Verbindung von Geräten und Plattform wurde mittels des HART-Kommunikationsprotokolls über ein Gateway hergestellt und die Daten auf der Datenplattform gespeichert. Zur Provisionierung der Edge- & Cloud-Komponenten wurden Ansätze für zertifikatsbasierte Authentifizierung für die Gateways untersucht. Außerdem wurde eine Security- und Auditierungstrategie für die Plattform entwickelt und Gaia-X Komponenten in diesem Zusammenhang betrachtet. Mögliche Komponenten wurden evaluiert und die Anwendung ist in Planung, bisher konnte allerdings noch kein abschließendes Mapping der Komponenten zu den KROHNE Anforderungen gefunden werden. Die aufgenommenen Daten wurden je Kunde zu Analysezwecken auf der Datenplattform aggregiert und visualisiert. Direkt einsehbar ist der Zustand des Geräts und Messwerte des Geräts über die

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Zeit, sowie Ergebnisse von Gerätetests. Dadurch wurde die Voraussetzung für den Zeitreihenvergleich von Daten geschaffen. Probleme können dadurch frühzeitig aus der Ferne erkannt werden, da der Service mit einem Tablet remote Informationen auslesen und zusätzliche Überprüfungsmechanismen verwenden kann, um frühzeitig zu entscheiden, ob Wartungs- und Reparatureinsätze notwendig sind, und diese entsprechend zu planen. Die aufgenommenen Daten sollten außerdem weiterverwendet werden, um Predictive Maintenance und insbesondere Federated Learning Ansätze zu realisieren. Es hat sich früh herausgestellt, dass dazu keine Daten in ausreichender Menge und Qualität bereitgestellt werden können, weshalb der Ansatz von Machine Learning auf Daten aus dem Feld für vorausschauende Wartung nach diesem (Zwischen-) Ergebnis nicht weiterverfolgt wurde. Stattdessen wurde der Fokus im KI-Bereich auf die Entwicklung eines Chat Assistenten verschoben. Dieser wurde in Zusammenarbeit mit inovex nach den Anforderungen des KROHNE Service entwickelt. Der Chatbot ermöglicht die Durchsuchung mehrerer Datenquellen und ist an die Anforderungen aus dem KROHNE Umfeld angepasst. Die Interaktion mit dem Bot erfolgt in Slack über den Austausch von Nachrichten. Die Qualität der Antworten konnte dabei kontinuierlich verbessert werden. Besonderer Wert wurde bei der Entwicklung auf Datenschutz und Sicherheit gelegt. In Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern stackable und HFU wurden hierzu Sicherheitsanforderungen und mögliche Gefährdungen im Kontext von Ansätzen aus dem Gaia-X Umfeld untersucht. Dabei wurde insbesondere der Aspekt der Autorisierung und Authentifizierung betrachtet. Durch die Übersicht und die Möglichkeit des Remote Zugriffs auf Daten von den Messgeräten im Feld in der Kombination mit Zugriff auf Dokumentation und Hilfestellung zur Problemlösung in natürlicher Sprache konnten so im Forschungsprojekt prototypisch Prozesse und Infrastruktur optimiert betrieben und gewartet werden. Das Servicepersonal hat nun die Möglichkeit, Probleme schon aus der Ferne besser einschätzen und sich daher besser auf Einsätze vorbereiten zu können.

5.4.4 Kontinuierliche Betrachtung der COSMIC-X Bedrohungslandschaft

Eine kontinuierliche Betrachtung der COSMIC-X Architektur über den Projektverlauf hinweg und der Prüfung ausgewählter Sicherheitsanforderungen an die Implementierungen wirkte sich u. A. auf das Design verschiedener Komponenten, Datenflüsse und den angewandten Protokoll aus. Dabei ist ebenfalls ein durchgängiges Sicherheitskonzept bzgl. der verwendeten Technologien und Konzepten wie Virtualisierung, Containerisierung, und deren operativen Betrieb in Clustern notwendig. Mit der Erarbeitung von Sicherheitsmaßnahmen im Hinblick auf den Einsatz verschiedener Schlüsseltechnologien wie etwa OPC/UA wurden auch verschiedene Aspekte der Datensicherheit, Anforderungen an zu speichernde Metainformationen oder details der Laufzeitumgebungen von Systemkomponenten diskutiert. Die Bewertung der Sicherheit von Szenario-spezifischen Konfigurationen und Zusammensetzungen einzelner Komponenten basierte auf mehreren bewährten Strategien zur umfassenden Sicherheitsbewertung der COSMIC-X Architektur. Eine systematische Bedrohungsanalyse wurde hierbei mit der STRIDE Methodik realisiert, wodurch klassische Bedrohungen innerhalb der Systemarchitektur aufgedeckt wurden. Eine separate Betrachtung der Use-Cases in eigenständigen Bedrohungsmodellen ermöglichte dabei auch eine szenariospezifische Einordnung von Risiken einzelner Systemmodule. Die kontinuierliche Modellierung über den Projektverlauf hinweg ermöglicht eine dynamische Bewertung der Bedrohungslandschaft in der jeweiligen Iteration der Architektur. Unter Betrachtung der MITRE ATT&CK Datenbank [15] wurden potentielle Schwachstellen mit realen Angriffstechniken abgeglichen und im Kontext von COSMIC-X analysiert. Dabei lag der Fokus neben der systematischen Bewertung von relevanten Angriffstechniken vor allem auf der Realisierung von klassischen Sicherheitsanforderungen wie Datenverschlüsselung oder der Isolierung verschiedener Services mittels Virtualisierungs- bzw. Containerisierungsmechanismen. Da neuartige KI-basierte Technologien auch zusätzliche bzw. bisher unbedeutende Sicherheitsrisiken ermöglicht, wurden unter zusätzlicher Verwendung der MITRE

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

ATLAS (Adversarial Threat Landscape for Artificial-Intelligence Systems) Wissensdatenbank [16] bekannte Taktiken und Techniken von Angriffen auf KI-basierte Systeme berücksichtigt. Beisielsweise ist die Eingabevalidierung ein zentraler Punkt der Sicherheit von LLMs, wie im KROHNE Use-Case verwendet, die entscheidend für die Qualität der anschließenden Bearbeitung der Anfrage ist. Eine Überprüfung dieser Eingaben auf böswillige Inhalte, wie die Aufforderung zur Extraktion interner Wissensquellen oder interner Systemdetails, kann dabei Angriffsvektoren der an den Chatbot angebundenen Systeme abschwächen oder verhindern. Eine strenge Zugriffskontrolle sowie Authentifizierungsmechanismen für den Schutz sensibler Informationen, welche dem Chatbot zugänglich gemacht werden sollen, sind somit unerlässlich. Im speziellen Fall des KROHNE Demonstrators wird die Chatbot-Anwendung durch die 3rd-Party Platform "Slack" abgeschirmt und ist nur mittels expliziter Einladung zugänglich. Die Datenqualität wird durch den Betrieb und visuelle Dashboards geprüft. Während der Modellentwicklung ist der Schutz vor Manipulation wie Prompt Injection von großer Bedeutung. Durch regelmäßige Modell-Updates auf Grundlage neuer Daten, die durch Feedbackschleifen mit den Anwendern entstehen, kann sowohl die Leistungsfähigkeit der Modelle garantiert, als auch aufgedeckte Sicherheitslücken geschlossen werden. Neben dem Risiko von für das Training schädlichen Daten (Data Poisoning) muss ebenfalls der Kontext der operativen Infrastruktur und Auswirkungen auf Dienste des Ökosystems betrachtet werden. Im Kontext der Anwendung von auf künstlicher Intelligenz basierenden Systemen müssen auch neue Aspekte, wie bspw. Voreingenommenheit im Bezug auf bestimmte Themengebiete, (weiter)Verbreitung schädlicher Inhalte oder das Risiko der Halluzination, bei der das LLM eine möglichst passende, aber meist falsche Antwort erfindet, beachtet werden.

5.5 Diskussion & Fazit

Die durch Gaia-X definierten Mechanismen zum Austausch von Daten können ebenfalls in verschiedenen Aspekten der vorgestellten Use-Cases implementiert werden. Ein weiterführender Gedanke beinhaltet eine durchgängige Nutzung der sog. *Data Products*, welche in einem förderierbaren Katalog referenziert werden (Abbildung 5.10). So ergeben sich Szenarien, in denen bspw. eine von HAWE entwickelte Hydraulik spezifische Datensätze generiert, die anschließend von inovex zur Erstellung eines ML-Modells im Katalog gefunden und unter Verwendung eines sog. *Data Product Usage Contract* zur Verfügung gestellt werden. Obwohl Details des tatsächlichen Datenaustauschs wie die Bereitstellung von Realdaten und der Zugriff auf im Vertrag definierte Datenobjekt nicht von Gaia-X vorgeschrieben sind, kann die Wiederverwendung der Verifiable Credentials zur Authentifizierung am entsprechenden Service eine elegante Designentscheidung sein. In einem nächsten Schritt kann wiederum inovex ein auf den Hydraulikdaten basierendes Modell als Produkt im Katalog registrieren, welches nachfolgend in selber Manier von HAWE durch einen Usage Contract erworben und in beliebige Prozesse integriert werden kann.

Mit der Definition derartiger Datenstrukturen in einem AAS-spezifischen Submodell könnten zukünftig sowohl Produkte wie Daten oder Dienste, als auch ganze industrielle Prozesse näher an eine Konformität mit Gaia-X Umgebungen gebracht werden. Ein derartiges Vorgehen zum sicheren und auditierbaren organisationsübergreifenden Datenaustausch könnte zukünftig mit Gaia-X Bausteinen konfigurierbar gemacht werden.

Die Blockchain bildet in COSMIC-X eine unternehmensübergreifende Vertrauensebene, mit deren Hilfe sich komplexe Geschäftsprozesse vereinfachen und automatisieren lassen. Die Wahl des *Secret Network* als Blockchain-Plattform für COSMIC-X ist dabei von entscheidender Bedeutung, denn es erfüllt eine Reihe von kritischen Anforderungen, die für den industriellen Einsatz unerlässlich sind. So ist der Schutz sensibler Daten im industriellen Kontext eine absolute Notwendigkeit. Mithilfe von Ende-zu-Ende-Verschlüsselung und einem darauf aufbauenden Konsensmechanismus, ermöglicht das Secret Network eine vertrauliche Datenverarbeitungskette über eine beliebige Anzahl an Entitäten abzubilden, ohne Daten ungewollt preiszugeben. Im Fall von COSMIC-X werden Sensordaten von produzierenden

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

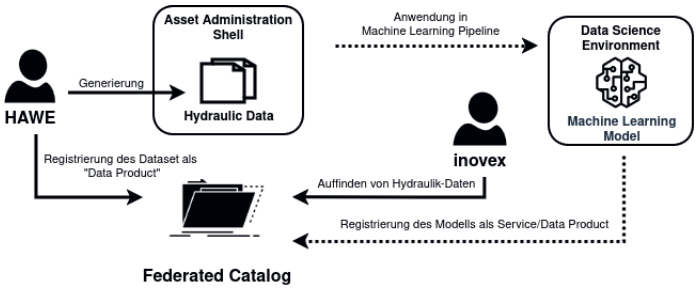


Abbildung 5.10: Sicherer Datenaustausch mit dem Gaia-X Federated Catalog

Maschinen signiert und auf dem Secret Network verankert, um deren Integrität für die spätere Verarbeitung durch Machine Learning Modelle sicherzustellen. Die integrierte Mandantenfähigkeit erlaubt die Nutzung einer gemeinsamen öffentlichen Blockchain für alle Use Cases und Nutzer, was einen hohen Grad an Resilienz, Skalierbarkeit und Kosteneffizienz mit sich bringt. Für COSMIC-X bedeutet dies, dass die Blockchain in der Lage ist, eine große Anzahl an Transaktionen und Prozessen zu unterstützen, ohne exponentiell steigende Infrastrukturkosten zu verursachen. Trotz Verschlüsselung bleibt die Blockchain dabei auditierbar. Mit *Viewing Keys* können Data Owner selektiven Zugriff auf vertrauliche Daten gewähren, um Ergebnisse entlang der Datenverarbeitungskette verifizierbar zu machen und Compliance Anforderungen zu erfüllen. Als Teil des Cosmos-Ökosystems [17] ist das *Secret Network* zudem so konzipiert, dass es mit anderen Cosmos-basierten Blockchain-Protokollen interagieren kann. So ist es möglich, die im Rahmen von COSMIC-X entstandene Lösung zukünftig an andere Plattformen innerhalb des Ökosystems anzubinden. Zusammenfassend bietet die Blockchain-Lösung auf Basis des *Secret Network* einen maßgeschneiderten Ansatz für die vertrauenswürdige Datenverarbeitung und Automatisierung von Geschäftsprozessen in der Industrie 4.0. Zukünftige Forschung könnte sich darüber hinaus mit der Integration eines Peer-to-Peer-Bezahlsystems befassen, sodass Maschinen für von ihnen bestellte Ersatzteile autonom bezahlen können.

In der Umsetzung der einzelnen Use Cases wurden aufgrund verschiedenen Datenformen unterschiedliche ML-Verfahren angewendet. Dabei hat sich im Bereich der Anomalieerkennung von Maschinendaten gezeigt, dass es nicht ein einzelnes optimales Verfahren gibt, sondern je nach Betrachtung der Komponentengruppen ein anderes Verfahren bessere Ergebnisse liefert. Als vielversprechendste Methoden wurden Local Outlier Factor, DBSCAN und Isolation Forest ausfindig gemacht. Diese liefern abhängig von der gewählten Komponente die besten Ergebnisse. Die unterschiedlichen Methoden sind innerhalb des Demonstrators für den Benutzer zugänglich gemacht, so dass mit Hilfe von Domänenwissen die beste Auswahl getroffen werden kann. Die Verwendung von Isolation Forests erlaubt zudem die Interpretation der Ergebnisse mit Hilfe von XAI (Explainable AI). Somit ist es möglich, die mathematischen Resultate besser und verständlicher aufbereitet zu präsentieren und zu interpretieren. Die Anwendung von XAI ergab sich aus der Limitation, dass sich der geplante Ansatz für Federated Learning nach genauerer Betrachtung für keinen der Use Cases eignet. Im Use Case *Plattformbasierte Wartung* wurden LLMs verwendet und untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass für das Auffinden von Text in Handbüchern kein Training oder Finetuning von LLMs notwendig ist. Stattdessen konnte auf den etablierten Ansatz des RAG (Retrieval Augmented Generation) gesetzt werden und die Suche der Daten mit bewährten Methoden wie Vektorsuche umgesetzt werden. Im Anschluss wurden die gefundenen Antworten an den Benutzer durch das LLM generiert. Als bestes LLM hat sich gpt-3.5-turbo von OpenAI gezeigt, da dieses besonders schnell und zuverlässig Antworten generiert hat. Mit Hilfe von Phoenix wurden auch andere Open Source Modelle verglichen, allerdings konnten

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

weder LLama noch Mistral bei der Qualität der Antwort und der Geschwindigkeit aufgrund fehlender GPU mithalten. In der Zukunft lässt sich mit größeren Open Source Modellen und einer GPU erneut ein Vergleich durchführen. Da die Modelle sich rasant weiterentwickeln und große Fortschritte machen, ist es denkbar OpenAI durch ein Open Source Modell abzulösen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Bundesministerium für Wirtschaft & Klimaschutz. Das projekt gaia-x. eine vernetzte dateninfrastruktur als wiege eines vitalen, europäischen Ökosystems, 2019. URL https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/das-projekt-gaia-x.html.

[2] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. It-grundschutz-kompendium, 2020. URL https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/IT-Grundschutz/IT-Grundschutz-Kompendium/it-grundschutz-kompendium_node.html.

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Gaia-x: Driver of digital innovation in europe. featuring the next generation of data infrastructure, 2020. URL https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/gaia-x-driver-of-digital-innovation-in-europe.html.

[4] Sarah Lochter, Manfred; Maßberg. Sicherheit der blockchain-technologie, 2018. URL ... BSI-Forum, 2018#3, Jahrgang 26.

[5] Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL. Gaia-x – architecture document: 22.10 release, 2022. URL https://docs.gaia-x.eu/technical-committee/architecture-document/22.10/.

[6] Verband der Internetwirtschaft e.V. und Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL. Gaia-x-sichere und vertrauenswürdige Ökosysteme mit souveränen identitäten: Entwicklung eines dezentralen, benutzerzentrierten und sicheren cloud-Ökosystems, 2022. URL https://www.gxfs.eu/de/ssi-white-paper/.

[7] World Wide Web Consortium. Verifiable credentials data model v1.1.w3c recommendation, 2022. URL https://www.w3.org/TR/vc-data-model.

[8] World Wide Web Consortium. Decentralized identifiers (dids) v1.0: Core architecture, data model, and representations. w3c recommendation, 2022. URL https://www.w3.org/TR/did-core/.

[9] Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL. Idp bridge, 2024. URL https://gitlab.com/gaia-x/data-infrastructure-federation-services/deployment-scenario/idp-bridge.

[10] SecretNetwork. Secret network blockchain, 2024. URL https://scrt.network/.

[11] PreCom. Predictive cognitive maintenance decision support system, 2021. URL https://doi.org/10.3030/768575.

[12] VDI Nachrichten. Vdi-nachrichten vom 12.07.24, ausgabe 14, 2024. URL https://www.ikiosk.de/shop/epaper/vdi-nachrichten/1359148.html.

[13] Wolfgang Sochor, Christof Gilnhammer, Christian Hermer, and Jens Folmer. Retrofit industrie 4.0 – maschinenanbindung einer heterogenen maschinenflotte bis in die cloud. In Klaus-Jürgen Meier and Matthias Pfeffer, editors, *Produktion und Logistik in der digitalen Transformation: Analyse – Planung – Praxiserfahrungen*, pages 233–249. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2022. ISBN 978-3-658-36560-8. doi: 10.1007/978-3-658-36560-8_14. URL https://doi.org/10.1007/978-3-658-36560-8_14.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

[14] Industrial Digital Twin Association e.V. Asset interface description, January 2024. URL https://github.com/admin-shell-io/submodel-templates/tree/main/published/Asset%20Interfaces%20Description/1/0.

[15] The MITRE Corporation. Adversarial tactics, techniques, and common knowledge (att&ck), 2024. URL https://attack.mitre.org/.

[16] The MITRE Corporation. Adversarial threat landscape for artificial-intelligence systems (atlas), 2024. URL https://atlas.mitre.org/.

[17] Interchain Foundation (ICF). Cosmos blockchain network, 2024. URL https://cosmos.network/.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

6 DIONE-X

Florian Mitschke, Joachim Metternich

Titel	Darstellung eines GAIA-X konformen Wertschöpfungsnetzwerks im Datenraum Industrie 4.0 für die zerspanende Produktion
Förderlinie	Industrie 4.0 – GAIA-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwer-ken (InGAIA-X)
Laufzeit	01.11.2022 bis 31.12.2024
Fördermittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen	02J21D131

6.1 Einführung

Die Intention von Gaia-X ist es, Netzwerke aufzubauen, in denen ein souveräner und sicherer Datenaustausch zwischen Teilnehmern unterschiedlichster Rollen erfolgen kann. Ein häufiges Problem neuer Plattformen ist der eingeschränkte Mehrwert bei einer noch geringen Nutzerzahl, was den Netzwerkeffekt schwächt und das Wachstum des Netzwerks verlangsamt. Pilotprojekte bieten hier eine wirksame Lösung, um dieses Dilemma zu überwinden. Durch die gezielte Auswahl und Einbindung einer Pilotgruppe lässt sich die Nutzung der Plattform in einer kontrollierten Umgebung fördern und wertvolle Rückmeldungen gewinnen. An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt DIONE-X an, das aufgezeigt, wie Gaia-X-konforme Datenökosysteme zum Treiber neuartiger Service-Angebote und Geschäftsmodelle werden können. Dabei ermöglichen Datenökosysteme nicht nur, Services auf innovative Weise zu konsumieren, sie treiben auch deren Entwicklung voran, indem sie Daten als monetarisierbare Ressource verfügbar machen. Die im Projekt betrachtete Pilotgruppe ist dabei im Bereich der zerspanenden Maschinenbauindustrie angesiedelt.

