

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.

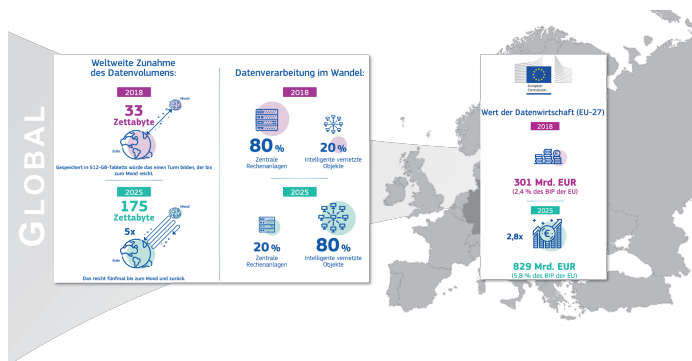


Abbildung 1.1: Der Wert der Datenökonomie, eigene Abbildung in Anlehnung an [2]

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).



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).

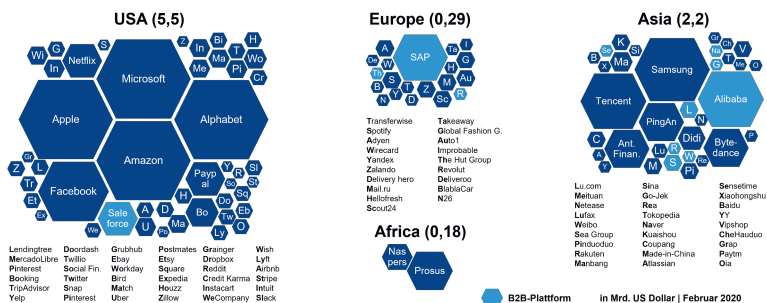


Abbildung 1.3: Die 100 wertvollsten Plattformen der Welt, eigene Abbildung in Anlehnung an [8]

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

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 Gesetzen 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 einer 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.

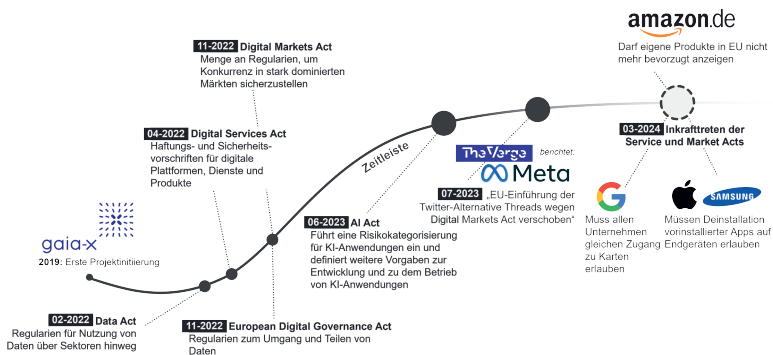


Abbildung 1.4: Die Richtlinien der EU und ihre Auswirkungen, eigene Abbildung [11, 12]

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

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-X¹ 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

¹Siehe Kapitel 3.

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

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 Produkthanforderungen 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.

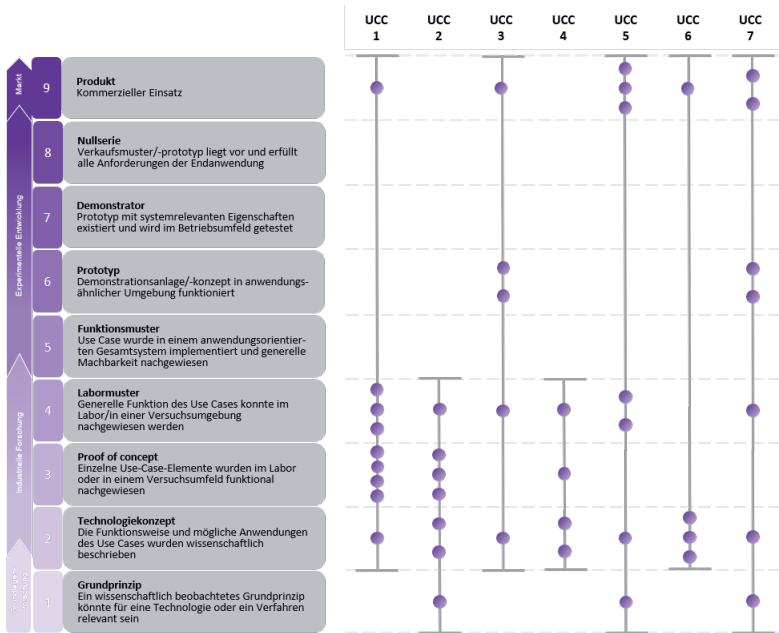


Abbildung 1.5: Technologiereifegrade der unterschiedlichen Anwendungsfälle (basierend auf der Datenbasis aus [16])

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 hervor gebracht. 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 Datenouveränität. Während der Projektlaufzeit wurden wesentliche technologische Grundlagen entwickelt und implementiert, um den Datenaustausch sicher und souverän zu gestalten.

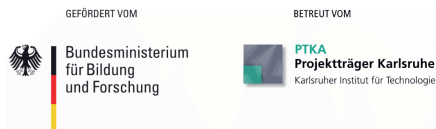
Das Projekt wurde maßgeblich von großen Akteuren wie BMW, Mercedes-Benz und Volkswagen sowie Tier-1-Zulieferern wie Bosch und ZF Friedrichshafen unterstützt. Diese Unternehmen bildeten das Rückgrat des Projekts und trieben die Umsetzung der Anwendungsfälle voran. Darüber hinaus waren IT-Dienstleister 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

Auftrags- und Kapazitätsplanung ermöglicht und insbesondere für Unternehmen mit komplexen Lieferketten von Bedeutung ist [29]. Heute ist Catena-X als vernetztes 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 Akteure 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, 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 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

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 niedrighschwelligen 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

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 Fertigungsprozesse 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.

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.netzoeconom.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>.

- [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>.

- [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/20151201ST005603/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.