



gaia-x

 Hub Germany



# KI und Gaia-X

**White Paper 3/2023**

November 2023

**Dr. Crispin Niebel, Adam Smoleń**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

 **acatech**  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

## Über die Serie

White Papers des Gaia-X Hub Deutschland dienen dem Diskurs und Ideenaustausch. Sie spiegeln die Meinung der Autoren wider und nicht notwendigerweise jene der Gaia-X Association oder einer anderen Institution des Gaia-X-Ökosystems.

## Autoren

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

**Dr. Crispin Niebel**, Wissenschaftlicher Referent Gaia-X

**Adam Smoleń**, Studentische Hilfskraft

## Herausgeber

Gaia-X Hub Deutschland c/o acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Karolinenplatz 4

80333 München

## Danksagung

Dieses Papier wäre nicht möglich gewesen ohne die wertvollen Beiträge vom deltaDAO Team Kai Meinke und Thomas Komenda, dem EuProGigant Team Felix Hoffmann, Viktor Berchtenbreiter und Stefanie Feller, dem Gaia-X 4 Future Mobility/ Gaia-X 4 KI Team Sascha Knake-Langhorst und David Mischnick und dem OpenGPT-X Team Silke Loh und Nicolas Flores-Herr.

## Empfohlene Zitierweise

Niebel C. und Smoleń A. (2023), *KI und Gaia-X*, Gaia-X Hub Deutschland, White Paper 3/2023.

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Künstliche Intelligenz.....</b>	<b>4</b>
1.1. Übersicht.....	4
1.2. Vor- und Nachteile .....	5
1.3. Herausforderungen.....	6
1.3.1 Ökonomie / Organisation .....	6
1.3.2 Technik.....	7
1.3.3 Recht .....	8
1.4. Anwendungsbereiche von KI .....	9
<b>2. KI-Strategie .....</b>	<b>11</b>
2.1. Globale Wettbewerbslandschaft .....	11
2.2. KI-Strategie der EU.....	11
2.3. KI-Strategie der Bundesregierung.....	12
<b>3. Gaia-X .....</b>	<b>13</b>
3.1. Überblick .....	13
3.2. Ermöglichung von KI durch Gaia-X.....	14
3.2.1 Ökonomie / Organisation .....	14
3.2.2 Technik.....	18
3.2.3 Recht .....	19
<b>4. Gaia-X KI-Fallstudien .....</b>	<b>20</b>
4.1. Industrie 4.0 (EuProGigant) .....	20
4.1. Mobilität (Gaia-X 4 Future Mobility und Gaia-X 4 KI) .....	23
4.2. Große Sprachmodelle (OpenGPT-X) .....	25
<b>Bibliographie .....</b>	<b>27</b>

## Zusammenfassung

---

Künstliche Intelligenz (KI) ist kein neues Thema und Gaia-X hat sich von Anfang an mit KI beschäftigt. Das Gaia-X-Ökosystem als Ganzes fördert nicht nur die Entwicklung und Nutzung von KI, indem es viele der Herausforderungen angeht, mit denen KI konfrontiert ist, sondern es gibt auch eine Reihe von Gaia-X-Projekten, die sich in unterschiedlichem Maße mit KI beschäftigen.

Doch auch wenn man von einzelnen Projekten oder Initiativen hört, fehlt ein klarer, systematischer Überblick über KI im Gaia-X-Kontext. Dieses Papier bietet diesen Überblick. Es ist jedoch anzumerken, dass in diesem Papier nicht jedes Merkmal und jede Frage in Bezug auf KI und Gaia-X sowie jedes KI-bezogene Projekt innerhalb von Gaia-X behandelt wird. Vielmehr wird versucht, Klarheit zu schaffen und auch denjenigen, die mit Gaia-X weniger vertraut sind, ein solides Verständnis von KI im Gaia-X-Kontext zu ermöglichen.

**Der erste Teil** des Papiers gibt einen Überblick über KI und hebt die Komplexität und den vielschichtigen Charakter des Themas hervor. Danach folgt ein Überblick über einige der wichtigsten Herausforderungen, mit denen KI konfrontiert ist. Um eine systematischere und klarere Übersicht zu schaffen, werden diese Herausforderungen in die Bereiche Ökonomie / Organisation, Technik und Recht unterteilt.

**Der zweite Teil** des Papiers stellt das globale Wettbewerbsumfeld im Bereich der KI dar und skizziert die EU- sowie die KI-Strategie der Bundesregierung. Hier wird die Bedeutung von Gaia-X für KI kontextualisiert, insbesondere die Bedeutung von Datenräumen für die Entwicklung von KI in Europa.

**Im dritten Teil** wird Gaia-X vorgestellt und erläutert, wie es die Entwicklung von KI ermöglichen kann, indem es viele der im ersten Teil beschriebenen Herausforderungen angeht.

**Teil vier** befasst sich dann mit drei KI-bezogenen Gaia-X-Projekten. EuProGigant (Industrie 4.0) und Gaia-X 4 KI (Mobilität) wurden aufgrund der Bedeutung dieser Sektoren für die deutsche Wirtschaft ausgewählt. OpenGPT-X (Große Sprachmodelle) wurde aufgrund der Rolle ausgewählt, die große Sprachmodelle beim Wiederauftauchen der KI als hochaktuelles Thema gespielt haben.

# 1. Künstliche Intelligenz

---

## 1.1. Übersicht

Künstliche Intelligenz (KI) durchdringt bereits unseren Alltag. Sie schützt unsere E-Mail-Postfächer vor Spam, ordnet unsere Suchergebnisse und empfiehlt uns Produkte beim Online-Einkauf. Was KI ist und was KI leistet ist, jedoch vielen Nutzerinnen und Nutzern unklar. Grund ist unter anderem, dass KI von hoher Komplexität geprägt ist und zahllose Anwendungsmöglichkeiten bietet. Die Definition von KI gestaltet sich entsprechend schwierig. Oftmals wird künstliche Intelligenz in Abgrenzung von menschlicher Intelligenz definiert. So wird beispielsweise unterschieden zwischen ‚*weak/narrow*‘ KI, Systemen, die bestimmte Fragen oder Probleme lösen können (zum Beispiel Siri und Alexa) ‚*strong/general*‘ KI, die allgemeine Probleme ebenso gut lösen kann wie der Mensch und ‚*Superintelligence*‘, KI-Systemen, die die menschliche Leistungsfähigkeit deutlich übertreffen (wobei es zu letzten beiden Kategorien derzeit noch keine reale Entsprechung gibt). Insgesamt gibt es keinen allgemeinen Konsens über die Definition von KI, aber für die Zwecke dieses Papiers werden wir uns auf die Definition aus dem Glossar der Plattform Lernende Systeme (PLS) beziehen: „KI ist zum einen ein Teilgebiet der Informatik, das versucht, mit Hilfe von Algorithmen kognitive Fähigkeiten wie Lernen, Planen oder Problemlösen in Computersystemen zu realisieren (PLS Glossar)“.

Weitere Komplexität ergibt sich aus der Tatsache, dass es verschiedene Ansätze und Verfahren gibt, um KI zu realisieren. Einer der bedeutendsten dieser Ansätze ist das Maschinelle Lernen (ML). Maschinelles Lernen bezieht sich auf das „[...]Trainieren von Computern, um aus Daten und Erfahrungen zu lernen und sich stets zu verbessern – anstatt explizit dafür programmiert zu werden (SAP)“. ML selbst lässt sich selbst wiederum in drei Hauptkategorien unterteilen: überwachtes Lernen (engl. *Supervised ML*), unüberwachtes Lernen (engl. *Unsupervised ML*) und verstärktes Lernen (engl. *Reinforcement ML*). Nach Kirste und Schürholz (2019) bekommt beim überwachten Lernen „ein Computer-Programm bekannte Beispieldaten und wird auf eine gewünschte Interpretation und die damit verbundene Ausgabe trainiert. Das Ziel ist es, generelle Regeln zu finden, welche die bekannten Eingabedaten mit den gewünschten Ausgabedaten verbinden, und im Anschluss diese Regeln zu verwenden, um mit neuen Eingabedaten neue Ausgaben zu erstellen (Kirste und Schürholz 2019, S. 25)“.

Unüberwachtes Lernen „funktioniert ohne vorher bekannte Zuordnung und Kennzeichnung von Eingabedaten. Die möglichen Ergebnisse sind dabei gänzlich offen. Deshalb kann das Computerprogramm auch nicht trainiert werden, sondern muss vielmehr in den Daten Strukturen erkennen und diese in interpretierbare Informationen verwandeln (ebd. S.26)“. Beim verstärkten Lernen „lernt ein Computerprogramm direkt aus den Erfahrungen. Hierzu interagiert es mit seiner Umgebung und erhält für richtige Ergebnisse eine Belohnung (ebd. S.29)“.

Ein besonderes Stichwort, das in letzter Zeit stark an Bedeutung gewonnen hat und eine Untergruppe des maschinellen Lernens ist, ist das ‚Tiefes Lernen‘ (engl. *Deep Learning*), bei dem sogenannte künstliche neuronale Netze (KNN) verwendet werden. ‚*Deep Learning*‘ und maschinelles Lernen als Ganzes stehen im Mittelpunkt des Wiederaufstiegs der KI. KI ist in der

Tat keine neue Entwicklung und hat seit den 1950er Jahren verschiedene Höhen und Tiefen durchlaufen. Doch die Fortschritte bei der Rechenleistung, die exponentielle Zunahme der verfügbaren Datenmenge und neue Algorithmen haben die KI zu neuen Leistungen befähigt. Es ist wichtig zu betonen, dass KI-Systeme nicht nur eine enorme Menge an Daten benötigen, sondern dass die Daten auch von ausreichend guter Qualität sein müssen.

## 1.2. Vor- und Nachteile

Die neuesten Fortschritte mit KI haben dazu geführt, dass die Vorteile, darunter insbesondere der wirtschaftliche Nutzen, deutlicher zutage treten. Laut PwC (2017) könnte zum Beispiel das globale BIP im Jahr 2030 infolge der Nutzung von KI um bis zu 14 % zunehmen. PwC geht davon aus, dass der Zuwachs des BIP durch KI bis 2030 in China 26,1 %, in Nordamerika 14,5 %, in Nordeuropa 9,9 % und in Südeuropa 11,5 % betragen wird. Diese Zahlen verdeutlichen die regionalen Unterschiede, wenn es um die möglichen wirtschaftlichen Auswirkungen von KI geht. Wirtschaftliche Gewinne werden höchstwahrscheinlich in Form von Produktivitätssteigerungen durch die Automatisierung bestimmter Geschäftsprozesse und die Unterstützung der Arbeitskräfte entstehen. Darüber hinaus wird der Einsatz von KI-Technologien neue Erkenntnisse aus Daten liefern, die Geschäftsmöglichkeiten eröffnen und es den Unternehmen ermöglichen, ihren Kunden relevante Dienstleistungen und Produkte anzubieten (siehe zum Beispiel Szczepański 2019). Ein anderer befürworteter Vorteil der KI ist beispielsweise der Beitrag zur Wissenschaft. Stanford's *Artificial Intelligence Index Report 2023* von Maslej et al. (2023) skizziert, wie KI zum wissenschaftlichen Fortschritt beigetragen hat: 2022 wurde etwa KI eingesetzt, um die Effizienz der Matrixmanipulation zu verbessern, neue Antikörper zu entwickeln und die Kernfusion zu unterstützen.

Neben den vielen Vorteilen, die KI bietet, birgt diese auch erhebliche Risiken und Herausforderungen. Dazu zählt, insbesondere im Fall von maschinellem Lernen und *Deep Learning*, die ‚Black Box‘ - Problematik der Algorithmen. Laut PLS (2019) bezieht sich das Blackbox-Phänomen auf die Tatsache, dass es ist „für Anwenderinnen und Anwender kaum nachvollziehbar, was im Inneren des Systems geschieht und wie der Algorithmus zu seinem Verhalten kommt (PLS 2019, S.49)“. Warum ein Algorithmus zu einer bestimmten Lösung kommt, ist daher undurchsichtig und somit eine ‚Blackbox‘. Das ist besonders problematisch, wenn man bedenkt, dass KI nachweislich bestimmte Gruppen diskriminiert und oft vorurteilsbeladen ist (siehe Borgesius 2018). Dies ist das Ergebnis zum Beispiel von Vorurteilen und Diskriminierungen, die oft in den Daten enthalten sind, auf denen die Algorithmen trainiert wurden und die sie replizieren. Ein weiteres großes Problem ist, dass KI auch für bedenkliche Ziele eingesetzt werden kann, zum Beispiel zur Massenüberwachung, zur Schwächung demokratischer Institutionen oder zur Manipulation von Menschen. Zu den verwendeten Instrumenten gehören zum Beispiel Bots, Desinformation und Deep Fakes.