Im Projekt sind exemplarisch drei reale Anwendungsfälle als Piloten für einen kommerziellen Datenaustausch unter Verwendung eines Gaia-X-konformen Datenökosystems umgesetzt worden. Diese wurden unter marktnahen Bedingungen getestet, um die Praxistauglichkeit und den wirtschaftlichen Nutzen der verwendeten neuen Technologien zu validieren. Kommerzielle Pilotprojekte sind entscheidend, um technologische Innovationen in den Markt zu bringen, da sie es Unternehmen ermöglichen, Risiken und Herausforderungen in einer kontrollierten Umgebung zu identifizieren und zu adressieren. Sie schaffen Vertrauen bei potenziellen Nutzer:innen und Investor:innen und bereiten den Weg für eine breitenwirksame Einführung und Skalierung der Technologie. [1]

Das Partnerkonsortium von DIONE-X setzt sich dabei aus Teilnehmern mit unterschiedlichen Funktionen zusammen. Die produzierenden Endanwender Schubert Fertigungstechnik GmbH, KWS Kölle GmbH und Munsch Chemiepumpen GmbH möchten Daten aus ihrem Produktionsbetrieb nutzbar machen und von innovativen Services profitieren, die wertvolle Informationen aus diesen Daten ableiten können. Die Services werden dabei von den Unternehmenspartnern Gühring KG, pro-micron GmbH und DMG Mori AG, letzterer in Kooperation mit Berger Holding GmbH & Co. KG, entwickelt und

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

über ein Gaia-X-konformes Datenökosystem zum Konsum bereitgestellt. Dabei erschließen diese Unternehmenspartner, die Gewindebohrwerkzeuge, Bearbeitungsmaschinenkomponenten oder Sensoriken herstellen, mit den entstandenen Services über ihr Kerngeschäft hinausgehende neue Geschäftsfelder. Weiterhin umfasst das DIONE-X-Projektkonsortium auch die Partner Software GmbH und A1 Digital GmbH. Die Rolle dieser Partner liegt darin, eine IoT-Plattform weiterzuentwickeln und zu betreiben. Diese soll es ermöglichen, Daten aus dem Produktionsbetrieb der produzierenden Endanwender zur Nutzung und Verbreitung im Gaia-X-konformen Datenökosystem zu empfangen und zu speichern. Neben den Unternehmenspartnern sind auch das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen der Technischen Universität Darmstadt (PTW) und das Institut für Datenoptimierte Fertigung Kaufbeuren (IDF) Teil des DIONE-X-Konsortiums. Das PTW übernimmt im Projekt die Rolle des Koordinators und stellt die konstruktive Zusammenarbeit im Projekt sowie die Erreichung der Projektziele sicher. Wissenschaftlich untersucht das PTW innovative Verfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung von KI-Modellen. Diese Zuverlässigkeitsbewertung ist dabei nicht nur für eins der entstandenen Service Offerings, sondern auch für einen am PTW entstandenen Demonstrator zum Thema Gaia-X relevant. Da die im Projekt verwendeten Daten aus dem Produktionsbetrieb der Endanwender zum Teil sensible Informationen erhalten, die Rückschlüsse auf den zugrundeliegenden Fertigungsprozess erlauben, erforscht das IDF innovative Verfahren zur Bereinigung von Daten um derartige sensible Informationen. Weiterhin umfasst die Forschungsarbeit des IDF auch Verfahren, die es ermöglichen sollen, Services zu schaffen, die die Qualität von im Ökosystem angebotenen Daten quantitativ bewerten.

An den jeweiligen Anwendungsfällen sind im Kern jeweils ein produzierender Endanwender und ein Serviceentwickler beteiligt. In zwei der Anwendungsfälle wird ein Gaia-X-konformer Datenaustausch über die Cumulocity IoT-Plattform der Software GmbH orchestriert. Im Mittelpunkt aller drei Anwendungsfälle steht das Gaia-X-konforme Datenökosystem Pontus-X.

Anwendungsfall 1: Collaborative Condition Monitoring and Smart Service Planning

In diesem Anwendungsfall nutzt der produzierende Endanwender Munsch eine Fräsbearbeitungsmaschine von DMG Mori, in der ein Kugelgewindetrieb von Berger verbaut ist. Bei Kugelgewindetrieben handelt es sich um Verschleißteile, deren Lebensdauer aufgrund zahlreicher dynamischer Einflussfaktoren nur schwer abschätzbar ist. Ein ungeplanter Ausfall dieser Komponente kann nicht kurzfristig behoben werden. Es müssen Ersatzteile beschafft werden, die oft nicht auf Lager vorgehalten werden. Gleichzeitig muss ein Servicetechniker für den Einsatz beim Endanwender zur Verfügung stehen. Diese Faktoren sorgen dafür, dass ein Ausfall der Komponente erhebliche Stillstandzeiten der Produktion beim Endanwender verursacht.

Im Fokus dieses Anwendungsfalls steht ein Ausfallfrüherkennungssystem für Kugelgewindetriebe. Auf Basis von Maschinendaten, die von Munsch zur Verfügung gestellt werden, ermöglicht es das System, die Restlebensdauer der Komponente abzuschätzen. Ein Serviceeinsatz zum Austausch der Komponente kann so lange vor dem geschätzten Ausfallzeitpunkt geplant werden.

Anwendungsfall 2: Individualised KPI-Dashboard

An den Werkzeugmaschinen von KWS Kölle sind sensorische Werkzeughalter vom Typ „spike“ von pro-micron verbaut. Die Messwerte dieser Sensorik werden genutzt, um für KWS Kölle KPIs über die Qualität und Stabilität der Zerspanungsprozesse bei KWS Kölle zu errechnen. Aufgrund der Prozessabhängigkeit der Stabilitäts- und Qualitätsgrenzen ist eine pauschale Berechnung der KPIs nicht aussagekräftig. In diesem Anwendungsfall nutzt pro-micron Mess- und Prozessdaten (Werkstoff, Schnittparameter, Antriebsströme etc.) für die Berechnung der KPIs.

Anwendungsfall 3: Optimierter Werkzeugeinsatz

Das Ermitteln der bestmöglichen Schnittparameter sowie des bestmöglichen Einsatzbereichs von Bearbeitungswerkzeugen für Werkzeugmaschinen ist oft ein empirischer Prozess, der von jedem Endanwender, der solche Werkzeuge einsetzt, durchgeführt wird. Dabei liegt das Wissen darin, welche Werkzeuge sich für einen bestimmten Prozess eignen und wie sich Bearbeitungsdurchlauf- sowie Werkzeugstandzeiten abhängig von eingestellten Parametern verändern, in diesem Fall beim Werk-

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

zeughersteller Gühring. Der produzierende Endanwender Schubert ist Auftragsfertiger für zerspanende Bearbeitung, der in Kleinstserien produziert und seine Fertigung regelmäßig auf neue Bauteilgeometrien umstellen muss. Dementsprechend ergeben sich neue, veränderte Fertigungsprozesse, die von Schubert entwickelt werden. Die neuen Bauteilgeometrien beinhalten auch Gewindebohrungen. Schubert nutzt deshalb in diesem Anwendungsfall einen von Gühring entwickelten, auf Expertenwissen basierenden Service, um optimale Einsatzparameter für die Nutzung von Gewindebohrwerkzeugen vorgeschlagen zu bekommen.

6.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt

Die Entwicklung von datengetriebenen Anwendungen, speziell solcher, die auf Künstliche Intelligenz setzen, hat sich in den letzten Jahren weltweit rasant beschleunigt. Neben der Entwicklung spezialisierter Algorithmen und dem nun verfügbaren Zugang zu leistungsstarker spezialisierter Recheninfrastruktur haben dabei besonders die Verfügbarkeit und der leichte Zugang zu großen Datensätzen eine entscheidende Rolle gespielt. Gleichzeitig hat die Beschleunigung der KI-Entwicklung tiefgreifende Auswirkungen auf die deutsche Industrie, die zunehmend auf KI setzt, um wettbewerbsfähig zu bleiben und Innovationen voranzutreiben. Im industriellen Umfeld werden mehr Daten aufgenommen und verarbeitet als je zuvor. Diese Daten können jedoch nur dann gewinnbringend eingesetzt werden, wenn innovative Kanäle zum kommerziellen Verbreiten solcher geschaffen werden. [2]

Die in DIONE-X umgesetzten Anwendungsfälle haben zum Ziel aufzuzeigen, wie solche Kanäle geschaffen werden können. Die Umsetzung der Anwendungsfälle ist dabei unter Verwendung des Gaia-X-konformen Datenökosystems Pontus-X erfolgt. Die bereits im Einleitungskapitel beschriebenen Vorteile, die sich durch die Konformität des Datenökosystems gegenüber den Standards und Richtlinien von Gaia-X ergeben, spielen eine entscheidende Rolle dabei, die Akzeptanz potenzieller Partizipanten gegenüber Datenökosystemen initial und langfristig zu sichern. Dabei stellt das Gewinnen und langfristige Halten von Partizipanten im Datenökosystem einen entscheidenden Faktor dar. Mit zunehmender Zahl an Partizipanten und Angeboten verstärkt sich der vorliegende Netzwerkeffekt. Dieser tritt dann auf, wenn der Wert eines Produkts, einer Dienstleistung oder einer Plattform für einen einzelnen Nutzer zunimmt, je mehr andere Nutzer ebenfalls teilnehmen. Das bedeutet, dass der Nutzen von Datenökosystemen für jeden einzelnen Partizipanten steigt, wenn die Gesamtzahl der Partizipanten wächst.

6.3 Methodik/Umsetzung

Zu Beginn des Projekts DIONE-X stand die Anforderung, im Rahmen der beschriebenen Anwendungsfälle einen Gaia-X-konformen kommerzialisierbaren Datenaustausch zu realisieren. Welche Art von Gaia-X-konformem Datenaustauschkanal dabei zum Einsatz kommen sollte, war zunächst offen. Ein solcher Datenaustauschkanal ist dann Gaia-X-konform, wenn die Standards und Richtlinien von Gaia-X in dessen Rahmen eingehalten werden. Dazu bedarf es nicht unbedingt eines formalen Datenökosystems. Ein Gaia-X-konformer Datenaustausch ohne ein Datenökosystem ist möglich, indem die Prinzipien von Gaia-X in eine bilaterale oder multilateral strukturierte Datenbeziehung implementiert werden. Gaia-X basiert auf den Konzepten von Transparenz, Sicherheit, Datenhoheit und Interoperabilität. Diese Grundprinzipien können auch in kleineren, weniger formalen Datenaustauschbeziehungen angewendet werden.

Im Projekt hat sich nach sorgfältiger Bewertung der Vor- und Nachteile von bilateralen Datenaustauschkanälen zur Umsetzung der Anwendungsfälle herauskristallisiert, dass eine formale Gaia-X-Konformität auf diese Weise zwar zu erreichen wäre, dies jedoch der Grundidee hinter der Gaia-X-Initiative widerspricht. Bilaterale Kanäle verletzen die Ideale der Dezentralisierung und der föderierten

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dateninfrastruktur. Gleichzeitig besteht keine Möglichkeit für neue Partizipanten, niederschwellig in bestehenden Strukturen einzutreten, was die Skalierbarkeit einschränkt und das Eintreten von Netzwerkeffekten verhindert. Im Gegensatz dazu stehen Datenökosysteme für föderierte Infrastrukturen, Netzwerkeffekte, Skalierbarkeit und Interoperabilität. Die Vielfalt der Teilnehmer fördert die Einführung sinnvoller und allgemeiner Standards.

Im Projekt wurde deshalb entschieden, alle Anwendungsfälle unter Verwendung eines Datenökosystems umzusetzen. Die Wahl fiel auf das Pontus-X-Datenökosystem der deltaDAO AG. Dieses Datenökosystem ist mit dem Gaia-X Trust Framework und den Gaia-X Digital Clearing Houses (GXDCH) verbunden, die sicherstellen, dass alle Teilnehmer den Gaia-X-Vorgaben entsprechen [3]. Die deltaDAO ist der Federator dieses 2021 ins Leben gerufenen Datenökosystems und treibt aktiv dessen Entwicklung voran. Als Basis der Entwicklung diente das Ocean-Protokoll. Dieses dezentrale Datenprotokoll liefert einen technischen Rahmen, der den Austausch, die Speicherung und den Zugang zu Daten in einem Netzwerk ermöglicht. Kernelement von Ocean ist die Nutzung von Blockchain-Technologie, die eine Dezentralisierung ermöglicht. Daten und Services werden dabei in Tokens umgewandelt, die ein digitales Abbild des Assets auf der für alle Teilnehmer einsehbaren Blockchain darstellen. Tokens können mit Hilfe dieser Technologie gehandelt werden, ohne dass es einer zentralen Instanz bedarf, die die Transaktionen verwaltet und Vertrauenswürdigkeit herstellt. Eine wichtige Rolle spielen dabei die sogenannten Smart Contracts. Sie werden ebenfalls für alle Teilnehmer einsehbar auf der Blockchain gespeichert und ermöglichen es, automatisiert Verträge zu Transaktionen abzuschließen. Möchte ein Teilnehmer ein Asset erwerben, wird zunächst ein Smart Contract für diese Transaktion erstellt. Dieser enthält alle Informationen zum Kauf wie den Preis des Assets, die Bedingungen für den Zugang zum Asset (z. B. ob es nur einmalig oder mehrfach genutzt werden kann) und den Prozess für die Freigabe des Assets nach Erfüllung der Zahlungsbedingungen. Zur Leistung der Zahlung wird der Kaufpreis vom Käufer an den Smart Contract überwiesen. Der Smart Contract hat dabei eine eigene Adresse auf der Blockchain, auf die der Kaufbetrag überwiesen wird. Ähnlich wie ein Treuhänder stellt der Smart Contract sicher, dass eine Weiterleitung des Kaufpreises an den Anbieter erst erfolgt, wenn der Käufer den Zugang zum Asset auch wirklich erhalten hat. [4]

Datenökosysteme stellen grundsätzlich keine Speicherumgebung für Assets dar. Sie verwalten jedeglich den Handelsprozess mit solchen. Beim Kauf wird dabei jeweils eine Referenz ausgetauscht, die einen Zugang zum Speicherort gewährt. In zwei der beschriebenen Anwendungsfälle dienen Maschinendaten der produzierenden Endanwender als Informationsquelle für die entwickelten Services. Die Maschinendaten werden auf der Cumulocity-IoT-Plattform der Software GmbH gespeichert, von der beide Endanwender je eine Instanz, einen sogenannten Tennant, besitzen. IoT-Plattformen bieten dabei eine ganzheitliche Speicherumgebung für Daten unterschiedlichster Maschinen- und Sensortypen. Zudem unterstützen sie spezialisierte Datenübertragungsprotokolle wie MQTT oder OPC UA, ermöglichen eine Datenerfassung in Echtzeit und bieten die Möglichkeit, Daten auf Dashboard-Oberflächen darzustellen oder weiterzuverarbeiten. Speziell Cumulocity bietet eine Funktionalität, die es ermöglicht, sogenannte Microservices direkt auf der Plattform zu hosten. Diese Microservices sind in einem Docker-Container verpackte modulare Services, die spezifische Aufgaben übernehmen können. Docker ist ein Framework, das es ermöglicht, Anwendungen in isolierten Containern zu betreiben, welche alle notwendigen Abhängigkeiten und Bibliotheken enthalten, damit die Anwendung unabhängig von der zugrunde liegenden Systemumgebung funktioniert. Eine dieser Aufgaben kann darin liegen, Transaktionen in einem Datenökosystem zu veranlassen.

In Pontus-X können Transaktionen dabei auf zwei Arten getätigt werden, sowohl durch direkte Benutzeraktionen auf der Weboberfläche von Pontus-X als auch durch Verwendung von API-Schnittstellen. In Pontus-X steht dafür das Nautilus-Toolkit zur Verfügung. Mit Nautilus können Transaktionen wie das Veröffentlichen eines Datensatzes, das Konsumieren eines Services oder die Nutzung von Compute-to-Data-Services vollständig automatisiert werden. Im Projekt wurde ein Cumulocity-Microservice entwickelt, in dem Nautilus eingebettet ist. Wird von der betreffenden Maschine via MQTT ein Datenpaket auf Cumulocity hochgeladen, so führt der Microservice unter Verwendung von

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Nautilus automatisiert eine Transaktion zum Konsum eines Services in Pontus-X aus. Nach Ausführung des Services werden die Ergebnisse auf der Weboberfläche von Cumulocity dargestellt. So wird beispielsweise der Service zum Anwendungsfall 1 dann ausgeführt, wenn die Maschine eine Referenzfahrt durchführt. Ein Edge-Device an der Maschine sendet daraufhin ein Datenpaket mit Sensordaten der in den Kugelgewindetrieben eingebauten Sensoriken an Cumulocity. Der Cumulocity-Microservice registriert den Dateneingang, konsumiert den Service zur Ausfallfrüherkennung des Kugelgewindetriebs und zeigt den Gesundheitszustand des Kugelgewindetriebs übersichtlich in der Cumulocity-Weboberfläche an.

6.4 Ergebnisse

DIONE-X hatte zum Ziel, durch die exemplarische Umsetzung der drei beschriebenen Anwendungsfälle die kommerzielle Nutzbarkeit sowie die Mehrwerte eines Gaia-X-konformen Datenaustauschs im Bereich der zerspanenden Industrie aufzuzeigen. Im Rahmen der Anwendungsfälle „1. Collaborative Condition Monitoring and Smart Service Planning" und „2. Individualised KPI-Dashboard" sind maschinendatenverarbeitende Services entstanden, die niederschwellig über Pontus-X konsumiert werden können. Diese Services werden im kontinuierlichen Produktionsbetrieb der Endanwender regelmäßig gebucht. Zum Anwendungsfall „3. Optimized Use of Tools" sind drei Services entstanden, die einen Tool-Performance-Report erstellen, Schnittparameter oder ein bestmöglich geeignetes Werkzeug vorschlagen können. Alle der entwickelten Services sind Teilnehmern des Pontus-X-Ökosystems niederschwellig zugänglich.

Neben der Umsetzung der industriellen Anwendungsfälle ist auch ein mobiler Demonstrator entstanden, dessen Funktion sich am Anwendungsfall „1. Collaborative Condition Monitoring and Smart Service Planning" orientiert. Der Demonstrator ist eine 3-Achs-Tischfräsmaschine, die Aluminiumplatten bearbeitet. Der Demonstrator ist mit einer hochfrequent aufzeichnenden Vibrationsmesssensorik an der Frässpindel ausgestattet. Wie die Kugelgewindetriebe im Anwendungsfall 1 verschleißen auch die von dieser Maschine verwendeten Fräsbearbeitungswerkzeuge. Das PTW hat zur Erkennung des Erreichens der Verschleißgrenze solcher Werkzeuge einen Service entwickelt, der Daten aus der Vibrationsmesssensorik KI-basiert interpretiert und ein Erreichen der Verschleißgrenze erkennen kann. Auch dieser Service ist über Pontus-X konsumierbar und wird durch einen Cumulocity-Microservice gebucht. Im Demonstrationsbetrieb werden von der Maschine zwei Bauteile gefertigt. Im Werkzeugmagazin befinden sich dabei ein Werkzeug, das die Verschleißgrenze erreicht hat, und eins, das noch ausreichend scharf ist. Nach der Fertigung jedes Bauteils wird ein Datenpaket mit Daten der Vibrationsmesssesorik konfektioniert und via MQTT auf Cumulocity hochgeladen. Nach der anschließenden Buchung des Service werden die Ergebnisse der Verschleißerkennung auf einem Dashboard an der Maschine, das die Cumulocity-Weboberfläche darstellt, für den Maschinenbediener sichtbar angezeigt.

