

SMARTE TOOLS FÜR
SERVICEZENTRIERTE ANWENDUNGEN IN
WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKEN



WHITEPAPER

Gaia-X-Ready
Industrial Product-
Service Systems



IMPRESSUM

Herausgeber

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

Leonhard-Euler-Straße 5
44227 Dortmund

www.lfo.mb.tu-dortmund.de
sekretariat.lfo.mb@tu-dortmund.de

+49 (231) 755 5771

Autoren:

Jonas Eichholz
Tobias Schrage
Dr.-Ing. Nick Große
Diyar Karabulut
Leon Jungh
Marius Klinsmer Tchapga Leumen

Redaktion: Jonas Eichholz

Satz und Layout: Dagmar Lepke

Bildnachweis

Titel: InfiniteFlow/AdobeStock

©LFO 12/2025

<https://lfo.mb.tu-dortmund.de/forschung/forschungsprojekte/gripss-x/>

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen 02K18D130 bis 02K18D137) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.



Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Die Veröffentlichung erfolgt unter der CC-BY-SA Lizenz.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-26295>

GRIPSS-X Whitepaper

Smarte Tools für servicezentrierte Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken

INHALT

Impressum	2
Einleitung	4
Problemstellung.....	6
Anwendungsfall GRIPSS-X	8
Anforderungserhebung	9
Gaia-X	18
Studiendesign.....	20
Digitalisierungsgrad im Unternehmen.....	22
Gesamtumsatz von industriellen Dienstleistungen	23
Relevanz industrieller Dienstleistungen.....	24
Relevanz künstlicher Intelligenz	25
Relevanz digitaler Plattformen.....	26
Relevanz brancheninterner und branchenübergreifender einheitlicher Dateninfrastrukturen	27
Relevanz der Zusammenarbeit von Unternehmen	28
Anzahl der Partner bei Zusammenarbeit	29
Bezug zu Dienstleistungen	30
Fazit.....	32
Handlungsfelder für Unternehmen.....	33
Beschreibung der Partner	34
Literaturverzeichnis.....	36

EINLEITUNG

Die industrielle Wertschöpfung steht zunehmend vor der Herausforderung, komplexe Dienstleistungen effizient zu koordinieren und gleichzeitig den souveränen Umgang mit sensiblen Daten sicherzustellen. Mit der fortschreitenden Digitalisierung, der zunehmenden Spezialisierung der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen und dem Trend zu vernetzten Wertschöpfungsnetzwerken steigen die Anforderungen an den sicheren und standardisierten Austausch von Informationen. Besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sehen sich in diesem Umfeld mit hohen Koordinationsaufwänden und Unsicherheiten beim Thema Datensouveränität konfrontiert. Gleichzeitig entstehen neue Potenziale für datengetriebene Innovationen und kollaborative Geschäftsmodelle, die jedoch häufig ungenutzt bleiben. (Kergroach 2021; Angelika Pauer et al.)

Vor diesem Hintergrund verfolgte das Forschungsprojekt GRIPSS-X das Ziel, eine offene Wertschöpfungsplattform für den Maschinen- und Anlagenbau zu schaffen. Das Projektkronym GRIPSS-X steht dabei für Gaia-X-Ready Industrial Product-Service Systems: Smarte Tools für servicezentrierte Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken. Basierend auf den Prinzipien von Gaia-X und unterstützt durch KI (Künstliche Intelligenz)-basierte Dienstleistungen sollen Koordinationsaufwände reduziert, der sichere Datenaustausch erleichtert und die Effizienz in der Beauftragung industrieller Dienstleistungen nachhaltig gesteigert werden. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung einer standardisierten, souveränen und interoperablen Infrastruktur, die insbesondere KMU bei der Umsetzung innovativer, datengetriebener Geschäftsmodelle unterstützt.

Das Projektkonsortium wird getragen von einer interdisziplinären Partnerschaft aus renommierten Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen. Wissenschaftliche Partner sind der Lehrstuhl für Unternehmenslogistik (LFO) der Technischen Universität Dortmund, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) sowie das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST). Auf Unternehmensseite bringen die adesso SE, Weber Rohrleitungsbau, die wagner GmbH, die Weldootherm Gesellschaft für Wärmetechnik mbH, die Weldootherm Wärmetechnischer Dienst GmbH, iits-consulting sowie die Hahn Projects GmbH ihre jeweilige Expertise ein. Gemeinsam arbeiten sie daran, ein Gaia-X-konformes Ökosystem zu entwickeln, das durch sichere, KI-gestützte Prozesse eine neue Qualität der Zusammenarbeit in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken ermöglicht. Abbildung 1 stellt den Zusammenhang des Konsortiums grafisch dar. Eine detaillierte Beschreibung der Konsortialpartner befindet sich am Ende.

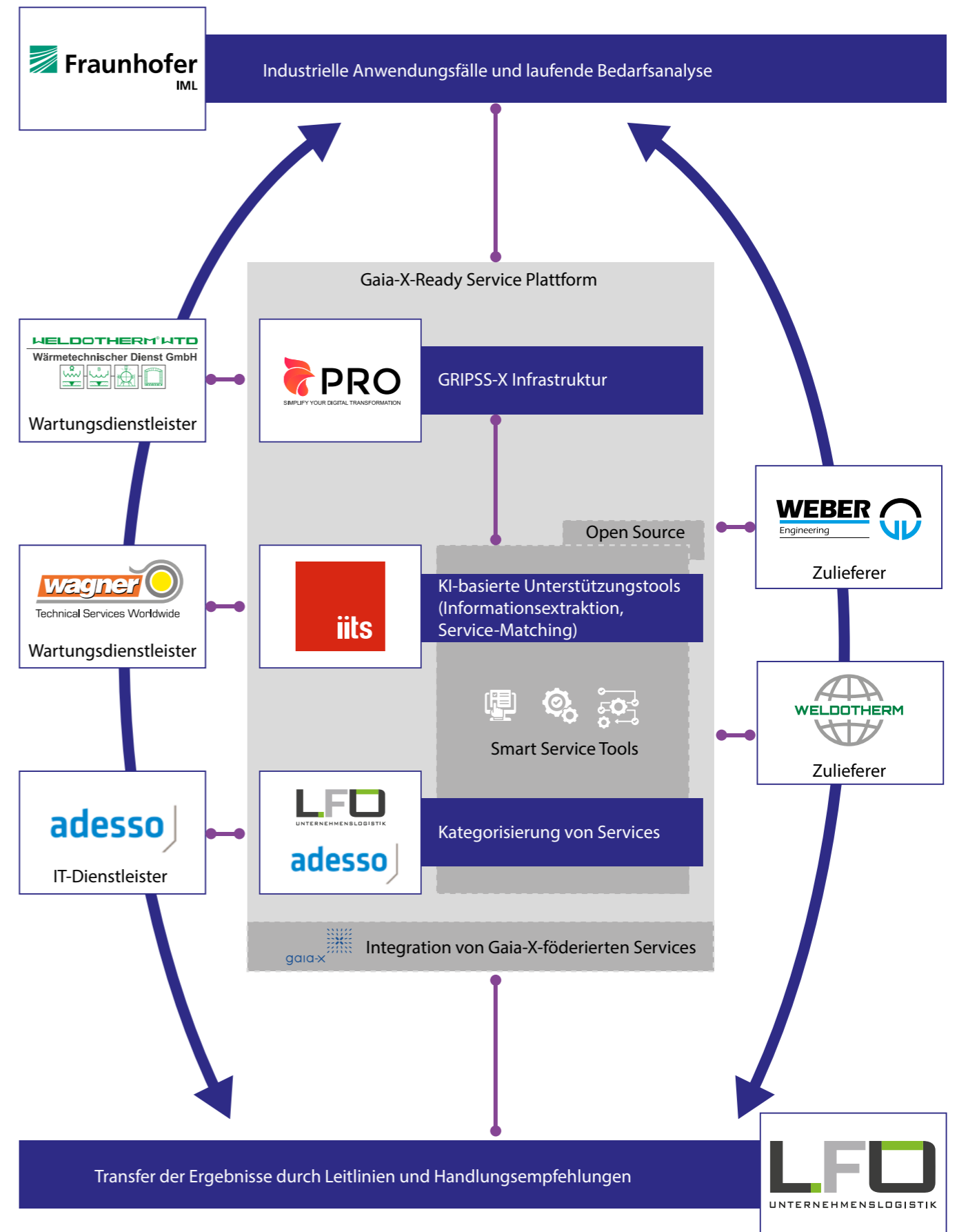


Abbildung 1: Konsortium

PROBLEMSTELLUNG

Das Forschungsprojekt GRIPSS-X widmet sich einem der zentralen Probleme der modernen industriellen Wertschöpfungsnetzwerke: dem steigenden Koordinationsaufwand in einer zunehmend vernetzten und datengetriebenen Welt. Mit der zunehmenden Spezialisierung von Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen und der immer stärkeren Abhängigkeit von externen Partnern, um umfassende Dienstleistungen zu erbringen, entstehen neue Herausforderungen. Besonders KMU haben Schwierigkeiten, sich in dieser komplexen Umgebung zurechtzufinden, da der sichere und souveräne Austausch von Daten nicht ausreichend gewährleistet und einfach zu implementieren ist. Dies führt zu ineffizienten Prozessen, erhöhten Kosten und einer unzureichenden Nutzung der Potentiale der durchgehenden Co-Creation.

Ein Kernproblem ist der fehlende Standard für den Austausch und die Kategorisierung von Dienstleistungen sowie die Unsicherheit bezüglich der Datenintegrität und -souveränität. Diese Herausforderungen behindern die Möglichkeit, innovative Geschäftsmodelle und Kooperationen zu fördern, was im internationalen Wettbewerb zunehmend zu einem Nachteil wird. Unternehmen müssen eine digitale Infrastruktur nutzen, die nicht nur den sicheren Datenaustausch ermöglicht, sondern auch den Koordinationsaufwand minimiert und gleichzeitig den spezifischen Anforderungen der Industrie gerecht wird (vgl. Abbildung 2).

GRIPSS-X zielt darauf ab, durch die Entwicklung einer GAIA-X-konformen Plattform diese Probleme zu lösen, indem eine standardisierte, sichere und KI-unterstützte Infrastruktur bereitgestellt wird. Diese soll nicht nur den Austausch von Daten erleichtern, sondern auch den gesamten Prozess der Ausschreibung, Angebotserstellung und Zusammenarbeit effizienter gestalten. So wird die Co-Creation in Wertschöpfungsnetzwerken gefördert, was nicht nur die Innovationsfähigkeit erhöht, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere von KMU stärkt.

GRIPSS-X reduziert damit Schnittstellenprobleme und ermöglicht es Unternehmen, sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren, während der Austausch von Dienstleistungen und Daten vereinfacht und optimiert wird.

In diesem abschließenden Whitepaper wird zunächst der Anwendungsfall als Einstieg geschildert. Daran anschließend folgen die theoretischen Grundlagen zu Künstlicher Intelligenz und Gaia-X, bevor die zentralen Projektergebnisse zusammengefasst werden. Der Hauptteil enthält die detaillierte Auswertung einer Umfrage, die den Status quo sowie Einschätzungen zu aktuellen Technologien im Kontext der Zusammenarbeit von Unternehmen bei der gemeinsamen Erbringung industrieller Dienstleistungen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau erfasst. Grundlage hierfür war ein standardisierter Fragebogen, der an der TU Dortmund entwickelt wurde.

Der zentrale Anwendungsfall des Projekts behandelt die Vereinfachung und Automatisierung von Ausschreibungs- und Angebotsprozessen für industrielle Dienstleistungen, insbesondere im Bereich der Instandhaltung. Durch den Einsatz künstlicher Intelligenz werden unstrukturierte Ausschreibungsdokumente automatisch analysiert und in strukturierte Daten umgewandelt, was eine passgenaue Angebotserstellung durch Dienstleister ermöglicht. Zudem wird durch eine standardisierte Ontologie für industrielle Services sichergestellt, dass alle relevanten Informationen vollständig vorliegen, um unnötige Rückfragen und Verzögerungen zu vermeiden.

Ein weiteres Anwendungsfeld umfasst die Nutzung der Plattform zur Koordination mehrerer Dienstleister, die gemeinsam komplexe Dienstleistungen erbringen. Hierbei reduziert die Plattform den sonst hohen Abstimmungsaufwand und minimiert Schnittstellenprobleme, wie beispielsweise unterschiedliche Spezifikationen oder Formate, was die Effizienz der Zusammenarbeit signifikant steigert.