Es gibt auch Bedenken hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Gesellschaft und die Menschheit. Dazu gehören konkrete Befürchtungen hinsichtlich der Übernahme von Arbeitsplätzen durch KI und deren Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt sowie allgemeinere gesellschaftliche Bedenken. In der Tat haben viele prominente Persönlichkeiten, auch aus der KI-Welt (wie Sam

Altman, CEO von OpenAI), die "Erklärung der KI-Risiken (*Centre for AI Safety*)" wie folgt unterzeichnet: *"Mitigating the risk of extinction from AI should be a global priority alongside other societal-scale risks such as pandemics and nuclear war (CAIS)"*. Um die negativen Auswirkungen einzudämmen sind mehr Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit der KI-Algorithmen und der Daten, auf denen sie basieren, unerlässlich.

### 1.3. Herausforderungen

Die Herausforderungen bei der Entwicklung von KI-Systemen und generell solche, denen Unternehmen beim Einsatz von KI gegenüberstehen (siehe Rammert 2021), sind vielfältig und können je nach Anwendungsbereich variieren. Nichtsdestotrotz gibt es bestimmte Herausforderungen, die dominieren und hier in die Kategorien Ökonomie / Organisation, Technik und Recht unterteilt werden (einige haben überlappende Merkmale).

#### 1.3.1 Ökonomie / Organisation

##### Vertrauen

KI ist mit einer Vielzahl von Herausforderungen konfrontiert. Zunächst einmal ist es wichtig, die Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit von KI-Algorithmen und den verwendeten Daten deutlich zu erhöhen, um Vertrauen in KI-Systeme zu schaffen. Denn egal wie bahnbrechend eine Technologie auch sein mag, ohne öffentliches Vertrauen und Akzeptanz läuft sie Gefahr, sich nicht durchsetzen zu können. In der Tat ergab eine IPSOS-Umfrage aus dem Jahr 2022, dass in China zwar 78 % der Befragten der Aussage zustimmten, dass Produkte und Dienstleistungen, die KI nutzen, mehr Vorteile als Nachteile haben, nur 35 % der Befragten in den USA das Gleiche sagten (IPSOS 2022). Dies ist umso bemerkenswerter, da die USA bei den jüngsten KI-Fortschritten an vorderster Front stehen. In Deutschland ist der Prozentsatz der Befragten, die zustimmen, mit 37 % recht niedrig. Daher kann das öffentliche Vertrauen und die Akzeptanz von KI nicht vorausgesetzt werden. Vertrauen in KI-Systeme ist insgesamt unerlässlich, damit das wirtschaftliche Potenzial von KI voll ausgeschöpft werden kann.

##### Zugang zu hochwertigen Daten

Vertrauen spielt auch eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, Zugang zu einer ausreichenden Menge an hochwertigen Daten zu erhalten. Denn Unternehmen befürchten oft, die Kontrolle über ihre Daten zu verlieren, dass Geschäftsgeheimnisse nach außen dringen und damit die Daten von ihren Konkurrenten gegen sie verwendet werden könnten (siehe Pawelke 2020). Daher ist das Vertrauen, dass ihre Interessen in dieser Hinsicht gewahrt bleiben, unerlässlich, wenn Unternehmen Zugang zu ihren Daten – insbesondere große Datenmengen und sehr wertvolle Daten – gewähren sollen.

##### Marktplatz: Konsumierende und Anbieter

Wie bei allen neuartigen Produkten und Dienstleistungen müssen diejenigen, die die KI-Produkte und -Dienstleistungen anbieten, mit denjenigen, die sie nutzen, zusammengebracht werden. Der erste Schritt besteht natürlich darin, Vertrauen in die KI-Systeme selbst zu schaffen, damit die Verbraucher die KI-Produkte und -Dienstleistungen nutzen. Darüber können

viele Unternehmen, die KI-Produkte und -Dienstleistungen entwickeln nicht unbedingt direkt nach Gründung auf eine bestehende Kundenliste und Kontakte zurückgreifen. Selbst wenn ein Produkt oder eine Dienstleistung viele Verbraucher ansprechen würde, könnte dies das gesamte Geschäftsmodell eines Unternehmens gefährden, wenn sie es nicht kennen. Das Schlüsselwort ist hier *Market Visibility*.

### Mangel an qualifizierten Fachkräften

Um KI-Systeme nicht nur zu entwickeln, sondern auch um mit ihnen zu interagieren und sie effektiv zu nutzen, braucht man die nötigen qualifizierten Arbeitskräfte. Doch nicht nur im Bereich der KI, sondern generell mangelt es an Arbeitskräften mit ausreichenden IT-Kenntnissen. Die IW-Studie von Regina et al. (2023) zeigt, dass die Zahl der offenen Stellen im IT-Bereich im Jahr 2022 bei fast 68.000 lag. Eine Bitkom-Studie (2022) zeigt, dass bei Betrachtung der gesamten Wirtschaft und über alle Branchen hinweg im Jahr 2022 in Deutschland 137.000 IT-Jobs zu besetzen waren, so viele wie noch nie zuvor. Dies ist im Zusammenhang mit KI besonders problematisch, da die effektivste Entwicklung von KI von einer Vielzahl von IT-bezogenen Fähigkeiten abhängt. Mehr IT-Fachkräfte in der gesamten Wirtschaft, die dafür sorgen, dass die gesammelten Daten richtig formatiert und bereinigt werden, tragen dazu bei, ihre effektive Nutzung für die Ausbildung von KI-Systemen zu erweitern und zu optimieren.

## 1.3.2 Technik

### Interoperable Infrastruktur

Die meisten IT-Infrastrukturen sind heutzutage nicht interoperabel. Um jedoch KI effizient zu nutzen, ist eine interoperable Infrastruktur erforderlich. Diese ermöglicht die Übertragbarkeit von KI-Prozessen auf andere Datenquellen und die Wiederverwendung von Algorithmen und Daten durch eine einheitliche Formatierung von Daten und Datenmodellen (siehe Seifert et al. 2018, S.29). Darüber hinaus führt das Fehlen einer interoperablen Infrastruktur zu einem weniger effektiven und effizienten KI-System, ganz gleich, ob es sich um die Versorgung von KI-Systemen mit Sensordaten oder um die Verarbeitung von Daten am Edge handelt.

### Datenqualität

Eine der größten Herausforderungen für KI-Systeme ist es, Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten zu erhalten, um mit diesen trainiert werden zu können. Hochwertige Daten sind deshalb so wichtig, weil die Qualität der Daten einen direkten Einfluss auf die Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Leistung von KI-Modellen hat. Ein Begriff, der häufig verwendet wird, um dieses Problem im Zusammenhang mit Daten und KI-Modellen zu beschreiben, ist *Garbage in Garbage out (GIGO)* (Ataman 2023, Grodon-Morrison 2022). Hochwertige Daten führen zu zuverlässigeren und genaueren Modellen, was sich wiederum darauf auswirkt, als wie vertrauenswürdig die Modelle selbst wahrgenommen werden (Ataman 2023). Die Qualität der Daten hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, darunter: Vollständigkeit, Konsistenz, Genauigkeit, Aktualität, Relevanz und Einzigartigkeit (Ataman 2023, Grodon-Morrison 2022, Budach et al. 2022).



## Hochleistungsrechnen

Hochleistungsrechnen (engl. *High Performance Computing, HPC*) ist für das Training von KI-Modellen von zentraler Bedeutung. Das hängt zum Beispiel mit der Komplexität der KI-Modelle, der Trainingszeit, der Größe der Datensätze, dem Speicherbedarf und anderen Faktoren zusammen. Zum Beispiel werden KI-Modelle, insbesondere große Sprachmodelle, immer komplexer und haben eine Vielzahl von Parametern, die leistungsstarke Rechenleistung erfordern. Zudem werden viele mathematische Berechnungen auf riesigen Datensätzen durchgeführt, die alle eine enorme Rechenleistung benötigen.

Viele der Hochleistungsrechner sind in den USA zu finden, wo auch die meisten KI-Modelle entwickelt werden. Dies führt zu einer Abhängigkeit von US-amerikanischen KI-Modellen, die möglicherweise nicht die europäischen Eigenschaften und Interessen widerspiegeln und die digitale Souveränität Europas einschränken (KI Bundesverband, 2023). Obwohl Deutschland über einige Hochleistungsrechner verfügt, wird die Infrastruktur vom KI Bundesverband (2023) als nicht ausreichend betrachtet.

### 1.3.3 Recht

#### Die KI-Verordnung der EU (AI Act)

Eine große Herausforderung ist die Einhaltung der auf EU-Ebene erlassenen Vorschriften und die daraus resultierende Rechtsunsicherheit. Der Rechtsakt mit der unmittelbarsten Relevanz ist der von der EU vorgeschlagene KI-Verordnung (*AI Act*). Er zielt darauf ab, die Regeln für Datenqualität, menschliche Aufsicht, Transparenz und Rechenschaftspflicht zu stärken (WEF 2023). Im Mittelpunkt steht ein Klassifizierungssystem (inakzeptables Risiko, hohes Risiko, begrenztes Risiko, minimales oder kein Risiko), das festlegt, wie schädlich ein KI-System für die Grundrechte oder die Sicherheit einer Person sein kann (ebd.). Während zum Beispiel Systemen, die als begrenzt risikobehaftet eingestuft werden, nur Transparenzverpflichtungen auferlegt werden, sind Systeme, die als inakzeptabel risikobehaftet eingestuft werden, nicht zulässig (EC 2023). Im Falle von KI-Systemen, die als 'hohes Risiko' eingestuft werden, gibt es Anforderungen an eine hohe Datenqualität, Dokumentation und Rückverfolgbarkeit, Transparenz, menschliche Aufsicht, Präzision und Robustheit (Entwurf AI Act, COM (2021) 206 final).

#### Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)

Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) hat ebenfalls einen bedeutenden Einfluss auf KI und ihre Entwicklung. Ziel der DSGVO ist es, personenbezogene Daten zu schützen und den Verbrauchern mehr Kontrolle über deren Verwendung zu geben. Dadurch soll das Vertrauen der Verbraucher in die digitale Wirtschaft gestärkt werden. Letztendlich besteht die DSGVO aus verschiedenen Bestimmungen, die festlegen, wie viele Daten, insbesondere solche mit personenbezogenen Informationen, gesammelt und verarbeitet werden dürfen. Das wirkt sich folglich auf die KI aus, die auf Daten angewiesen ist. Die DSGVO enthält daher eine Reihe weiterer Bestimmungen, wie zum Beispiel Datenminimierung, Datensparsamkeit und das Erfordernis einer Einwilligung (EPRS 2020). Eine weitere relevante DSGVO-Bestimmung im Hinblick auf KI ist die automatisierte Entscheidungsfindung (Art. 22, DSGVO).

## 1.4. Anwendungsbereiche von KI

Je nach Wirtschafts- bzw. Gesellschaftsbereich unterscheidet sich der Umfang der Anwendung von KI. In letzter Zeit hat zum Beispiel der Erfolg von ChatGPT von OpenAI zu einem Ansturm von Investitionen in große Sprachmodelle geführt (eng. *Large Language Models*). Diese großen Sprachmodelle fallen in den Bereich der *General Purpose AI*, die Anwendungen bietet, die für eine Vielzahl von Sektoren nützlich sein können. Der Bereich, in den weltweit am meisten investiert wird, ist „Medizin und Gesundheit“, gefolgt von „Datenmanagement, -verarbeitung und Cloud“ und „Fintech“ (siehe Abb. 1).