Hinter dem Demonstrator steht eine exemplarische Storyline, die beschreibt, wie Gaia-X-konforme Datenökosysteme solche Services nicht nur niederschwellig verfügbar machen, sondern auch aktiv deren Entwicklung vorantreiben. In diesem Beispiel besitzt Hersteller A eine Fräsbearbeitungsmaschine mit eingebauter Vibrationsmesssensorik. Diese Sensorik wird von der Maschinensteuerung genutzt, um Totalausfälle bestimmter Maschinenkomponenten zu erkennen und unmittelbar einen Notstopp zu veranlassen. Eine weitere Nutzung dieser Daten erfolgt dabei nicht. Hersteller A erkennt das kommerzielle Potenzial von Daten aus produzierenden Maschinen und beschließt, diese Daten über Pontus-X zu einem festgelegten Preis zum Konsum anzubieten. Zum Sammeln und Publizieren der Daten kommt ein Cumulocity-Microservice zum Einsatz. Dies bietet den Vorteil, dass so ein bereits existenter Datensatz kontinuierlich um neue Daten erweitert werden kann. Gleichzeitig kann durch die IoT-Plattform auch ein ganzheitlicher Produktionsdatensatz, der Daten verschiedenster Maschinen erfasst, konfektioniert, angeboten und fortlaufend verwaltet werden. In diesem Beispiel entdeckt ein auf KI-Lösungen spezialisierter Entwickler den Maschinendatensatz aus der 3-Achs-CNC-Maschine auf Pontus-X. Um

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

überprüfen zu können, ob die Daten für die Entwicklung eines Services interessant sind, hat Hersteller A einen kleinen Teil der Rohdaten sowie eine ausführliche Beschreibung offen zur Verfügung gestellt. Der Hauptanteil des Datensatzes enthält keine Rohdaten, sondern nur sogenannte Features, die aus den Daten extrahierte charakteristische Eigenschaften abbilden und genutzt werden können, um KI-Modelle zu trainieren. Dabei erlauben sie jedoch keinen Rückschluss auf den zugrundeliegenden Fertigungsprozess bei Hersteller A. Auf diese Weise bleiben sensible fertigungsbezogene Daten beim Hersteller A geschützt. Auf Basis dieser Informationen entscheidet der Entwickler, einen Zugang zu den Daten zu kaufen. Hersteller A erhält den Kaufpreis als Mehrwert für das Bereitstellen seiner Daten. Für die Transaktion im Datenökosystem fällt dabei für den Käufer eine Transaktionsgebühr an, die den Ökosystemteilnehmern zugutekommt, die die Transaktion in die Blockchain aufnehmen. Mit den gekauften Daten gelingt es dem Entwickler, ein KI-Modell zu trainieren, das die Nutzungsmöglichkeiten der Sensorik zur Totalausfallerkennung um eine Werkzeugverschleißerkennung erweitert. Dieser Service kann erkennen, wenn das in der Maschine verwendete Fräsbearbeitungswerkzeug seine Verschleißgrenze erreicht hat, und verhindert so, dass aufgrund eines eingesetzten verschlissenen Werkzeugs fehlerhafte Teile produziert werden. Der Service kann genau wie der zu Entwicklung genutzte Datensatz ebenfalls über Pontus-X konsumiert werden. Das ermöglicht es weiteren Parteien, in diesem Fall Hersteller B, ebenfalls von der Verfügbarkeit des Services zu profitieren. Hersteller B verfügt über eine Maschine gleicher Bauart und nutzt wie beim beschriebenen Anwendungsfall 1 einen Cummulocity-IoT-Tennant, um den Service zu kaufen und auf via MQTT auf die IoT-Plattform transferierten Maschinendaten anzuwenden. Der Service wird dabei als Pay-per-Use angeboten, sodass der Hersteller B selbst die Nutzungshäufigkeit und damit auch die entstehenden Kosten einstellen kann. Weiterhin bietet die Abwicklung über Pontus-X den Vorteil, dass immer die aktuellste und beste Version des angebotenen Services genutzt wird. Der Demonstrator spiegelt die bei Hersteller B befindliche Maschine wieder und veranschaulicht den durch Nautilus ermöglichten API-basierten Konsumprozess über einen Eventlog. Abbildung 6.1 zeigt schematisch, wie der Daten- und Finanzfluss in diesem Austausch über drei Parteien erfolgt.

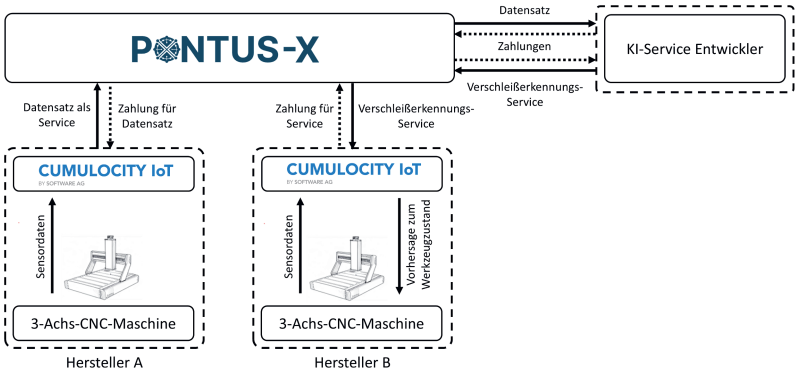


Abbildung 6.1: Datenaustausch über drei Parteien zur Entwicklung und Kommerzialisierung eines Service.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

6.5 Diskussion/Fazit

DIONE-X hat gezeigt, dass der Gaia-X-konforme Datenaustausch unter Verwendung von Datenökosystemen wie Pontus-X bereits jetzt kommerziell möglich und selbst für KMU niederschwellig zugänglich ist. Durch die Verwendung von Nautilus kann eine vollständige Automatisierung erfolgen, was für die sinnvolle Umsetzung von Anwendungsfällen zur Verarbeitung von kontinuierlich anfallenden Daten unerlässlich ist.

Die im Projekt verwendeten Microservices erfordern Kenntnisse im Bereich Programmierung sowie eine spezielle Einarbeitung in das Nautilus-Toolkit. Eine wesentliche Erkenntnis aus DIONE-X ist, dass speziell die Anbieter von IoT-Plattformen in diesem Zusammenhang im Zugzwang sind. Die Entwicklung von Plugins, die den Zugang zu Datenökosystemen über IoT-Plattformen ermöglichen, würde die kommerzielle Nutzbarkeit für Industrieunternehmen wesentlich verbessern. Dabei könnte ein solches Plugin nicht nur die Anbindung an ein Datenökosystem realisieren, ohne vom Anwender Kenntnisse im Bereich Programmierung zu erfordern. Es könnte auf der Benutzeroberfläche direkt einen Tunnel zur Marktplatzoberfläche von Pontus-X anzeigen und es dem Benutzer so ermöglichen, direkt über die IoT-Plattform interessante Services zu finden oder Daten anzubieten.

Weiterhin liegt großes Potenzial darin, es den Nutzer:innen niederschwellig zu ermöglichen, kaskadierte Verarbeitungskaskaden zu erstellen. Innerhalb dieser Kaskaden würden wiederholt verschiedene Services vollautomatisiert gebucht und ausgeführt werden. So könnte eine Servicekaskade beginnen, wenn eine bestimmte Anzahl an Datenpaketen zur Veröffentlichung auf die IoT-Plattform hochgeladen wurde. In Laufe der Kaskade können wiederholt unterschiedliche Services gebucht werden, die die Daten jeweils auf ihre Qualität überprüfen, sensible Informationen entfernen und zuletzt einen ganzheitlichen Datensatz aus den Daten verschiedener Maschinen konfektionieren. Der fertige Datensatz wird im Anschluss im Datenökosystem zum Kauf angeboten.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass es bisweilen schwierig ist, angemessene Preise für Datensätze zu bestimmen. Da das Datenökosystem sich noch in einer Übergangsphase hin zu kommerzieller Nutzung befindet und kaum Vergleichsangebote zur Verfügung stehen, können angemessene Preise für Daten nur geschätzt werden. Erst mit zunehmender Anzahl an Datenanbietern kann sich ein Markt etablieren, der regulierend auf Preise wirkt. Dabei wäre es in diesem Zusammenhang denkbar, dass Microservices zukünftig auch dafür genutzt werden, Preise für Daten automatisiert entsprechend des bestehenden Angebots und der Nachfrage dynamisch zu regulieren.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Lorenzo Boscherini, Davide Chiaroni, Vittorio Chiesa, and Federico Frattini. How to use pilot projects to implement open innovation. *International Journal of Innovation Management*, 14(06): 1065–1097, 2010.

[2] Yiran Chen, Yuan Xie, Linghao Song, Fan Chen, and Tianqi Tang. A survey of accelerator architectures for deep neural networks. *Engineering*, 6(3):264–274, 2020.

[3] Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL. Gxdch (gaia-x digital clearing house) – the one-stop place to go and get verified against the gaia-x rules to obtain compliance in an automated way., 2024. URL `https://gaia-x.eu/services-deliverables/digital-clearing-house/`. Abgerufen: 4. Dezember 2024.

[4] Trent McConaghy. Ocean protocol: tools for the web3 data economy. In *Handbook on Blockchain*, pages 505–539. Springer, 2022.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

7 Fed-X-Pro

P. Patolla, C. Friedrich, M. Richter, F. Rudolph, S. Vogt, M. Schmidt, K. Wenzel, D. Reichelt, S. Ihlenfeldt

Titel	Federated Services auf Basis von OPC UA und Gaia-X in der Produktion (Fed-X-Pro)
Förderlinie	Industrie 4.0 - Gaia-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken (InGAIA-X)
Laufzeit	01.10.2022 bis 31.12.2024
Fördermittelgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen	02J21D160

7.1 Einführung

In der modernen Fertigung stehen Unternehmen vor der Herausforderung, die Effizienz ihrer Maschinen und Werkzeuge kontinuierlich zu maximieren, um Produktionskosten zu senken und wettbewerbsfähig zu bleiben. Obwohl in den Maschinen sekündlich große Datenmengen entstehen und durch deren Auswertung das Wertschöpfungspotenzial gesteigert werden könnte, werden diese Daten bislang nicht für nachgelagerte Anwendungen und Dienste bereitgestellt. Gründe hierfür liegen zum einen in den hohen Anforderungen der Datenakquise und -bereitstellung an die maschinennahe Hard- und Software. Zum anderen sind die Investitionen in die digitale Infrastruktur durch noch unklare Amortisation für die Kunden sowie mit Risiken für geistiges Eigentum und Knowhow assoziiert. Gleichzeitig besitzen die Hersteller der Maschinen und ihrer Komponenten zwar das notwendige Knowhow für die Konzeption datengetriebener Anwendungen, jedoch fehlt ihnen der Zugang zu den Daten ihrer Produkte im laufenden Betrieb bei den Kunden. Die Wertschöpfung in der Produktion erfordert Zusammenarbeit und den Austausch von Wissen. Bisher erfolgt der Wissensaufbau auf Basis von Daten und Informationen für Hersteller und Anwender jedoch überwiegend getrennt voneinander. Trotz zunehmender Vernetzung von Anlagenbestandteilen mit übergeordneten Steuerung bzw. kompletter Anlagen mit Produktionsleitsystemen, wie MES-Systemen, erfolgt die Generierung, Speicherung und Verwaltung von Wissen und zugrundeliegenden Daten nur lokal. Wenn Wissen ausgetauscht wird, dann höchstens bilateral und in der Regel in proprietärer Form [1]. Cloud-Infrastrukturen zur kollaborativen Zusammenarbeit und Realisierung neuer Anwendungsfälle, werden in der Produktion aus verschiedenen Gründen bislang kaum genutzt: Zum einen ist die sichere Datenspeicherung sowie der kontrollierte, zweckgebundene Datenaustausch unter der Wahrung der Datensouveränität mit bisherigen Cloudanbietern nicht möglich [2]. Es fehlt an interoperablen Beschreibungsformen über alle Ebenen. Semantische Industriestandards, wie OPC UA CS (Companion Specifications) und die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell - AAS), kommen bisher bestenfalls im eigenen Datenraum zur Anwendung. Eine Verwendung der Standards als Datenquelle für Serviceanwendungen findet bisher nicht flächendeckend statt. Hier fehlen Konnektoren, die domänenspezifische Datenräume koppeln und so unternehmensübergreifende interoperable Anwendungen ermöglichen, z. B. für das maschinelle Lernen oder Servicedienstleistungen.

Das Ziel des Vorhabens Fed-X-Pro bestand daher darin, am Beispiel zweier neuartiger datengetriebener Produkt-Service-Anwendungen für hochwertige Zerspanwerkzeuge den Mehrwert vernetzter, unternehmensübergreifender Datenräume für die industrielle Fertigung zu demonstrieren. Im ersten

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Service sollten hierfür Daten zum Lebenszyklus eines Werkzeuges, vom Werkzeugeinstellgerät bis zur Fertigung auf verschiedenen Maschinen, erfasst und für eine optimierte Überarbeitung des Werkzeugs für die externe Überarbeitung bereitgestellt werden. Durch die Verwendung von Low-Code Mechanismen sollte der Prozess für KMUs zusätzlich vereinfacht werden. Der zweite Service sollte Maschinenhersteller, Werkzeughersteller und mehrere Anwender dazu befähigen, gemeinsam ein KI-Modell mittels Federated Learning zu trainieren. Federated Learning beschreibt eine Methode, bei der zunächst lokale Modelle dezentral auf den Systemen der Nutzer trainiert werden, ohne dass deren Rohdaten an einen zentralen Service übertragen werden müssen und Rückschlüsse auf Kundendaten möglich werden. Die lokalen Modelle werden anschließend für das Training eines übergeordneten Modells verwendet. So sollten aus Maschinendaten mehrerer Anwender Vorhersagen zum Verschleißverhalten eines bestimmten Werkzeugs abgeleitet werden und zur Reduzierung von fehlerhaften Waren und Ausschuss beitragen.

Das Projektkonsortium bestand aus spezialisierten Partnern aus den Bereichen der produzierenden Unternehmen, Werkzeughersteller, KI- und Low-Code-Spezialisten sowie Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen. Die Anwenderunternehmen VPD, UKM, Grob-Werke und Gühring stellten im Projekt ihre Infrastruktur und Daten bereit. Katulu und Simplifier als Befähiger verarbeiteten und visualisierten die Daten in Rahmen der Service-Anwendungen. Und die Forschungspartner HTW Dresden und das Fraunhofer IWU sorgten für die Integration des Datenraums und die die Steuerung des Projekts. Assoziierte Partner wie IONOS SE und der VDW unterstützten durch die Bereitstellung von Cloud-Lösungen und die Weiterentwicklung des OPC UA-Standards.

7.2 Relevanz von Gaia-X für das Projekt

Die Abhängigkeit von nicht-europäischen Hyperscalern und der damit verbundene Mangel an Datensouveränität stellt für viele Unternehmen ein Problem dar. Dem gegenüber steht ein erheblicher Bedarf an der vertrauenswürdigen und sicheren Verwendbarkeit von Daten zur Realisierung innovativer Geschäftsmodelle in der Produktion, wie der in Fed-X-Pro beschriebenen Produktions-Service-Anwendungen. Mit Gaia-X ist ein Rahmen entstanden, in dem datengetriebene Anwendungen unter Beachtung des Datenschutzes und der Datensouveränität ermöglicht werden. Das Projekt nutzte daher die domänen- und unternehmensübergreifende Architektur von Gaia-X, um universell einsetzbare Anwendungen zur Wertschöpfungssteigerung in der Produktionstechnik zu realisieren. Durch seinen föderierten Ansatz bietet Gaia-X die Möglichkeit, auf Daten und Dienste in einem dezentralen Netzwerk zuzugreifen, ohne von einzelnen Service-Anbietern abhängig zu sein. Hierdurch konnte eine flexible, gegenüber Vendor Lock-ins resistente Lösung geschaffen werden. Ein weiterer relevanter Punkt war die Interoperabilität und Portabilität, die die Architektur von Gaia-X vorsieht. Durch die Anwendung dieser Standards könnten verschiedene Services, Anwendungen und Technologien flexibel kombinieren und anpasst werden, was die Effizienz und Zukunftssicherheit des Projekts sichert. Die Möglichkeit, Services nahtlos zu wechseln und Komponenten bei Bedarf zu erweitern oder anzupassen, ohne die Integrität und Sicherheit des Systems zu gefährden, garantiert die Skalierbarkeit über das Projekt hinaus. Von entscheidender Relevanz für das Projekt, war die Vorlage zum Aufbau einer sicheren, vertrauenswürdigen und transparenten Datenökosystem-Plattform, die es ermöglichte, Daten innerhalb klar definierter Standards und Rahmenbedingungen zu speichern, zu verarbeiten und zu teilen, und das unter vollständiger Einhaltung der europäischen Datenschutzrichtlinien (wie der DSGVO). Durch die Verwendung des Gaia-X konformen EDC-Datenraumkonnektors konnte so ein richtlinienbasierter Datenaustausch mit Zugangs- und Nutzungsrichtlinien ermöglicht werden.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

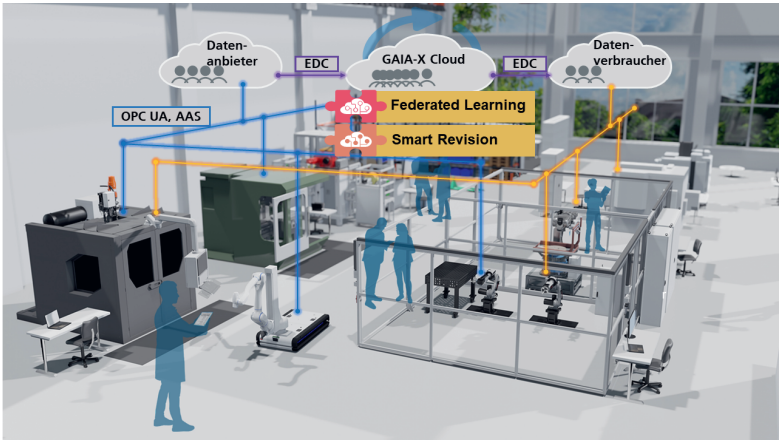


Abbildung 7.1: Federated Learning und Smart Revision durch die Verwendung von OPC UA, AAS und Gaia-X in der kognitiven Produktion [3]

7.3 Methodik/Umsetzung

Der Lösungsansatz im Projekt Fed-X-Pro bestand in der domänen- und unternehmensübergreifenden Bereitstellung von Service-relevanten Informationen durch die Anwendung von Industrie 4.0 Standards für digitale Zwillinge und von Methoden zur Verlinkung von Daten. Die Strukturierung und semantische Beschreibung der digitalen Zwillinge erfolgte mittels Industrie-4.0-Verwaltungsschale (AAS) als zentralen Integrationspunkt für verknüpfte Maschinen- und Prozessdaten. Durch die direkte Anbindung der digitalen Zwillinge an einen Datenraum-Konnektor konnten diese Daten im Projekt von vertrauenswürdigen Partnern im Wertschöpfungsnetzwerk unter Erfüllung definierter Richtlinien abgerufen werden.