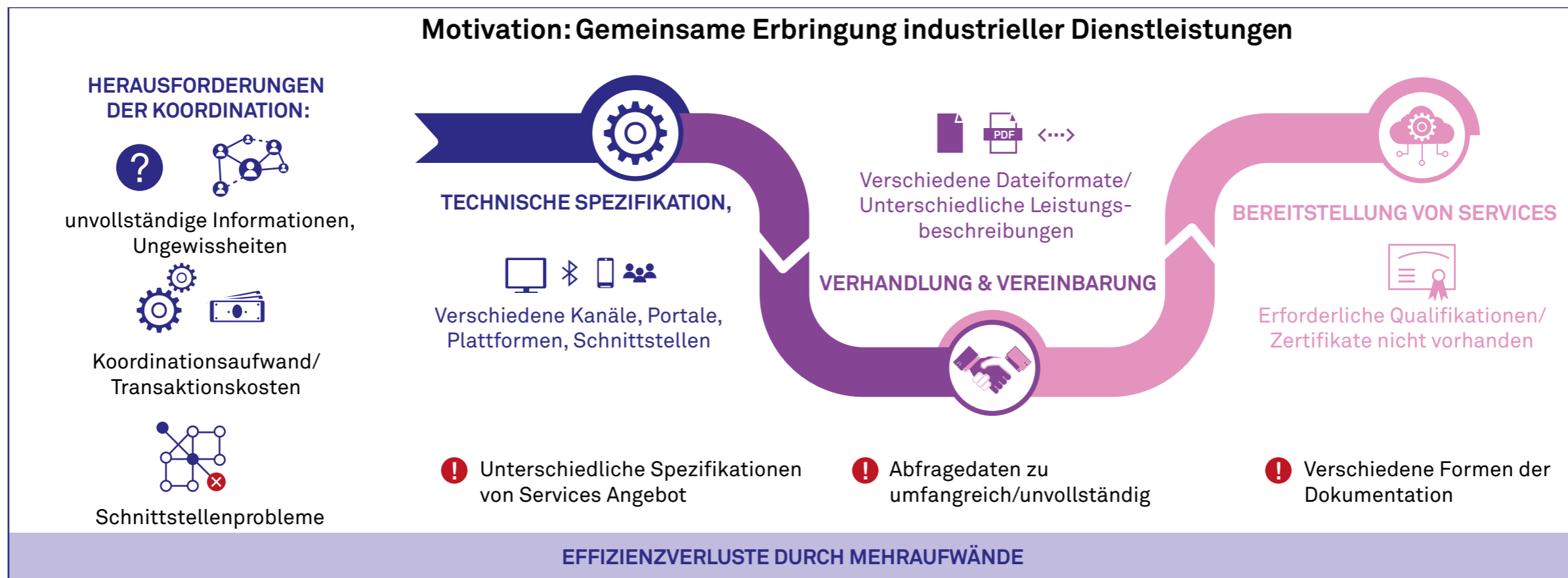


Abbildung 2: Motivation

ANWENDUNGSFALL GRIPSS-X

Der Anwendungsfall im GRIPSS-X-Projekt bezieht sich auf die gemeinsame Erbringung komplexer industrieller Dienstleistungen, bei denen mehrere Unternehmen zusammenarbeiten. In Branchen wie der Petrochemie oder im Maschinen- und Anlagenbau ist es für einzelne Unternehmen oft nicht möglich, alle geforderten Leistungen eigenständig zu erbringen. Daher kommt es zu Kooperationen zwischen spezialisierten Dienstleistern, was jedoch den Koordinationsaufwand erheblich erhöht.

Im Anwendungsfall arbeiten Kunden, Hauptauftragnehmer und Unterauftragnehmer eng zusammen (vgl. Abbildung 3). So können anspruchsvolle Serviceleistungen im Industriebereich möglichst effizient realisiert werden. Der Prozess startet mit einer Anfrage des Kunden an den Hauptauftragnehmer. Dieser erfasst die Anfrage und führt eine Erstbewertung durch. Sollten zusätzliche Daten erforderlich sein, werden diese vom Kunden angefordert. Anschließend führt der Hauptauftragnehmer eine Machbarkeitsstudie durch, in der überprüft wird, ob und wie der Auftrag durchgeführt werden kann. Sollte er die Aufgabe nicht selbstständig vollständig bearbeiten können, werden Teilleistungen oder Materialien von Unterauftragnehmern erfragt. Diese kalkulieren die Leistung und übermitteln sie dem Hauptauftragnehmer, der sie mit seinen eigenen kalkulierten Leistungen zu einem Angebot zusammenfasst. Dieses Angebot erhält der Kunde, der es validiert und den Auftrag vergibt.

Der Prozess der Auftragsvergabe ist schon bei einer Zusammenarbeit zwischen Kunde und Hauptauftraggeber komplex. Mit zusätzlichen Unterauftragnehmern wird der Prozess jedoch umso vielschichtiger, was zu einem erhöhten Koordinationsaufwand durch zusätzliche Abstimmungsschleifen führt. Immer wieder müssen Informationen ausgetauscht und Daten geteilt werden. Dabei kommt es an jeder Schnittstelle zu Informationsverlusten und unvollständigen Daten, wodurch wiederum zusätzliche Abstimmungen notwendig werden oder Fehler entstehen können. Daher hat sich das Projekt GRIPSS-X zur Aufgabe gemacht, den Koordinationsaufwand durch verschiedene Werkzeuge möglichst gering zu halten und damit eine effektive Zusammenarbeit mehrere Partner zu ermöglichen.

ANFORDERUNGSERHEBUNG

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

1. **Muss-Kriterien:** Diese grundlegenden Anforderungen wurden in Workshops mit den Anwendungspartnern entwickelt. Sie umfassen notwendige funktionale und nicht-funktionale Kriterien, die für den Aufbau einer funktionierenden Gaia-X-Plattform essenziell sind. Diese Kriterien sichern die Basisfunktionen und setzen die Standards für Interoperabilität und Benutzerfreundlichkeit.
2. **Big-Picture-Anforderungen:** In Zusammenarbeit mit dem Gesamtkonsortium wurde eine übergeordnete Sicht auf die Plattform entwickelt, die die langfristige Vision und strategische Ausrichtung widerspiegelt. Diese Anforderungen unterstützen die gesamte Plattform-Architektur und fördern die Ziele von GRIPSS-X hinsichtlich einer vernetzten und skalierbaren Infrastruktur.
3. **KI-bezogene Anforderungen:** Diese Anforderungen wurden durch Workshops mit Entwicklungs- und Anwendungspartnern identifiziert und umfassen spezifische KI-Funktionen. Dazu gehören unter anderem die automatische Bedarfsermittlung, KI-gestützte Risikobewertungen und die Optimierung der Wartungsprozesse sowie das intelligente Dokumentenmanagement.
4. **Gaia-X technische Spezifikationen:** Anforderungen in dieser Kategorie stammen direkt aus dem Gaia-X Framework. Sie definieren technische und regulatorische Standards und sorgen dafür, dass die Plattform den Gaia-X-Richtlinien, wie z. B. Datenschutz, Datenhoheit und Interoperabilität, entspricht.

Die Anforderungen wurden anschließend in einer Excel-Datei aufbereitet und stetig erweitert, um beispielsweise die Anforderungen aus den technischen Spezifikationen von Gaia-X zu berücksichtigen.

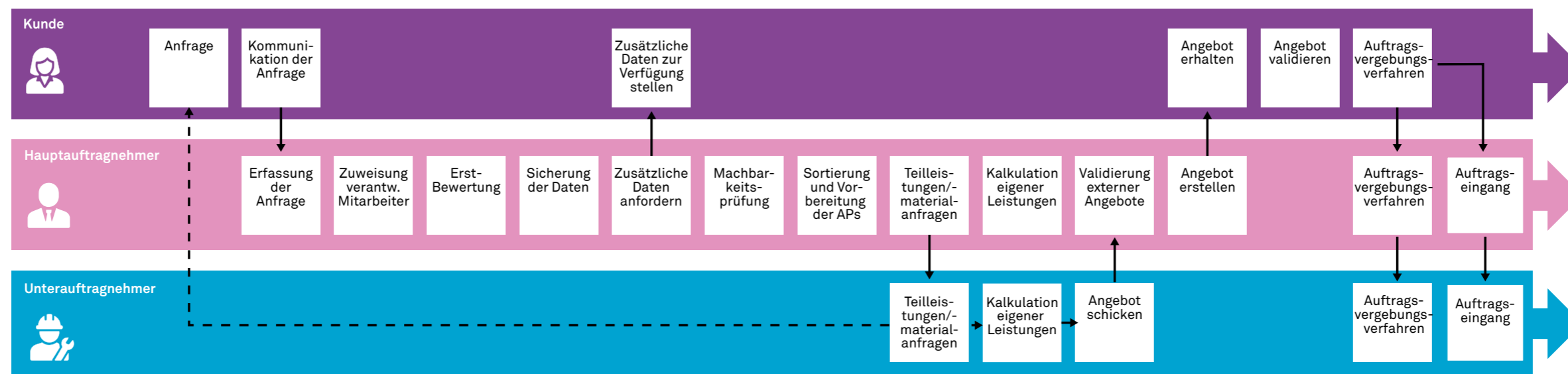


Abbildung 3: Anwendungsfall

Systematische Einordnung industrieller Services

Um die Zusammenarbeit in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken effizienter zu gestalten, braucht es klare Strukturen, besonders bei der Beschreibung und Zuordnung von Dienstleistungen. Im Projekt GRIPSS-X wurde daher in Form der DIN SPEC 77218 eine einheitliche Systematik entwickelt. Ziel ist es, industrielle Leistungen besser zu strukturieren, voneinander abzugrenzen und somit die Vergabe und Durchführung von Dienstleistungen zu vereinheitlichen und dadurch deutlich zu vereinfachen. (DIN SPEC 77218:2025)

Die entwickelte Kategorisierung basiert auf einer fünfstufigen Struktur, die von einer groben Einteilung bis hin zu einer sehr detaillierten Beschreibung reicht (vgl. Abbildung 4):

- **Ebene 1: Hauptgruppen**
Dienstleistungen werden zunächst in Hauptgruppen unterteilt. Diese Vorstrukturierung erleichtert die Orientierung und sorgt dafür, dass Anwender schneller zur passenden Kategorie gelangen.
- **Ebene 2: Gewerke**
Innerhalb der Hauptgruppen werden gängige Gewerke wie etwa Rohrleitungsbau oder Metallbau zusammengefasst, die sich im praktischen Arbeitsalltag bewährt haben.
- **Ebene 3: Leistungskategorien**
Auf dieser Ebene werden die einzelnen Tätigkeiten genauer beschrieben. So lassen sich Dienstleistungen präziser zuordnen, etwa Montagearbeiten oder Wartungsaufgaben.
- **Ebene 4: Leistungsinhalte**
Hier erfolgt eine systematische Gliederung der Arbeiten in typische Abschnitte wie Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung. Dadurch wird klarer, welche konkreten Aufgaben zu einer Dienstleistung gehören.
- **Ebene 5: Leistungspositionen**
Um spezielle Anforderungen, wie etwa die Bearbeitung bestimmter Rohrleitungsgrößen, berücksichtigen zu können, wird die Struktur um Leistungspositionen ergänzt. Sie ermöglichen eine noch genauere Auswahl passender Dienstleister.

Durch diese Systematik wird die Planung, Ausschreibung und Umsetzung industrieller Dienstleistungen erheblich vereinfacht. Unternehmen können gezielt die Partner auswählen, die über die benötigten Kapazitäten und Spezialisierungen verfügen. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass alle relevanten Anforderungen frühzeitig berücksichtigt werden – von der ersten Angebotsanfrage bis zur finalen Durchführung.