### Private Investment in AI by Focus Area, 2021 Vs. 2022

Source: NetBase Quid, 2022 | Chart: 2023 AI Index Report

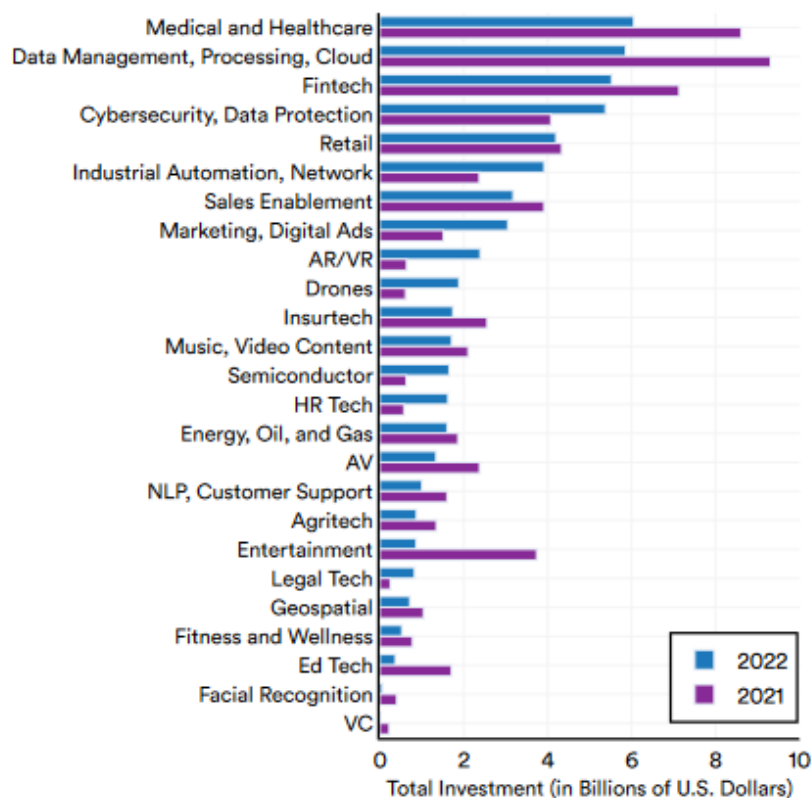


Abbildung 1: Private Investment in AI by focus Area, 2021 vs. 2022 (Quelle: Maslej et al. 2023)

Obwohl es oft viele Parallelen gibt, wenn es darum geht, in welchen Sektoren die meisten Investitionen getätigt werden, gibt es dennoch Unterschiede zwischen den Ländern. Diese hängen davon ab, ob die Regierungen eine bestimmte KI-Strategie verfolgen und welche Branchen und Sektoren in der Wirtschaft des jeweiligen Landes am stärksten vertreten sind. Die PLS (2019) hat zum Beispiel eine KI-Landkarte für Deutschland erstellt, auf der die entwickelten KI-Anwendungen je nach Branchen dargestellt sind (siehe Abb. 2).

## KI-Anwendungen nach Branchen

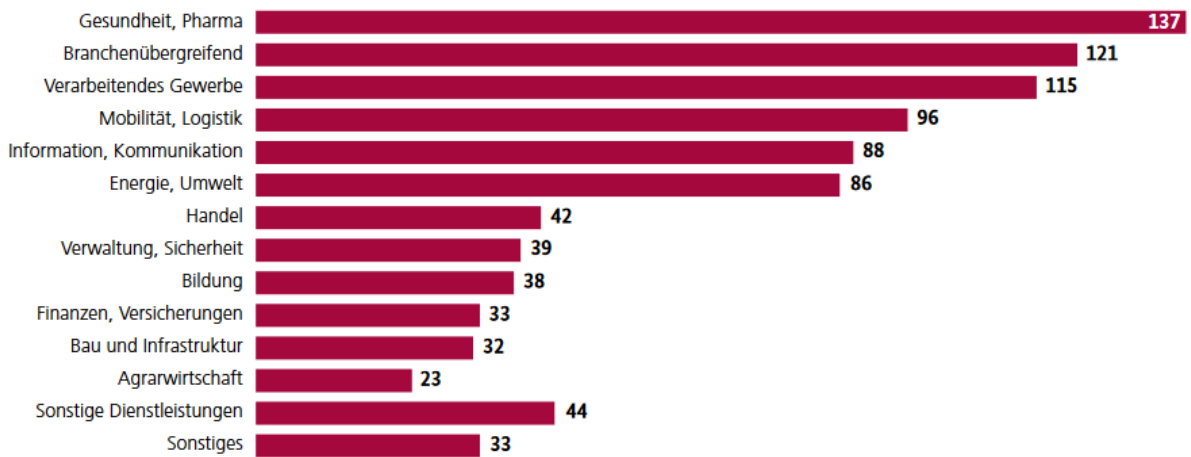


Abbildung 2: KI-Anwendungen nach Branchen (Quelle: Plattform Lernende Systemen 2019)

Obwohl der Gesundheitssektor immer noch an der Spitze steht, wird schnell deutlich, dass beispielsweise das ‚Verarbeitende Gewerbe‘ und der ‚Mobilitätssektor‘ in Deutschland eine größere Rolle spielen. Dies spiegelt auch die Zahl der KI-Startups nach Branchen in Deutschland (Abb. 3) wider. Hier lässt sich erkennen, dass die KI-Landschaft und -Anwendungen in Deutschland den starken Automobil- und Fertigungssektor wiedergeben (Seitz et al. 2020).

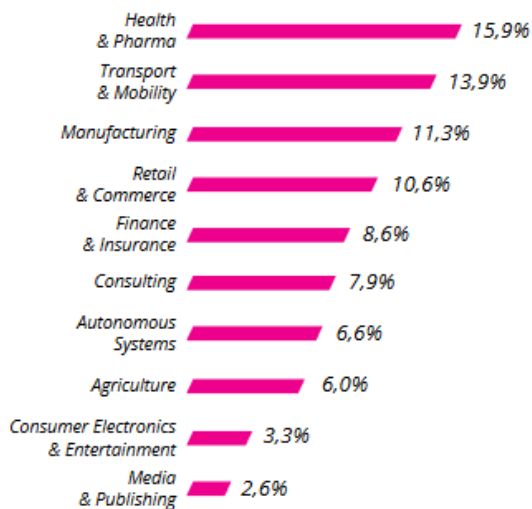


Abbildung 3: Verteilung der KI-Startups nach Branchen (Quelle: Seitz et al. 2020)

## 2. KI-Strategie

---

Weil KI so viele Potentiale bietet, möchten die Entscheidungsträger in Wirtschaft und Politik KI fördern und KI-Entwicklung steuern. Zu diesem Zweck werden grundlegende Strategien entwickelt und zum Teil veröffentlicht. Dieser Abschnitt gibt einen Überblick.

### 2.1. Globale Wettbewerbslandschaft

Die USA sind weltweit führend im Bereich KI, sowohl in Bezug auf die Anzahl der KI-Akteure als auch in Bezug auf die investierten Summen, gefolgt von China und der EU (Righi et al. 2022, Maslej et al. 2023). Im Jahr 2022 wurden in den USA 47,4 Milliarden Dollar in KI investiert, gefolgt von China mit 13,4 Milliarden Dollar (Maslej et al. 2023). Die Privatwirtschaft spielt in den USA eine wichtige Rolle, wenn es um KI geht. Abgesehen von den großen finanziellen Mitteln der US-amerikanischen ‚Big-Tech-Konzerne‘ (Google (Alphabet), Facebook (Meta), Amazon und Microsoft) sind die Nutzung und Verarbeitung der Daten ihrer Nutzenden (das gilt vor allem für Meta, Alphabet und Amazon) ein großer Vorteil für das Training und die Entwicklung von Algorithmen, maschinellem Lernen und der Entwicklung künstlicher neuronaler Netze (Annoni et al. 2018).

China ist führend bei der Anzahl der Veröffentlichungen in KI-Zeitschriften, -Konferenzen und -Repositorien (Maslej et al. 2023). Die USA liegen aber weiter vorne, wenn es um Zitierungen geht (sowohl bei Konferenzen als auch bei Repositorien) (ebd.). Die USA und China haben auch die meisten länderübergreifenden Veröffentlichungen im Bereich der KI (ebd.). Chinas KI-Landschaft zeichnet sich durch eine große Zahl neuer Patentanmeldungen aus (Righi et al. 2022). Jedoch betonen Righi et al. (2022), dass die niedrigeren Standards für die Patentqualität und die neuen politischen Maßnahmen in China zu einer Inflation der Patentanmeldungen geführt haben. Nichtsdestotrotz sollte China immer noch als wichtiger Akteur im Bereich KI angesehen werden. Nicht nur, weil in China immer noch eine große Anzahl von KI-bezogenen Patenten angemeldet wird, sondern auch wegen seiner prominenten Rolle im IKT-Produktionssektor. Außerdem haben KI-Unternehmen in China Zugang zu enormen Datenmengen.

Die EU ist führend, wenn es um Robotik und KI-Dienstleistungen geht (Righi et al. 2022). In der Robotik umfasst dies die Entwicklung von autonomen Robotern und den Handel mit Industrierobotern. Darüber hinaus erlebt die EU einen stetigen Anstieg der Zahl neuer Robotik-Startups. Bei KI-Dienstleistungen umfasst dies Infrastruktur-, Plattform- und Software-Dienstleistungen. Zusätzlich ist die EU stark in der KI-Forschung und -Entwicklung. Nichtsdestotrotz hat die EU einen gewissen Nachholbedarf im Bereich KI. Außerdem ist Großbritannien ein wichtiger Akteur im Bereich der KI, so dass der "Brexit" zu einer Verringerung der Gesamtstärke der EU im Bereich der KI geführt hat (ebd.).

### 2.2. KI-Strategie der EU

Der KI-Ansatz der EU zielt darauf ab, Vertrauen zu schaffen, Grundrechte zu schützen und die Industrie und Forschung im Bereich der KI zu fördern (EC-Website, Ein europäischer Ansatz für künstliche Intelligenz, 2023). Im Jahr 2018 hat die EU-Kommission in der Mitteilung ‚Künstliche

Intelligenz für Europa‘ die KI-Strategie der EU vorgestellt. In der Mitteilung wird die Notwendigkeit eines koordinierten Ansatzes hervorgehoben. Zu den zentralen Zielen gehören: die Stärkung der industriellen und technologischen Fähigkeiten der EU im Bereich der KI, die Schaffung eines ethischen und rechtlichen Rahmens für KI sowie die Vorbereitung auf die sozioökonomischen Veränderungen, die KI mit sich bringen wird (S. 4, Künstliche Intelligenz für Europa, COMM (2018) 237 final).

2021 veröffentlichte die EU-Kommission dann das „KI-Paket“. Dazu gehören die Mitteilung über die ‚Förderung eines europäischen Konzepts für künstliche Intelligenz‘, der ‚Koordinierte Plan für künstliche Intelligenz‘ und ein ‚Vorschlag für eine KI-Verordnung‘ (AI Act). Die erste Mitteilung liefert den Kontext für die beiden anderen Dokumente. Am interessantesten ist hier der koordinierte Plan für KI.

Der koordinierte Plan für KI von 2021 ist eine Ergänzung der ursprünglichen Version von 2018. Als Ziele im koordinierten Plan von 2018 wurden zum Beispiel mehr öffentlich-private KI-Partnerschaften und Finanzierungen für KMU, die Förderung der Zusammenarbeit zwischen KI-Forschungszentren und – hier besonders wichtig – **der Aufbau europäischer Datenräume genannt**. Datenräume gelten als zentraler Bestandteil, um den Zugang zu Daten zu erhöhen, der für KI so wichtig ist. In der Version von 2021 wurde dann betont, dass Investitionen in KI-Technologien beschleunigt werden, dass KI-Strategien und -Programme rechtzeitig umgesetzt werden und dass die politischen Maßnahmen für KI in Einklang gebracht werden müssen.

