

## **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**





# 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.)

**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/>.

## **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**



# 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 sovereignty, 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 versetzen, 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](http://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](http://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

---

## 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 Steuerungs-  
technik der Werkzeugma-  
schinen und Fertigungsein-  
richtung

*Univ.-Prof. Dr. habil. Dr.*  
*h.c.*  
*Michael Henke*  
Lehrstuhl für Unterneh-  
menslogistik

*Prof. Dr.-Ing.*  
*Joachim Metternich*  
Institut für Produktions-  
management, Technologie  
und Werkzeugmaschinen

*Prof. Dr.-Ing.*  
*Steffen Ihlenfeldt*  
Fraunhofer IWU

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

---

## 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, in der 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 Potenzial 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 zerspannende 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



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
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
<b>2 Datensouveränität durch Gaia-X – Grundlagen der Ergebnisse in der Förderlinie InGAIA-X</b>	<b>14</b>
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
<b>3 URANOS-X – Methoden zur Befähigung von KMU für Gaia-X</b>	<b>31</b>
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

<b>4</b>	<b>GRIPSS-X</b>	<b>71</b>
4.1	Einführung	71
4.2	Relevanz von Gaia-X für das Projekt	73
4.3	Methodik/Umsetzung	74
4.4	Ergebnisse	74
<b>5</b>	<b>COSMIC-X: Vertrauenswürdige Wertschöpfungsketten in kollaborativen industriellen Ökosystemen</b>	<b>89</b>
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
<b>6</b>	<b>DIONE-X</b>	<b>107</b>
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
<b>7</b>	<b>Fed-X-Pro</b>	<b>115</b>
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
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung &amp; Ausblick</b>	<b>121</b>
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
	<b>Autorenübersicht</b>	<b>127</b>
	<b>Die Konsortien</b>	<b>146</b>

---

# 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.