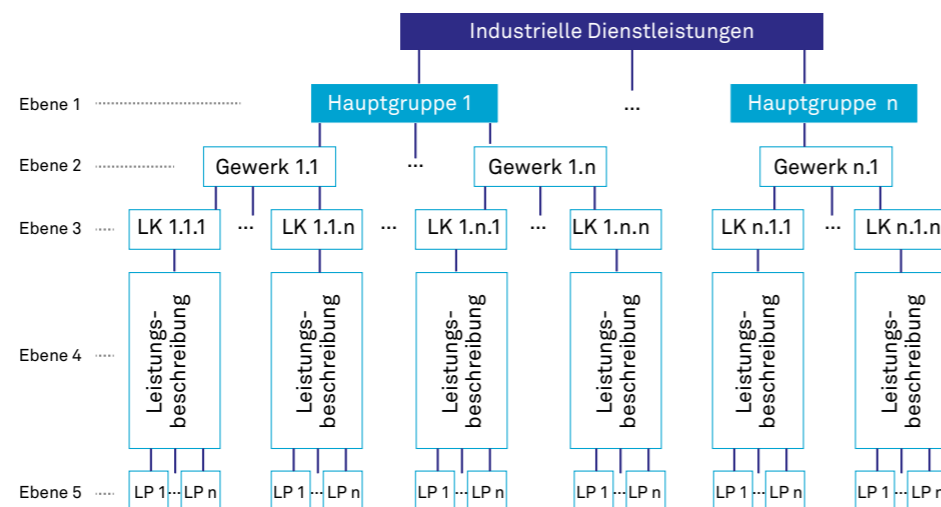


Abbildung 4: Kategoriensystem aus DIN SPEC 77218

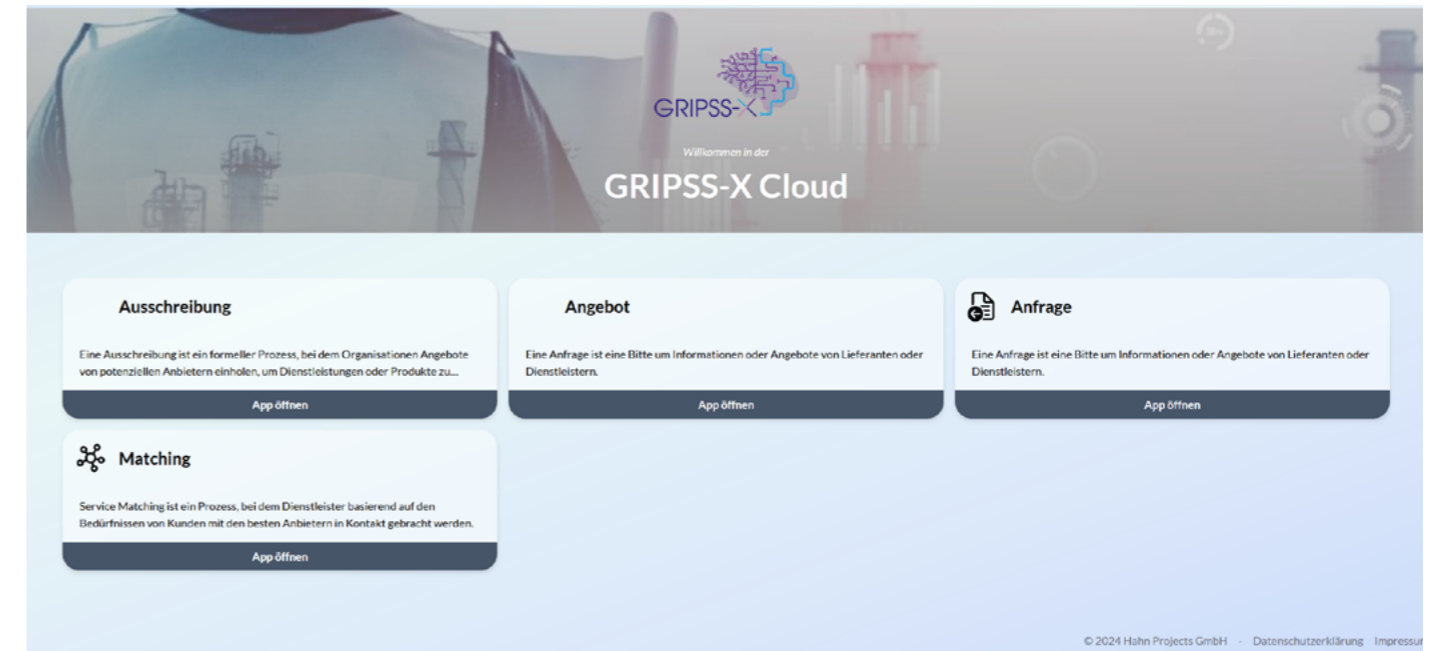


Abbildung 5: GRIPSS-X-Plattform

Plattformentwicklung

Insgesamt konnte ein ausgereiftes Konzept der Wertschöpfungsplattform, eine detaillierte Entwicklungsroadmap und eine einsatzbereite Wertschöpfungsplattform (siehe Abbildung 3) sowie definierte Schnittstellen für weitere Dienste und Systeme entwickelt werden.

Die Plattform fokussiert sich auf die sichere und souveräne Integration verschiedenster Smart Service Tools und ermöglicht einen effizienten Datenaustausch innerhalb der föderierten Struktur von Gaia-X. Sie zeichnet sich durch ihre Mandantenfähigkeit und die Einhaltung der Gaia-X-Richtlinien aus. Hierbei decken die Funktionen der GRIPSS-X-Plattform die folgenden Elemente eines Transaktionszyklus zur Beauftragung industrieller Services über die Informations- und Anbahnungsphase (verfügbare Angebote) bis hin zum Service-Matching ab: Ausschreibung (Nachfrager) und Angebot (Anbieter).

Die GRIPSS-X-Plattform bedient sich dabei der Logik des Sovereign-Cloud-Stacks (SCS), um die Struktur der Selbstähnlichkeit bei mehreren Instanzen der GRIPSS-X-Plattform zu gewährleisten. Zudem wurde der Eclipse Dataspace Connector (EDC) validiert, um einen sicheren und standardisierten Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg zu ermöglichen. Weiterhin wird die Logik der Selbstbeschreibungsgraphen aus dem GXFS-Katalog getestet, um die Funktionen bzw. Services auf der Plattform zu beschreiben.

Ein weiterer zentraler Aspekt war die Definition und Implementierung von Schnittstellen zu weiteren Diensten und Systemen. Hierbei wurden bestehende industrielle Dienstleistungen und IT-Infrastrukturen der Projektpartner berücksichtigt, um einen barrierefreien Zugang zur Plattform zu gewährleisten. Diese Schnittstellen ermöglichen die reibungslose Integration und Erweiterung der Smart Service Tools sowie die Anbindung externer Systeme und Dienste, wodurch die Flexibilität und Skalierbarkeit der Plattform erhöht wird.

KI-Tools auf GRIPSS-X Plattform

Um die Prozesse in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken effizienter zu gestalten, setzt die GRIPSS-X Plattform gezielt auf moderne KI-Technologien. Zwei intelligente Tools wurden entwickelt und erfolgreich integriert, um den Aufwand bei der Beauftragung und Zusammenarbeit deutlich zu reduzieren:

1. KI-Tool zur automatisierten Informationsextraktion: Dieses Tool hilft dabei, relevante Informationen aus Ausschreibungsdokumenten schnell und zuverlässig herauszufiltern. Statt manuell zahlreiche Dokumente durchsuchen zu müssen, können wichtige Angaben wie etwa die Kontaktperson, der Projektzeitraum oder der Leistungsumfang automatisch erkannt und übersichtlich aufbereitet werden. Besonders hilfreich ist dabei, dass die Plattform zusätzlich die passenden Textstellen im Originaldokument anzeigt. So können die Nutzer jederzeit nachvollziehen, woher eine Information stammt – was Vertrauen schafft und die Bearbeitung erheblich vereinfacht.
2. KI-gestütztes Service-Matching: Das zweite Tool unterstützt Unternehmen dabei, passende Dienstleister für ihre spezifischen Anforderungen zu finden. Basierend auf einer strukturierten Kategorisierung von Leistungen gleicht das System die Inhalte einer Ausschreibung mit den Leistungsprofilen von Unternehmen ab. Dadurch wird direkt ersichtlich, welche Anbieter die benötigten Aufgaben vollständig oder gemeinsam mit anderen Unternehmen übernehmen können. Auch hier sorgt eine transparente Darstellung relevanter Textauschnitte aus Ausschreibungen und Profilen dafür, dass Entscheidungen schnell und fundiert getroffen werden können.

Zusammengefasst ermöglichen die beiden KI-Tools auf der GRIPSS-X Plattform eine deutliche Reduktion des Koordinationsaufwands. Sie unterstützen Unternehmen dabei, schneller die passenden Partner zu finden, Aufwand zu reduzieren und zugleich eine hohe Transparenz im Prozess sicherzustellen – wichtige Voraussetzungen, um Co-Creation in Wertschöpfungsnetzwerken nachhaltig zu stärken.



Abbildung 5: Informationsextraktion

Passende Dienstleister

1. Match

UniWerk

Kontakt

Gewerk: Rohrleitungsbau

Baugruppe Rohr montieren

Schweißnaht herstellen (Montagestelle)

Steckscheibe/ Lochscheibe montieren

Nachmessen (montierter Zustand) und Isometrie von Hand erstellen

Nachmessen/ Prüfen (montierter Zustand) der vorhandenen Isometrie

Gewerk: Apparate und Maschinen

Maschine/ Apparat/Behälter/ Pumpe und Pumpenaggregat/ Motor mont

Maschine/ Apparat/Behälter/ Pumpe und Pumpenaggregat/ Motor feina

Schrauben/ Schraubenbolzen montieren

2. Match

Craft-Masters

Kontakt

Gewerk: Rohrleitungsbau

Baugruppe Rohr montieren

Schweißnaht herstellen (Montagestelle)

Steckscheibe/ Lochscheibe montieren

Nachmessen (montierter Zustand) und Isometrie von Hand erstellen

Nachmessen/ Prüfen (montierter Zustand) der vorhandenen Isometrie

Steven & Co.

Kontakt

Gewerk: Apparate und Maschinen

Maschine/ Apparat/Behälter/ Pumpe und Pumpenaggregat/ Motor mont

Maschine/ Apparat/Behälter/ Pumpe und Pumpenaggregat/ Motor feina

Schrauben/ Schraubenbolzen montieren

Abbildung 6: Service Matching

Instandhaltung und industrielle Dienstleistungen

Industrielle Dienstleistungen sind Leistungen, die Unternehmen im Business-to-Business-Bereich (B2B) zur Unterstützung industrieller Prozesse bereitstellen. Sie umfassen ein breites Spektrum von einfachen, transaktionalen Angeboten wie Wartung, Instandhaltung und Reparatur bis hin zu komplexen, integrierten Servicepaketen wie Full-Service-Verträgen, die ganze Prozesse für Kunden übernehmen. (Gitzel et al. 2016; Gebauer et al. 2010)

Ein zentrales Beispiel innerhalb industrieller Dienstleistungen ist die Instandhaltung, die darauf abzielt, den ordnungsgemäßen Zustand von Maschinen und Anlagen sicherzustellen und Ausfälle zu minimieren. Instandhaltungsstrategien reichen von reaktiven Reparaturen bis hin zu präventiven und prädiktiven Ansätzen, die auf vorausschauenden Analysen beruhen. Mit der zunehmenden Digitalisierung (z. B. durch Industrial IoT und KI) entstehen neue Möglichkeiten, Instandhaltungsprozesse intelligenter und effizienter zu gestalten. Digitale Plattformen ermöglichen eine verbesserte Erfassung, Auswertung und Vernetzung von Zustandsdaten, wodurch der Übergang zu vorausschauender Instandhaltung (Predictive Maintenance) gefördert wird.

Insgesamt wird Instandhaltung in der Industrie nicht mehr nur als Kostenfaktor gesehen, sondern zunehmend als strategischer Beitrag zur Sicherung der Anlagenverfügbarkeit, der Produktqualität und der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Zusammenarbeit von Unternehmen

Aufgrund volatiler Marktbedingungen, zunehmenden Wettbewerbsdruck und steigender Kundenerwartungen gewinnt die gemeinsame Erbringung von Leistungen zunehmend an Bedeutung. Unternehmen konzentrieren sich zunehmend auf ihre Kernkompetenzen, was die Zusammenarbeit mit externen Partnern, die jeweils eine Teilleistung einer komplexen Gesamtleistung anbieten, erforderlich macht. Beispielsweise benötigt es für die Instandsetzung einer petrochemischen Anlage häufig unterschiedliche Experten zur Demontage oder Montage verschiedener Teile, der Rohrfertigung oder auch dem Wärme nachbehandeln, aber auch IT-Dienstleister, welche digitale Zusatzleistungen anbieten können. Unternehmen mit jeweils spezifischen Fähigkeiten müssen sich daher zusammenschließen, um die Gesamtleistung der Instandhaltung zu erbringen und damit den Anforderungen des Kunden gerecht zu werden. Die Wertschöpfung wird damit zu einem kollaborativen Prozess, in dem das Wissen und die Fähigkeiten aller Partner genutzt und gemeinsam integriert werden. Die gemeinsame Nutzung von Daten innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken wird immer wichtiger. Das erfordert jedoch einen erhöhten Koordinationsaufwand, z. B. durch Schnittstellenprobleme. Diese führen zu erhöhten Transaktionskosten und geringerer Wirtschaftlichkeit. Eine zentrale Infrastruktur, die einen sicheren und souveränen Datenaustausch gewährleistet, ist deshalb unabdingbar. Darüber hinaus müssen Werkzeuge entwickelt werden, die den Koordinationsaufwand reduzieren und es den Unternehmen ermöglichen, sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten, Einsparpotenziale zu realisieren, Synergien zu nutzen und Mehrwerte zu schaffen. Dies kann sowohl durch die Erweiterung bestehender Anwendungen als auch durch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle geschehen. Die Zusammenarbeit von Unternehmen ist somit ein zentraler Baustein für den Erfolg in digitalen, dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken und stellt eine Schlüsselkompetenz für Unternehmen dar, die sich in komplexen, serviceorientierten Märkten behaupten wollen. (Vargo und Lusch 2016; Ind und Coates 2013; Gassner 2013)

Abbildung: KI generiert mit Gemini Nano Banana



Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz gilt als die zentrale Technologie der Industrie 4.0 (Hempel und Henke 2020). Der Begriff „Künstliche Intelligenz“ wurde durch die Forscher John McCarthy, Herbert Simon, Marvin L. Minsky und Allen Newell im Vorfeld der Dartmouth-Konferenz geprägt. Im Rahmen dieser Konferenz etablierten sie KI als eigene Forschungsdisziplin innerhalb der Informatik. Eine einheitliche Definition des Begriffes KI existiert nicht. Verwendet wird der Begriff häufig in Zusammenhang mit der Nachahmung von menschlicher Intelligenz, die jedoch ebenfalls nicht eindeutig definiert ist. Dieser Vergleich ist auf den Turing-Test zurückzuführen, der im Jahr 1950 entwickelt wurde. Turing bezeichnet seinen Test als Imitationsspiel (engl. imitation game) und stellte darin die grundlegende Frage:

„Können Maschinen denken?“

Mit dieser Frage ist häufig die Forderung verbunden, dass Maschinen menschliches Verhalten imitieren sollen, ohne selbst menschlich zu sein. Wichtig ist dabei die Abgrenzung zur Autonomie: Eine Maschine kann autonom handeln, ohne zwangsläufig intelligent oder menschlich zu wirken. Turing formulierte, dass ein Computer als intelligent gilt, wenn er einen Menschen erfolgreich davon überzeugen kann, selbst ein Mensch zu sein. Diese Orientierung am menschlichen Verhalten findet sich auch in mehreren etablierten Definitionen von KI. So beschreiben Rich et al. (2010) KI als:

„Die Untersuchung der Frage, wie man Computer dazu bringen kann, Dinge zu tun, die Menschen im Moment besser können.“

Ein prominentes Beispiel für die Erfüllung dieser Zielsetzung bei der Entwicklung von KI stellt der Sieg des Computers Deep Blue im Schach gegen den damaligen Schachweltmeister Garri Kasparov im Jahr 1997 dar. Die Fortschritte in der KI-Forschung sind seit ihren Anfängen maßgeblich durch technologische Entwicklungen in der Computertechnologie und der IT-Infrastruktur begünstigt worden. KI-Systeme basieren auf Algorithmen, also mathematischen Anweisungen, die es Computern ermöglichen, aus großen Datenmengen Erkenntnisse zu gewinnen. Hierbei werden je nach Art der KI unterschiedliche Methoden eingesetzt, etwa regelbasierte Systeme (bei denen explizite Regeln vorgegeben werden) oder maschinelles Lernen (bei dem die Systeme selbstständig aus Beispielen lernen).

Ein wesentliches Merkmal moderner KI ist die Fähigkeit, nicht nur vorab programmierte Aufgaben auszuführen, sondern sich an veränderte Bedingungen anzupassen und in gewissen Grenzen eigenständig dazuzulernen. Dies unterscheidet KI deutlich von klassischer Software, die nur vordefinierte Befehle abarbeiten kann. (Russell und Norvig 2022)

KI findet bereits heute vielfältige Anwendungen: von Spracherkennung auf Smartphones über Empfehlungen im Onlinehandel bis hin zu autonomen Fahrzeugen oder vorausschauender Instandhaltung in der Industrie. Mit der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung wird der Einfluss von KI auf Wirtschaft und Gesellschaft in den kommenden Jahren weiter zunehmen.

Gleichzeitig wirft der Einsatz von KI auch neue Fragen auf, beispielsweise im Hinblick auf Datenschutz, ethische Verantwortung oder die Transparenz von Entscheidungen, die Maschinen treffen. Ein bewusster und verantwortungsvoller Umgang mit dieser Technologie wird daher immer wichtiger. Angesichts der zunehmenden Verbreitung von KI-Technologien und der damit verbundenen Herausforderungen rückt auch die Frage in den Fokus, wie Daten souverän, sicher und vertrauenswürdig genutzt und geteilt werden können. Gerade in zunehmend vernetzten digitalen Ökosystemen entsteht ein wachsender Bedarf an transparenten, interoperablen und datenschutzkonformen Infrastrukturen. (European Commission 2019)

Vor diesem Hintergrund wurde mit Gaia-X eine europäische Initiative ins Leben gerufen, die das Ziel verfolgt, eine offene, sichere und förderierte Dateninfrastruktur aufzubauen. Gaia-X setzt dabei auf die Prinzipien der Datenhoheit, Interoperabilität und Transparenz und schafft die Grundlage für eine vertrauensvolle digitale Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Organisationen und Nutzern.

Im folgenden Kapitel werden darauf aufbauend die grundlegenden Ideen, Ziele und Strukturen von Gaia-X erläutert. Zudem wird aufgezeigt, wie zentrale Technologien wie der Eclipse Data Space Connector (EDC) dazu beitragen, die Anforderungen an Datensouveränität und vertrauenswürdigen Datenaustausch innerhalb von Gaia-X-Datenräumen zu erfüllen.

Abbildung : KI generiert mit Gemini Nano Banana



GAIA-X

Mit dem wachsenden wirtschaftlichen Wert von Daten und dem Fortschritt digitaler Technologien rückt der souveräne und vertrauensvolle Umgang mit digitalen Informationen zunehmend in den Fokus. Insbesondere Technologien wie Künstliche Intelligenz eröffnen neue Möglichkeiten, erfordern jedoch zugleich klare Rahmenbedingungen in Bezug auf Datensouveränität, Interoperabilität und Transparenz. (ZEW 2021)

Vor diesem Hintergrund wurde Gaia-X 2019 als europäische Initiative ins Leben gerufen. Ziel ist der Aufbau einer sicheren, offenen und föderierten Dateninfrastruktur, die europäischen Werten entspricht und technologische Abhängigkeiten reduziert. Anstelle zentralisierter Plattformstrukturen verfolgt Gaia-X einen föderierten Ansatz, bei dem Akteure ihre Autonomie bewahren, aber durch gemeinsame Standards interoperabel agieren können.

Die zentralen Prinzipien von Gaia-X sind:

- **Datensouveränität:** Volle Kontrolle über den Zugang und die Nutzung eigener Daten.
- **Interoperabilität:** Nahtlose Zusammenarbeit unterschiedlicher Systeme und Dienste.
- **Transparenz und Vertrauen:** Einheitliche Regeln für Sicherheit, Datenschutz und Identitäten.
- **Dezentrale Strukturen:** Vermeidung von Monopolen durch föderierte Datenaustausch.

Gerade für KMU bietet Gaia-X konkrete Vorteile: Standardisierte, vertrauenswürdige Datenräume ermöglichen Kooperationen und Innovationen, ohne die Hoheit über eigene Daten aufzugeben. (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2021)

So schafft Gaia-X die Basis für ein digitales Ökosystem „made in Europe“, das Datenschutz, Sicherheit und Innovationsfähigkeit verbindet – und damit neue Perspektiven für datengetriebene Geschäftsmodelle eröffnet.

Eclipse Data Collector

Für einen sicheren und datenschutzkonformen Datenaustausch in Datenräumen ist eine technische Infrastruktur notwendig, die sowohl Interoperabilität gewährleistet als auch eine präzise Steuerung von Zugriffs- und Nutzungsrechten erlaubt. Das Eclipse Dataspace Components (EDC) Framework erfüllt diese Anforderungen und bildet eine zentrale Grundlage für den Aufbau vertrauenswürdiger Datenräume nach den Prinzipien von Gaia-X. Es handelt sich um ein Open-Source-Projekt unter der Schirmherrschaft der Eclipse Foundation. Zentrales Element ist der EDC-Connector, der es Organisationen ermöglicht, Daten souverän auszutauschen, auf Basis klar definierter Nutzungsrichtlinien und unter Einhaltung der DSGVO. Jeder Akteur betreibt einen eigenen Connector mit interoperablen Schnittstellen. Die Kontrolle über die eigenen Daten bleibt dabei stets beim Anbieter, da Zugriff und Nutzung durch Richtlinien gesteuert werden, die in ODRL (Open Digital Rights Language) beschrieben sind. Diese Regeln können etwa geografische, zeitliche oder zweckgebundene Einschränkungen umfassen.

Der EDC-Connector ist in zwei funktionale Ebenen untergliedert: Die Control Plane steuert die Autorisierung und stellt sicher, dass der Datenaustausch den vereinbarten Richtlinien entspricht. Die Data Plane übernimmt den eigentlichen Transfer, wobei mehrere Instanzen parallel betrieben werden können, etwa für verschiedene Protokolle oder Datenarten. Bevor ein Datentransfer erfolgt, werden die Datenquellen katalogisiert und mit den jeweiligen Nutzungsbedingungen verknüpft. Die Daten verbleiben physisch beim Anbieter (z. B. in einem Dateisystem, Cloud-Speicher oder einer API). Der Datenkonsument ruft den Katalog ab und kann ein Vertragsangebot unterbreiten. Wird dieses angenommen, erfolgt der Transfer entweder direkt oder

zeitlich verzögert über einen Token. In jedem Fall fungieren die Connectoren als Vermittler, ohne interne Speicherorte preiszugeben.

Das EDC-Framework lässt sich flexibel erweitern, u. a. um Authentifizierungsverfahren, persistente Speicherung oder Cloud-Anbindungen. Eigene Erweiterungen können dank Open-Source-Architektur integriert werden. (Eclipse Foundation 2024)

Sovereign Cloud Stack

Der Sovereign Cloud Stack (SCS) ist ein Open-Source-Projekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen von Gaia-X gefördert wird. Ziel ist der Aufbau einer europäischen Cloud-Infrastruktur, die sich an den Bedürfnissen von Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen orientiert – unabhängig, interoperabel und datenschutzkonform.

Der Stack basiert auf offenen Standards und quelloffener Software. Dadurch wird eine einheitliche Grundlage geschaffen, die den sicheren und flexiblen Betrieb verteilter Cloud-Umgebungen ermöglicht. Durch zertifizierbare Schnittstellen unterstützt SCS die einfache Migration von Daten und Diensten sowie die föderierte Zusammenarbeit verschiedener Anbieter. Die modulare Architektur erlaubt es, einzelne Komponenten schrittweise in bestehende IT-Strukturen zu integrieren und so den Umstieg auf eine souveräne Cloud-Infrastruktur praxisnah zu gestalten. Ein Beispiel für die Umsetzung ist die PlusCloudOpen von PlusServer, die SCS produktiv einsetzt. (Sovereign Cloud Stack. 2024)

Selbstbeschreibungsgraphen

Selbstbeschreibungsgraphen sind ein zentrales Element in Gaia-X und vergleichbaren Datenökosystemen. Sie ermöglichen die maschinenlesbare, vertrauenswürdige Beschreibung von Organisationen, Diensten und Infrastrukturen, inklusive technischer Eigenschaften, Zertifizierungen und Datenschutzkonformitäten.

Ziel ist es, Interoperabilität, Transparenz und automatisierte Interaktionen zwischen Akteuren in föderierten Datenräumen zu unterstützen. Jeder Teilnehmer erstellt und pflegt seine Selbstbeschreibung eigenverantwortlich und behält dabei die Kontrolle über Sichtbarkeit und Nutzungsbedingungen. Digitale Signaturen sichern dabei die Integrität und Authentizität der Informationen. Auf Basis standardisierter Formate und Ontologien schaffen Selbstbeschreibungsgraphen eine gemeinsame semantische Grundlage. Sie erleichtern etwa die dynamische Auswahl von Partnern oder Diensten entlang definierter Kriterien wie Vertrauensniveau oder technischer Kompatibilität. Ein praktisches Beispiel ist die automatisierte Auswahl eines Cloud-Anbieters innerhalb eines Gaia-X-Datenraums, zum Beispiel nach bestimmten Compliance-Anforderungen. Durch ihre modulare Struktur lassen sich Selbstbeschreibungen flexibel erweitern und an neue regulatorische Rahmenbedingungen anpassen.

So leisten Selbstbeschreibungsgraphen einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung digitaler Souveränität und zum Aufbau vertrauenswürdiger, offener Infrastrukturen. (Gaia-X 2025)

Nachdem in den vorhergegangenen Kapiteln die zentralen theoretischen Konzepte der industriellen Dienstleistungen, der künstlichen Intelligenz und der Gaia-X-Prinzipien vorgestellt wurden, stellt sich die Frage, wie diese sich in der Praxis mit deutschen Unternehmen vereinbaren lassen.

Um dies zu untersuchen, wurden im Rahmen des GRIPSS-X-Projekts 300 Entscheidungsträger aus deutschen Maschinen- und Anlagenbauunternehmen befragt.

Im folgenden Hauptkapitel werden die Befragungsergebnisse analysiert, um aufzuzeigen, inwieweit Theorie und Unternehmenspraxis übereinstimmen und welche Handlungsfelder sich daraus für die weitere Plattformentwicklung ableiten lassen.

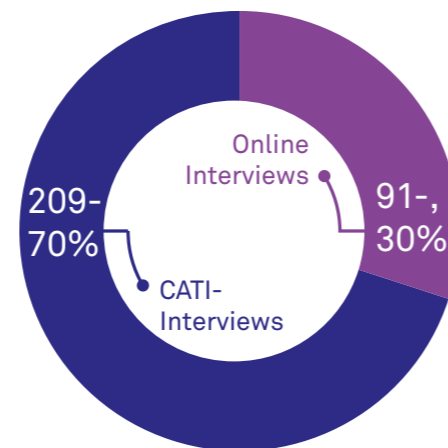
STUDIENDESIGN

Die Untersuchung wurde konzipiert, um Informationen über die Art und den Umfang der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen bei der gemeinsamen Erbringung industrieller Dienstleistungen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau zu erheben. Hierzu wurden der Status Quo der Unternehmen sowie die Einschätzung zu aktuellen Technologien abgefragt.