### 2.3. KI-Strategie der Bundesregierung

Im Jahr 2018 hat die deutsche Regierung ihre KI-Strategie beschlossen. Im Mittelpunkt der Strategie stehen die Ziele: „Wir wollen den exzellenten Forschungsstandort Deutschland sichern, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft ausbauen und die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von KI in allen Bereichen der Gesellschaft im Sinne eines spürbaren gesellschaftlichen Fortschritts und im Interesse der Bürgerinnen und Bürger fördern (s.6).“ Bis 2025 will der Bund rund drei Milliarden Euro für die Umsetzung der Strategie bereitstellen.

Konkret umfasst dies eine Reihe von Initiativen. Zum Beispiel die verstärkte Unterstützung von KI-Forschungseinrichtungen, die Schaffung zusätzlicher Professuren im Bereich der KI oder die Einrichtung eines deutschen Observatoriums für KI. Darüber hinaus ist das Ziel, die PLS zu einer Plattform für KI weiterzuentwickeln, um den Raum für den Austausch zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu ermöglichen. Signifikant ist auch die Unterstützung für Datenräume: „Wir werden die Europäische Kommission eng bei der Umsetzung und Fortschreibung der Initiative zum Aufbau des **Europäischen Datenraumes unterstützen** (KI-Strategie 2018, S. 34).“ Eine relevante Entwicklung - beginnend im Jahr 2020 - als Umsetzung der KI-Strategie ist der *KI-Innovationswettbewerb* des BMWK ‚Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme‘. 2020 hat die Bundesregierung die Fortschreibung der KI-Strategie veröffentlicht. Hier „greift die Bundesregierung aktuelle Entwicklungen im Bereich KI auf und schärft, verstärkt und ergänzt ihre Maßnahmen zur Förderung der KI in Deutschland und Europa (S. 4, KI-Strategie Fortschreibung 2020)“.

## 3. Gaia-X

---

### 3.1. Überblick

Gaia-X ist ein dezentrales, föderiertes Ökosystem für den souveränen Austausch von Daten und digitalen Diensten. Es ist im Einklang mit den europäischen Werten und Regeln konzipiert und bietet eine interoperable Infrastruktur, die auf gemeinsamen Regeln und Standards basiert. Grundlagen für Vertrauen und Konformität, sowie semantische Interoperabilität, definieren das Gaia-X ‚*Trust Framework*‘ und die Gaia-X ‚*Policy Rules*‘. Im Mittelpunkt von Gaia-X steht der Aufbau eines offenen, transparenten und vertrauenswürdigen Ökosystems, das es den Teilnehmenden ermöglicht, Daten und digitale Dienste anzubieten und dennoch Kontrolle (Souveränität) über ihre Daten zu behalten. Das volle Potenzial von Gaia-X wird dann ausgeschöpft, wenn Dienste nahtlos über Datenräume, Unternehmen und Grenzen hinweg ausgetauscht und orchestriert werden können, um heutige Datensilos aufzubrechen, weiterführende digitale Dienstleistungen (engl. *Smart Services*) zu ermöglichen und vernetzte Ökosysteme zu schaffen. In einem solchen Ökosystem der Ökosysteme können die Beteiligten gegenseitig voneinander profitieren und den Wert ihrer Daten und Dienste voll ausschöpfen.

Das *Gaia-X Framework* stützt sich auf drei konzeptionelle Säulen: **Gaia-X-Konformität**, **Datenräume / Föderationen** und **Datenaustausch**. Gaia-X Konformität ist definiert und messbar durch gemeinsame Regelwerke und dezentralisierte Dienste, die objektives und messbares Vertrauen ermöglichen (Gaia-X Framework AISBL). Dies ermöglichen die *Gaia-X Digital Clearing Houses (GXDCH)* und der Betrieb des *Compliance Service*, *Registry Service* und *Notarization Services* im Zusammenspiel mit den *Rules and Labelling Criteria*. Datenräume / Föderationen sind interoperabel und übertragbare (sektorübergreifende) Datensätze und Dienste. Für den Gaia-X konformen Datenaustausch sind definierte Regeln festgehalten, sie definieren Mindestanforderungen an Transparenz, Vertragswerke, Identitäten, Zugang und Datennutzung.

Für jede dieser Säulen gibt es drei Typen von *Deliverables*: funktionale Spezifikationen, technische Spezifikationen und Software. Zu den funktionalen Spezifikationen gehören ‚*Policy Rules and Label Document*‘ (Konformität) und das ‚*Architecture Document*‘ (Datenräume/Föderationen und Datenaustausch). Die technische Spezifikation ‚*Trust Framework*‘ deckt alle drei Säulen ab. Die technische Spezifikation ‚*Federated Catalogue*‘ und das ‚*Identity, Credential and Access Management*‘ fallen unter Datenräume/ Föderationen und die ‚*Data Exchange Services*‘ unter Datenaustausch. Was die Software betrifft, so wird diese von einer Open-Source-Community entwickelt, um Föderationen und Dienste zu erstellen, zu verwalten und zu betreiben, um die Gaia-X-Konformität zu erreichen (Gaia-X Framework AISBL).

Bei der Einordnung von Gaia-X in die europäischen und deutschen KI-Strategien wird deutlich, dass Gaia-X einen bedeutenden Beitrag leistet. Abgesehen von der Tatsache, dass Gaia-X unter Berücksichtigung der EU-Werte und -Gesetze (auch in Bezug auf KI) aufgebaut wird, trägt

Gaia-X mit der Schaffung gemeinsamer Datenräume zur Entwicklung von Datenräumen bei, die in der EU-KI-Strategie als einer der Schlüsselfaktoren für KI genannt werden.

## 3.2. Ermöglichung von KI durch Gaia-X

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie das Gaia-X-Ökosystem KI-Dienste ermöglichen und fördern kann. Es sollte jedoch beachtet werden, dass Gaia-X nicht als Lösung für alle Probleme im Zusammenhang mit KI oder gar der Digitalisierung angesehen werden sollte. Nicht alle Herausforderungen, mit denen KI konfrontiert ist, können durch Gaia-X gelöst werden. Es bietet jedoch Lösungen für einige spezifische Herausforderungen, mit denen die Entwicklung der KI konfrontiert ist.

### 3.2.1 Ökonomie / Organisation

#### Vertrauen

Ein zentraler Mehrwert von Gaia-X ist das Ziel, ein vertrauenswürdiges Ökosystem für den Datenaustausch aufzubauen. Ein wichtiges Merkmal für die Schaffung von Vertrauen ist das Gaia-X ‚*Trust Framework*‘ mit der Rolle der ‚*Trust Anchors*‘. *Trust Anchors* bestätigen Identitäten der Akteure und überprüfen, ob die Behauptungen und selbsterklärten Aussagen der Teilnehmenden korrekt sind. Ein *Trust Anchor* prüft zum Beispiel die Identität der Teilnehmenden und ist haftbar für fehlerhafte Prüfungen. Dies erfolgt durch bestehende und regulierte Prüfverfahren, zum Beispiel im Rahmen von eIDAS (*Electronic Identification and Trust Services*). Vertrauenswürdige *Trust Anchors* werden gemeinsam durch die Gaia-X AISBL Mitglieder bestimmt und können auch durch diese entfernt werden im Falle von Verstößen oder Fehlern. So können die anderen Teilnehmenden darauf vertrauen, dass sie wissen, mit wem sie es zu tun haben und diese Angaben in Echtzeit verifizieren. Außerdem wissen die Beteiligten dadurch, wer im Falle einer Nichteinhaltung der Regeln zur Verantwortung gezogen werden kann, und umgekehrt werden Anreize für die Teilnehmenden geschaffen, sich an die in Gaia-X festgelegten Regeln und Richtlinien zu halten. Innerhalb des Gaia-X-Ökosystems wird das Vertrauen, dass die Teilnehmenden die Gaia-X-Regeln generell einhalten, durch die *Gaia-X-Clearing House (GXDCH)* sichergestellt. Diese fungiert als Knotenpunkt für die Überprüfung der Einhaltung der Regeln und für die Teilnehmenden, die Teil des Gaia-X-Ökosystems werden. GXDCH geben in Echtzeit eindeutige Antworten zur Einhaltung der Mindestanforderungen an Gaia-X-Konformität. Auf Basis dieser Antworten wird allen Akteuren im Gaia-X Ökosystem eine verbesserte Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit anderer Akteure und derer Angebote ermöglicht, eine entscheidende Grundlage für den Aufbau einer Beziehung.

Noch spezifischer für die Schaffung von Vertrauen im KI-Kontext ist, dass im Gaia-X-Ökosystem unter anderem die verwendeten Daten und Algorithmen transparenter und nachvollziehbarer sind. Abbildung 4 zeigt zum Beispiel das Hauptmodell der Servicekomposition. Hier lässt sich zum Beispiel nachvollziehen, von wem das Serviceangebot bereitgestellt wird (mit einem auflösbaren Link zur Selbstbeschreibung des Teilnehmenden) bis hin zu den Details der verwendeten Ressourcen selbst. Wie detailliert diese Beschreibungen ausfallen, ist nach Erfüllung der Mindeststandards den Akteuren überlassen, aber eine deutliche Verbesserung zum Status

Quo und eine weitere wichtige Maßnahme für die Vertrauensbildung. Außerdem werden von den Teilnehmenden Prüfprotokolle geführt, die für weitere Transparenz und Nachvollziehbarkeit sorgen.

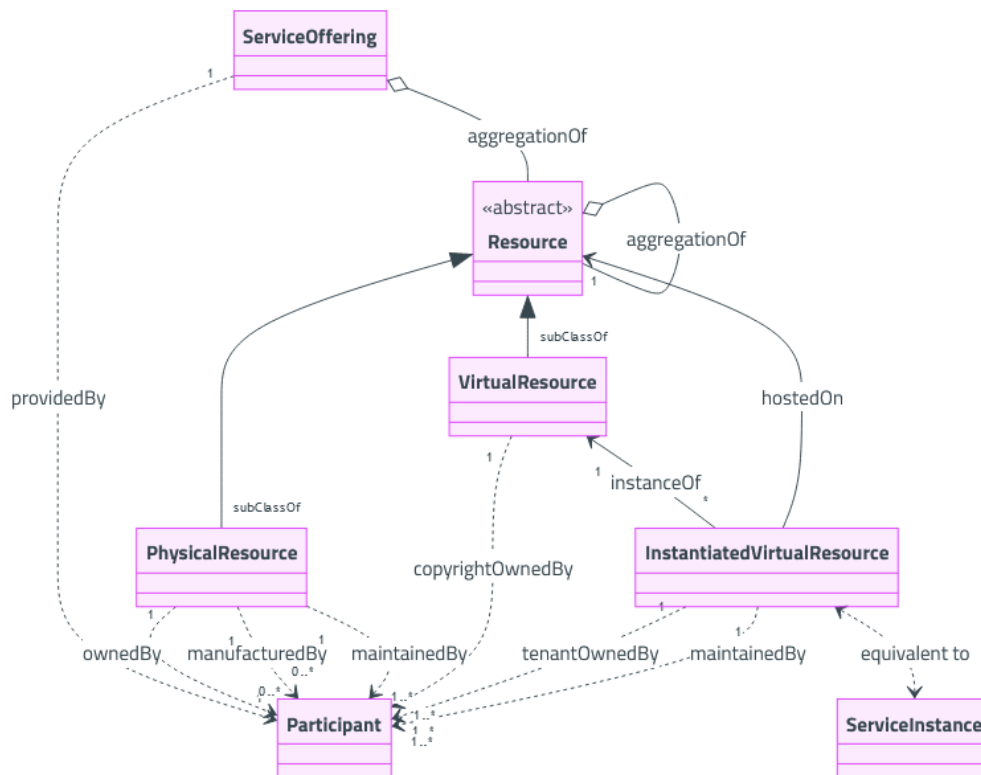


Abbildung 4: Das Hauptmodell der Servicekomposition (Quelle: Gaia-X Trust Framework)

### Zugang zu hochwertigen Daten

Das Gaia-X-Ökosystem begegnet dem mangelnden Vertrauen und den Vorbehalten der Teilnehmenden, ihre Daten zur Verfügung zu stellen, weil sie befürchten, die Kontrolle darüber zu verlieren, wie, von wem und zu welchem Zweck die Daten genutzt werden können. Abbildung 5 zeigt zum Beispiel, dass es innerhalb des allgemeinen Formats für alle Serviceangebote einen Abschnitt mit *„policy [ ]“* gibt. Hier kann ein Datenanbieter zum Beispiel festlegen, wer, für welche Zwecke und wie lange seine Daten genutzt werden dürfen. Auch besondere Einschränkungen, die aufgrund von sektoralen Vorschriften umgesetzt werden müssen, können vorgenommen werden (beispielsweise Exportkontrolle). Relevant ist auch der *„dataAccount-Export [ ]“*. Mit diesem lassen sich die eigenen Daten jederzeit wieder abrufen. Aktuell lassen sich Daten nur proaktiv zurückrufen (zum Beispiel im Rahmen der DSGVO), andernfalls erhält man sie nicht zurück. Dies ermöglicht Beteiligten eine rechtskonforme und nachvollziehbare Datenpipeline für datengetriebene (digitale) Produkte und Dienste deutlich leichter aufzubauen und gleichzeitig die dafür notwendigen Dienste auf dem Markt anzubieten.