Als Testumgebungen für die Entwicklung wurden u. a. eine Fräsmaschine am Fraunhofer IWU sowie Testanlagen bei den Praxispartnern UKM technologies GmbH und VPD GmbH ausgewählt und mit einer Reihe von zu untersuchenden Werkzeugen ausgestattet. Für die Umsetzung mussten zunächst die Fähigkeit der Maschinen zur Datenerfassung, Vorverarbeitung und Bereitstellung prozessaktueller Daten ermittelt und die hard- und softwaretechnischen Voraussetzungen geschaffen werden. Dies umfasste eine zu OPC UA CS-konforme Modellierung und die Entwicklung von Applikationen zur Datenvorverarbeitung sowie die Integration von OPC UA-Servern, Edge-Devices und Informationsmodellen in die Steuerungen. Parallel dazu wurden relevante Datenpunkte für die Analyse aus den Anlagen identifiziert. Neben Anlageninformationen (Energieverbräuche, Schwingungen usw.) sollten auch Informationen aus MES- und ERP-Systemen u.ä. einfließen können, z. B. aus dem Werkzeugmanagement (Vermessungsinformationen, Schnittkantenoberfläche oder Überarbeitungsgrad) oder Informationen zum eingesetzten Material und zur durchschnittlichen Prozesslaufzeit, die für spätere Auswertungen relevant sein können.

Anschließend erfolgte die Entwicklung einer Datenverarbeitungspipeline zur Aggregation und Bereitstellung von Service-relevanten Daten im einen gemeinsamen Datenraum. Für die Erfassung der Datenpunkte aus dem Fertigungsprozess wurde die von Fraunhofer entwickelte LinkedFactory verwendet. Diese ermöglicht es, Prozessdaten mit zusätzlichen Informationen (wie z. B. Auftragsdaten oder Maßeinheiten) zu verknüpfen und in einer Zeitreihendatenbank persistent abzulegen. Die für die

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Datenerfassung relevanten OPC UA Knoten wurden von der LinkedFactory aus der AAS ausgelesen, welche selbst keine Prozessdaten speichert, sondern die entsprechenden Endpunkte für den Zugriff vorhält. Die AAS selbst liefert also keine Live-Daten oder Zeitreihen, sondern bietet standardisierte Zugriffspunkte und Referenzen zu diesen Daten. Im Kern der entwickelten Datenverarbeitungspipeline steht der Eclipse Dataspace Components Connector (EDC Connector), der als Verbindungsstück und Vermittler für den Zugang zum Datenraum verantwortlich ist. Durch die Implementierung einer EDC-Erweiterung wurde dieser in die Lage versetzt registrierte Verwaltungsschalen automatisch nach zur Freigabe markierten Datensätzen zu durchsuchen und diese in seinem Katalog mit zugehörigen Richtliniendefinitionen zu veröffentlichen.

Nach der erfolgreichen Installation der entwickelten Datenverarbeitungspipeline bei den beteiligten Unternehmen erfolgte die Anbindung der im Rahmen des Projektes entstandenen Service-Anwendungen. Mittels der Simplifier Low-Code-Plattform wurde auf Seiten der Werkzeughersteller eine Anwendung zum Abruf von Informationen für zu überarbeitende Werkzeuge geschaffen. Dieser Datenzugriff erlaubt eine schnellere Abschätzung von Aufwand und Kosten der Überarbeitung auf Basis realer Einsatzdaten. Für das Federated Learning Szenario wurden zwei Varianten umgesetzt. Um ein lokales Modell trainieren zu können, wird an der Datenquelle üblicherweise ein zusätzliche Soft- und oder Hardwaresystem (Agent) benötigt. Sofern die Installation dieses zusätzlichen Systems im Unternehmen möglich ist, erfolgt die Anbindung des lokalen Agenten direkt über die AAS. Der Agent kann die für das lokale Training benötigten Daten aus dem Modell des digitalen Zwillings beziehen und sein generiertes Modell anschließend wieder in der AAS ablegen oder dort referenzieren. Die Verwendung der AAS bietet den Vorteil, dass der Agent nicht auf die Unternehmensinfrastruktur angepasst werden muss, sondern gegen eine standardisierte Schnittstelle spricht. Ist die Installation des Agenten im Unternehmen hingegen nicht umsetzbar, besteht alternativ die Möglichkeit einen gesonderten Agenten-Service im Datenraum für das Training des vorgelagerten Modells zu verwenden. Dieser erhält unter strengen Zugangs- und Nutzungsrichtlinien per EDC Zugriff auf die Rohdaten und liefert auf dem selben Weg ein lokales Modell zurück an die AAS des Anwenders. In beiden Varianten erfolgt anschließend die Bereitstellung des eigenen Modells für das Training beim KI-Service-Anbieter. Als Rückkanal für das finale KI-Modelle wird auch hier der EDC genutzt.

7.4 Ergebnisse

Die in Fed-X-Pro prototypisch umgesetzte Datenpipeline ermöglicht es, neue Produkt- und Produktions-Services auf Basis realer und verteilt erfasster Daten (Maschinen- & Prozessdaten) zu entwickeln. Diese wurden durch die Schaffung eines domänen- und unternehmensübergreifenden Datenraumes und entsprechender Konnektoren auswertbar gemacht. Im Projekt wurde hierfür der EDC Connector genutzt und mittels eigens entwickelter Erweiterungen an die Anforderungen angepasst. Innerbetrieblich wurden Daten von Maschinen und Anlagen unter Verwendung der Verwaltungsschale (AAS) an den EDC angebunden. Zur Aggregierung diverser Datenquellen und langfristigen digitalen Speicherung von Maschinen- und Prozessinformationen in Form von Zeitreihendaten wurde die Fraunhofer LinkedFactory verwendet. Durch den gemeinsamen Datenraum können Dienstleister mit ihren Konnektoren die bereitgestellten Daten anfordern und daraus Mehrwert schöpfen, z. B. durch die Schaffung neuer KI-Dienste. Der Datenanbieter behält dabei stets die Hoheit über seine Daten, kann aber auf die Fähigkeiten der Dienstleister zurückgreifen. Die erarbeiteten Konzepte sind in Transfer- und Lehrformate der Forschungspartner und Workshops innerhalb des Konsortiums eingeflossen, um die Nachnutzung der Ergebnisse und die Fähigkeit zur eigenständigen Weiterentwicklung zu gewährleisten.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

7.5 Diskussion & Fazit

Trotz der umfassenden wissenschaftlichen Erforschung von Datenraumkonzepten und verteilten Cloud-Infrastrukturen fehlt es weiterhin an einer flächendeckenden Verbreitung in der Fertigungsindustrie bzw. dem verarbeitenden Gewerbe. Zwar schließen die Spezifikationen und Implementierungen von Infrastrukturen, die der Gaia-X-Architektur folgen, in ihrer Reife zu industriellen Standards wie OPC UA und AAS auf. Diese Reife konnte auch anhand der im Projekt realisierten Service-Anwendungen demonstriert werden, die einen praktisch nutzbaren Lösungsansatz zu dem alten ingenieurtechnischen Problem der Werkzeugabnutzung und -wartung bieten. Es fehlt jedoch noch an einfachen Plug&Play-Lösungen zur Systemintegration der zugrundeliegenden Technologien, insbesondere der Datenraumkonnektoren. Mit Fed-X-Pro wurde ein erster wichtiger Schritt in diese Richtung gemacht, indem Prozesse (wie die Datenabfrage) vereinheitlicht und eine durchgängige Datenverfügbarkeit durch eine konsequente Koppelung mit Informationsmodellen aus OPC UA und AAS erreicht wurde. Die Verwendung von Low-Code & No-Code-Ansätze auf Anwendungsebene konnten die Einstiegshürde für KMUs zusätzlich senken. Eine wesentliches Erkenntnis des Projektes war, das seitens der beteiligten und befragten KMUs ein starkes Bedürfnis nach Services zur Optimierung der gegenwärtigen Produktion besteht, das Interesse an einem monetarisierten Datenhandel jedoch vergleichsweise gering ist.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] M. Volkwein, J. Schmitt, J. Heidelbach, O. Schöllhammer, D. Evcenko, and H. Kett. Blinde Flecken in der Umsetzung von Industrie 4.0 – identifizieren und verstehen. *Acatech*, 2022. URL https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/434370.

[2] O. Hillermeier, M. Punter, K. Schweichhart, and T. Usländer. Data sovereignty – critical success factor for the manufacturing industry. Technical report, International Data Spaces Association, 2021. URL https://doi.org/10.5281/zenodo.5675873. Published by the International Data Spaces Association.

[3] C. Friedrich, S. Vogt, F. Rudolph, P. Patolla, J. Grützmann, O. Hohmeier, M. Richter, D. Reichelt, and S Ihlenfeldt. Enabling Federated Learning Services Using OPC UA, Linked Data and GAIA-X in Cognitive Production. *Journal of Machine Engineering*, 2024. URL https://doi.org/10.36897/jme/188618.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

8 Zusammenfassung & Ausblick

J. Zerbin, P. Ruf, F. Mitschke, P. Patolla, M. Schmidt, T. Schrage, J. Eichholz

Zu Beginn dieser Publikation wurden zahlreiche Möglichkeiten bzw. Potenziale für den Einsatz von Gaia-X in industriellen Wertschöpfungssystemen aufgezeigt (s. Kapitel 1.1.1). Die Projekte der Förderlinie InGAIA-X haben viele dieser Potenziale realisiert und damit gezeigt, dass eine praktische Umsetzung möglich ist. Darüber hinaus wurde neben dem Aufzeigen der realen Potenziale von Gaia-X auch deutlich, dass die von Gaia-X angestrebten florierenden europäische Datenökosysteme, die auf Interoperabilität und Nachhaltigkeit setzen, nicht ohne KMU aufgebaut werden können.

KMU verfügen über wertvolle Daten, deren Potenzial genutzt werden sollte, sind aber auch zurückhaltend im Umgang mit ihren Daten und stehen einem unternehmensübergreifenden Datenaustausch skeptisch gegenüber. Gaia-X und Datenräume zeigen Lösungen auf, die helfen können, diese Zurückhaltung und Skepsis abzubauen. Damit Gaia-X und Datenräume als Konzept jedoch ihren Weg in KMU finden, ist ein umfassender und angepasster Wissenstransfer erforderlich.

Für diesen Wissenstransfer haben die Projekte der Förderlinie InGAIA-X einen wichtigen Beitrag geleistet. Sie haben mit ihrer Pionierarbeit Dritten aufgezeigt, wie die Anwendung von Gaia-X aussehen kann. Dies war nicht immer einfach. Das frühe Entwicklungsstadium vieler Aspekte von Gaia-X hatte zur Folge, dass sich Gaia-X und die Themen Datenräume & Datenökosysteme während der Projektlaufzeit rasant weiterentwickelten. Dies erforderte häufig Anpassungen seitens der Projekte, sowohl auf konzeptioneller als auch auf technischer Ebene. Teilweise mussten auch geplante Projektergebnisse grundlegend überdacht werden. Insgesamt wurden diese Herausforderungen jedoch gut gemeistert und alle Projekte erfolgreich abgeschlossen.

Im Folgenden wird zunächst die Bedeutung von Gaia-X für das produzierende Gewerbe sowie für zugehörige Dienstleistungen reflektiert, die Projektergebnisse insgesamt eingeordnet und die Ergebnisse einer Befragung der Unternehmenspartner vorgestellt. Abschließend werden mögliche nächste Schritte für die Industrie und die Forschung formuliert.

8.1 Bedeutung von Gaia-X für das produzierende Gewerbe

Die Projekte zeigen, wie Gaia-X traditionelle Ansätze wie P2P-Datenaustausch und proprietäre digitale Plattformen im industriellen Umfeld durch standardisierte Schnittstellen, föderierte Dienste und bessere Skalierbarkeit verbessern kann. Gaia-X schafft neue Synergien wie die vereinfachte Integration neuer Partner und die verbesserte Nutzung vorhandener Daten durch standardisierte Schnittstellen. Diese Synergien bilden die Grundlage für eine offene und transparente Infrastruktur. Dies ermöglicht eine flexible und effiziente Gestaltung von Produktionsnetzwerken, in denen Unternehmen nicht von einzelnen Lieferanten abhängig sind (Vendor Lock-in). Dadurch werden Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit gestärkt. Solche Lösungen sind prinzipiell auch ohne Gaia-X möglich, jedoch ohne standardisierte Schnittstellen und föderierte Dienste nicht ausreichend skalierbar. Manuelle Anpassungen und proprietäre Lösungen verursachen hohe Kosten und erheblichen Aufwand, was die Integration zusätzlicher Partner ineffizient und teuer macht. Gaia-X ermöglicht es, diese Ansätze skalierbar zu realisieren und stellt sicher, dass die Integration auch bei steigender Teilnehmerzahl effizient bleibt. Die Projekte in

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

der Förderlinie InGAIA-X demonstrieren anschaulich, wie Gaia-X die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit verbessert, indem es den Datenaustausch erleichtert, die Integration standardisiert und Synergien zwischen den Partnern schafft.

GRIPSS-X hat eine offene Wertschöpfungsplattform geschaffen, die als Marktplatz Anbieter und Nachfrager industrieller Dienstleistungen zusammenbringt. Diese Plattform verbessert den Zugang zu Daten und Dienstleistungen für KMU und senkt die Transaktionskosten durch die Integration von KI für automatisierte Informationsprozesse.

COSMIC-X hat Vertrauensebenen durch Gaia-X-Technologien geschaffen, die Blockchain-Technologie und föderierte Dienste für die sichere Integration und den Austausch von Daten nutzen. Dies ermöglicht eine effiziente Datenvalidierung und trägt zur Standardisierung und Nutzung von Daten bei, insbesondere für Qualitätskontrollen in regulierten Industrien.

DIONE-X zeigt, wie föderierte Kataloge den Austausch von Maschinendaten ermöglichen, um die Überwachung und vorausschauende Wartung zu verbessern. Dadurch werden Ausfallzeiten minimiert und die Betriebssicherheit erhöht.

Fed-X-Pro nutzte OPC-UA für die Datenerfassung und AAS für den standardisierten Zugriff. Diese Prozesse wurden durch Federated Learning und Data Usage Contracts unterstützt, um synchronisierte Daten effizient verfügbar zu machen. Dies verbessert die Integration und senkt die Betriebskosten.

Insgesamt wird deutlich, dass Gaia-X für das produzierende Gewerbe nicht nur eine technische Plattform, sondern eine strategische Grundlage für die Zukunft der industriellen Zusammenarbeit bietet. Durch die Implementierung von Self-Sovereign Identities (SSI), die nahtlose Integration von technologischen Industriestandards und die konsequente Anwendung von Usage Contracts werden die Grundlagen für eine vertrauensvolle, sichere und effiziente Zusammenarbeit gelegt. Diese Elemente sind entscheidend, um die Transformation zu einer digital vernetzten und resilienten Industrie zu ermöglichen.

8.2 Einordnung der Projektergebnisse

Die Förderlinie InGAIA-X hatte zum Ziel, Unternehmen im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung an die entstehende europäische Dateninfrastruktur Gaia-X heranzuführen und anhand exemplarischer Anwendungsszenarien Potenziale für einen Transfer in die Praxis aufzuzeigen. Dabei standen speziell KMU im Fokus, die aktuell 55 Prozent aller Berufstätigen in Deutschland beschäftigen [1]. Die im Rahmen von InGAIA-X geförderten Projekte haben dazu diverse exemplarische Anwendungsfälle umgesetzt. Für die beteiligten Unternehmen haben sich dabei Potentiale für datenbasierte Geschäftsmodelle erschlossen, die über ihr Kerngeschäft hinausgehen. Es wurde gezeigt, dass für Gaia-X und Datenökosysteme klare Perspektiven für eine erfolgreiche kommerzielle Nutzung bestehen. Mit URANOS-X sind Kompetenzbildungsformate geschaffen worden, die eine wirksame Verbreitung der notwendigen Kompetenzen und Hilfsmittel zur Partizipation an Gaia-X-konformen Datenaustauschmodellen vorantreiben. Dabei sind nicht nur notwendige technologische Kompetenzen und Hilfsmittel adressiert worden, sondern insbesondere auch die Geschäftsmodellentwicklung, mit der die wirtschaftliche Nutzung der betrachteten neuartigen Technologien steht und fällt.

Eine Schlüsselerkenntnis, die sich über alle Projekte hinweg herauskristallisiert hat ist, dass es in der europäischen Industrie wesentlich an einem Verständnis dafür mangelt, was Gaia-X ist und welche Intention die Initiative verfolgt. Bei der Präsentation der Projektergebnisse auf Fachmessen wie der Hannover Messe oder dem Digitalgipfel der Bundesregierung stießen die umgesetzten Anwendungsfälle auf großes Interesse bei Industrievertretern, während es gleichzeitig schwer fiel die Zweckmäßigkeit der Gaia-X Technologien darzulegen. Es hat sich gezeigt, dass der Innovationsgrad föderierter Architekturen und die hohe Komplexität, bedingt durch eine große Anzahl von Akteuren, einem vertieften Verständnis und damit einer Akzeptanz der Technologien im Wege stehen. Für anknüpfende Projekte gilt es, auch weiterhin die Kompetenzentwicklung für Gaia-X Technologien in den Fokus zu nehmen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Darüber hinaus wurde bei der Umsetzung der Anwendungsfälle deutlich, dass eine der größten Herausforderungen in der Anbindung der Endanwender an die Datenökosysteme lag. Diese Anbindungen sind nicht an spezifische Anwendungsfälle gebunden, sondern können flexibel angepasst werden, um verschiedene Datenquellen zu integrieren oder neue Services zu nutzen. Diese Flexibilität stellt sicher, dass die im Projekt erzielten Ergebnisse nicht nur auf die spezifischen Anwendungsfälle beschränkt sind, sondern leicht auf andere Szenarien übertragen werden können. Damit ist eine einfache Nachnutzbarkeit der in den Projekten erzielten Ergebnisse gewährleistet.

Gleichzeitig wurden Standards geschaffen, die die systematischen Weiterverwendung der Projektergebnissen fördern. So sind mit der in Veröffentlichung befindlichen *DIN SPEC 77218* Standards zur Beschreibung, Strukturierung und Kategorisierung technischer Dienstleistungen für industrielle verfahrenstechnische Anlagen entstanden. Diese Selbstbeschreibungsstandards sind ein Schlüsselelement, das es Unternehmen und Organisationen ermöglicht, ihre angebotenen oder benötigten Dienstleistungen, Fähigkeiten und Richtlinien standardisiert und maschinenlesbar darzustellen. Somit trägt die *DIN SPEC 77218* wesentlich zur Vertrauenswürdigkeit, Interoperabilität und Effizienz des Datenaustauschs auf der GRIPSS-X Plattform und potenziell auch in weiteren Datenökosystemen bei. Darüber hinaus entsteht unter Federführung von GRIPSS-X und Mitwirkung von URANOS-X mit der *DIN SPEC 91513* ein weiterer Standard, der die Anschlussfähigkeit und Mitwirkung von KMU im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus an Datenräume durch ein Vorgehen zur einfachen Selbsteinschätzung vorantreibt.

Eine Hürde für die breitenwirksamen Nutzung ist, dass für automatisierte API-gesteuerte Anbindungen an die Datenräume noch immer spezielle Expertenkenntnisse erforderlich sind. Dabei ist das automatisierte Interagieren mit Datenökosystemen für die kommerzielle Nutzbarkeit entscheidend. Zukünftig werden im Datenökosystem angebotene Datensätze automatisiert verwaltet. Es werden Verarbeitungskaskaden entstehen, die wiederholt automatisiert Services buchen, ohne dass dieser Prozess von einem Menschen angestoßen werden muss. Hierzu müssen Lösungen entstehen, die die Verständlichkeit fördern und die einfache Verwaltbarkeit von etablierten Anwendungen sicherstellen.

