
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 europäischen 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

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 nutzt 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.

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 Schlüsselement, 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

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

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.

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.