Attribute	Card.	Trust Anchor	Comment
name	0..1	State	A human readable name of the component
providedBy	1	State	a resolvable link to the participant self-description providing the service
aggregationOf[]	0..*	State	a resolvable link to the resources self-description related to the service and that can exist independently of it.
dependsOn[]	0..*	State	a resolvable link to the service offering self-description related to the service and that can exist independently of it.
termsAndConditions[]	1..*	State	a resolvable link to the Terms and Conditions applying to that service.
policy[]	1..*	State	a list of policy expressed using a DSL (e.g., Rego or ODRL) (access control, throttling, usage, retention, ...)
dataProtectionRegime[]	0..*	State	a list of data protection regime from the list available below
dataAccountExport[]	1..*	State	list of methods to export data from your user's account out of the service

Abbildung 5: Serviceangebote (Quelle: Gaia-X Trust Framework)

## Marktplatz: Konsumierende und Anbieter

Durch die Nutzung von Katalogdiensten und des Konzepts des daraus erwachsenden *Federated Catalogue* können die Teilnehmenden des Gaia-X-Ökosystems die von ihnen gewünschten Ressourcen und Dienste mit der nötigen Transparenz und den erforderlichen Informationen bereitstellen und in Anspruch nehmen, um fundierte Entscheidungen zu treffen (zum Beispiel von wem der Dienst angeboten wird, welche Art von Daten verwendet wird, welches Datenschutzniveau er einhält und so weiter). Grundlage dafür ist der im *Gaia-X Trust Framework* definierte semantische Mindeststandard, der für semantische Interoperabilität der Beschreibungen sorgt.

Außerdem bietet sie Markttransparenz und Reichweite. So können Anbieter KI-bezogene Dienste einer größeren Zahl potenzieller Konsumierende zur Verfügung stellen, denn die Kataloge können zum größten Teil frei abgerufen werden. Anbieter, die vielleicht nicht die Ressourcen hatten, um für potenzielle Konsumierende sichtbar zu werden, bisher nur auf wenigen zentralisierten Plattformen aktiv waren, oder die einen KI-bezogenen Nischendienst

anbieten, haben nun die Möglichkeit, in einem noch nie dagewesenen Umfang mit potenziellen Konsumierenden in Europa und darüber hinaus in Kontakt zu treten.

Umgekehrt können Konsumierende Dienste entdecken und finden, von denen sie bislang keine Kenntnis hatten. Durch die Interoperabilität und Integration innerhalb des Gaia-X-Ökosystems können sie Zugang zu verschiedenen Ressourcen erwerben und diese miteinander kombinieren, die potenziell viele Schritte der Datenwertschöpfungskette abdecken und neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen. Ein Beispiel: Ein Unternehmen, das über viele unstrukturierte Daten verfügt, erwirbt eine Ressource zur Bereinigung des Datensatzes, eine weitere Ressource, um sicherzustellen, dass die Daten und die anschließende Analyse mit allen notwendigen Vorschriften übereinstimmen, und schließlich eine Ressource, um die Daten zu analysieren und neue Geschäftserkenntnisse daraus zu gewinnen. Gleichzeitig kann auch die dafür notwendige Infrastruktur, mit dem erforderlichen Vertrauensniveau gemietet werden und die Preispunkte auf einem offenen Markt verglichen werden.

Diese Transparenz und Interoperabilität bieten den Teilnehmenden auch einen zusätzlichen Vorteil – insbesondere im KI-Kontext – nämlich Skalierbarkeit. Es müssen nicht für jeden neuen Kunden neue Verträge, Geschäftsbedingungen oder die Überprüfung der kompatiblen Formatierung oder Semantik erstellt werden, sondern viele der KI-Prozesse können leicht angepasst und viel nahtloser auf eine größere Anzahl von Teilnehmenden angewendet werden. Das Gaia-X-Ökosystem kann also die Einführung von KI in verschiedenen Sektoren beschleunigen. Außerdem können durch die Auflösung von Datensilos und die Zusammenführung verschiedener Teilnehmenden aus unterschiedlichen Fachbereichen und Sektoren neue Innovationen, einschließlich neuer KI-Anwendungen, entstehen. Gemeinsam mit neuen Verfahren der Orchestrierung – wie zum Beispiel *Compute-to-Data*, föderiertem Lernen und föderierten Analysen – wird auch Zugang zu Datenquellen ermöglicht, die bisher für KI-Dienstleister unerreichbar waren.

### Mangel an qualifizierten Fachkräften

Natürlich kann Gaia-X nicht das Problem lösen, mit dem viele Unternehmen konfrontiert sind: einen Mangel an KI- und IT-kompetenten Arbeitskräften. Aber es kann die Probleme, zu denen es führt, deutlich minimieren, indem die Effizienz deutlich erhöht wird. Im Gaia-X-Ökosystem kann ein Unternehmen zum Beispiel *on-demand* Ressourcen einkaufen, über die es selbst nicht verfügt. Wie im obigen Beispiel dargestellt, kann das von Ressourcen zur Bereinigung unstrukturierter Daten über den Zugang zu Analysediensten für die eigenen Daten bis hin zu infrastrukturellen Ressourcen wie der Datenspeicherung reichen. Das bedeutet, dass selbst ein kleines Unternehmen, das vielleicht noch nicht digital ausgereift ist und einfach nur eine Menge Daten besitzt, das Gaia-X-Ökosystem nutzen, um sich für das digitale Zeitalter fit zu machen. Im speziellen Fall von KI bedeutet das auch, dass eine ganze Reihe von Teilnehmende, die bisher vielleicht keine Daten zur Verfügung stellen wollten oder den Wert ihrer Daten nicht einschätzen konnten, plötzlich viel mehr Anreize haben, diese für KI-Systeme bereitzustellen. Umgekehrt könnten auch sie von den Vorteilen der KI und den Erkenntnissen aus ihren eigenen Daten profitieren. Langfristig unterstützen diese verbesserten Marktbedingungen auch Investitionen in qualifizierte Fachkräfte.

### 3.2.2 Technik

#### Interoperable Infrastrukturen

Interoperabilität ist ein zentrales Merkmal des Gaia-X-Ökosystems. Viele Aspekte des Ökosystems basieren auf bereits bestehenden und etablierten Standards (beispielsweise von W3C) oder technischen Komponenten (International Data Spaces, Eclipse Cross Federation Services, Ocean Protocol, Eclipse Data Space Components, FIWARE, und so weiter), die Open-Source-Software verwenden und insgesamt mit anderen Infrastrukturen für den Datenaustausch kompatibel sind. Das bedeutet, dass die Teilnehmenden die Gaia-X-Infrastruktur schneller und nahtloser integrieren und nutzen können. Außerdem ist die Interoperabilität innerhalb des Gaia-X-Ökosystems ein großer Vorteil für KI-Systeme. KI-Systeme benötigen oft Daten aus verschiedenen Quellen, wobei traditionell das Problem auftritt, dass Daten aus verschiedenen Quellen und Sektoren unterschiedliche Formatierungen, Semantiken und so weiter haben. Im Gaia-X-Ökosystem gibt es jedoch Interoperabilität, zum Beispiel semantische Interoperabilität, so dass KI-Systementwickler nahtlos auf Daten aus verschiedenen Bereichen und Quellen zugreifen können und Referenzen zu Schemata und Ontologien, welche die Auswahl und die Transformation von benötigten Daten unterstützen. Auf Basis der semantischen Interoperabilität entwickeln sich außerdem die Ansätze zur technischen Interoperabilität anhand von Protokollen, Schnittstellen und Übersetzungswerkzeugen.

#### Datenqualität

Datenangebote müssen nicht von besonders hoher Qualität sein, um in Gaia-X Ökosystemen zugelassen zu werden. Dies würde bereits eine Barriere für bestimmte Teilnehmende darstellen. Teilnehmende, die Datendienste bereitstellen, können jedoch Angaben zum Format, zur Qualität, zur Herkunft, Aktualität und Pflege ihrer Daten machen. Weitere Details im föderierten Katalog und die Selbstbeschreibungen der Ressourcen (in diesem Fall der Daten) helfen interessierten Parteien, die Qualität der Daten einzuschätzen und zu überprüfen. Ergänzt wird dies durch die Möglichkeit digitale Zertifizierungen für Datenqualität aufzunehmen, automatisierte Prüfprozesse durchzuführen und Vergleiche anzustellen. Im Fall von KI bieten diese Faktoren den Teilnehmenden, die die Daten nutzen wollen, um ihre KI-Algorithmen zu trainieren, die Transparenz, um den Kontext der Daten zu sehen. Da die Qualität der Daten von verschiedenen Anbietende transparenter und leichter vergleichbar ist (wenn man die verschiedenen Berechtigungsnachweise vergleicht und so weiter), entsteht natürlich schnell ein Anreiz für die Bereitstellung hochwertigerer Daten. Vor allem aber tragen die Transparenzmechanismen und die Verwendung gemeinsamer Standards innerhalb des Gaia-X-Ökosystems zur Konsistenz, Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Daten bei, die zum Trainieren von KI-Modellen verwendet werden.

#### Hochleistungsrechnen

Gaia-X ermöglicht schon heute das Angebot von Infrastrukturdiensten (von der Edge bis in die Cloud) für anspruchsvolle KI-Anwendungen und zielt darauf ab, zunehmend auch Hochleistungsrechnen in sein Ökosystem zu integrieren. Das Gauss Centre for Supercomputing (GCS), zu dem das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart, das Jülich Supercomputing Centre und

das Leibniz Supercomputing Centre gehören, wurde 2021 Mitglied in der Gaia-X Association (GCS 2021). In Deutschland selbst läuft bereits ein Gaia-X-Projekt, an dem sowohl das Jülich Supercomputing Centre als auch das Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH) in Dresden an der Entwicklung seiner KI-Systeme beteiligt sind. Da die Menge der erzeugten und gesammelten Daten ständig zunimmt, wird auch die Nachfrage nach leistungsfähigeren Rechnern steigen. Daher ist sogar geplant, dass innerhalb des Gaia-X-Ökosystems Hochleistungs- und Quantencomputing ‚as-a-Service‘ angeboten wird. Das würde die Zahl der möglichen Kunden und Nutzer erhöhen. Insgesamt vereinfacht die Integration von Hochleistungsrechnern in das Gaia-X-Ökosystem nicht nur die Nutzung von Hochleistungsrechnern durch KI-Entwickler, sondern erhöht auch die Zahl der potenziellen Kunden und kommt umgekehrt einer größeren Anzahl von Organisationen zugute, die KI-Systeme entwickeln. Dies könnte dazu beitragen, transparent zu machen, wie groß die Nachfrage nach solchen Hochleistungsrechnern tatsächlich ist, wodurch die Investitionen in den Ausbau der Infrastruktur greifbarer und rentabler werden.