Eine Abschätzung des aktuellen Entwicklungsstands der Gaia-X-Technologien und Gaia-X im Allgemeinen kann unter Nutzung des Technology Readiness Level (TRL)-Konzepts erfolgen. Das TRL umfasst eine Skala von 1 bis 9 und dient als standardisierte Methode zur Beurteilung, inwieweit eine Technologie in ihrer Entwicklung fortgeschritten ist, von den ersten Forschungsergebnissen bis zur Marktreife. Zum Zeitpunkt des Abschlusses der Projekte ist das TRL von Gaia-X auf einer Stufe 6 bis 7 einzuordnen. Gaia-X hat bereits Prototypen von technischen Bausteinen und Konzepten hervorgebracht, darunter erste Selbstbeschreibungen, föderierte Dienste und Prinzipien für Dateninteroperabilität. Einige Komponenten und Dienste innerhalb von Gaia-X befinden sich in einem fortgeschrittenen Stadium, in dem sie unter realen Bedingungen getestet werden. Dazu zählen grundlegende Infrastrukturdienste, föderierte Kataloge und Identitäts- sowie Zugriffsmanagementsysteme. Eine Verschiebung von der Pilot- hin zur Demonstrationsphase ist eindeutig erkennbar. Gleichzeitig werden Schlüsseltechnologien intensiv weiterentwickelt. Es gibt Unternehmen, die bereits Gaia-X-Komponenten in einem frühen Stadium in ihrem täglichen Betrieb einsetzen. Allerdings ist Gaia-X noch nicht in einer vollständig etablierten und durchgängigen operativen Nutzung, was für TRL 8 oder 9 notwendig wäre. Zur Erreichung dieser TRL wäre es notwendig, dass die entstehenden Standards und Regularien finalisiert und von allen Mitgliedern anerkannt werden. Gleichzeitig muss eine Skalierbarkeit mit entsprechenden Treads hin zur allgemeinen Akzeptanz aufgezeigt werden.

8.3 Die Unternehmensperspektive – Umfrageergebnisse

Zum Abschluss der Förderlinie wurde eine Umfrage unter den an den Projekten partizipierenden Unternehmen durchgeführt, um Erfahrungen und nächste Schritte aus praktischer Perspektive zu erheben. Insgesamt haben 13 Unternehmen an der Umfrage teilgenommen: 7 große Unternehmen, 2 mittelgroße

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Unternehmen, 2 kleine Unternehmen und 2 Kleinstunternehmen. Die Rollen bzw. Aufgabenprofile der Teilnehmenden lassen sich in vier Gruppen unterteilen: Technologie- und IT-Entwicklung, Projektmanagement und Koordination, Betreuung von Industrie-Anwendungsfällen sowie der Transfer von Anforderungen. Diese Vielfalt an Aufgabenprofilen verdeutlicht die unterschiedlichen Beiträge, die die Unternehmen in die Projekte eingebracht haben. Im Folgenden werden die Ergebnisse präsentiert.

Projektarbeit: Herausforderungen und Highlights

Die Projektarbeit stellte für viele Unternehmen eine Reihe von Herausforderungen dar. Besonders schwierig war die Integration von Gaia-X-konformen Produkten sowie die Anpassung an sich ändernde Spezifikationen. Auch das Verständnis der komplexen Gaia-X-Struktur erwies sich für einige als herausfordernd. Dennoch wurde die Zusammenarbeit mit Partnern und der Austausch über Branchengrenzen hinweg durchweg positiv bewertet. Unternehmen schätzten die Möglichkeit, in einem experimentellen Rahmen anhand von konkreten Anwendungsfällen erste Erfahrungen mit den Gaia-X Bausteinen zu sammeln.

Erreichen der Projektziele und Gaia-X Readiness

Die Mehrheit der Teilnehmenden (rund 83 %) gab an, die vorab definierten Projektziele erreicht zu haben, was auf eine insgesamt positive Einschätzung der Zielerreichung hinweist. In Bezug auf die Gaia-X-Readiness zeigen sich jedoch branchenbedingte Unterschiede: IT-Unternehmen bewerten ihre Gaia-X-Readiness tendenziell positiver und streben teilweise eine höhere Readiness an. Produzierende Unternehmen hingegen schätzen ihre Gaia-X-Readiness eher zurückhaltend oder neutral ein.

Zentrale Fragestellungen und notwendige Hilfsmittel

Für die künftige Etablierung von Gaia-X, identifizieren die Unternehmen mehrere zentrale Fragestellungen. Besonders wichtig ist die Umsetzung von Minimalbeispielen, die den praktischen Einstieg in Gaia-X-Anwendungen erleichtern und den wirtschaftlichen Nutzen klar aufzeigen. Weitere wesentliche Punkte sind die langfristige Finanzierung und Weiterentwicklung der Gaia-X-Komponenten sowie die Integration entlang der gesamten Wertschöpfungskette – insbesondere hinsichtlich Lieferanten und Kunden. Um diese Entwicklungen zu unterstützen, wurden Hilfsmittel wie eine umfassende Dokumentation, ein strukturierter Onboarding-Prozess sowie ausgereifte Konnektoren und technische Infrastrukturen als besonders wichtig eingeschätzt.

Zukünftige Anwendungen und Potenziale von Gaia-X

Die Unternehmen schätzen bestimmte Technologietrends als besonders vielversprechend für Gaia-X-ready Systeme ein. Insbesondere Blockchain wurde häufig genannt, entweder allein oder in Kombination mit anderen Technologietrends wie künstliche Intelligenz und Machine Learning. Besondere Relevanz sehen die Unternehmen für die zukünftige Nutzung von Gaia-X in datengetriebenen Geschäftsmodellen und in der Prozessindustrie, insbesondere im Bereich Chemie. Auch Smart Services für Komponenten und der digitale Produktpass werden als besonders relevant eingestuft. Abschließend sind aus Unternehmenssicht für eine erfolgreiche kommerzielle Nutzung von Gaia-X die folgende Voraussetzung zu erfüllen:

- Ein einfacher und bezahlbarer Einstieg mit niedrigen Integrationskosten
- Ein strukturierte Onboarding-Prozess
- Ein solider Digitalisierungsgrad der Unternehmen
- Eine Offenheit gegenüber dem Austausch relevanter Daten

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Die Ergebnisse der Umfrage verdeutlichen, dass die Unternehmen einen starken Bedarf an praxisnahen Lösungen und konkreten Umsetzungsbeispielen für Gaia-X sehen bzw. haben. Ein einfacher und kostengünstiger Einstieg sowie eine klare Aufbereitung des wirtschaftlichen Mehrwerts stehen dabei im Vordergrund. Die Unternehmen betonen außerdem die Notwendigkeit eines soliden Digitalisierungsgrades, ohne den die eigenen Daten nicht effizient genutzt werden können und der Datenaustausch nicht realisierbar ist. Ferner ist eine offene Datenkultur notwendig, da nur durch die Bereitschaft, Daten zu teilen, eine Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen ermöglicht wird. Wichtige Hilfsmittel wie eine umfassende Dokumentation und ausgereifte technische Konnektoren gelten als essenziell, um die technischen und organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen und Gaia-X langfristig zu etablieren.

8.4 Zukünftiger Forschungsbedarf

Die Antworten der Umfrage verdeutlichen die klaren Bedürfnisse der Industrie, aus denen sich weitere Forschungsbedarfe ableiten lassen. Es sind Anstrengungen erforderlich, um die wirtschaftliche Umsetzung, die technische Integration sowie die rechtliche und organisatorische Gestaltung voranzutreiben. Praxisorientierte Studien, Pilotprojekte und die Weiterentwicklung technologischer Komponenten sind notwendig, um den Übergang von der Konzeptphase in die Produktivphase zu ermöglichen. Die Projekte der InGAIA-X-Förderlinie haben bereits Schritte in diese Richtung unternommen und aufgezeigt, was mit Gaia-X für KMU des produzierenden Gewerbes sowie des Dienstleistungsbereichs möglich ist. Allerdings befinden sich die Projektergebnisse noch auf einem niedrigen technologischen Reifegrad, sodass eine weitere Verstetigung in den Unternehmen notwendig ist. Es besteht also noch großer Handlungsbedarf, sowohl in der Forschung als auch in der Industrie.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Literaturverzeichnis

[1] Statistisches Bundesamt (Destatis). Kleine und mittlere unternehmen: Beschäftigte in kmu in deutschland, 2022. URL https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/aktuell-beschaeftigte.html. Zugriff am 12. November 2024.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Autorenübersicht

Tabelle 1: Autoren der InGAIA-X-Publikation

Julian Zerbin ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, Projektmanager der Publikation und Koordinator von URANOS-X. Seine Schwerpunkte sind die Analyse und Gestaltung datengetriebener Prozesse sowie die Konzeption von Geschäftsmodellen.

Dr.-Ing. Nick Große ist Postdoktorand und Forschungskoordinator am Lehrstuhl für Unternehmenslogistik an der TU Dortmund sowie Koordinator des Projekts GRIPSS-X. Seine Forschung befasst sich mit dem Vertrauen in Daten, datengetriebenen Diensten und Datenräumen in Wertschöpfungsnetzwerken.

Jonas Eichholz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Unternehmenslogistik an der TU Dortmund sowie Koordinator des Projekts GRIPSS-X. Seine Forschungsschwerpunkte sind Co-Creation, industrielle Dienstleistungen und Datenmanagement.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Nicolai Maisch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISW der Universität Stuttgart. Im Projekt COSMIC-X war er Projektmanager und erarbeitete ein zweistufiges Verfahren zur Schaffung von Vertrauen im Ökosystem - unter Nutzung der Gaia-X Federation Services und der Blockchain-Technologie.

Florian Mitschke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Center für industrielle Produktivität" am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt. Er war im Projekt DIONE-X als Projektleiter tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Nutzbarmachung von Gaia-X-Technologien und bildverarbeitenden KI-Verfahren im Kontext der industriellen Produktion.

Martin Richter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Dresden im Bereich Steuerungen für kognitive Produktionssysteme. Im Projekt Fed-X-Pro war er als Projektmanager tätig und entwickelte mithilfe vernetzter, unternehmensübergreifender Datenräume zwei Produkt-Service-Anwendungen für hochwertige Zerspanwerkzeuge.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Pranav Kulkarni ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut. Er verfügt über fundierte Kenntnisse in Systemdesign und Systemtechnik. In URANOS-X arbeitete er an der Konzeption einer Modellierungssprache für Datenräume.

Dr.-Ing. Christian Koldewey ist Oberingenieur der Fachgruppe Advanced Systems Engineering von Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu und leitet dort den Bereich Business Engineering. Er ist Initiator von URANOS-X und hat das Projekt umfassend begleitet. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der strategischen Produkt- und Unternehmensgestaltung mit einem Schwerpunkt auf Smart Services, Digitale Plattformen, Digitale Geschäftsmodelle und die Kreislaufwirtschaft.

Jonas Lick ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IEM in Paderborn. Als zertifizierter Unternehmensarchitekt bringt er umfangreiche Kenntnisse in der digitalen Transformation von Produktionssystemen mit. Seine Schwerpunkte liegen auf der Digitalisierung in der Produktionsentwicklung, der Simulation von Materialflüssen und dem Einsatz von Enterprise Architecture Management zur Strategie- und Prozessentwicklung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Jessica Lamarz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn. Neben ihrer Arbeit am Projekt URANOS-X liegt ihr Schwerpunkt auf den Themen Produktmanagement in produzierenden Unternehmen und Systems Engineering.

Friederike Dohmann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM. Neben ihrer Arbeit am Projekt URANOS-X liegt ihr Schwerpunkt auf dem Strategie- und Transformationsmanagement im Kontext der Digitalen Transformation.

Eugenia Dorkaev ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im OFFIS – Institut für Informatik in Oldenburg im Bereich Energie. In URANOS-X arbeitete sie an der 1Governance und der Reifengradentwicklung mit dem Schwerpunkt in der digitalen Transformation. Intern koordiniert sie das Projekt- und Prozessmanagement.

Meng Lin ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am OFFIS - Institut für Informatik in Oldenburg im Bereich Energie. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Produktentwicklung im Maschinenbau, Internet of Things (IoT) und Digitaler Zwilling.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dr.-Ing. Mathias Uslar hat von 1999 bis 2004 Informatik und Rechtsinformatik an der Universität Oldenburg studiert und dort 2009 promoviert. Seit Oktober 2004 arbeitet er am OFFIS - Institut für Informatik in Oldenburg. Dr.-Ing. Uslar leitet als wissenschaftlicher Leiter bei OFFIS nationale und internationale Projekte im Bereich der Standardisierung und Interoperabilität.

Dr. rer pol. Oliver Werth ist Postdoktorand und Gruppenleiter am OFFIS - Institut für Informatik in Oldenburg. Herr Dr. Werths Forschungsinteressen sind die Digitale Transformation, Plattformökonomie und Open Science. Seine Publikationen sind in führenden Wirtschaftsinformatik-Zeitschriften wie Decision Support Systems und Electronic Markets erschienen.

Kajan Kandiah ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektmanager im Bereich Informationsmanagement am FIR e.V. an der RWTH Aachen. Seine Schwerpunkte sind die Digitalisierung in der Energie- und Mobilitätswende, IT-Komplexitätsmanagement und Gaia-X.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Niklas Radbruch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektmanager im Bereich Produktionsmanagement am FIR e.V. an der RWTH Aachen. Er verfügt zudem über mehr als zehn Jahre Erfahrung in der produzierenden Industrie, insbesondere in der Produkt-, Architektur- und Prozessentwicklung.

Franziska Zielenbach ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektmanagerin im Bereich Produktionsmanagement am FIR e.V. an der RWTH Aachen und koordiniert den Aufbau einer interaktiven GAIA-X Erlebniswelt. Ihre Schwerpunkte liegen in der Optimierung und Digitalisierung von Prozessen der Auftragsabwicklung produzierender Unternehmen.

Birgit Merx leitet als nicht-wissenschaftliche Mitarbeiterin das Kommunikationsmanagement am FIR e.V. an der RWTH Aachen und übernahm die Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt URANOS-X. Ihr Schwerpunkt liegt in der zielgruppenspezifischen Vermittlung erklärungsbedürftiger Themen, Produkte und Dienstleistungen über die verschiedenen (Online-)Kanäle.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Johann Schütz ist Doktorand an der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg, Deutschland. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf der Entwicklung und Bewertung von Architekturen, der Standardisierung sowie der Interoperabilität für dezentrale Systeme. Parallel dazu ist Herr Schütz als Senior Experte für die Standardisierung von und in Datenräumen im industriellen Kontext tätig.

Theresa Hilger ist eine etablierte Expertin für Datenräume mit einem besonderen Schwerpunkt auf deren Governance und operativen Betrieb. Durch ihren beruflichen Werdegang und ihre Spezialisierung auf diesem Fachgebiet konnte sie sich erfolgreich als Spezialistin etablieren.

Tobias Schrage ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Unternehmenslogistik der Technischen Universität Dortmund. Seine Schwerpunkte liegen in der Analyse und Konzeptionierung von Technologien der Industrie 4.0 für deren Einsatz im Supply Chain Management.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

D. Karabulut Karabulut ist eine studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Unternehmenslogistik der Technischen Universität Dortmund. Als Allrounder unterstützt er verschiedene Forschungsbereiche im Rahmen der Industrie 4.0.

Daniel Hefft ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Anlagen- und Servicemanagement des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Methoden zur Entwicklung moderner industrieller Dienstleistungen unter Einbindung von KI und generativer KI.

David Kiklhorn ist seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML). Das besondere Forschungsinteresse von Herrn Kiklhorn liegt in der Transformation zur smarten Instandhaltung durch innovative Mechanismen, wie etwa der digitalen Lebenslaufakte und der Distributed-Ledger-Technologie, sowie die Anwendung von KI in der industriellen Anwendung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dr. Michael Wolny ist seit 2014 am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) und stellvertretender Abteilungsleiter der Abteilung Anlagen- und Servicemanagement. Er befasst sich mit Fragestellungen des Instandhaltungs- und Ersatzteilmanagements und schwerpunktmäßig mit der Weiterentwicklung von Lösungen für ein Wissensmanagement in der smarten Instandhaltung.

Dr. Can Azkan ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ISST und Gründer der SIMPL Technologies GmbH. Im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit beschäftigt er sich mit der Entwicklung von datengetriebenen Geschäftsmodellen im industriellen Umfeld.

Bernhard Kurpicz ist als Business Development Director bei adesso SE tätig und auf den Bereich der prozess- und verfahrenstechnischen Industrie spezialisiert. Er ist maßgeblich für die Entwicklung und Expansion des Geschäftsbereiches verantwortlich und treibt wichtige Themen in verschiedenen Bereichen voran. Dazu gehört seine Arbeit beim Deutschen Institut für Normung (DIN), seine Beteiligung an Forschungsprojekten sowie die enge Zusammenarbeit mit Kunden, um innovative Lösungen und Geschäftsstrategien zu entwickeln. Er zeichnet sich durch seine umfassende Expertise und sein Engagement für die Weiterentwicklung der Branche aus.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Lennard Schubert ist als Associate Consultant bei adesso SE tätig und auf den Bereich der prozess- und verfahrenstechnischen Industrie spezialisiert. In seiner Rolle koordiniert er Forschungsprojekte und setzt sich intensiv mit der Standardisierung von Arbeitsprozessen und Stammdaten auseinander. Dabei arbeitet er sowohl beim Deutschen Institut für Normung (DIN) als auch direkt mit Kunden zusammen, um effiziente Lösungen für die Optimierung von Geschäftsprozessen zu entwickeln.

Britt van Deursen leitet bei der wagner GmbH in Eschweiler die Abteilung „On-Site Machining“ und ist Praxispartnerin im Projekt GRIPSS-X. Die wagner GmbH testet innovative Technologien und bringt ihre Expertise aus der Instandsetzung und mobilen Bearbeitung ein, um praxisnahe Lösungen zu entwickeln.

Dr.-Ing. Julian Graefenstein ist als Geschäftsführer der Weldotherm Wärmetechnischer Dienst GmbH die ideale Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis im Projekt. Die Schwerpunkte sind Prozessorientierung und inhaltliche Bearbeitung der Schwerpunktthemen ergänzt durch eine ganzheitliche Sichtweise auf die Themen im Bereich industrielle Dienstleistungen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Ralf Bistritz ist technischer Leiter bei der Firma Weldotherm Gesellschaft für Wärmetechnik mbH. Sein Verantwortungsbereich ist die Weiterentwicklung und Betreuung der technischen Infrastruktur/Prozesse im Unternehmen sowie die Technische Ausarbeitung von Projekten.

Matthias Sadus leitet das Kompetenzzentrum für Digitalisierung der Weber Unternehmensgruppe. Er ist verantwortlich für die Entwicklung und Implementierung integrierter Rohrleitungsmanagementsysteme und digitaler Workflows für Rohrleitungsplanung, Fertigung, Montage, Abrechnung und Dokumentation. Nach seinem Studium an der Technischen Universität Breslau arbeitete er in verschiedenen Führungspositionen in der Anlagenplanung und wurde 1999 Chief Engineering & Information Officer bei der Enning-Gruppe, wo er das Rohrleitungsmanagementsystem “PICODA” entwickelte.

Marcel Hahn ist geschäftsführender Gesellschafter der Hahn Projects GmbH. Hahn PRO hat sich zum Ziel gesetzt, technisches Asset Management, Service, Betrieb und Instandhaltung so einfach wie möglich zu machen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dr. Sindy Neumann ist AI Engineer bei iits-consulting und entwickelt und implementiert maßgeschneiderte KI-Lösungen. Ihre Schwerpunkte liegen in den Bereichen Data Science, Supervised Machine Learning und generative KI.