Zielgruppe dieser Studie waren Geschäftsführer sowie Entscheidungsträger des gehobenen Managements, die direkt für die strategische Ausrichtung und Kooperationen innerhalb ihrer Unternehmen verantwortlich sind und daher auskunftsfähig zu den Fragen waren. Es wurde ein standardisierter Fragebogen abgefragt, der an der TU Dortmund entwickelt wurde. Die Erhebung erfolgte durch eine Kombination aus telefonischen Befragungen (CATI) und einer Online-Befragung (Selbstaussfüller). Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von Januar bis März 2025. Die Zielunternehmen stammten aus dem aktuellen Umsatzsteuerstatistik- und Unternehmensregister des Statistischen Bundesamtes und sind gemäß WZ 2008 klassifiziert. Es handelt sich hierbei um Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau mit Hauptsitz in Deutschland (WZ 08-28/WZ 08-33), die einen Jahresumsatz von mindestens 1.000.000 € erzielen und über mindestens zehn Mitarbeiter verfügen. Durch diese Einschränkung sollten Unternehmen herausgefiltert werden, welche aufgrund ihrer Größe ein anderes Verständnis von Kooperationen haben bzw. diese in vielen Fällen nicht in der gewünschten Art durchführen.

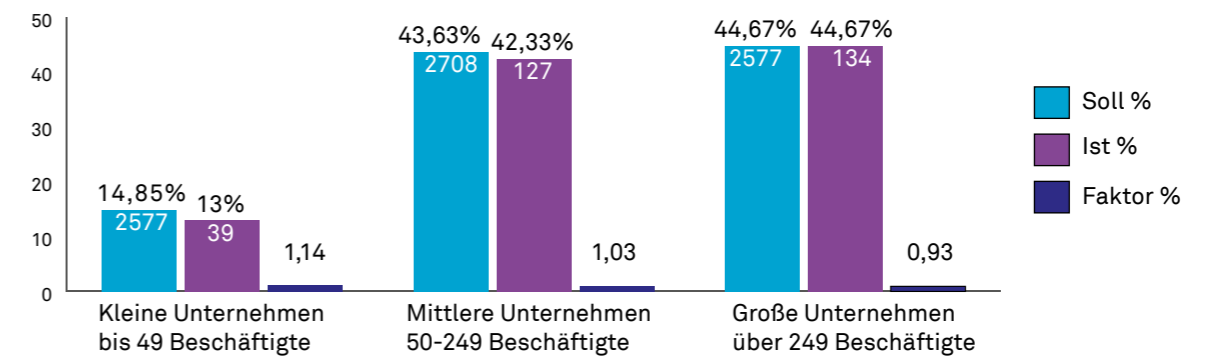
Insgesamt nahmen 300 Unternehmen an der Umfrage teil, davon etwa 70% der telefonisch (CATI), während 30% den Fragebogen online ausfüllten. Zudem reagierten 15 Personen auf den postalischen Versand und aktivierten den Befragungslink; weitere 57 Befragte nahmen nach einem telefonischen Kontakt online teil.

	Häufigkeit	Prozent
Vorstand	3	1,0
Geschäftsführung	189	63,1
Abteilungs-/ Projektleitung	78	25,9
Fachexperte	30	10
Gesamt	300	100



STICHPROBE

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde die Stichprobenerhebung im Vergleich zu den Soll-Daten aus der Statistik „Anzahl der Betriebe im Maschinenbau in Deutschland nach Beschäftigungsgrößenklassen in den Jahren 2022 und 2023“ analysiert. Hieraus wurden die drei Gruppen kleine Unternehmen (bis 49 Beschäftigte), mittlere Unternehmen (50-249 Beschäftigte) und Großunternehmen (über 249 Beschäftigte), gebildet (Statistisches Bundesamt 2019). Um ausreichend große Untersuchungsgruppen zu erreichen, wurden Großunternehmen im Vergleich zu der Soll-Verteilung häufiger, während kleine Unternehmen weniger oft befragt wurden. Diese Disproportionalitäten wurden im Nachgang schließlich durch eine Gewichtung der Ist-Werte aufgelöst, um hiermit eine Repräsentativität der Umfrage zu gewährleisten.



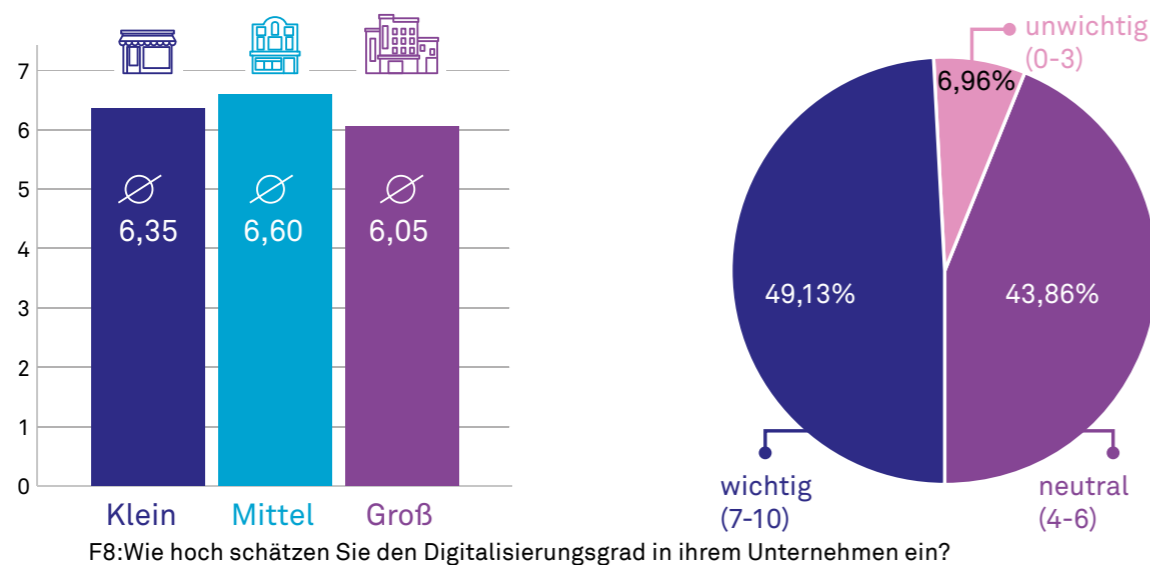
AUSWERTUNG

Die Befragten wurden, bis auf einige Ausnahmen wie z. B. dem Umsatz oder auch der Anzahl an Partnern bei den Kooperationen, dazu aufgefordert, ihre Einschätzung auf einer 11er Skala anzugeben. Diese erweiterte Likert-Skala ermöglichte eine breitere Streuung und damit mehr Möglichkeiten der Ergebnisauswertung bei den Antworten im Vergleich zu der weit verbreiteten 5er Likert-Skala. Die Skala ging von 0 (überhaupt nicht wichtig bzw. sehr niedrig) bis 10 (sehr wichtig bzw. sehr hoch), wobei 5 den Mittelpunkt markierte. Zur Auswertung innerhalb dieses Whitepapers wurde dieser 11er Skala vereinfacht, sodass die Kernaussagen direkter sichtbar werden. Entsprechend wurden jeweils die Antwortmöglichkeiten 0-3 (unwichtig bzw. niedrig), 4-6 (neutral bzw. mittel) und 7-10 (wichtig bzw. hoch) zusammengefasst. Zur Berechnung der Durchschnittswerte wurden weiterhin die 11er-Skala verwendet. Diese wurden jeweils für die Gruppen kleine Unternehmen, mittlere Unternehmen und Großunternehmen berechnet. Für die Ermittlung des Gesamtdurchschnittes einer Frage wurden zudem die Gewichtungen der drei Befragungsgruppen berücksichtigt um eine Repräsentativität dieses Wertes zu gewährleisten.

DIGITALISIERUNGSGRAD IM UNTERNEHMEN

Der Digitalisierungsgrad wird von den Unternehmen mit einem Durchschnittswert von 6,41 als eher hoch eingeschätzt. 49,19 % der Unternehmen bewerten ihren Digitalisierungsgrad als hoch. 43,86 % schätzen diesen als mittel ein und nur 6,96 % sind der Meinung, einen niedrigen Digitalisierungsgrad zu haben. Die Analyse nach Unternehmensgröße zeigt nur kleine Unterschiede in der Bewertung. Es lassen sich jedoch Tendenzen erkennen, aus denen sich Hypothesen ableiten lassen. Mittlere Unternehmen schätzen ihren Digitalisierungsgrad mit einem Durchschnitt von 6,60 am höchsten ein. Mit einem Wert von 6,35 folgen kleine Unternehmen dicht dahinter. Großunternehmen bewerten ihren Digitalisierungsgrad mit durchschnittlich 6,05 am geringsten, was leicht unterhalb der Werte der anderen Gruppen liegt.

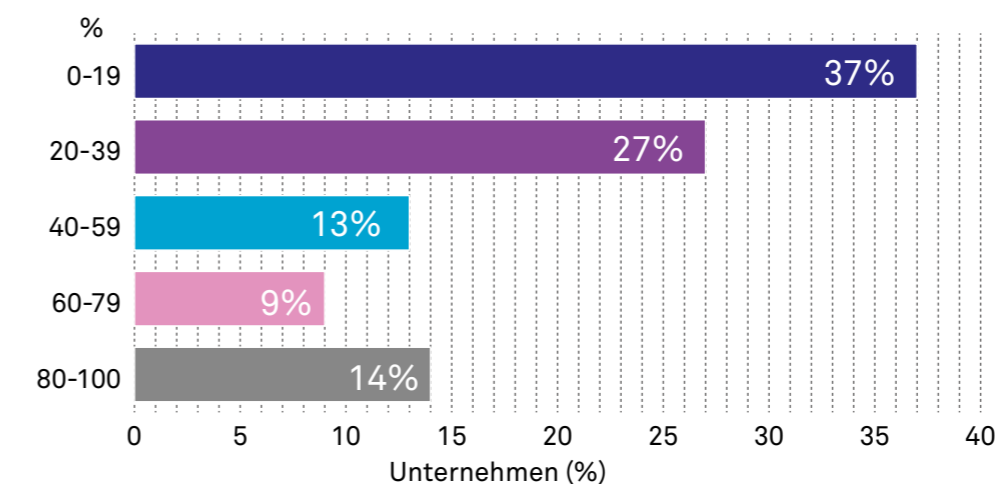
Zusammengefasst ergibt die Umfrage ein klares, wenn auch zurückhaltendes Bild: Viele Unternehmen verorten sich bei einem mittleren Digitalisierungsgrad, schätzen sich gleichzeitig aber bereits als gut digitalisiert ein. Auffällig ist der geringe Anteil von knapp 7 %, die ihren Digitalisierungsgrad als niedrig einstufen. Dies zeigt eine insgesamt positive Entwicklung in Richtung digitale Transformation. Interessant ist, dass mittlere und kleine Unternehmen ihre Digitalisierung tendenziell positiver einschätzen als Großunternehmen. Vor allem kleinen Unternehmen könnten die bestehenden Digitalisierungsmöglichkeiten nicht klar sein, weshalb sie sich besser aufgestellt sehen, als sie es in der Realität vielleicht sind. Ein mangelnder Digitalisierungsgrad könnte jedoch vor allem in großen Unternehmen, in denen es hierfür oft ganze Abteilungen gibt, präsenter sein und zu entsprechenden Einschätzungen führen. Für mittlere Unternehmen könnte es besonders wichtig sein, Digitalisierung als Wettbewerbsvorteil zu nutzen.



GESAMTUMSATZ VON INDUSTRIELLEN DIENSTLEISTUNGEN

Auffällig ist, dass die Mehrheit der Unternehmen angibt, dass Dienstleistungen weniger als 20 Prozent ihres Gesamtumsatzes ausmachen. Mit 37 % dominiert diese Kategorie deutlich, was zeigt, dass industrielle Dienstleistungen eher eine untergeordnete Rolle spielen. Die zweitgrößte Gruppe bilden Unternehmen, deren Dienstleistungsanteil zwischen 20 und 39 Prozent liegt. Diese Kategorie umfasst 27 % der Befragten, bei denen industrielle Dienstleistungen immerhin einen moderaten Beitrag zum Umsatz leisten. In der mittleren Kategorie von 40 bis 59 % liegt der Anteil mit 13 % deutlich niedriger. Interessant ist zudem, dass höhere Anteile von Dienstleistungen am Gesamtumsatz vergleichsweise selten vorkommen. So geben nur 9 % der Unternehmen an, dass ihr Dienstleistungsanteil zwischen 60 und 79 % liegt. Nur ein kleiner Teil der Unternehmen, nämlich 14 %, gibt an, dass Dienstleistungen sogar zwischen 80 und 100 % des Umsatzes ausmachen.