### 3.2.3 Recht

#### Die KI-Verordnung der EU (AI Act)

Das Gaia-X Ökosystem bietet viele Funktionen, die die Einhaltung des vorgeschlagenen KI-Gesetzes erleichtern. Vor allem diejenigen, deren KI-Systeme als ‚hohes Risiko‘ eingestuft werden, müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllen, darunter Transparenz, Rückverfolgbarkeit und die Verwendung hochwertiger Daten. Der *Federated Catalogue* ermöglicht es zum Beispiel Teilnehmenden, die im Bereich der KI arbeiten, die Details zu den angebotenen Datensätzen einzusehen und zurückzuverfolgen, beispielsweise um welche Art von Daten es sich handelt, von wem sie bereitgestellt wurden und so weiter. Außerdem ermöglicht das Gaia-X Ökosystem den Teilnehmenden zu überprüfen und sicherzustellen, dass die Daten von ausreichend hoher Qualität sind. Da das KI-Gesetz jedoch noch nicht fertig verhandelt- und in Kraft getreten ist, ist es noch zu früh, um einen vollständigen Überblick darüber zu geben, inwieweit die Regeln von Gaia-X mit der KI-Verordnung harmonisieren.

#### Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)

Das Gaia-X-Ökosystem ist so aufgebaut, dass es mit den europäischen Vorschriften in Einklang steht. Das *Gaia-X Digital Clearing House (GXDCH)* als die zentrale Anlaufstelle ermöglicht es, sowohl die Einhaltung der Gaia-X-Regeln als auch die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, wie zum Beispiel die der DSGVO, auf automatisierte Weise zu überprüfen.

Relevant sind auch die verschiedenen *Label-Levels*, die den Grad der Konformität eines Dienstes beschreiben (Abb. 6). Alle Dienste müssen mindestens die *"Gaia-X Policy Rules"* und die *"Architecture"*-Dokumente einhalten, einschließlich der Datenschutzerfordernungen der DSGVO. Je nachdem, ob die Teilnehmenden zusätzliche Garantien wünschen oder mit besonders sensiblen Daten arbeiten und ihre Daten vor außereuropäischen Vorschriften (wie dem US Cloud Act) schützen wollen, können sie sicherstellen, dass der gewählte Dienst in Europa ansässig ist.

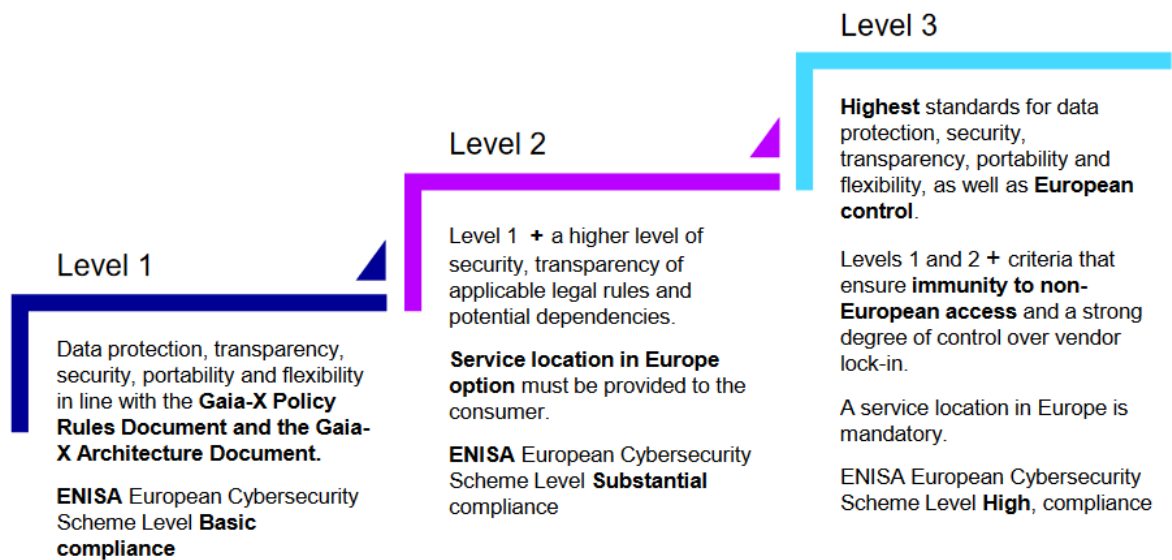


Abbildung 6: Gaia-X Levels (Quelle: Bonfiglio 2022)

Für den Bereich der KI ist es besonders relevant, dass das Gaia-X-Ökosystem **Compute-to-Edge-Anwendungen** und **föderiertes Lernen** beinhaltet. Hier können KI-Algorithmen lokal trainiert werden, wobei die Daten selbst nie die Server des Datenanbieters verlassen. Dies ermöglicht nicht nur denjenigen, die die Daten zur Verfügung stellen, die volle Kontrolle über diese Daten zu behalten, sondern erhöht auch die Datensicherheit und gewährleistet die Einhaltung der DSGVO.

## 4. Gaia-X KI-Fallstudien

Aus einer Vielzahl von Gaia-X-Projekten, die sich mit KI beschäftigen, wurden hier drei Projekte exemplarisch ausgewählt. EuProGigant (Industrie 4.0) und Gaia-X 4 KI (Mobilität) wurden aufgrund der Bedeutung dieser Sektoren für die deutsche Wirtschaft ausgewählt (wie in Abb. 2 und 3 zu sehen ist). OpenGPT-X (Große Sprachmodelle) wurde ausgesucht, weil große Sprachmodelle für einen Großteil der aktuellen Begeisterung für KI verantwortlich sind.

### 4.1. Industrie 4.0 (EuProGigant)

Das „Europäische Produktionsgigant“ EuProGigant ist eines von aktuell zehn Gaia-X Leuchtturmprojekten und beschäftigt sich mit der intelligenten und souveränen Nutzung von Daten für die Produktion. Ziel ist der Aufbau eines standortübergreifenden, digital vernetzten Produktionsökosystems. Dieses Ökosystem vernetzt Unternehmen und Forschungseinrichtungen der fertigen Industrie auf allen Ebenen der Wertschöpfung und fokussiert sich entsprechend des Ansatzes von Gaia-X neben dem Cloud-Bereich auch auf das Thema Edge-Computing (siehe Abbildung 7). Abbildung 8 zeigt einen allgemeinen Überblick über das EuProGigant Ökosystem.

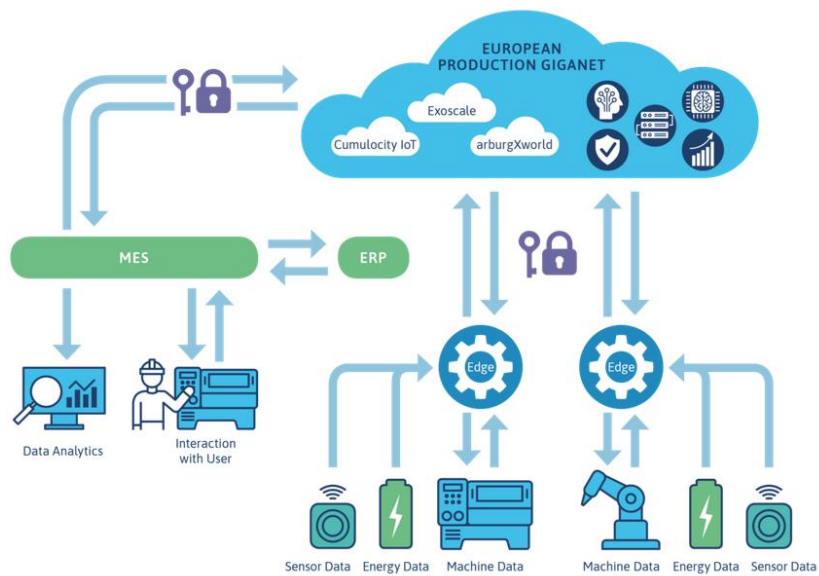


Abbildung 7: **Vertikale Integration** - fallübergreifende Projektstruktur als universelles Rückgrat des Projekts (Quelle: EuProGigant)

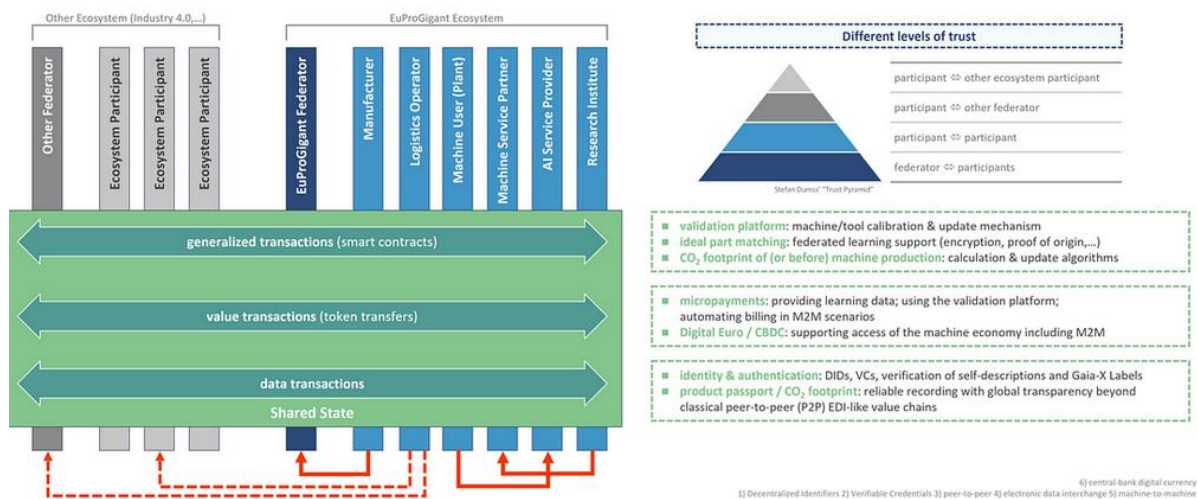


Abbildung 8: **EuProGigant Ecosystem: Business and Service Modelling — Distributed Ledger Technology (DLT) Potential Use Cases at Medium Trust Level** (Quelle: Strnadl, Workshop Gaia-X Lighthouse Projects, Munich, November 10, 2022)

Im Rahmen eines deutsch-österreichischen Konsortiums unter Leitung der Pilotfabrik Industrie 4.0 der TU Wien und des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt erfolgt der Aufbau des Ökosystems, das im Sinne der Selbstorchestrierung eine Governance unter Beteiligung der Teilnehmenden vorsieht.

Konkrete Anwendungsszenarien werden derzeit in vier Use-Cases betrachtet, die wichtige Problemstellungen der Produktionsindustrie aufgreifen und in denen die gemeinsame Nutzung von Daten von entscheidender Bedeutung ist:

- CO<sub>2</sub>-Fußabdruck im Produktentstehungsprozess – Bereitstellung von CO<sub>2</sub>-Äquivalentdaten in der Produktdesignphase zur Beeinflussung der Klimabilanz in der Produktherstellung
- Validierungsplattform – Unternehmensübergreifende Kooperationen zur Erstellung einer Datenbasis aus Maschinen und Prüfständen zur effektiven Zustandsüberwachung mit dem Ziel der kollaborativen Nutzung von Hardwareressourcen zum Beispiel in der Bauteilprüfung und Maschinenauslastung
- Ideales Matching von Bauteilen: Optimierte, datenbasierte Zusammenstellung von Baugruppen-Komponenten
- Mobile Bearbeitungsmaschine: Verarbeitung und Nutzung großer Datenmengen beim mobilen Einsatz von Maschinen

Anhand solcher Anwendungsbeispiele erfolgt die Auseinandersetzung mit aktuellen Herausforderungen in der Produktion. Hierzu zählt der Mangel an Flexibilität aufgrund weitgehender Automatisierung und grenzüberschreitenden Lieferketten mit geringer Lagerhaltung, welche sich insbesondere bei Ereignissen wie einem plötzlichen Nachfragerückgang oder Engpässen bei der Lieferung von Vorprodukten zeigen. EuProGigant ermöglicht es, solchen drohenden Problemsituationen vorzubeugen und diese zu umgehen, indem die Verfügbarkeit von Daten und Diensten erhöht wird und so insbesondere die Entwicklung und der Einsatz von KI befördert werden.

Dies lässt sich beispielhaft am Use Case „Validierungsplattform“ erläutern: Durch die Möglichkeiten von digitalen Ökosystemen können verschiedene Unternehmen derart vernetzt werden, dass sie ihr Know-how miteinander teilen können, ohne dass ihr geistiges Eigentum gefährdet ist. Demonstriert wird das anhand eines KI-Services zur Zustandsüberwachung von Fräswerkzeugen anhand der Maschinendaten eines Bearbeitungszentrums.