Philip Ehnert ist AI Engineer bei iits-consulting. Seine Schwerpunkte bei der Entwicklung von KI-Anwendungen liegen im Bereich Natural Language Processing und insbesondere bei der Implementierung von generativer KI zur Prozessoptimierung.

Tim Delbrügger ist Head of AI & IoT bei iits-consulting. Er betreut Kunden leidenschaftlich zu den Themen KI und Digitale Zwillinge, um sie an die Spitze der Digitalisierung und Wirtschaftlichkeit zu heben.

Elif Nallar Özkan ist AI Engineer bei iits-consulting und spezialisiert auf die Entwicklung innovativer KI-Lösungen, sowie die Analyse moderner KI-Technologien für praxisorientierte Anwendungen und Frontend-Entwicklung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dr.-Ing. Armin Lechler ist geschäftsführender Oberingenieur und stellvertretender Institutsleiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart (ISW).

Univ-Prof. Dr. Ing. Oliver Riedel ist Institutsleiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart (ISW).

Prof. Dr. Christoph Reich ist Institutsleiter des Instituts für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit (IDACUS) der Hochschule Furtwangen University (HFU).

Dr. Philipp Ruf ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit (IDACUS) der Hochschule Furtwangen University (HFU) und begleitete die sicherheitstechnischen Analysen und Umsetzungen im Projekt COSMIC-X.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Fatemeh Stodt ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit (IDACUS) der Hochschule Furtwangen University (HFU). Im Projekt war sie als Beraterin für Bedrohungsmodellierung und Beratung zu IT-Sicherheitspraktiken zuständig.

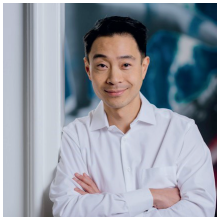
Hendrik Jacobsen ist Produktmanager für Industrial Data Services bei SW. Er erforscht und entwickelt Softwarelösungen im Maschinen- und Anlagenbau, insbesondere mit Fokus auf Automatisierung und Produktivität.

Daniel Haag, Teamleiter New Business Development bei Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH, leitet die technische Umsetzung des COSMIC-X Teilprojekts bei SW. Er spezialisiert sich auf Lösungs- und Prototypenentwicklung im industriellen Umfeld.

Dr.-Ing. Jens Folmer, Manager Digital Transformation, verantwortet die Digitale Transformation im Operativen Geschäftsbereich der HAWE Hydraulik SE. Fokus von COSMIC-X war die Erforschung eines Digitalen Hydraulikzwillings für CNC-Maschinen aus Perspektive eines Maschinenbetreibers.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Penelope Mück ist Senior Development Engineer bei Krohne Messtechnik GmbH und leitet die Arbeit von Krohne an COSMIC-X. Ihre Schwerpunkte sind Modellentwicklung für datengetriebene Projekte, Projektleitung und Einholung von Kundenanforderungen.



Yukitaka Nezu ist Mitgründer und COO der Datarella GmbH. Mit seiner Firma war er bei COSMIC-X verantwortlich für die Konzeption und Umsetzung der Datenintegrität für die Use Cases. Seine Schwerpunkte sind Projektkoordinierung sowie die Konzeption von Software-Lösungen im industriellen Kontext.

Simon Zehentreiter ist Blockchain Architect der Datarella GmbH. In COSMIC-X war er verantwortlich für die Konzeption und Umsetzung einer Datenintegritätslösung für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Seine Schwerpunkte sind Blockchain-Technologien und Digitale Identitäten.

Dr. Marisa Mohr ist Mathematikerin, Teamlead im Bereich Data Management & Analytics und Head of Research & Development bei inovex. Als Projektleiterin liegt ihr Fokus auf mathematischen Modellen und KI-Algorithmen, die interpretierbare, erklärbare, faire und chancengleiche Vorhersagen liefern.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Christian Gill ist Data & Machine Learning Engineer bei inovex. Als Product Owner treibt er die Umsetzung industrieller Visionen voran und entwickelt maßgeschneiderte Lösungen. Im Projekt liegt sein Fokus auf Predictive Maintenance und erklärbarer KI, um transparente und zukunftssichere Systeme zu schaffen.

Phuong Mai Mai ist Machine Learning Engineer bei inovex und spezialisiert auf große Sprachmodelle sowie verantwortungsvolle KI. Sie berät Kunden bei der Entwicklung innovativer KI-Lösungen und hat als Product Owner die Chatbot-Lösung im Projekt maßgeblich gestaltet.

Dr. Stefan Igel ist als COO bei Stackable für die Geschäftsentwicklung verantwortlich. Seine langjährige Erfahrung mit Datenplattformen setzt er unter anderem in Datenraum-Projekten ein. Bei COSMIC-X konzipierte er Lösungsarchitekturen unter Berücksichtigung von Gaia-X Federation Services.

Sebastian Bernauer ist ein Softwareentwickler mit Schwerpunkt auf der Verarbeitung großer Datenmengen. Im Rahmen des Projektes hat er sich mit den notwendigen Sicherheitsmechanismen wie dezentrale Identitäten befasst.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich ist Institutsleiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt und leitet die Forschungsgruppen „Center für industrielle Produktivität“ und „Management industrieller Produktion“.

Prof. Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt ist Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, verantwortlich für den Wissenschaftsbereich Produktionssysteme und Fabrikautomationünd Leiter der Professur für "Werkzeugmaschinenentwicklung und Adaptive Steuerungenän der Technischen Universität Dresden. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Cyberphysischen Produktionssysteme, einschließlich der Steuerungstechnik, der Prozessinformatik und dem Produktionsdatenmanagement.

Dr. Ken Wenzel ist ein führender Experte am Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), der sich auf Digitalisierung und Linked Data spezialisiert hat. Seine Forschungsinteressen liegen hauptsächlich in der Anwendung semantischer Technologien im Bereich der smarten Produktion und der Gestaltung von flexiblen Datenarchitekturen. Seit 2017 ist er Leiter der Abteilung „Digitalisierung in der Produktion“ am Fraunhofer IWU.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Franziska Rudolph ist eine wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in der Abteilung „Digitalisierung in der Produktion". Sie forscht bezüglich Datenmodellierung und Ontologien.

Prof. Dr. Dirk Reichelt ist Inhaber der Professur für Informationsmanagement an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und Gruppenleiter am Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU). In enger Zusammenarbeit mit der Industrie erforscht er innovative Lösungen zur Gestaltung und Steuerung der Fabrik von Morgen.

Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Paul Patolla ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden an der Professur für Informationsmanagement. Zu seinen Kernaufgaben zählen unter anderem die Erforschung von Einsatzmöglichkeiten digitaler Zwillinge und Dataspaces im unternehmerischen Kontext und Analyse und Implementierung von Architekturprinzipien aus der Softwareentwicklung.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dipl.-Inf. Stefan Vogt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden an der Professur für Informationsmanagement. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Zwillingen und Datenräumen sowie Aspekte der Mensch-Maschine-Kommunikation und Usability im Kontext cyber-physischer Produktionssysteme.

M.Sc. Martin Schmidt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden an der Professur für Informationsmanagement. Im Rahmen seiner Forschungstätigkeit untersucht und entwickelt er Schnittstellen für ERP-Systeme in der Fabrik von Morgen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Die Konsortien

URANOS-X

Tabelle 2: Projektpartner im Verbundprojekt URANOS-X

HEINZ NIXDORF INSTITUT
UNIVERSITÄT PADERBORN

Fachgruppe Advanced Systems Engineering
Heinz Nixdorf Institut
Fürstenallee 11
33102 Paderborn

Die Fachgruppe Advanced Systems Engineering (ASE) am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist auf die Forschung und Entwicklung von Methoden und Werkzeugen im Business- und Systems Engineering spezialisiert, mit einem starken Fokus auf die digitale Transformation und Industrie 4.0. Die Fachgruppe unterstützt Unternehmen dabei, komplexe technische Systeme zu entwickeln und deren Integration in digitale Wertschöpfungsketten zu optimieren. Ein zentrales Element ihrer Arbeit ist die Anwendung von modellbasiertem Systems Engineering, das es ermöglicht, die Entwicklung von Systemen effizient und nachvollziehbar zu gestalten. Darüber hinaus legt die ASE einen besonderen Schwerpunkt auf datengetriebene Innovationen und die Entwicklung intelligenter, vernetzter Systeme. Durch die enge Zusammenarbeit mit der Industrie und ihre Zugehörigkeit zum Spitzencluster "it's OWL" ist die Fachgruppe bestens in das dynamische Netzwerk aus Forschung und Praxis integriert. Ihre Forschung liefert praxisorientierte Lösungen, die es Unternehmen ermöglichen, ihre Produktionsprozesse zu optimieren, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und die Potenziale der digitalen Vernetzung voll auszuschöpfen.

Fraunhofer IEM

Fraunhofer IEM
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn

Das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik (IEM) in Paderborn ist ein renommiertes Forschungsinstitut, das sich auf die Entwicklung innovativer Lösungen in den Bereichen Mechatronik, Produktentwicklung und Softwaretechnik konzentriert. Es verfolgt einen interdisziplinären Ansatz, der die Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik miteinander verbindet, um fortschrittliche technische Systeme zu gestalten. Das IEM ist besonders auf die Entwicklung von Konzepten für intelligente Produkte und Systeme sowie deren Integration in die Industrie 4.0 ausgerichtet. Ein Schwerpunkt des Instituts liegt auf der Forschung zu intelligenten Produktionssystemen, der Gestaltung flexibler Produktionsprozesse und der Entwicklung von Softwarelösungen, die eine effiziente Produktion und Produktentwicklung ermöglichen. Das IEM bringt dabei moderne Methoden des Systems Engineering und der modellbasierten Entwicklung zum Einsatz, um die Digitalisierung in der Produktion voranzutreiben. Durch die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Netzwerken wie "it's OWL" sorgt das Fraunhofer IEM für praxisnahe Lösungen, die Unternehmen helfen, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und innovative Geschäftsmodelle umzusetzen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

FIR e.V. an der RWTH Aachen
Campus-Boulevard 55
52074 Aachen

Seit über 70 Jahren steht das FIR an der RWTH Aachen für die Steigerung der industriellen Wertschöpfung. Als Forschungsinstitut für Rationalisierung 1953 gegründet, ist das FIR heute führend in der digitalen Transformation der produzierenden Industrie. Im Fokus steht die Transformation der industriellen Kernbereiche Produktion und Dienstleistung mit dem Ziel, die langfristige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu stärken. Ein zentrales Element ist dabei die Wertsteigernde Kreislaufwirtschaft als Grundlage für profitables und nachhaltiges Wirtschaften. Zukunftsweisende Strategien für die produzierende Industrie zu entwickeln und die Potenziale bewährter und neuer Technologien zu erschließen, bilden dafür das Fundament. Als Johannes-Rau-Forschungsinstitut unterstützt das FIR die Forschungsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen und beteiligt sich aktiv an den Landesclustern, um den Standort NRW und Deutschland zu stärken.

OFFIS - Institut für Informatik
Escherweg 2
26121 Oldenburg

Das OFFIS – Institut für Informatik in Oldenburg ist ein führendes Forschungsinstitut, das sich auf anwendungsorientierte Lösungen in den Bereichen Energie, Gesundheit, Gesellschaft und Produktion konzentriert. Mit einem interdisziplinären Ansatz entwickelt OFFIS Technologien, die Unternehmen helfen, ihre Prozesse zu digitalisieren und ihre IT-Infrastrukturen zu optimieren. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Entwicklung von Methoden und Konzepten, die eine effiziente Vernetzung und den Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Systemen und Akteuren ermöglichen. Das Institut bringt umfangreiche Expertise in der Modellierung von IT-Systemen und der Entwicklung von Standards für digitale Architekturen mit, insbesondere in der Produktionstechnik und bei der Entwicklung von digitalen Zwillingen. Durch die enge Zusammenarbeit mit der Industrie sorgt OFFIS dafür, dass die entwickelten Lösungen praxisnah und direkt umsetzbar sind. Dies umfasst unter anderem die Unterstützung von Unternehmen bei der Einführung neuer Technologien und bei der Gestaltung datengestützter Geschäftsmodelle, die zur Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

GRIPSS-X

Tabelle 3: Projektpartner im Verbundprojekt GRIPSS-X

Lehrstuhl für Unternehmenslogistik- Technische Universität Dortmund
Leonhard-Euler-Straße 5
44227 Dortmund

Der Lehrstuhl für Unternehmenslogistik (LFO) forscht an den Grundlagen zur zukünftigen Ausgestaltung von Wertschöpfungsnetzwerke unter Einbindung moderner Technologien und unter Berücksichtigung der Paradigmen der Industrie 4.0. Entlang der interdisziplinären Schnittstellen zwischen den Arbeitsfeldern und Initiativen bietet der LFO wissenschaftliche Kompetenz und leistet wesentliche Beiträge zum Wissensbestand des übergreifenden Forschungsgebietes. In der Forschung arbeitet das Lehrstuhlteam an innovativen Themen zur Weiterentwicklung der Methoden, Konzepte und Instrumente der Unternehmenslogistik und des Supply Chain Managements. Die komplementäre Verknüpfung von Technologie- und Managementthemen zur erfolgsorientierten Weiterentwicklung von Unternehmen in den Gestaltungsfeldern „Technologie“, „Organisation“, „IT“ und „Mensch“ steht dabei im Mittelpunkt.
Ein zentrales Ziel im Forschungsprojekt ist die Entwicklung einer integrierten Managementperspektive zur unternehmensübergreifenden Anbahnung, Durchführung und Dokumentation von Services auf Plattformen. Dazu werden organisatorische und technische Hürden in Co-Creation-Prozessen analysiert, um neue Methoden zur schnelleren Serviceentwicklung zu etablieren. Ein Fokus liegt auf der Schaffung von Vertrauen und dem Abbau von Informationsasymmetrien in datengetriebenen Netzwerken. Begleitend wird der Bedarf für weiterführende Forschung im Bereich der digitalen Transformation und Co-Creation hervorgehoben, um nachhaltige Kooperationen zu fördern.

adesso SE
Adessoplatz 1
44269 Dortmund

adesso ist einer der führenden unabhängigen IT-Dienstleister im deutschsprachigen Raum und wurde 1997 in Dortmund gegründet. Mit einem starken Fokus auf individuelle Softwareentwicklung und Beratung unterstützt das Unternehmen die Kerngeschäftsprozesse von Unternehmen und öffentlichen Verwaltungen. Die Strategie basiert auf umfassendem Branchen-Know-how, herstellerneutraler Technologiekompetenz und bewährten Methoden. adesso versteht sich nicht nur als Umsetzungsdienstleister, sondern als Partner auf Augenhöhe, der gemeinsam mit Kunden belastbare Geschäftsmodelle und -strategien entwickelt. Durch die lange Zusammenarbeit mit der prozess- und verfahrenstechnischen Industrie besitzt adesso ein umfangreiches Know-How, welches insbesondere in DIN SPECs und Forschungsprojekten zum Tragen kommt.
Im Forschungsprojekt GRIPSS-X spielt adesso eine wesentliche Rolle bei der Erarbeitung und Definition standardisierter Leistungskategorien sowie ein damit verbundenes gewerkeübergreifendes Kategorisierungssystem. Dies umfasst den Aufbau eines Transfers- und Transformationsleitfadens, der die Übertragbarkeit dieser Kategorien auf verschiedene Unternehmen sichert. Zudem entwickeln wir digitale Services und eine entsprechende Infrastruktur, die den Transfer effizient unterstützen. Ein zentraler Aspekt ist die Formulierung möglicher Geschäftsmodelle, um Unternehmen bei der Implementierung dieser Leistungen zu helfen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML ist federführend in der ganzheitlichen Logistikforschung und arbeitet auf allen Feldern der inner- und außerbetrieblichen Logistik. Im Sinne der Fraunhofer-Idee werden einerseits Problemlösungen zur unmittelbaren Nutzung für Unternehmen erarbeitet, andererseits wird aber auch Vorlaufforschung von zwei bis fünf Jahren, im Einzelfall darüber hinaus, geleistet.
Die Kernkompetenzen liegen an dem Ausarbeiten von branchenübergreifenden und kundenspezifischen Lösungen u. a. im Bereich der Materialflusstechnik, des Warehouse Managements, der Geschäftsprozessmodellierung, der simulationsgestützten Unternehmens- und Systemplanung sowie in den Bereichen Verkehrssysteme, Ressourcenlogistik und E-Business. Das „Internet der Dinge"wird Fraunhofer-weit vom Fraunhofer IML koordiniert. Aufgrund der engen Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen können bewahrte Methoden angewendet werden, um die für das Forschungsvorhaben wichtigen Analysen (etwa der Anforderungserhebung) zielorientiert durchzuführen. Zudem arbeitet das Fraunhofer IML mit dem Großforschungsprojekt Silicon Economy an der Umsetzung einer dezentralen, föderalen und offenen Plattformökonomie in Deutschland und Europa und führt mit dem BlockchainEurope die Transformation zur Industrie 4.0 weiter voran. Insbesondere durch die aufgezeigte Nähe zur Industrie ist das Fraunhofer prädestiniert, die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben GRIPPS in den Maschinen- und Anlagenbau weiterzutragen und somit einen wertvollen Beitrag zu leisten hinsichtlich der Transformation zur Industrie 4.0.