Insgesamt machen industrielle Dienstleistungen für viele Unternehmen entweder einen geringen oder einen moderaten Anteil am Gesamtumsatz aus. Die Konzentration in den unteren Kategorien (0–19 % und 20–39 %) ist mit zusammen fast zwei Dritteln aller Antworten (64 %) besonders hoch. Nur wenige Firmen haben ein stark dienstleistungsorientiertes Geschäftsmodell mit einem Umsatzanteil von über 80 %. Somit sind reine Dienstleistungsunternehmen unterrepräsentiert, während die Mehrheit der Unternehmen weiterhin den Großteil ihres Umsatzes mit physischen Produkten erwirtschaftet. Dies lässt sich auch historisch begründen, denn der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist für seine hochwertigen Produkte bekannt. Umso größer ist jedoch das Potenzial, das in dem zusätzlichen Angebot von Dienstleistungen als Ergänzung zu bestehenden Produkten steckt.

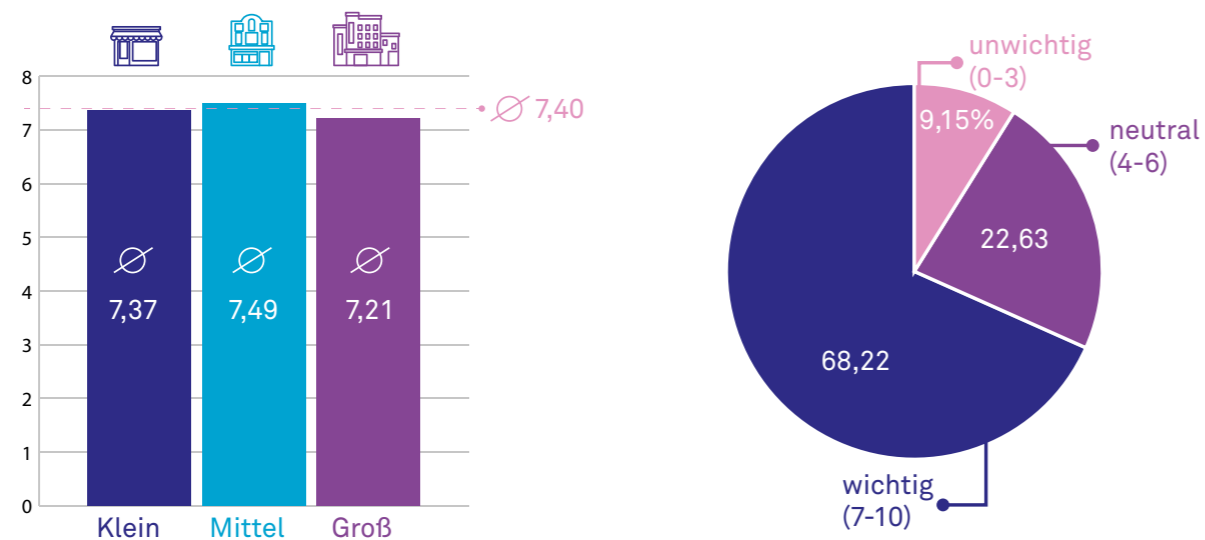


F1: Welchen prozentualen Anteil am Gesamtumsatz machen Ihre Dienstleistungen aus?
Basis: alle Befragte (300 Fälle gewichtet)

RELEVANZ INDUSTRIELLER DIENSTLEISTUNGEN

Industrielle Dienstleistungen werden insgesamt als sehr bedeutend eingeschätzt, was aufgrund einer durchschnittlichen Bewertung von 7,40 über alle befragten Unternehmen hinweg deutlich wird. Etwa zwei Drittel der Befragten (68,22 %) stufen sie als wichtig ein, während 22,63 % sie als eher neutral beurteilen. Lediglich 9,15 % der Unternehmen empfinden sie als unwichtig. Betrachtet man die Ergebnisse nach Unternehmensgröße, zeigen sich lediglich leichte Unterschiede. Hieraus lassen sich Tendenzen ableiten, jedoch keine klare Unterscheidung der Wichtigkeit für die verschiedenen Unternehmensgruppen. Mit einem Durchschnittswert von 7,49 bewerten mittlere Unternehmen die Wichtigkeit am höchsten. Kleine Unternehmen erreichen einen Durchschnittswert von 7,37, Großunternehmen weisen mit 7,21 den niedrigsten Durchschnittswert auf.

Zusammengefasst spielen industrielle Dienstleistungen für alle Unternehmensgrößen eine wichtige Rolle, wobei sie von mittleren Unternehmen als am wichtigsten eingeschätzt werden. Für diese Gruppe spielen sie wahrscheinlich eine besonders wichtige Rolle, um die Wettbewerbsposition zu behaupten und die Kundenbedürfnisse zu befriedigen. Kleine Unternehmen bewerten die Bedeutung industrieller Dienstleistungen tendenziell höher, obwohl sie im Vergleich zu Großunternehmen oft über begrenzte Ressourcen verfügen. Nur weniger als 10 % schätzen dabei über alle Unternehmensgrößen hinweg die Relevanz von industriellen Dienstleistungen als gering ein.

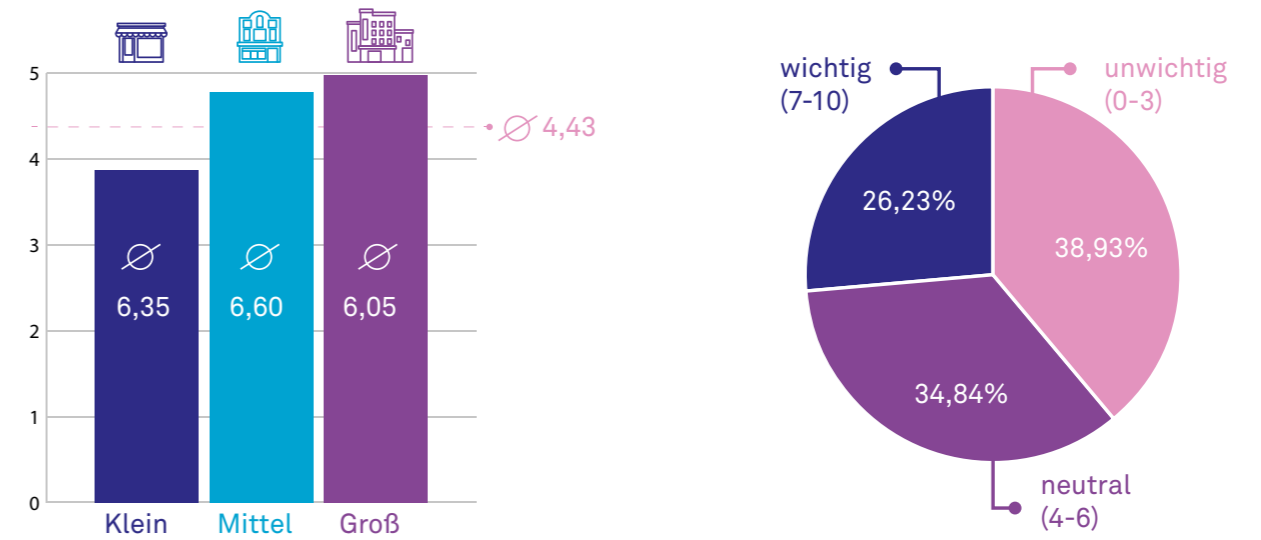


F2: Wie wichtig sind industrielle Dienstleistungen für ihr Unternehmen?

RELEVANZ KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

Mit einem Durchschnittswert von 4,43 weisen die befragten Unternehmen auf eine moderate Bedeutung von KI hin. Mit 38,93 % bewerten die meisten Befragten KI als unwichtig. Es folgen 34,84 % mit einer neutralen Haltung und lediglich 26,23 %, die KI als wichtig einstufen. Betrachtet man die Ergebnisse nach Unternehmensgröße, zeigen sich deutliche Unterschiede. Großunternehmen bewerten die Wichtigkeit von KI mit einem Durchschnitt von 4,98 am höchsten. Größere Firmen scheinen demnach stärker auf KI zu setzen und deren Potenzial besser nutzen oder einschätzen zu können. Mit einem Durchschnittswert von 4,78 zeigen mittlere Unternehmen eine nur leicht verringerte Relevanz im Vergleich zu Großunternehmen. Kleine Unternehmen bewerten die Bedeutung von KI mit einem Durchschnittswert von 3,87 hingegen deutlich niedriger.

Zusammengefasst zeigt die Abbildung eine gemischte Einschätzung der Bedeutung von KI in Unternehmen. Während Groß- und mittlere Unternehmen KI zumindest im neutralen Bereich verorten, sehen viele kleine Unternehmen dies noch nicht als Priorität an. Dies könnte darauf hindeuten, dass kleinere Betriebe weniger Ressourcen oder Bedarf für den Einsatz von KI haben. Besonders auffällig ist der hohe Anteil von fast 39 Prozent der Befragten, die KI aktuell als unwichtig einstufen. Möglicherweise ist vielen Unternehmen nicht bewusst, in welchen Anwendungsfällen sich KI sinnvoll nutzen lässt, weshalb sie das damit einhergehende Potenzial nur schwer abschätzen können. Dies könnte bei kleineren Unternehmen dadurch verstärkt werden, dass ihnen das nötige Know-how im Bereich KI fehlt.

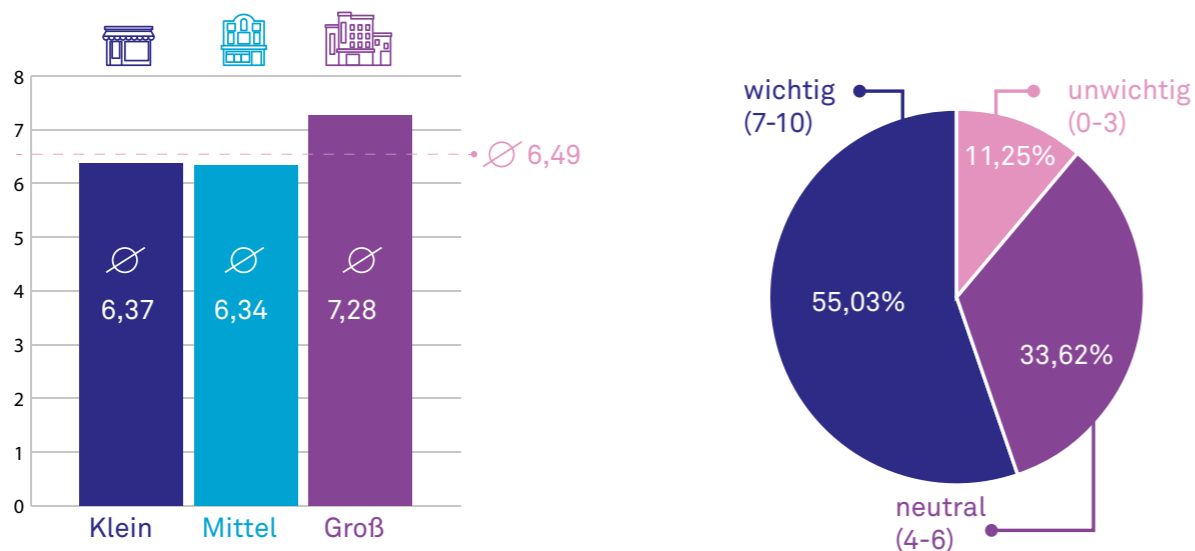


F4: Wie wichtig ist künstliche Intelligenz für ihr Unternehmen?

RELEVANZ DIGITALER PLATTFORMEN

Im Durchschnitt bewerten die Unternehmen digitale Plattformen mit 6,49 Punkten als eher relevant. Die Mehrheit der Befragten (55,03 %) stuft sie als wichtig ein. 33,62 % haben eine neutrale Haltung, während nur 11,35 % sie als unwichtig einstufen. Betrachtet man die Ergebnisse nach Unternehmensgröße, zeigen sich Unterschiede in der Bewertung von Großunternehmen im Vergleich zu mittleren und kleinen Unternehmen. Großunternehmen bewerten die Wichtigkeit digitaler Plattformen mit einem Durchschnitt von 7,28 am höchsten. Dies deutet darauf hin, dass größere Firmen stärker auf digitale Plattformen angewiesen sind und deren Potenzial besser nutzen oder einschätzen können. Kleine Unternehmen erreichen einen Durchschnittswert von 6,37 und liegen damit knapp hinter den mittleren Unternehmen, die einen Durchschnitt von 6,34 erreichen.

Zusammengefasst zeigt die Umfrage eine überwiegend positive Einschätzung der Bedeutung digitaler Plattformen für Unternehmen. Während Großunternehmen digitale Plattformen klar als wichtig einstufen und deren Einsatz priorisieren, ist diese Wahrnehmung bei kleinen und mittleren Betrieben etwas weniger stark ausgeprägt. Nur 11 % der Befragten betrachten digitale Plattformen aktuell als unwichtig. Möglicherweise haben einige Unternehmen noch nicht vollständig erkannt, wie sie digitale Plattformen strategisch einsetzen können und welche Vorteile sich daraus ergeben könnten. Besonders kleinere Betriebe könnten aufgrund ihres geringeren Digitalisierungsgrads Probleme damit haben, an digitalen Plattformen teilzunehmen, und sie daher als weniger relevant einstufen. Zudem könnten diese Unternehmen aufgrund ihrer Größe weniger Bedarf dazu haben, z. B. Daten zentral abzulegen und damit breit verfügbar zu machen, da das Know-How stärker zentralisiert ist.

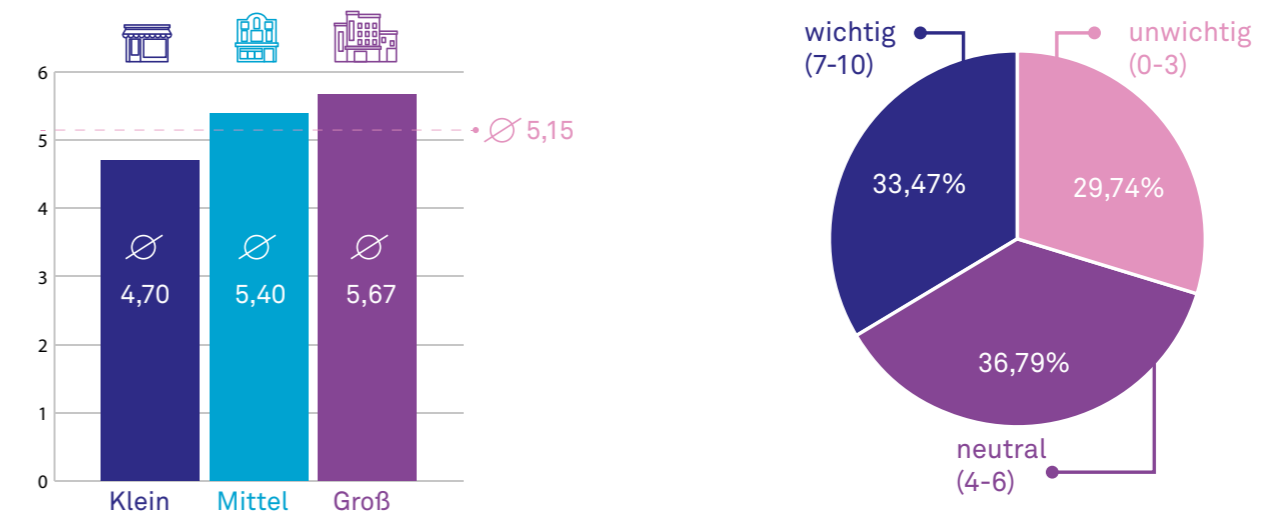


F6: Wie wichtig sind digitale Plattformen für ihr Unternehmen?

RELEVANZ BRANCHENINTERNER UND BRANCHENÜBERGREIFENDER EINHEITLICHER DATEN-INFRASTRUKTUREN

Brancheninterne und branchenübergreifende einheitliche Dateninfrastrukturen wie Gaia-X werden mit 5,15 Punkten als moderat relevant eingestuft. Die Antworten präsentieren sich als relativ ausgewogen und mit einer Tendenz zur Mitte hin. Die vorliegende empirische Erhebung ergibt, dass die Mehrheit der Unternehmen, genauer gesagt 36,79 %, eine neutrale Haltung in Bezug auf die Relevanz von Infrastrukturen einnehmen. Demgegenüber steht eine Gruppe von 33,47 %, die die Wichtigkeit solcher Infrastrukturen betont. Schließlich äußert sich eine Minderheit von 29,74 % zu diesem Thema und stuft es als unwichtig ein. Eine Analyse der Ergebnisse nach Unternehmensgröße offenbart Diskrepanzen in der Bewertung. Die höchste Bewertung hinsichtlich der Relevanz dieser Infrastrukturen wird mit einem Durchschnitt von 5,67 von Großunternehmen vergeben, gefolgt von mittleren Unternehmen mit einer ähnlichen Bewertung von durchschnittlichen 5,40. Im Gegensatz dazu wird die Bedeutung solcher Infrastrukturen von kleinen Unternehmen mit einem Durchschnitt von nur 4,70 deutlich niedriger bewertet.

Die vorliegende Umfrage ergibt eine gemischte und damit unentschlossene Einschätzung der Bedeutung einheitlicher Dateninfrastrukturen für Unternehmen. Die vorliegende Evidenz deutet darauf hin, dass große und mittlere Unternehmen diese Technologien zumindest tendenziell als relevant erachten. In kleinen Betrieben ist diese Wahrnehmung hingegen weniger stark ausgeprägt. Auffällig ist zudem der relativ hohe Anteil von fast 30 % der Befragten, die solche Infrastrukturen aktuell als unwichtig einstufen. Es ist anzunehmen, dass einige Unternehmen die Potenziale solcher Lösungen noch nicht vollständig erfasst haben oder die Vorteile, die sich daraus ergeben, nicht erkennen. Dieser Effekt wird durch die Tatsache verstärkt, dass Unternehmen, die derartige Lösungen implementieren, in der Regel als Pioniere in diesem Bereich agieren. Sie profitieren in hohem Maße von der breiten Akzeptanz und Umsetzung dieser Infrastrukturen.

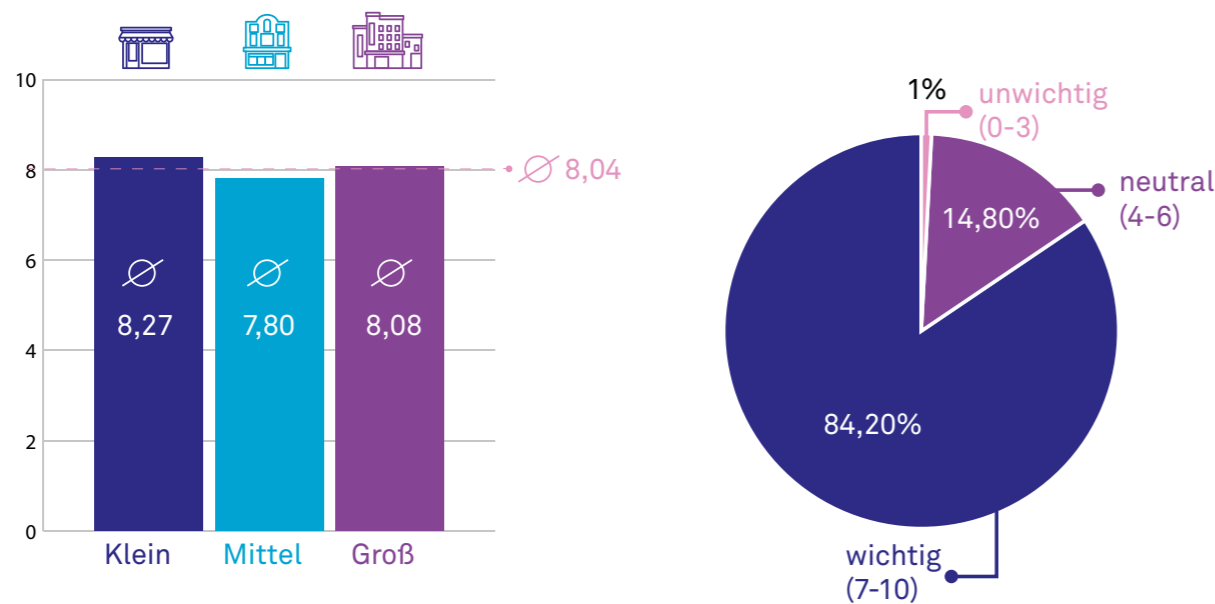


F7: Wie wichtig sind brancheninterne und branchenübergreifende einheitliche Dateninfrastrukturen (wie z.B. Gaia-X) für ihr Unternehmen?

RELEVANZ DER ZUSAMMENARBEIT VON UNTERNEHMEN

Die Zusammenarbeit wird von den Unternehmen mit einem Durchschnittswert von 8,04 als äußerst wichtig eingestuft, wobei die Ergebnisse eine klare Tendenz aufzeigen. Die überwiegende Mehrheit der Befragten, genauer gesagt 84,20 %, stuft die Zusammenarbeit als relevant ein. Lediglich ein Prozent der befragten Unternehmen stuft diese als unwichtig ein. Zwischen den zuvor genannten Positionen befindet sich eine Gruppe von 14,80 %, deren Mitglieder eine neutrale Haltung in dieser Angelegenheit einnehmen. Eine Analyse der Unternehmensgröße offenbart signifikante Unterschiede, wobei ein eindeutiges Bild entsteht, das die maßgebliche Bedeutung der Zusammenarbeit betont. Die Bewertung der Zusammenarbeit durch kleine Unternehmen fällt mit einem Durchschnitt von 8,27 am höchsten aus. Großunternehmen erreichen mit einem Durchschnittswert von 8,08 einen vergleichbaren Wert. Im Gegensatz dazu bewerten mittlere Unternehmen die Zusammenarbeit mit 7,80 etwas niedriger, bleiben jedoch dennoch im positiven Bereich.

Die vorliegende Umfrage ergibt ein eindeutiges und einheitliches Bild in Bezug auf die Wahrnehmung der Bedeutung der Zusammenarbeit als Erfolgsfaktor für Unternehmen. Auffallend ist der äußerst geringe Anteil von lediglich 1 % der Befragten, die sie als unwichtig einstufen. Es herrscht Konsens darüber, dass Kooperationen einen zentralen Erfolgsfaktor darstellen. Eine Vielzahl von Unternehmen ist darauf angewiesen, mit Partnern entlang ihrer Wertschöpfungskette als Ergänzung zu ihren Leistungen, aber auch mit Wettbewerbern zusammenzuarbeiten, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und wachsenden Kundenanforderungen gerecht zu werden. Es lässt sich beobachten, dass insbesondere kleine Unternehmen durch eine enge Zusammenarbeit ihre Ressourcen effizienter nutzen können und somit einen signifikanten Wettbewerbsvorteil erzielen.



F12: Wie wichtig ist die Zusammenarbeit als Erfolgsfaktor für ihr Unternehmen?

ANZAHL DER PARTNER BEI ZUSAMMENARBEIT

Die Zusammenarbeit von Unternehmen erfolgt mit 66,4 % überwiegend in Netzwerken mit mehr als zwei Partnern. 26,8 % geben an, typischerweise mit genau zwei Unternehmen zu kooperieren. Lediglich 6,8 % arbeiten ausschließlich mit einem einzelnen Partner zusammen. Großunternehmen kooperieren zu 71,8 % in Netzwerken mit mehr als zwei Partnern. Gleichzeitig haben sie mit 15,4 % einen vergleichsweise geringen Anteil an Kooperationen mit genau zwei Partnern. Sie haben mit 12,8 %, vor allem im Vergleich zu mittleren und kleinen Unternehmen, einen höheren Anteil an Partnerschaften mit nur einem einzigen Unternehmen. Bei den mittleren Unternehmen zeigt sich eine ausgeglichene Verteilung zwischen den Kategorien. Zwar kooperieren mit 63,8 % auch hier die meisten Firmen in Netzwerken mit mehr als zwei Partnern, doch der Anteil an Unternehmen, die typischerweise mit genau zwei Partnern zusammenarbeiten, ist mit 30,7 % deutlich höher als bei Großunternehmen. Die Zusammenarbeit mit nur einem einzelnen Partner spielt mit 5,5 % eine untergeordnete Rolle. Ähnlich wie bei den mittleren Betrieben zeigt sich bei den kleinen Unternehmen, dass 67,2 % in Netzwerken arbeiten und 26,9 % der Kooperationen auf genau zwei Partner entfallen. Der Anteil kleiner Firmen, die ausschließlich mit einem einzigen Unternehmen zusammenarbeiten, bleibt mit 6 % ebenfalls gering.

Insgesamt setzt die Mehrheit der Unternehmen auf Netzwerke aus mehreren Kooperationspartnern. Besonders Großunternehmen priorisieren solche komplexen Partnerschaften. Auch kleine und mittlere Betriebe sind stark netzwerkorientiert, wobei ihre Kooperationen häufig auf wenige Partner begrenzt bleiben. Große Unternehmen könnten aufgrund ihrer Ressourcen und strategischen Ausrichtung besser in der Lage sein, umfangreiche Netzwerke zu koordinieren und davon zu profitieren. Kleinere Firmen hingegen könnten durch gezielte Partnerschaften ihre Flexibilität bewahren und zugleich ihre Wettbewerbsfähigkeit sichern.



Aus wie vielen Unternehmen setzt sich die Zusammenarbeit üblicherweise zusammen? Basis(alle befragte (300 Fälle, gewichtet))

BEZUG ZU DIENSTLEISTUNGEN

Mit 58,8 % gibt die Mehrheit der Befragten an, dass ihre Dienstleistungen überwiegend mit physischen Produkten verbunden sind. 38,2 % der Befragten bieten dagegen Dienstleistungen an, die sich auf ein Produkt-Services-System beziehen, also eine Mischung aus physischen und digitalen Produkten. Lediglich 3 % der Unternehmen bieten ausschließlich Dienstleistungen auf Basis digitaler Produkte an. Betrachtet man die Ergebnisse nach Unternehmensgröße, zeigen sich vor allem bei den kleinen Unternehmen Unterschiede zu den anderen beiden Gruppen. Kleine Unternehmen fokussieren sich am stärksten auf physische Produkte. Dabei liegt der Anteil mit 68,7 % deutlich höher als in den anderen Gruppen. Gleichzeitig ist ihr Anteil an Produkt-Service-Systemen mit nur 27,6 % vergleichsweise niedrig. Der Anteil kleiner Betriebe, die ausschließlich digitale Produkte anbieten, ist mit 3,7 % zwar gering, jedoch höher als bei mittleren und großen Unternehmen. Die mittleren und großen Unternehmen weisen ein ähnliches Bild auf. Zwar bezieht sich auch hier der überwiegende Teil der Dienstleistungen mit 51,2 % bzw. 53,8 % auf physische Produkte, doch der Anteil an Produkt-Service-Systemen ist mit 46,5 % bzw. 43,6 % deutlich höher. Reine digitale Produkte spielen mit einem Anteil von 2,4 % bzw. 2,6 % eine untergeordnete Rolle.

Insgesamt setzen kleine Unternehmen stark auf physische Produkte und nutzen Mischformen weniger häufig als größere Firmen. Mittlere Unternehmen zeigen hingegen eine ausgeglichene Verteilung zwischen physischen Produkten und Mischformen aus digitalen und physischen Dienstleistungen. Dies könnte ihre Flexibilität in verschiedenen Märkten widerspiegeln. Der vergleichsweise hohe Anteil von kleinen Unternehmen, die Dienstleistungen zu physischen Produkten anbieten, deutet auf eine geringere Orientierung in Richtung Digitalisierung hin. Produkt-Service-Systeme nehmen dabei insgesamt eine wichtige Rolle zwischen einem rein physischen oder digitalen Angebot ein. Es ist davon auszugehen, dass viele physische Produkte um digitale Bestandteile erweitert werden.

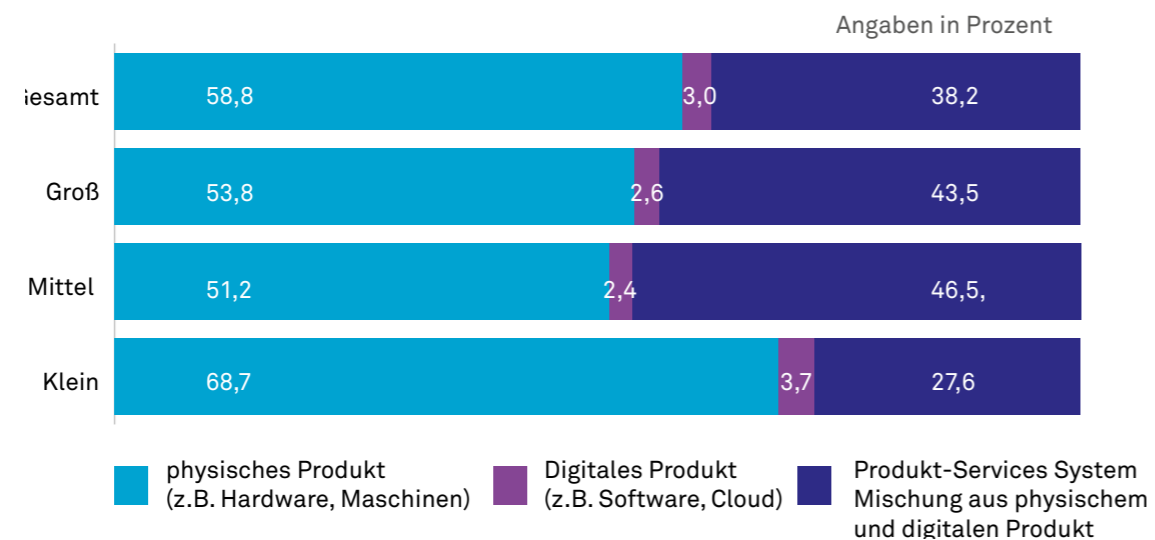


Abbildung : KI generiert mit Gemini Nano Banana

FAZIT

Digitalisierungsgrad:

- Der Digitalisierungsgrad wird mit einem Durchschnittswert von **6,41** als eher hoch eingeschätzt.
- Mittlere Unternehmen bewerten ihren Digitalisierungsgrad am höchsten (**6,60**), gefolgt von kleinen Unternehmen (**6,35**) und Großunternehmen (**6,05**).
- Nur **6,96 %** der Unternehmen schätzen ihren Digitalisierungsgrad als niedrig ein.

Gesamtumsatz durch Dienstleistungen:

- Industrielle Dienstleistungen machen bei den meisten Unternehmen weniger als **20 %** des Gesamtumsatzes aus (**37 %**).
- Nur wenige Unternehmen erzielen einen Dienstleistungsanteil von über **80 %** (**14 %**).

Relevanz industrieller Dienstleistungen:

- Industrielle Dienstleistungen werden mit einem Durchschnittswert von **7,40** insgesamt als wichtig eingestuft.
- Mittlere Unternehmen bewerten die Relevanz am höchsten (**7,49**) im Vergleich zu kleinen Firmen (**7,37**) und Großunternehmen (**7,21**).

Relevanz künstlicher Intelligenz (KI):

- KI wird mit einem durchschnittlichen Wert von **4,43** nur moderat relevant eingeschätzt. Großunternehmen sehen KI wichtiger an (**4,98**) als mittlere Firmen (**4,78**) und kleine Betriebe (**3,87**).

Relevanz digitaler Plattformen:

- Digitale Plattformen werden mit durchschnittlich **6,49** bewertet. Großunternehmen bewerten sie am höchsten (**7,28**) im Vergleich zu mittleren Firmen (**6,34**) und kleinen Betrieben (**6,37**).

Einheitliche Dateninfrastrukturen (wie Gaia-X):

- Einheitliche Dateninfrastrukturen werden mit einem Durchschnittswert von **5,15 Punkten** moderat relevant eingeschätzt. Großunternehmen führen hier mit einer Bewertung von **5,67**, während kleine Unternehmen nur auf einen Wert von **4,70** kommen.

Zusammenarbeit:

- Zusammenarbeit wird mit einem Durchschnittswert von **8,04** als äußerst wichtig eingestuft. Kleine Unternehmen bewerten sie am höchsten (**8,27**) vor Großunternehmen (**8,08**) und mittleren Betrieben (**7,80**).

HANDLUNGSFELDER FÜR UNTERNEHMEN

1. Digitalisierung strategisch vorantreiben:

Digitalisierung ist ein Schlüsselfaktor für Wettbewerbsfähigkeit – insbesondere digitale Plattformen und KI bieten großes Potenzial zur Effizienzsteigerung und Innovation. Unternehmen sollten gezielt in digitale Technologien investieren und deren Integration in bestehende Prozesse fördern.

2. Hybride Produkt-Service-Systeme entwickeln:

Die Verbindung physischer Produkte mit digitalen Dienstleistungen kann neue Geschäftsmodelle eröffnen und Kundenbedürfnisse besser erfüllen. Besonders kleine Betriebe sollten stärker hybride Ansätze verfolgen.

3. Dienstleistungen ausbauen:

Obwohl industrielle Dienstleistungen derzeit oft eine untergeordnete Rolle spielen (<20 % Umsatzanteil), liegt hier erhebliches Wachstumspotenzial – insbesondere durch ergänzende Services zu physischen Produkten.

4. Kooperationen intensivieren:

Netzwerke aus mehreren Partnern sind entscheidend für Innovationen und Markterfolg; besonders große Unternehmen profitieren davon bereits stark. Kleinere Firmen können durch gezielte Partnerschaften ihre Flexibilität stärken



BESCHREIBUNG DER PARTNER

Der LFO übernimmt im Projekt die Rolle des Koordinators und stellt sicher, dass die Zusammenarbeit zwischen den Partnern reibungslos verläuft und die Projektziele erreicht werden. Wissenschaftlich untersucht der LFO die Wirkungszusammenhänge von Wertschöpfungsplattformen. Das Fraunhofer IML bringt seine Expertise in der Entwicklung branchenübergreifender und kundenspezifischer Lösungen ein. Im Projekt ist es für die Erfassung und Bewertung aktueller Serviceprozesse, Stammdaten und Kollaborationsprinzipien bei den Industriepartnern verantwortlich, um umfangreiche Unternehmensfallstudien vorzubereiten und einen Anforderungskatalog zu erstellen. Das Fraunhofer ISST konzentriert sich auf die Entwicklung sicherer und souveräner Dateninfrastrukturen für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Im Rahmen von GRIPSS-X unterstützt es das Konsortium durch die Implementierung der Gaia-X-Infrastruktur auf der Plattform und entwickelt gemeinsam mit den Industriepartnern neue, datengetriebene Geschäftsmodelle.

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

Als KI-Experte unterstützt iits-consulting das Projekt durch die Entwicklung und Implementierung von KI-basierten Tools, die die Prozesse auf der Wertschöpfungsplattform optimieren und automatisieren sollen. Die Hahn Projects GmbH trägt durch innovative Softwarelösungen zur Digitalisierung von Instandhaltung und Produktion bei. Sie ist im Projekt für den Aufbau der GRIPSS-X-Plattform verantwortlich und stellt die Einhaltung der Gaia-X-Konformität sicher.



LITERATURVERZEICHNIS

Pauer, Angelika; Nagel, Lars; Fedkenhauser, Thomas; Fritzsche-Steer, Yvonne; Resetko, Aleksei (2018): Data exchange as a first step towards data economy. Hg. v. ricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Düsseldorf.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021): Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema Industrie 4.0 – GAIA-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken (InGAIA-X). Online verfügbar unter <https://www.zukunft-der-wertschoepfung.de/industrie-4-0-gaia-x-anwendungen-in-wertschoepfungsnetzwerken-ingaia-x/>, zuletzt geprüft am 10.03.2025.

DIN SPEC 77218:2025-03.

Eclipse Foundation (2024): Eclipse dataspace components connector. Online verfügbar unter <https://github.com/eclipse-edc/>.

European Commission (2019): Ethics guidelines for trustworthy AI. Hg. v. Publications Office.

Gaia-X (2025): Self-Description Definition. Online verfügbar unter <https://docs.gaia-x.eu/technical-committee/architecture-document/22.04/self-description/#:~:text=Gaia-X%20Self-Descriptions%20%28SD%29%20describe%20Entities%20from%20the%20Gaia-X,the%20Resources%20and%20Service%20Offerings%20from%20the%20Providers.>

Gassner, Stefan (2013): Instandhaltungsdienstleistungen in Produktionsnetzwerken. Mehrzielentscheidung zwischen Make, Buy, Concurrent Sourcing und Cooperate. Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 2012. Wiesbaden: Springer Gabler (Springer Gabler Research).

Gebauer, Heiko; Paiola, Marco; Edvardsson, Bo (2010): Service business development in small and medium capital goods manufacturing companies. In: *Managing Service Quality: An International Journal* 20 (2), S. 123–139. DOI: 10.1108/09604521011027561.

Gitzel, Ralf; Schmitz, Björn; Fromm, Hansjörg; Isaksson, Alf; Setzer, Thomas (2016): Industrial Services as a Research Discipline. 4:1-22 Pages / *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, Vol 11 (2016). DOI: 10.18417/emisa.11.4.

Hompel, Michael ten; Henke, Michael (2020): Logistik 4.0 in der Silicon Economy. In: Michael ten Hompel, Thomas Bauernhansl und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): *Handbuch Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 3–9.

Ind, Nicholas; Coates, Nick (2013): The meanings of co-creation. In: *European Business Review* 25 (1), S. 86–95. DOI: 10.1108/09555341311287754.

Kergroach, S. (2021): Going Digital Toolkit Notes. Online verfügbar unter https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/08/smes-going-digital_3b1e76c1/c91088a4-en.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

Kerner, Sören; Leveling, Jens; Urbann, Oliver; Weickhmann, Luise; Otten, Maximilian; Vogel, Maurice (2020): Anwendungsfelder von künstlicher Intelligenz in Industrie-4.0-Systemen. In: Michael ten Hompel, Thomas Bauernhansl und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): *Handbuch Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 227–250.

Rich, Elaine; Knight, Kevin; Nair, Shivashankar B. (2010): *Artificial intelligence*: Tata McGraw Hill.

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2022): *Artificial intelligence. A modern approach*. Fourth edition, global edition. Harlow: Pearson (Pearson series in artificial intelligence).

Sovereign Cloud Stack (2024): Über sovereign cloud stack. Online verfügbar unter <https://scs.community/de/about/>.

Statistisches Bundesamt (2019): Kleine und mittlere Unternehmen (KMU): Definition. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/Glossar/kmu.html>, zuletzt aktualisiert am 26.11.2019, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

Vargo, Stephen L.; Lusch, Robert F. (2016): Institutions and axioms: an extension and update of service-dominant logic. In: *J. of the Acad. Mark. Sci.* 44 (1), S. 5–23. DOI: 10.1007/s11747-015-0456-3.

ZEW (2021): Schwerpunktstudie Digitale Souverinität. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).