Bislang ist die sogenannte *Predictive Maintenance* nur in einer begrenzten Anzahl von Fällen möglich. Die in der Regel auf KI basierende Vorhersage von Instandhaltungsbedarfen setzt große Datenmengen sowie Fähigkeiten zur KI-Entwicklung voraus. Zur Umsetzung muss ein Unternehmen beispielsweise entsprechend viele Anlagen des gleichen Typs in Betrieb haben, um eine ausreichende Datengrundlage zu generieren oder eine spezialisierte Abteilung vorweisen, die KI-Modelle entwickelt und einsetzt. Diese Voraussetzungen sind aber nur bei einem relativ kleinen Anteil von Unternehmen tatsächlich gegeben. Gaia-X-Projekte wie EuProGigant setzen alternativ auf einen Austausch von Daten und Diensten. Besonders kleine und mittlere Unternehmen können ihre Daten im Ökosystem anbieten und so eine ausreichende gemeinsame Datengrundlage schaffen. Auf dieser Grundlage können wiederum Softwareanbieter zur Erstellung des Algorithmus und Entwicklung von KI-Modellen tätig werden. Über das Ökosystem können diese Anbieter ihre Dienste schließlich wieder an die produzierenden Unternehmen zur Nutzung anbieten und gegebenenfalls sogar an die einzelnen, eingesetzten Produktionsanlagen übertragen.

Ermöglicht wird dieses Zusammenwirken im Anwendungsbeispiel durch den Aufbau der oben beschriebenen Validierungsplattform, die auf der Gaia-X Referenzarchitektur unter Verwendung der entsprechenden Föderationsdienste Pontus-X und zukünftig Eclipse Cross Federation Services Components (XFSC) aufbaut. So können die in Gaia-X gegebenen Möglichkeiten

zur sicheren Identifikation, sicheren Datenübertragung und Compliance genutzt werden. Im Beispiel von EuProGigant bilden Gaia-X, die XFSC und das Pontus-X Ökosystem (siehe Abbildung 10) also die Basis, um Daten-Wertschöpfungsketten, die zuvor vornehmlich in Großunternehmen abgebildet werden konnten, in einem Ökosystem mit diversen Anbietern (darunter kleine und mittlere Unternehmen) zu realisieren.

#### 4.1. Mobilität (Gaia-X 4 Future Mobility und Gaia-X 4 KI)

Die Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility ist in der Domäne Mobilität angesiedelt. Gaia-X 4 Future Mobility umfasst aktuell sechs vom BMWK geförderte Projekte: Gaia-X 4 KI, Gaia-X 4 AMS, Gaia-X 4 ROMS, Gaia-X 4 PLC-AAD, Gaia-X 4 moveID sowie Gaia-X 4 AGEDA. Der Fokus aller Projekte liegt auf der Gaia-X-basierten Umsetzung zukünftiger Mobilitätsanwendungen. Aufgrund der Produktnähe der Anwendungen ist die datenbasierte Vernetzung mit Herstellern, Zulieferern, Dienstleistern und Nutzern besonders wichtig. Der Fokus liegt hier auf dem Projekt Gaia-X 4 KI.

„Die technische Systemwelt im Mobilitätsbereich unterliegt einer hohen Dynamik. Dabei werden mittlerweile Komplexitätsgrade erreicht, welche die Grenzen der Machbarkeit von etablierten, ingenieurstechnisch geprägten Methoden und Werkzeugen erreicht oder darüber hinausführt. Neue innovative Methoden werden daher gesucht und etabliert (S.3, Knake-Langhorst et al. 2021)“. KI ist eine wichtige Schlüsseltechnologie bei der Entwicklung komplexer technischer Systeme – dies gilt insbesondere auch für den Bereich der Mobilität. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung von KI liegen in der breiten Verfügbarkeit adäquater Daten, Diensten und IT-Ressourcen. Gaia-X stellt dabei die Weichen für die Etablierung eines digitalen Ökosystems. Die Vereinigung von KI und Gaia-X in einem Projekt ermöglicht, anwendungsbezogene Beiträge für die Entwicklung von Gaia-X zu erarbeiten, indem die Nutzung in Use Cases des automatisierten und vernetzten Fahrens (AVF) und der industriellen Fertigung untersucht werden. Die Ziele im industriellen Anwendungsbereich liegen dabei in der Homogenisierung der Produktionsqualität sowie der Konzeption und Entwicklung kontinuierlich optimierbarer und anlagenübertragbarer KI-Algorithmen. Die AVF-Use Cases umfassen die Schwerpunktbereiche Zustands- & Cyber-Security-Monitoring sowie das virtuelle und simulationsbasierte Testen. Daneben werden im Bereich Produktion KI-basierte Inspektionslösungen und Qualitätsprognosen fokussiert.

Durch die Verknüpfung dieser üblicherweise getrennten Anwendungsfelder lassen sich Konzepte und Ausgestaltungen eines geschlossenen Datenkreislaufs über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg entwickeln, wodurch das Potential eines gemeinsamen Daten- und Diensteökosystems maximal ausgeschöpft werden kann. Im Rahmen des Projekts entstehen integrierte Datenbasen, standardisierte Datenschnittstellen sowie übergreifend genutzte Datendienste. Die Kopplung mit weiteren domänenspezifischen Datenräumen ermöglicht darüber hinaus die Nutzbarmachung relevanter Data Assets für Anwendungen auch über die fokussierten Arbeitsbereiche hinaus.

Die Möglichkeiten, die sich aus dem Projektrahmen ergeben, spiegeln sich unter anderem sehr gut in zwei *Minimal Examples* wider, die im Projekt entwickelt und bearbeitet werden. Unter



dem Begriff *Minimal Example* versteht das Projekt Pilotanwendungen, auf deren Basis frühzeitig und niederschwellig im Projekt strukturübergreifendes Arbeiten sowie erste praktische Erfahrungen im Umgang mit Gaia-X-Technologien ermöglicht werden. Das Minimal Example CARLA umfasst zum Beispiel die cloudbasierte Anbindung und Nutzbarmachung des gleichnamigen Simulationsframeworks. Abbildung 9 zeigt die grundlegende Systemarchitektur auf. Die Herausforderung liegt dabei in der Verknüpfung großer Datenmengen mit komplexen Softwareservices bei unterschiedlichen Stakeholdern. Die entstehenden Dienste können dann im Rahmen der Entwicklung von AVF-Use Cases genutzt werden. Während die Erkenntnisse aus diesen Arbeiten an sich bereits wertvoll für das Projekt Gaia-X 4 KI sind, können die Ergebnisse der Arbeiten als Grundlage für die Entwicklung und das zielgerichtete Testen von KI-Algorithmen genutzt werden – in Gaia-X 4 KI selbst als auch im Rahmen der Schwesterprojekte.

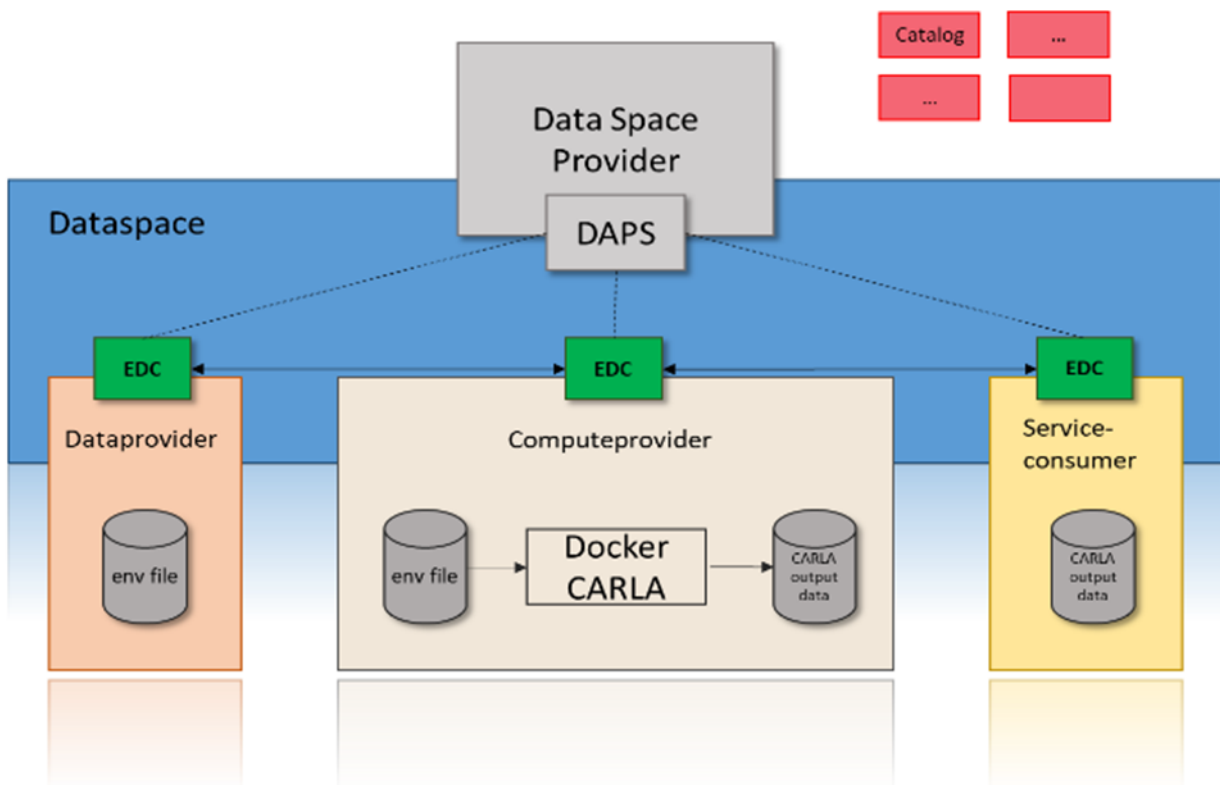


Abbildung 9: CARLA-Use Case im Projekt Gaia-X 4 KI (Quelle: Gaia-X 4 KI)

Das *Minimal Example* KI-Trainingspipeline erzeugt eine cloudbasierte Prozesskette für das Trainieren von KI-Funktionen. Es handelt sich daher um ein sehr gutes Beispiel für die Erforschung der Anforderungen an eine offene Daten- und Dienste-Infrastruktur. Nach Fertigstellung kann dieser Dienst anwendungs- und domänenübergreifend genutzt werden.

Die beiden Beispiele zeigen auf, wie die oben beschriebenen Verbindungen Synergien und Potentiale im Projekt aufschlüsseln und übergreifende Bezüge zwischen KI und Gaia-X ermöglichen.

Ein Alleinstellungsmerkmal des Gaia-X Leuchtturm-Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility ist, dass hier alle technologischen Ökosysteme bereits vertreten sind und genutzt werden, um KI-Dienste anzubieten und zu orchestrieren, zum Beispiel auch die Eclipse Cross Federation Service Components, Ocean Protocol, die Eclipse Dataspace Components und verschiedene SSI-

Infrastrukturen, um Gaia-X konforme und offene Identitätsökosystemdienste zu verwirklichen.

In diesem Kontext werden die gleichen Ökosystemdienste (Katalogdienste, Vertragsdienste, Zahlungsdienste, Login) wie bei EuProGigant genutzt, sodass beide Ökosysteme ad hoc auch einen Austausch und Zusammenarbeit durchführen können.

### Pontus-X Ecosystem for Gaia-X



Abbildung 10: Pontus-X-Ökosystem (Quelle: deltaDAO AG)

### 4.2. Große Sprachmodelle (OpenGPT-X)

Große KI-Sprachmodelle wurden bisher vor allem von großen Konzernen in den USA und China entwickelt. Dem freien Markt stehen sie meist nur eingeschränkt zur Verfügung; sind nicht individuell anpassbar und meist nur in Englisch oder Chinesisch verfügbar. Dienste, die auf diesen Modellen basieren, wie ChatGPT, speichern und verarbeiten ihre Daten normalerweise außerhalb Europas. Sensible oder personenbezogene Daten können also nicht rechtssicher verarbeitet werden. Die daraus folgende mangelnde Nutzbarkeit von großen KI-Sprachmodellen für den deutschen und europäischen Markt stellt einen erheblichen Wettbewerbsnachteil für alle Sektoren dar. Insbesondere in der Industrie könnte die Technologie die Effizienz von Produktionsprozessen auf ein wesentlich höheres Niveau heben.

Ziel des Projekts OpenGPT-X ist es, auf europäischer Ebene große, mehrsprachige KI-Sprachmodelle („Large Language Models“/LLM) zu entwickeln, um in diesem Sektor sowohl die digitale Souveränität als auch die langfristige Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Europas zu stärken. Das Projekt ist ein Konsortium des Gaia-X Förderwettbewerbs "Innovative und praxisnahe Anwendungen und Datenräume im digitalen Ökosystem Gaia-X ". Durch die Einbindung in das offene, interoperable Gaia-X-Ökosystem wird die Datenspeicherung und -verarbeitung nach europäischen Datenschutz- und Sicherheitsstandards in den Blick genommen.

Dies soll Unternehmen bestmögliche Rahmenbedingungen zur Nutzung sensibler oder personenbezogener Daten bieten. Das Training selbst kann über verteilte Infrastrukturen in europäischen Rechenzentren ablaufen, wobei andere Projekte im Gaia-X-Umfeld die dafür erforderliche Kompatibilität und Interoperabilität von leistungsfähigen Cloud-Services sicherstellen. Über offene Schnittstellen und einen Gaia-X-konformen Datenraum können sowohl Wirtschaft wie auch der öffentliche Sektor die von OpenGPT-X entwickelten Modelle als Basis für innovative Sprachdienste rechtssicher nutzen. Der technische Aufbau ermöglicht eine schnelle und günstige Adaption und Skalierbarkeit. So können Services in verschiedenen Sprachen oder mit individuellem Branchen-Vokabular ohne erheblichen Zusatzaufwand modular genutzt werden. Nur durch die Entwicklung eines selbst-souveränen, deutsch-europäischen Sprachmodells sowie dem Aufbau eigener Kompetenzen in diesem Gebiet lässt sich mit bekannten Problemen von großen KI-Sprachmodellen überhaupt erst umgehen: Die Möglichkeit zur individuellen Anpassbarkeit stärkt die Kontrolle über die Modelle, die Einbindung in Gaia-X als öffentlich zugängliches Open-Source-Sprachmodell fördert Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

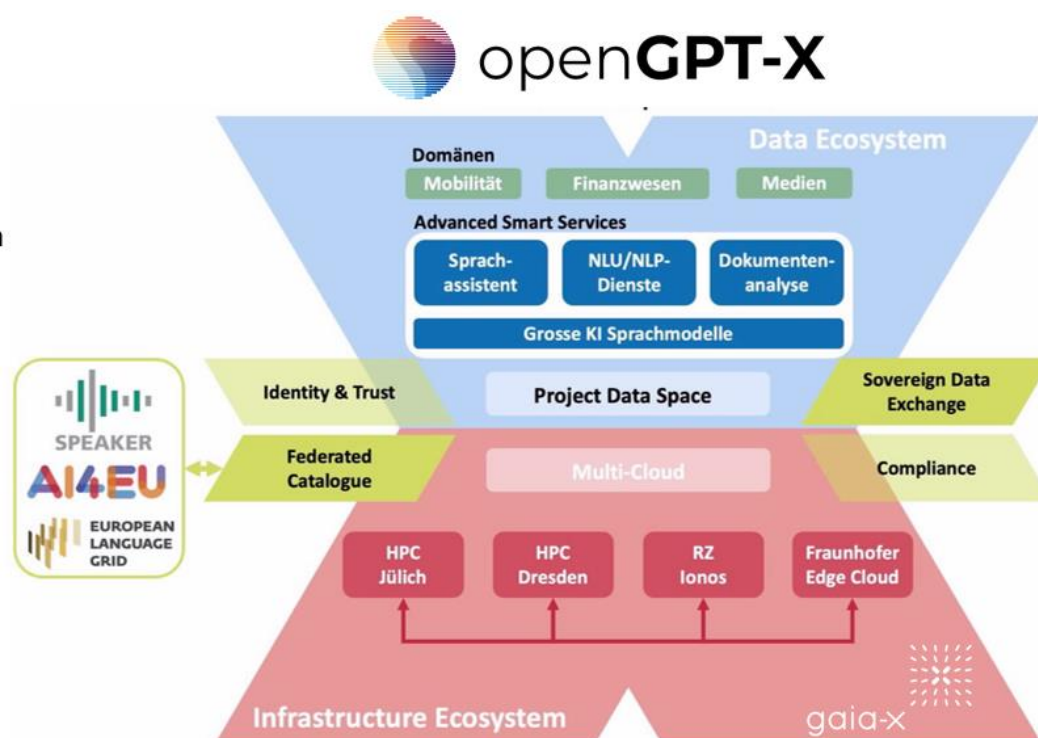


Abbildung 11: Infrastruktur des Förderprojekts OpenGPT-X (Quelle: OpenGPT-X)

## Bibliografie

---

**Annoni, A., Benczur, P., Bertoldi, P., Delipetrev, B., De, P. G., Feijoo, C., Fernandez, M. E., Gomez, G. E., Iglesias, P. M., Junklewitz, H., Lopez, C. M., Martens, B., Figueiredo, D. N. S., Nativi, S., Polvora, A., Sanchez, M. J. I., Tolan, S., Tuomi, I., & Vesnic, A. L. (2018).** Artificial Intelligence: A European Perspective. <https://doi.org/10.2760/11251>

**Ataman, A. (2023).** Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices. <https://research.aimultiple.com/data-quality-ai/>

**Bitkom. (2022).** Trotz Krieg und Krisen: In Deutschland fehlen 137.000 IT-Fachkräfte | Presseinformation | Bitkom e. V. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutschland-fehlen-137000-IT-Fachkraefte>

**Bonfiglio, F. (2022).** Gaia-X Mission, Milestones, & Deliverables 2022.

**Borgesius, F. Z. (2018).** Discrimination, Artificial Intelligence, and algorithmic decision-making. DG, Democracy, Council of Europe.

**Budach, L., Feuerfeil, M., Ihde, N., Nathansen, A., Noack, N., Patzlaff, H., Naumann, F., & Harmouch, H. (2022).** The Effects of Data Quality on Machine Learning Performance (arXiv:2207.14529). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2207.14529>

**CAIS. (o. J.).** Statement on AI Risk | CAIS. Abgerufen 4. September 2023, von <https://www.safe.ai/statement-on-ai-risk>

**Die Bundesregierung. (2018).** Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung.

**Die Bundesregierung. (2020).** Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung- Fortschreibung 2020.

**EC. (2018a).** COM (2018) 237 final- Künstliche Intelligenz für Europa. Abgerufen 5. September 2023, von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2018%3A237%3AFIN>

**EC. (2018b).** Coordinated Plan on Artificial Intelligence. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0795>

**EC. (2021).** Coordinated Plan on Artificial Intelligence 2021 Review | Shaping Europe's digital future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/coordinated-plan-artificial-intelligence-2021-review>

**Entwurf 'Artificial Intelligence Act', COM (2021) 206 final.** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0206>

**EC. (2023a).** Vorschlag für einen Rechtsrahmen für künstliche Intelligenz | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai>

**EC. (2023b, Juni 30).** Ein europäischer Ansatz für künstliche Intelligenz | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/european-approach-artificial-intelligence>

**European Parliament. Directorate General for Parliamentary Research Services. (2020).**

The impact of the general data protection regulation on artificial intelligence. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/293>

**Feingold, S. (2023).** The European Union's Artificial Intelligence Act—Explained. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2023/06/european-union-ai-act-explained/>

**Gaia-X AISBL. (o. J.).** Gaia-X Framework - Gaia-X: A Federated Secure Data Infrastructure. Abgerufen 7. September 2023, von <https://gaia-x.eu/gaia-x-framework/>

**Gaia-X Trust Framework—Gaia-X Trust Framework—Main version (fb420580). (o. J.).** Abgerufen 7. September 2023, von [https://gaia-x.gitlab.io/policy-rules-committee/trust-framework/gaia-x\\_trust\\_framework/](https://gaia-x.gitlab.io/policy-rules-committee/trust-framework/gaia-x_trust_framework/)

**GCS Joins GAIA-X. (2021, Mai 27).** Gauss Centre for Supercomputing e.V. <https://www.gauss-centre.eu/news/newsflashes/gcs-joins-gaia-x>

**Glossar—PLS. (o. J.).** Abgerufen 4. September 2023, von <https://www.plattform-lernende-systeme.de/glossar.html>

**Grodon-Morrison, A. (2022).** Importance of Data Quality in AI Implementation—Unite.AI. <https://www.unite.ai/importance-of-data-quality-in-ai-implementation/>

**IPSOS. (2022).** Global Opinions and Expectations about AI.

**KI Bundesverband. (2023).** Große KI-Modelle für Deutschland.

**Kirste, M., & Schürholz, M. (2019).** Einleitung: Entwicklungswege zur KI. In V. Wittpahl (Hrsg.), Künstliche Intelligenz: Technologie | Anwendung | Gesellschaft (S. 21–35). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58042-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58042-4_1)

**Knake-Langhorst, S., Linder, C., & Mazzega, J. (2021).** GAIA-X 4 KI: DATEN- UND DIENSTE-ÖKOSYSTEM FÜR KI-ORIENTIERTE FORSCHUNG & ENTWICKLUNG.

**Maslej, N., Fattorini, L., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ligett, K., Lyons, T., Manyika, J., Ngo, H., Niebles, J. C., Parli, V., Shoham, Y., Wald, R., Clark, J., & Perrault, R. (2023).** AI Index Report 2023 – Artificial Intelligence Index. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University. <https://aiindex.stanford.edu/report/>

**Pawelke, A. (2020).** Daten teilen, aber wie? Ein Panorama der Datenteilungsmodelle (Version 1). BStift - Bertelsmann Stiftung. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/doi/10.11586/2020079>

**PLS. (2019).** Neue Geschäftsmodelle mit Künstlicher Intelligenz: Zielbilder, Fallbeispiele und Gestaltungsoptionen. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/aktuelles-newsreader/zukunftsfaehig-mit-kuenstlicher-intelligenz-leitfaden-fuer-unternehmen-189.html>

- PWC. (2017).** PwC's Global Artificial Intelligence Study: Sizing the prize. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html>
- Rammert, C. (2021).** Herausforderungen beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz. BMWi. <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-ki-herausforderungen.html>
- Regina, F., Jurek, T., & Anika, J. (2023).** Fachkräftemangel in IT-Berufen – gute Chancen für Auf- und Quereinsteigende. Flake Gutachten. <https://www.iwkoeln.de/studien/regina-flake-jurek-tiedemann-anika-jansen-fachkraeftemangel-in-it-berufen-gute-chancen-fuer-auf-und-quereinsteigende.html>
- Righi, R., Pineda, L. C., Cardona, M., Soler, G. J., Papazoglou, M., Samoili, S., & Vazquez-Prada, B. M. (2022).** AI Watch Index 2021. JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2760/921564>
- SAP. (o. J.).** Was ist maschinelles Lernen? Ihre Fragen beantwortet. SAP. Abgerufen 4. September 2023, von <https://www.sap.com/germany/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html>
- Seifert, I., Bürger, M., Wangler, L., Christmann-Budian, S., Rohde, M., Gabriel, P., & Zinke, G. (2018).** Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland. Begleitforschung PAiCE, iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH.
- Seitz, J., Hirschfeld, A., Gilde, J., Cann, V., Komp, D., Bittner, P.-D., & Walk, V. (2020).** Wo stehen deutsch Startups? Bundesverband Deutsche Startups e.V.
- Strnadl, C. (2022).** Business and Service Modelling—Distributed Ledger Technology (DLT) Potential Use Cases at Medium Trust Level. Workshop Gaia-X Lighthouse Projects, Munich, November 10, 2022
- Szczepański, M. (2019).** Economic impacts of artificial intelligence. | European Parliamentary Research Service.