Fraunhofer ISST
Speicherstraße 6
44147 Dortmund

Das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST entwickelt innovative Datenraumtechnologien für einen souveränen Datenaustausch und gestaltet gemeinsam mit Partnern zukunftsweisende Datenökosysteme. Im Projekt GRIPSS-X unterstützt das Fraunhofer ISST das Konsortium in zwei zentralen Bereichen: die Implementierung der GAIA-X Infrastruktur und zugehöriger Komponenten wie des EDC auf der GRIPSS-X-Plattform sowie die Sicherstellung der Interoperabilität und Sicherheit der Dateninfrastrukturen. Dies ermöglicht den Datenaustausch zwischen Unternehmen und sichert einen reibungslosen Informationsfluss zur Ausschöpfung datengetriebener Geschäftsmodelle.
Das Projekt fördert die Kompetenzerweiterung des Fraunhofer ISST im Aufbau und der Entwicklung von Datenräumen, insbesondere mit speziellem Fokus auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Bereich industrieller Dienstleistungen. Wichtige Projektziele umfassen die Identifizierung spezifischer Anforderungen zur Teilnahme an Produkt-Service-Systemen im Kontext von GAIA-X, die Weiterentwicklung der GAIA-X/IDS Referenzarchitektur sowie die Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise zur wirtschaftlichen Bewertung der Nutzung von GAIA-X. Darüber hinaus sollen konkrete Mehrwerte durch die Teilnahme an GRIPSS-X aufgezeigt werden, um das Potenzial datengetriebener Innovationen zu verdeutlichen. Die Verbreitung und Verwertung der gewonnenen Forschungsergebnisse sowohl in öffentlichen als auch in Industrieprojekten spielt eine zentrale Rolle, um den nachhaltigen Erfolg der Datenraumtechnologien sicherzustellen und deren Anwendung in der Wirtschaft zu stärken.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Weber Industrieller Rohrleitungsbau & Anlagenbau
Dieselstraße 13
50259 Pulheim

Weber ist im industriellen Rohrleitungsbau in der Prozessindustrie der Marktführer in Deutschland. Für insgesamt 5 Tochtergesellschaften der Weber Unternehmensgruppe ist der industrielle Rohrleitungsbau das Hauptgeschäftsfeld. Weber Rohrleitungsbau kombiniert technisches Fachwissen, innovative digitale Lösungen und exzellentes Projektmanagement, um komplexe Projekte im industriellen Rohrleitungsbau anzubieten. Das Unternehmen fertigt und montiert Rohrleitungssysteme nach höchsten Qualitätsstandards und übernimmt das Management sowie die Koordination komplexer Großprojekte. Ein ganzheitliches Instandhaltungskonzept sichert die Betriebsbereitschaft von Prozessanlagen, während verschiedene Gewerke von der Planung über die Vorfertigung bis zur Oberflächenbehandlung, Montage, Isolierung und Gerüstbereitstellung effizient koordiniert werden. Zudem nutzt Weber digitale Laservermessung zur präzisen Modellierung von Anlagen.
Weber strebt die Digitalisierung der Prozesse durch eine zentrale, KI-gestützte Wertschöpfungsplattform an, um die Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten durch den Echtzeitaustausch von Anfragen und Angeboten zu verbessern. Technologischer Vorsprung soll durch die Nutzung moderner Standards wie GAIA-X erreicht werden. Die Ziele umfassen ein KI-gestütztes Matching zur gezielten Auswahl von Anfragen, eine Senkung der Prozesskosten und schnellere Angebotsbearbeitung durch Automatisierung, sowie verbesserte Kommunikation und Datenverfügbarkeit, unter Wahrung hoher Sicherheitsstandards auf einer föderalen Plattform.

wagner GmbH
Aachener Straße 79
52249 Eschweiler

Die Wagner GmbH ist spezialisiert auf die Instandsetzung und Wartung von Maschinen und Anlagen in diversen Industriebereichen weltweit. Wir bieten mechanische Bearbeitungen, Montagen sowie die Fertigung von Sondermaschinen und Ersatzteilen, die in unserer eigenen Entwicklung und Konstruktion entstehen. Mit einem modernen Maschinenpark und qualifizierten Fachkräften decken wir ein breites Leistungsspektrum ab – von CNC-Bearbeitungen über Kaltdehnarbeiten bis hin zu Dienstleistungen für die Offshore-Windkraft.
Im Projekt GRIPSS-X arbeiten wir an der Optimierung und Automatisierung betrieblicher Prozesse. Unser Ziel ist es, Effizienz und Transparenz in der Projektabwicklung zu erhöhen. Ein Beispiel hierfür ist die Automatisierung der Anfrage- und Angebotsabwicklung, die eine schnellere und genauere Kommunikation zwischen den Gewerken ermöglicht. Die zentrale Koordination und Planung von Projekten über eine Systemlösung steht dabei im Vordergrund.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

WELDOTHERM Gesellschaft für Wärmetechnik m.b.H.
Westendhof 11A
45143 Essen

Die Weldotherm Gesellschaft für Wärmetechnik mbH hat sich in den letzten Jahrzehnten als weltweit führender Hersteller für Anlagen zur kontrollierten Wärmebehandlung etabliert. Mit ihrer bewährten Technologie, darunter robuste Glühanlagen, Glühelemente sowie präzise Mess- und Regeltechnik, bietet das Unternehmen fachgerechte und zuverlässige Lösungen für anspruchsvolle Einsätze. Weldotherm hat bereits mit renommierten Kunden wie Airbus, Siemens und Framatome/EDF zusammengearbeitet und durch Projekte wie das BMBF-Forschungsprojekt SealedServices seine Expertise ausgebaut. Im Rahmen des GRIPSS-X-Projekts strebt das Unternehmen an, sein Wissen einzubringen und sich einen Wettbewerbsvorteil zu sichern, indem es den Einstieg in digitale Services meistert.
Durch die Datenspeicherung nach GAIA-X Standard erhofft sich Weldotherm, Angebote wie Wartungsverträge, Prozessoptimierungen, Remote-Services und vorausschauende Wartung zu entwickeln. Die Digitalisierung der Daten und die Implementierung digitaler Prozesse sollen neue Strukturen schaffen und die Effizienz im Unternehmen steigern. Ziele umfassen die Überführung bestehender Angebote auf eine digitale Plattform, die Entwicklung neuer Dienstleistungen und den Aufbau machbarer digitaler Arbeitsabläufe für KMU.

Weldotherm Wärmetechnischer Dienst GmbH
Nordsternstraße 32
45329 Essen

Die Weldotherm Wärmetechnischer Dienst GmbH ist ein Spezialist für industrielle Wärmebehandlungen mit über 40 Jahren Erfahrung, insbesondere bei hochlegierten Stählen. Das Unternehmen hat umfassende Expertise in diversen Wärmebehandlungsverfahren wie Normalisieren, Wasserstoffarmglühen und Spannungsarmglühen. Diese praktische Erfahrung wird in das Projekt GRIPSS-X eingebracht, um praxisnahe Lösungen zu entwickeln, die in der Industrie anwendbar sind. Die Mitarbeitenden von WTD tragen wesentlich dazu bei, dass die Ergebnisse für Praktiker nutzbar sind.
Die Motivation zur Teilnahme am Projekt liegt in den positiven Erfahrungen früherer Forschungsbeteiligungen, die wertvolle Netzwerke und inhaltliche Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinaus förderten. Die Mitwirkung am GAIA-X-Standard ist strategisch bedeutend, um sich im umkämpften Markt als Entwicklungspartner zu positionieren und Wettbewerbsvorteile zu sichern. Kunden wie Bilfinger, Mitsubishi und RWE könnten von den Entwicklungen profitieren. Intern wird erwartet, dass die Digitalisierung und Optimierung von Prozessen Ressourcen effizienter nutzt und den Mitarbeitenden Kapazitäten verschafft. Ziele sind die Erweiterung des Dienstleistungsportfolios, die direkte Teilnahme am GAIA-X-Ökosystem, die Entwicklung der Unternehmenskultur sowie neue oder erweiterte Geschäftsmodelle.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

iits-consulting
Am Bahndamm 10
84072 Au in der Hallertau

ImpressSol (iits-consulting) ist eine IT-Consulting-Firma, die 2019 gegründet wurde und sich auf die Bereitstellung agiler Entwicklungsteams, die Unternehmen bei der Automatisierung komplexer Prozesse unterstützen, spezialisiert hat. Wir bieten maßgeschneiderte Software- und IT-Lösungen für komplexe Problemstellungen und betreuen unsere Kunden über den gesamten Produktlebenszyklus – von Requirements Engineering und technischer Architektur über agile Entwicklung bis hin zu Betrieb und Pflege. Mit einem breiten Know-how im Bereich Künstliche Intelligenz decken wir Anwendungen von Prognosemodellen und Videoanalyse bis hin zu Dienstplanoptimierungen ab. Unsere Expertise erstreckt sich zudem über Backend- und Frontend-Entwicklung, Cloud-Lösungen, CI/CD-Prozesse sowie IoT-Anwendungen.
Im Forschungsprojekt übernimmt ImpressSol die Konzeptionierung und Entwicklung von KI-basierten Tools, die die Prozesse auf der Wertschöpfungsplattform optimieren und automatisieren sollen.

Hahn Projects GmbH
Rabenspiegel 29
34471 Volkmarsen

In das GRIPSS-X Projekt bringt die Hahn Projects GmbH ihre umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung cloudbasierter Industriesoftware ein. Durch vorangegangene Forschungsprojekte wie SMiLE (BMVI – FKZ: 19F1016A) und SealdServices (BMBF – FKZ: 02K18D136) konnten wertvolle Einblicke und Methoden für die Zusammenarbeit in Kooperationsforschungsprojekten gewonnen werden, die nun gewinnbringend in das Verbundprojekt einfließen.
Die Teilnahme am Forschungsprojekt ermöglicht es Hahn Projects, ihr Know-how im Bereich industrieller Cloud-Plattformen durch Zusammenarbeit mit Partnern und Netzwerken zu erweitern. Für das Unternehmen, das als KMU-Softwareanbieter agiert, ist es von großer strategischer Bedeutung, Lösungen auf Plattformen wie GAIA-X anzubieten, um einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu erlangen. Die im Projekt gewonnenen Erfahrungen werden Hahn Projects zudem befähigen, bessere Lösungen für ihre Kunden zu entwickeln und neue Marktbereiche zu erschließen. Die Ziele des Projekts umfassen die Auswahl und Integration spezifischer GAIA-X Federated Services, die Entwicklung einer GAIA-X-konformen Cloud-Plattform, die Umsetzung einer Wertschöpfungsplattform auf der GAIA-X-konformen Plattform sowie die Integration KI-basierter Servicetools in die Wertschöpfungsplattform.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

COSMIC-X

Tabelle 4: Projektpartner im Verbundprojekt COSMIC-X

Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen
Universität Stuttgart
Seidenstr. 36
70174 Stuttgart

Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart zählt international zu den führenden universitären Forschungsinstituten im Bereich der Steuerungstechnik - von der Planung bis zum Werkzeug. Im Projekt COSMIC-X wurde die Integration von Produktionsanlagen in firmenübergreifende Datenräume untersucht. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf eine Kombination von Gaia-X Technologien zur Identifikation und Authentifizierung und Blockchain-Technologien zur Validierung und Rückverfolgbarkeit gelegt.

Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit
Hochschule Furtwangen
Robert-Gerwig-Platz 1
78120 Furtwangen

Das Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit (IDACUS) ist Teil der Fakultäten Informatik und Wirtschaftsinformatik an der Hochschule Furtwangen. Das Institut ist in folgenden Forschungsfeldern aktiv: Data Science, Cloud Computing, IT Sicherheit, Industrie 4.0, Machine Learning, Privatsphäre und Nachhaltigkeitsthemen.

Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH
Seedorfer Str. 91
78713 Waldmössingen

Die Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH ist marktführender Hersteller von spanenden Fertigungssystemen mit Sitz in Schramberg - Waldmössingen. Die Fertigungslösungen von SW reichen vom CNC-Bearbeitungszentrum mit modular aufgebauter Automation über autarke Fertigungszellen bis hin zu kompletten Fertigungssystemen und damit verknüpften Softwarelösungen. Anwendungsgebiete sind u.a. die Automobilindustrie, Elektromobilität, Land- und Baumaschinen, Medizintechnik sowie Luft- und Raumfahrt.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

HAWE Hydraulik SE
Einsteinring 17
85609 Aschheim/München

Die HAWE Hydraulik SE ist spezialisiert auf die Entwicklung und Produktion hochwertiger, kompakter Hydraulikkomponenten und -systeme. HAWE bietet maßgeschneiderte Kundenlösungen für industrielle Anwendungen, darunter Maschinenbau, Mobilhydraulik und Energieerzeugung. Die Produkte, wie Pumpen, Ventile und Steuerungselektronik, zeichnen sich durch hohe Effizienz, Langlebigkeit und Präzision aus. Mit Fokus auf Nachhaltigkeit und Innovation zählt HAWE zu den Marktführern in der Hydraulikbranche. Schwerpunkt im vorliegenden Forschungsvorhaben war die Etablierung eines Digitalen Hydraulikzwillings im Einsatzbereich einer CNC-Maschine.

KROHNE Messtechnik GmbH
Ludwig-Krohne-Str. 5
47058 Duisburg

Die KROHNE Messtechnik GmbH ist ein führender Hersteller und Anbieter von Lösungen für die industrielle Prozessinstrumentierung. Das Unternehmen steht für eine große Bandbreite an Prozessmessgeräten, Dienstleistungen und Komplettlösungen für unterschiedlichste Branchen. Im Projektvorhaben wird KROHNE seine Erfahrung in der Entwicklung und Vernetzung industrieller Feldgeräte einbringen.

Datarella GmbH
Oskar-von-Miller-Ring 36
80333 München

Datarella ist ein Blockchain-Spezialist und arbeitet an dezentralen Software-Lösungen u.a. für die deutsche Industrie. Datarella bietet u.a. Beratung, Konzeption als auch die Entwicklung von Blockchain-basierten Anwendungslösungen an. Dieses Know-how wird in der Entwicklung von Blockchain-basierter Dienste innerhalb von COSMIC-X eingesetzt, um Dienste und Anwendungsszenarien umzusetzen oder bei deren Entwicklung zu unterstützen.

inovex GmbH
Ludwig-Erhard-Allee 6
76131 Karlsruhe

inovex ist ein innovations- und qualitätsgetriebenes IT-Projekthaus, das auf Digitale Transformation spezialisiert ist. Gegründet 1999 in Pforzheim, unterstützt inovex mit rund 500 IT-Expert:innen Unternehmen bei der Digitalisierung ihres Kerngeschäfts und der Realisierung neuer digitaler Use Cases. Mit deutschlandweiter Präsenz bietet inovex umfassende Leistungen in Application Development, Data Management & Analytics sowie den Aufbau skalierbarer IT-Infrastrukturen für den DevOps-Betrieb. Im Konsortium fokussierte sich inovex auf die Entwicklung moderner ML- und KI-Funktionalitäten, einschließlich interaktiver und prozessualer Unterstützung für ML-Modelle, Modell-Management für intelligente Services sowie die Entwicklung der Demonstratoren für Predictive Maintenance, Anomalieerkennung und Service-Chatbots.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Stackable GmbH
Thomas-Mann-Str.8
22880 Wedel

Stackable bietet mit der Stackable Data Platform eine abgestimmte Distribution der besten Open Source Data Apps, die bestens für Anwendungsfälle der Industrie 4.0 geeignet ist. Die Plattform bietet leistungsstarke Datenwerkzeuge, die dabei unterstützen, Fertigungsprozesse zu optimieren, Echtzeit-Einblicke in Prozessabläufe zu gewinnen und der Konkurrenz einen Schritt voraus zu sein. Beim Informationsaustausch zwischen verschiedenen Teilnehmern einer industriellen Lieferkette spielen dabei die Sicherheit, die Authentizität und das gegenseitige Vertrauen eine Schlüsselrolle. Komponenten der Stackable Data Platform heben diese Faktoren durch ihre Integration mit den relevanten Gaia-X Federation Services auf ein neues, innovatives Level.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Dione-X

Tabelle 5: Projektpartner im Verbundprojekt DIONE-X

PTW TU Darmstadt
Otto-Berndt Str. 2
64287 Darmstadt

Das PTW TUDA verfügt über langjährige Erfahrungen und Expertise im Wissens- und Technologietransfer in den deutschen Mittelstand. Die Prozesslernfabrik CiP und die Forschungsfabrik FlowFactory bilden in diesem Kontext als Bildungs- und Forschungsinitiativen des PTW TU Darmstadt ein einzigartiges Umfeld. Die Umsetzung zahlreicher Use Cases in den Prozesslern- und Forschungsumgebungen sowie die Integration dieser in das bestehende Weiterbildungsangebot der CiP sowie des Mittelstand Digital Zentrums bieten eine ideale Plattform, die erarbeiteten Ergebnisse aus DIONE-X in die betriebliche Praxis zu transferieren. Das PTW TUDA hält die Geschäftsleitung des Mittelstand Digital Zentrums, sowie des Vorgängers (Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt) inne, welches im Oktober 2019 mit umfangreichen Angeboten im Themenschwerpunkt KI erweitert wurde. KMU werden seitdem durch kostenfreie Angebote (Workshops, Fachgespräche etc.) bei der Einführung und Umsetzung von KI und Digitalisierungslösungen unterstützt. Außerdem verantwortet PTW TUDA die kommissarische Projektleitung für das Kompetenzzentrum für Arbeit und KI (KompAKI)

Institut für Datenoptimierte Fertigung
Gottlieb-Daimler-Straße 4
87600 Kaufbeurenn

Das Institut für Datenoptimierte Fertigung ist eine interdisziplinär angelegte Forschungseinrichtung der Hochschule Kempten. Schwerpunkt ist die Anwendung von Verfahren der künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens sowie die Kombination von Datengestützten und Modellgetriebenen Ansätzen zur Optimierung von Produktions- und Fertigungsverfahren, insbesondere in der Zerspanung. Das Zusammenwirken hochqualifizierter Mitarbeiter aus den Bereichen Mathematik, Maschinenbau und Informatik sowie die Zugriffsmöglichkeiten auf zwei hochmoderne Zerspanungs-Bearbeitungszentren der Firmen DMG bzw. GROB in der vom IDF HS Kempten mitgenutzten Fertigungshalle ermöglicht hochinnovative anwendungsnahe Forschung. Das TTZ HS Kempten fügt sich ein in die Forschungslandschaft der Hochschule Kempten, des sog. Forschungszentrums Allgäu. Im Bereich anwendungsbezogener Forschung werden intensive Forschungskooperationen mit Partnern aus der regionalen Industrie verfolgt, um die Herausforderungen im Themengebiet Industrie 4.0 zu bewältigen. Hierbei wurde eine Vielzahl an Projekten realisiert, in denen z.B. der Einfluss von Prozessparametern auf Schraubprozesse analysiert, Maschinenzustände in Fertigungsstraßen vorhergesagt oder auch Qualitätssicherung durch Methoden des Computer Vision auf Basis von Bilddaten durchgeführt wurden. Im Forschungsschwerpunkt Produktion der Hochschule Kempten wird u.a. an der Digitalisierung von Fertigungsprozessen geforscht. Des Weiteren wurde an der Hochschule ein Digital Laboratory eingerichtet, das kundenspezifische Lösungen im Bereich Smart Devices und digitale Produktion für Industriepartner entwickelt.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

pro-micron GmbH
Gottlieb-Daimler-Straße 6
87600 Kaufbeuren

pro-micron steht für innovative und drahtlose Sensorsysteme und ist Techonologieführer im Bereich funkbasierte Kraftmesstechnik. Die Produktsparte spike hat sich in der zerspanenden Branche etabliert und bietet seinen Kunden durch zukunftsweisende Hard-und Softwarelösungen einen Weg hin zur smart Factory. Eine Besonderheit von pro-micron ist, dass sich das große Entwicklerteam aus Hochschulabsolventen und -absolventinnen der unterschiedlichsten Fakultäten wie Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau, Mechatronik und Physik sowie Applikationsingenieuren im Bereich der Zerspanung zusammensetzt, so dass pro-micron in der Lage ist, fakultätsübergreifende Gesamtlösungen zu entwickeln. Als hardwareseitige Kernkompetenz des Unternehmens wurden bereits hoch-empfindliche sensorische Komponenten zur Erfassung der Prozessgrößen bei der Zerspanung realisiert. Im Bereich der Auswertung dieser Daten sind langjährige fundierte Erfahrungen bezüglich der Funk-Datenübertragung, der Entwicklung von lokalen Schnittstellen wie spike-API, spike-Datahub spike-connector sowie der KPI-Berechnung aus Biegemomentdaten vorhanden.

Deckel Maho Pfronten GmbH
Deckel Maho Straße 1
87459 Pfronten

DMG ist als „Global One Company“ ein weltweit führender Hersteller von Werkzeugmaschinen. Das Angebot umfasst sowohl Dreh- und Fräsmaschinen als auch Advanced Technologies, wie ULTRASONIC, LASERTEC und ADDITIVE MANUFACTURING sowie Automatisierungs- und ganzheitliche Technologielösungen. Mit der APP-basierten Steuerungs- und Bediensoftware CELOS sowie den exklusiven DMG Technologiezyklen und Powertools gestaltet DMG Industrie 4.0. DMG verfolgt mit dem „Path of Digitization“ eine durchgängige Strategie. Mit einer Vielzahl software- und datenbasierter Produkte und Services ebnet DMG den Weg in die Zukunft der digitalen Fabrik. DMG ist Wegbereiter der Digitalisierung im Werkzeugmaschinenbau und versteht die Automatisierung als Kernthema. Schon heute wird jede vierte Maschine mit Automationslösung verkauft. Dieser Anteil wird kontinuierlich steigen, weil DMG künftig alle Maschinen aus dem breitgefächerten Portfolio bereits ab Werk entweder mit einer Standardautomation oder als kundenspezifische Automationslösung ausliefern kann. Als Werkzeugmaschinenhersteller setzt DMG seit längerem auf Sensorik zur Zustandsüberwachung und basierend darauf verschiedene digitale Services. Viele Maschinen werden mit der Spindelsensorik-MPC ausgestattet, im Schnitt werden derzeit ca. 2 Technologiezyklen pro Maschine verkauft. Darüber hinaus ist DMG im DIN-Normenausschuss Werkzeugmaschinen aktiv, der zum Ziel hat, Eigenschaften von Werkzeugmaschinen für den Datenaustausch zu standardisieren.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Software GmbH
Uhlandstraße 12
64297 Darmstadt

Die Software GmbH ist das zweitgrößte Software-Unternehmen Deutschlands. Für die prototypische Realisierung der GAIA-X-Use-Cases greift sie auf ihre IoT-Plattform „Cumulocity IoT“ zurück und entwickelt diese anwendungsspezifisch für das Vorhaben weiter. Mit „Cumulocity IoT“ verfügt die Software GmbH über eine der weltweit führenden IoT-Plattformen. In einer Vielzahl an Forschungsprojekten – unter ihnen einige aus dem GAIA-X-Kosmos – hat die Software GmbH einschlägige Erfahrungen in solchen FuE-Arbeiten sammeln können. Die Software GmbH ist Mitglied der AISBL von GAIA-X und arbeitet in verschiedenen ihrer Arbeitsgruppen mit. Über die laufenden wie geplanten Initiativen ist die Software GmbH daher frühzeitig informiert, zudem hat sie die nötigen Zugänge, um Projekterkenntnisse in die AISBL zu tragen. Mitgliedschaften bestehen ebenso in der „Plattform Industrie 4.0“ (Mitglied des Lenkungskreises, Mitglied der AG 6) sowie in der „Plattform Lernende Systeme“ (Mitglied der AG 1 und AG 4), und des „Digital Manufacturing Executive Council“ (Digital Europe)

Berger Holding GmbH Co. KG
In der Neuen Welt 14
87700 Memmingen

Berger beliefert seit über 65 Jahren namhafte Unternehmen aus aller Welt mit hochpräzisen, komplexen, einbaufertigen Bauteilen – von 2 mm bis 2.000 mm Durchmesser und bis zu einer Länge von 3.000 mm – sowie Baugruppen. Berger hat jahrzehntelange Erfahrung im Bereich der Kugelgewindetriebe und ist mit allen Details in Entwicklung und Produktion vertraut. Durch dieses umfangreiche Wissen ist Berger in der Lage relevante von irrelevanten Parametern in Bezug auf den Verschleiß von Kugelgewindetrieben zu trennen. Durch die im Förderprojekt Pay-per-Stress entwickelte Sensorik für den Kugelgewindetrieb kann Berger das vorhandene Expertenwissen mit den Sensordaten verknüpfen und somit zuverlässige Aussagen über den Zustand des Kugelgewindetriebs treffen. Diese Aussagen bilden die Basis für den zu entwickelnden Use Case in DIONE-X, dessen Entwicklung im Projekt in Zusammenarbeit mit dem langjährigen Kunden DMG erfolgte und einen echten Mehrwert für den Anwender bietet.

Gühring KG
Herderstraße 50-54
72458 Albstadt

Gühring ist einer der weltweit führenden Hersteller von rotierendem Werkzeug zur Metallbearbeitung. Das Unternehmen produziert über 5.000 verschiedene Sorten von Werkzeugen und mehr als 100.000 verschiedene Artikel. Jährlich werden mehr als 500 Erstausrüstungsprojekte, nach den individuellen Ansprüchen der Kunden, ausgelegt. Als Werkzeughersteller bündelt Gühring alle notwendigen Kompetenzen unter einem Dach: Vom eigenen Maschinenbau über die Fertigung des eigenen Hartmetalls bis zur Entwicklung neuer Beschichtungen. So entwickelte sich Gühring innerhalb eines Jahrhunderts vom Spiralbohrerhersteller zum Komplettanbieter im Bereich Zerspanung. Als Werkzeughersteller verfügt Gühring über ein breites Wissen über den Einsatz von Zerspanungswerkzeugen. Innerhalb der letzten Jahre entwickelte Gühring darüber hinaus eine Vielzahl von Digital-Services und verfügt über umfangreiche Kompetenzen im Bereich der Schnittstellenentwicklung. Diese wurden durch mehr als 1.500 Toolmanagementsysteme erarbeitet, die jeweils an die spezifischen Kundenschnittstellen angepasst wurden. Darüber hinaus ist Gühring im DIN-Normenausschuss Werkzeuge und Spannzeuge aktiv, der zum Ziel hat den Werkzeugdatenaustausch zu standardisieren.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

A1 Digital Deutschland GmbH
St. Martin Straße 59
81669 München

A1 Digital ist führender Anbieter in den drei Bereichen: Security, branchenspezifische Anwendungen im IoT und cloudbasierte Lösungen für die Informations- und Kommunikationstechnik. Die A1 Digital ist eine 100 Prozent Tochter der A1 Telekom Austria. A1 Digital stellt die Infrastruktur für die in DIONE-X entwickelten Use Cases in der GAIA-X-konformen Cloud zur Verfügung. Mit der Exoscale bietet A1 Digital eine DSGVO konforme, rein europäische Cloud Lösung an, die dank Open Source Technologie flexibel genutzt werden kann. Die Datenzentren von Exoscale befinden sich zu 100 Prozent in Europa: Frankfurt, Genf, Zürich, Wien und Sofia. Exoscale ist nicht vom US Cloud (Clarifying Lawful Overseas Use of Data) Act betroffen, da es keine Niederlassung in den USA gibt. Datenschutz erfolgt bei Exoscale nach höchsten europäischen Standards und hat für Exoscale oberste Priorität. Zusätzlich ist der Zugang zur Exoscale durch eine 2-Faktor-Authentifizierung abgesichert. Die für Exoscale verwendeten Datencenter-Zonen sind alle auf eine hohe Verfügbarkeit ausgelegt und verfügen über N+1 Redundanz für alle Kernkomponenten wie Stromversorgung, Kühlung und Branderkennung und -unterdrückung. Sie erfüllen bzw. übertreffen die Level 3-Anforderungen des Uptime Institutes. Alle Cloud Server (Compute Instance) sind mit SSD-Speicher ausgestattet, und sorgen so für optimale und kompromisslose Leistung. Auf Anfrage sind auch virtuelle Maschinen mit Cloud-GPUs erhältlich, die für maschinelles Lernen, HPC und Datenvisualisierung optimiert sind.

Munsch Chemie-Pumpen GmbH
Im Staudchen
56221 Ransbach-Baumbach

In der Unternehmensgruppe Munsch werden Pumpen für aggressive und abrasive Medien sowie Kunststoffschweißgeräte für den Kunststoffapparatebau und Deponiebau entwickelt und gebaut. In beiden Sparten zählt Munsch zu den führenden Anbietern weltweit. Zu den Kunden zählen die Chemieindustrie, Stahlindustrie und die Miningindustrie. Die Produkte bestechen durch Betriebssicherheit, Robustheit, maximale Energieeffizienz, exzellente Hydraulik, Wartungsfreundlichkeit, niedrige Lebenszykluskosten und einfache Montage und Demontage. Munsch fertigt nach den modernsten Produktionsmethoden mit einem exzellent ausgestatteten Maschinenpark.

KWS Kölle GmbH
Lindenstraße 16
87665 Mauerstetten

Die KWS Kölle GmbH Werkzeugbau-Sonderfertigung ist ein Fertigungsunternehmen für komplexe Bauteile und Werkzeuge im Hochpräzisionsbereich. Das Unternehmen zeichnet sich durch eine sehr hohe Fertigungstiefe und eine Vielzahl unterschiedlichster Fertigungstechnologien aus. KWS hat bereits vor Jahren begonnen die Digitalisierung der Prozesskette in der Arbeitsplanung und CAM-Programmierung voranzutreiben. Die gesamte Arbeitsplanung erfolgt digitalisiert. Die geometrischen Bauteildaten werden in der Fertigung digital und teilautomatisiert verarbeitet. In der Erstellung von Maschinenprogrammen besteht Erfahrung in der Automatisierung von Prozessen in der CAM-Programmierung

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Schubert Fertigungstechnik GmbH
Otto-Höfliger-Straße 1
73566 Bartholomä

Die Schubert Fertigungstechnik GmbH ist eine Tochter der Gerhardt Schubert GmbH und stellt für diese Dreh-, Fräs und Schleifbauteile her. Neben den erforderlichen, hochmodernen Bearbeitungszentren verfügt Schubert Fertigungstechnik über hochqualifiziertes, eigen ausgebildetes Personal, welches regelmäßig intern und extern geschult wird.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Fed-X-Pro

Tabelle 6: Projektpartner im Verbundprojekt Fed-X-Pro

Fraunhofer IWU
Nöthnitzer Str. 44
01187 Dresden

Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU ist ein erfolgreicher F&E-Dienstleister auf dem Gebiet der Produktionstechnik für den Automobil- und Maschinenbau und gilt als Leitinstitut für die ressourceneffiziente Produktion. Schwerpunkte sind die Entwicklung intelligenter Produktionsanlagen sowie die Optimierung damit verbundener Fertigungsprozesse. Das Institut arbeitet aktiv auf dem Themenfeld Industrie 4.0. Durch die geeignete informationstechnische Anbindung von Maschinen und Anlagen soll eine effiziente Produktion ermöglicht werden, in welcher der Mensch ein integraler Bestandteil ist und ergonomische Arbeitsbedingungen vorfindet. Hierbei kann es sowohl auf seinen großen Maschinenpark in den Versuchsfeldern als auch auf die eigene Cloud-Infrastruktur des Wissenschaftsbereichs kognitive Produktion zurückgreifen. Als Ergebnis erfolgreich abgeschlossener Forschungs- und Industrieprojekte besitzt das IWU umfangreiche Erfahrung bei Konzeption, Modellierung und Entwicklung von Software im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus. Innerhalb von Fed-X-Pro ist das IWU für das digitalisierte Maschinenverständnis, die Interoperabilität zwischen Datenquellen und -konsumenten, die echtzeitnahe Datenakquisition und Steuerungsintegration im Kontext der SPS und CNC mit OPC UA CS sowie die Erprobung am Versuchsträger MAHO verantwortlich. Weiterhin übernimmt das IWU die organisatorische Verbundprojektkoordination.

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Mit dem FuE-Schwerpunkt „Informationsmanagement in der industriellen Fertigung“ und der vorhandenen Industrie 4.0 Modellfabrik bietet die HTW optimale Möglichkeiten zur Erforschung, Entwicklung und zum Transfer von Industrie 4.0 Anwendungsfällen. ERP- und MES-Systeme sind das Rückgrat für die digitale Abbildung und Steuerung der operativen Fertigungsprozesse produzierender Unternehmen. Mit dem Vorhaben sollen neue Standards und Methoden für den zwischenbetrieblichen Informationsaustausch über Gaia-X geschaffen werden. Diese ermöglichen, mit der Integration der Daten aus den betrieblichen Informationssystemen in Kombination mit weiteren Daten neue Geschäftsmodelle. Es gilt Architekturmuster für die Integration und Standards für den Datenaustausch zu erforschen und zu entwickeln, welche auf technischer und organisatorischer Ebene einen datensouveränen, offenen Austausch von Stamm-, Bestands- und Bewegungsdaten über das Gaia-X Ökosystem ermöglichen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

GROB-WERKE GmbH & Co. KG
Industriestraße 4
87719 Mindelheim

Das Familienunternehmen GROB-WERKE schaut auf eine über 95-jährige Tradition im Anlagen- und Werkzeugmaschinenbau zurück und ist mit Standorten in 5 Ländern und einem weltweiten Vertriebsnetz international orientiert. Ein Zukunftsfeld von GROB ist der Bereich Software, in dem GROB mit GROB-Net4Industry Lösungen zur anlagen- und werksübergreifenden Verknüpfung sowie Überwachung von Produktionsprozessen anbieten. Das Thema Tool Lifetime Prediction durch Federated Learning stößt auf großes Interesse bei unseren Kunden und bietet hohes Potenzial, mit einer entsprechend zuverlässigen Aussage die Fertigungskosten der Kunden zu optimieren.

Gühring KG
Herderstr. 50-54
72458 Albstadt

Die Gühring KG ist einer der weltweit führenden Hersteller von Präzisionswerkzeugen für die Metallzerspanung und besitzt mehr als 15 Jahre Erfahrung im Bereich der Tool Management Systeme. Die gesamte Softwareentwicklung findet im eigenen Hause statt. Da die GTMS die Möglichkeit bietet, diese individuell an den Kunden anzupassen, ist eine flexible Anpassung der GTMS grundlegend gegeben. Die Entwicklung neuer Schnittstellen für den reibungslosen Datenaustausch zählt zu den Standardanpassungen der GTMS.

UKM technologies GmbH
Salzstrasse 3
09629 Reinsberg/OT Neukirchen

Die UKM technologies fertigt an vier Standorten in Deutschland und Frankreich hochpräzise Bauteile aus Stahl und Aluminium. Es werden Produkte für die Automobilindustrie, Luftfahrt, Maschinenbau und die Medizintechnik gefertigt. Das Knowhow der UKM liegt in der Entwicklung von wirtschaftlichen Prozessen, die strengen Qualitätsansprüchen genügen. Die Produkte sind gekennzeichnet durch sehr eng tolerierte Maße und/oder optisch hochwertige Oberflächen. Um diese Anforderungen wirtschaftlich in der Serienfertigung sicherzustellen, müssen Parameter der Zerspanung (Zustand Maschine, Beschaffenheit Werkzeug, Qualitätsparameter am gefertigten Werkstück) erfasst, in Echtzeit ausgewertet und optimiert werden.

VPD GmbH
Bergener Ring 59
01458 Ottendorf Okrilla

Die VPD GmbH ist Hersteller von Bauteilen für individuelle, technologiespezifische Vakuumanwendungen. Sie fertigt Komponenten für die Nahrungsmittelindustrie, führende Forschungsinstitute, Ingenieurs- und Entwicklungsunternehmen, Universitäten und ist spezialisiert auf Komponenten mit einer großen Anzahl Fertigungsschritten und unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden. Eine große Motivation ist die Werkzeugkostenreduzierung durch Erhöhung der Standzeiten bei Einsatz des Werkzeuges in unterschiedlichen Materialien und Maschinen sowie die Prognose zu notwendigen Wartungsmaßnahmen und Überholungen. Als Anwender werden reale Daten bereitgestellt und die Ergebnisse für die Optimierung der Fertigungs- und Werkzeugkosten genutzt.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Katulu GmbH
Gertigstraße 48
22303 Hamburg

Katulu ist ein inhabergeführtes Industrie-Startup aus Hamburg. Unser Team vereint langjährige Erfahrung in den Bereichen IIoT, Machine Learning, Distributed Systems und Maschinenbau. Mit diesem Knowhow entwickelt Katulu eine Softwarelösung für Federated Learning speziell für den Maschinenbau. Damit lernen Maschinen voneinander, ohne übereinander zu lernen. Im Vorhaben erfolgen die Entwicklung und Implementierung der Gaia-X Schnittstellen, damit Federated Learning innerhalb des Gaia-X Data Ecosystems als Advanced Smart Service genutzt werden kann. Weiter erfolgt die Entwicklung eines verteilten ML-Modells in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern zur Vorhersage der Standzeit von Werkzeugen und schließlich die Implementierung von OPC UA (CS) als Teil des Federated Learning Clients auf der Edge.

Simplifier AG
Nürnberger Str. 47A
97076 Würzburg

Die Simplifier AG entwickelt die gleichnamige Low-Code-Plattform. Diese ermöglicht es Unternehmen schnell und effizient eigene Business-Anwendungen zur Digitalisierung ihrer Prozesse zu erstellen. Das Vorhaben birgt große Vorteile bei der einfachen und sicheren Integration, Vernetzung sowie Interaktion über Unternehmensgrenzen hinweg und stellt eine erhebliche Innovation dar, zu der Simplifier seitens der Bereitstellung von Low-Code Funktionen für die vorgeschlagenen Gaia-X Anwendungen einen Teil beträgt.

IONOS SE
Elgendorfer Str. 57
56410 Montabaur

IONOS SE ist europäischer Marktführer im Cloud-Bereich mit 12 Rechenzentren, in denen über 100.000 Server mehr als 8 Mio. Kunden bedienen. Durch den eigenen Code-Stack „Made in Germany“ ist IONOS bereits heute zu 100 % DSGVO konform und bietet maximalen Schutz vor dem US Cloud Act. Als Day 1 Member in Gaia-X trägt IONOS zur Entwicklung von Gaia-X und den Federation Services bei. Für Unternehmen ist es relevant, ihre Daten souverän und DSGVO-konform zu verarbeiten und sie für neue Business Cases zu nutzen. Im Vorhaben hat IONOS die hierfür benötigte Cloud Infrastruktur aufgebaut, weiterentwickelt und konfiguriert.

Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V.
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt / Main

Der VDW ist seit 1891 Sprecher für die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie und vertritt ihre Interessen gegenüber Stakeholdern aus Wirtschaft, Politik, Verwaltung und Gesellschaft national, in Europa und weltweit. Der VDW engagiert sich im Umfeld der Standardisierung von Schnittstellen durch OPC UA und hat bereits 2017 die Initiative „umati“ ins Leben gerufen.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

https://doi.org/10.51202/9783868204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

VDI

Fortschritt-Berichte VDI

Alle 23 Reihen der „Fortschritt-Berichte VDI" in der Übersicht.

Bequem recherchieren unter: **elibrary.vdi-verlag.de**
Und direkt bestellen unter: **vdi-nachrichten.com/shop**

Reihe 01	Konstruktionstechnik/Maschinenelemente
Reihe 02	Fertigungstechnik
Reihe 03	Verfahrenstechnik
Reihe 04	Bauingenieurwesen
Reihe 05	Grund- und Werkstoffe/Kunststoffe
Reihe 06	Energietechnik
Reihe 07	Strömungstechnik
Reihe 08	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
Reihe 09	Elektronik/Mikro- und Nanotechnik
Reihe 10	Informatik/Kommunikation
Reihe 11	Schwingungstechnik
Reihe 12	Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik
Reihe 13	Fördertechnik/Logistik
Reihe 14	Landtechnik/Lebensmitteltechnik
Reihe 15	Umwelttechnik
Reihe 16	Technik und Wirtschaft
Reihe 17	Biotechnik/Medizintechnik
Reihe 18	Mechanik/Bruchmechanik
Reihe 19	Wärmetechnik/Kältetechnik
Reihe 20	Rechnergestützte Verfahren
Reihe 21	Elektrotechnik
Reihe 22	Mensch-Maschine-Systeme
Reihe 23	Technische Gebäudeausrüstung

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

https://doi.org/10.51202/9783868204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

JETZT KOSTENFREI ANMELDEN !

vn+ ®

VDI nachrichten Plus: 360° Ingenieurwissen 4 Wochen kostenfrei lesen!*

Jetzt auf vdi-nachrichten.com/4wo

+ Immer am Puls innovativer Trends und Technologien
+ Ihr Wegbegleiter für Beruf und Karriere
+ Wichtigste Beiträge als News-Alert VDI nachrichten digital

* Das Probeabonnement endet automatisch.

Jetzt kostenfrei anmelden:
vdi-nachrichten.com/4wo

VDI nachrichten
TECHNIK IN SZENE GESETZT.

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

ISBN 978-3-18-320416-8
E-ISBN 978-3-18-620416-5

Reihe 16
Technik und Wirtschaft

Nr. 204

https://doi.org/10.51202/9783186204165 https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -