

Vorstudie Datenraum Manufacturing-X



Architektur, Basisdienste und Organisation unter Berücksichtigung der Spezifika der ausrüstenden Industrie

In Kooperation mit

 **Fraunhofer**

zvei
electrifying
ideas

 **VDMA**

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Boris Otto, Fraunhofer ISST

Joachim Seidelmann, Fraunhofer IPA

Dr. Jürgen Schmelting, Fraunhofer ISST

Dr.-Ing. Olaf Sauer, Fraunhofer IOSB

Vorstudie

Datenraum Manufacturing-X

**Architektur, Basisdienste und Organisation unter
Berücksichtigung der Spezifika der ausrüstenden Industrie**

Was ist eigentlich Manufacturing-X und wofür wird es gebraucht?



Hartmut Rauen
Stellvertretender VDMA-
Hauptgeschäftsführer



Gunther Koschnick
ZVEI-Bereichsleiter
Industrie

Diese Fragen wurden uns in den letzten Monaten immer wieder gestellt. Es gibt viele unterschiedliche und trotzdem passende Antworten darauf, abhängig davon, ob die Initiative aus der technischen, organisatorischen oder der rechtlichen Perspektive betrachtet wird.

Wir wollen der Ausrüsterindustrie Antworten geben und laden Sie ein, selbst Teil von Manufacturing-X zu werden.

Viele Analysten, Berater und Journalisten haben in der Vergangenheit darauf hingewiesen, dass die deutsche Industrie ihren direkten Zugang zum jeweiligen Endkundenmarkt verlieren könnte. Der Grund dafür liegt in den Effekten der Digitalisierung, insbesondere der Plattformökonomie, die heute von eher branchenfremden Unternehmen bestimmt und genutzt wird. Der eigentlichen Produktion unmittelbar vorgelegte Funktionen, wie Angebotserstellung auf Basis der Teilegeometrie, Kalkulation der Herstellkosten auf Basis der eingesetzten Maschinen, Suche nach Maschinen mit geeigneten Fähigkeiten etc., verlagern sich immer mehr in die Softwarebranche, so dass die Gefahr besteht, dass der Prozess und der Ort der Produktion selbst austauschbar werden und damit an Bedeutung verlieren.

Genau an dieser Stelle setzt Manufacturing-X an und bietet der Ausrüsterindustrie mit einem zu schaffenden Datenraum eine Lösung für die oben beschriebenen Herausforderungen.

Datenräume basieren auf Vorarbeiten und Überlegungen u.a. der Fraunhofer-Gesellschaft und finden national wie international verstärkt Anklang in Industrie und Politik. Die Bundesregierung und die Europäische Kommission streben in ihren jeweiligen Digitalisierungsstrategien den Aufbau von förderierten Datenräumen an und fördern diese finanziell.

Datenräume bieten jedem Hersteller von netzwerkfähigen Maschinen und Anlagen die Möglichkeit, die eigenen Maschinendaten multilateral zu teilen. Dabei kommen sie

ohne eine zentrale Instanz zur Speicherung aus. Sie stellen somit einen Gegenentwurf zur zentralistisch ausgelegten Plattformökonomie dar. Anwender eines Datenraums können die Spielregeln für den Zugriff und die Nutzung geteilter Daten selbstbestimmt festlegen. Sie bleiben der Souverän über ihre betrieblichen Daten und können zugleich von den Netzwerkeffekten der gemeinschaftlichen Datennutzung profitieren.

Manufacturing-X ist die Umsetzung des Datenraumprinzips in die Welt der produzierenden Industrie. Angesichts der Tatsache, dass die wachsenden und renditeträchtigen Märkte der Zukunft ausnahmslos von der Digitalisierung geprägt sind, sehen wir in Manufacturing-X die Möglichkeit, die gesamte Ausrüsterindustrie in eine die Zukunft gestaltende Position zu bringen und auf die nächste Evolutionsstufe zu heben. Aus unserer Sicht ist dies ein wesentlicher Baustein der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland.

Mit der vorliegenden Studie des VDMA, des ZVEI und der Fraunhofer-Gesellschaft stellen wir Konzepte für einen Datenraum der Ausrüsterindustrie aus technischer Sicht vor. Dazu haben wir eine Vielzahl von Gesprächen mit Branchenvertretern und Datenraum-Experten geführt, um eine breite Zustimmungsbasis zu erreichen. Zudem wurden bestehende Datenraumaktivitäten in Betracht gezogen und analysiert, um Manufacturing-X anschlussfähig zu weiteren Branchen zu halten. Das entstandene Zielbild berücksichtigt deshalb früher gestartete Projekte aus dem Gaia-X-Umfeld und schlägt konkrete Bausteine aus bereits laufenden Projekten vor, die auch für Manufacturing-X genutzt werden sollten. Die Studie verdeutlicht zudem, an welchen Stellen Forschungs- und Entwicklungslücken bestehen, die im Laufe der Umsetzung von Manufacturing-X geschlossen werden sollten. Die im Aufbau befindliche Anwender-Community aus der Ausrüster- und Softwareindustrie hat großes Interesse daran bekundet, dass dieses Zielbild effizient und pragmatisch umgesetzt wird.

Mit der vorliegenden Studie beschreiben wir den Datenraum Manufacturing-X; außerdem geben wir Hinweise darauf, wie wir damit gemeinsam aktive Player der Digitalisierung werden können. Unabhängig davon, ob Ihr Unternehmen klein, mittelständig oder ein Konzern ist: Wir laden Sie ein, Teil der Manufacturing-X-Bewegung zu werden, denn die Stärke des Konzepts liegt in der Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg. Lassen Sie uns gemeinsam diesen Weg gehen.

Hartmut Rauen
Stellvertretender VDMA-Hauptgeschäftsführer

Gunther Koschnick
ZVEI-Bereichsleiter Industrie

Inhalt

Vorwort	4
1. Motivation und Gang der Untersuchung	8
1.1 Volkswirtschaftlicher Rahmen der Untersuchung	8
1.2 Übersicht über den Stand der Digitalisierung in der verarbeitenden Industrie	11
1.3 Zielsetzung und Studiendesign	12
2. Regulatorik und bestehende Vorarbeiten	14
2.1 Europäische Gesetzgebung	14
2.1.1 Data Act	14
2.1.2 Data Governance Act	15
2.1.3 Digital Services Act	17
2.1.4 Cyber Resiliency Act und NIS-2	18
2.2 Geschäftslogik der Digitalisierung	18
2.3 Datenbasierte Dienste	20
2.4 Plattformökonomie	20
2.5 Datenökosysteme	21
2.6 Übergeordnete Initiativen	22
2.6.1 Gaia-X	23
2.6.2 Data Spaces Support Centre	23
2.6.3 International Data Spaces Referenzarchitektur	24
2.6.4 Plattform Industrie 4.0 und die Verwaltungsschale/AAS	24
2.6.5 OPC UA und Companion Specifications	25
2.7 Branchenbezogene Datenrauminitiativen	26
2.7.1 Catena-X Automotive Network	26
2.7.2 Mobility Data Space	33
2.7.3 Silicon Economy	33
2.7.4 Smart Connected Supplier Network (SCSN)	33
2.7.5 FabOS	35
2.7.6 InterOpera	35
2.7.7 EuProGigant	35
2.7.8 SmartAgriHubs	36
2.8 Möglichkeiten und Grenzen	36

3. Besonderheiten im Maschinenbau und in der Elektroindustrie	37
3.1 Allgemeines	37
3.2 Designoptionen für durchgängige Datenketten	40
3.3 Initiale Anwendungscluster	41
3.3.1 Supply Chain-Transparenz	41
3.3.2 Produktions- und Fabrikoptimierung	41
3.3.3 Kollaborative Produktinnovation	42
3.3.4 Energie- und CO ₂ -Management	42
3.3.5 Geschäftsmodelle	42
3.3.6 Capabilities	43
3.4 IT-Security	43
3.5 Datenschutz und Privacy	44
3.6 Datennutzungskontrolle	45
3.7 Implikationen für den Maschinenbau, die Elektroindustrie und die Verbände	46
4. Vorschlag einer Gesamtarchitektur des Manufacturing-X-Programms	51
4.1 Allgemeines	51
4.2 Governance	54
4.3 Basisdienste im Netzwerk	54
4.4 Anknüpfung an zu entwickelnde Branchenlösungen	61
4.5 Zertifizierung von Diensten und Services und Schnittstelle zum Betrieb	62
4.6 Transfer und Skalierung des Netzwerks	64
5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	65
5.1 Datenräume für den Maschinenbau	65
5.2 Überlegungen zu nächsten Schritten	66
5.3 Unterstützung für Mitgliedsunternehmen der Verbände	68
5.4 Danksagung	69
6. Literatur	70

1. Motivation und Gang der Untersuchung

1.1 Volkswirtschaftlicher Rahmen der Untersuchung

Die physische Produktion von Waren und Gütern ist Kern und Rückgrat prosperierender Volkswirtschaften. Allein in Deutschland waren Ende 2021 knapp 7,6 Millionen Menschen unmittelbar in den Betrieben des verarbeitenden Gewerbes und der ausrüstenden Industrie mit 50 und mehr Beschäftigten tätig. Direkt und indirekt hängen sogar rund 15 Millionen der knapp 45 Millionen Arbeitsplätze in der Bundesrepublik von der produzierenden Wirtschaft ab. Wichtige Teilbranchen für das verarbeitende Gewerbe sind neben dem Maschinenbau, der Elektroindustrie und der Automobilindustrie weitere Branchen, die Produktionsstätten betreiben, z. B. die Metallverarbeitung, die Luftfahrtindustrie, Chemie und Pharma und die Halbleiter- und Elektronikherstellung.

Ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geplantes Förderprogramm für die deutsche produzierende Industrie („Manufacturing-X“) sowie neue gesetzliche Rahmenbedingungen auf EU-Ebene (siehe Absatz 2.1) sind die Auslöser der in dieser Studie zu beantwortenden Fragen:

- Wie können Datenökosysteme für die produzierende Industrie aufgebaut werden und welchen Nutzen haben (mittelständische) Unternehmen, wenn sie dort teilnehmen?
- Was sind Datenräume und wie können sie so aufgebaut werden, dass sie interoperabel sind und die erforderliche Infrastruktur und deren Basisdienste nur einmal entwickelt werden müssen? Gelingt dies, können sich produzierende Unternehmen auf die Arbeit an datenbasierten Mehrwertdiensten (Business-Apps, siehe Abschnitt 2.2) fokussieren.

- Wie kann ein auf europäischen Werten basierender Weg aussehen, um Daten über Unternehmens- und Landesgrenzen zu teilen und zu nutzen, so dass den Eigentümern¹ bzw. Erzeugern der Daten die Kontrolle über ihr Know-how – soweit technisch möglich – erhalten bleibt?
- Wie sieht eine souveräne Position der Industrie in der B2B-Plattformökonomie aus?
- Welche Rolle können die Verbände VDMA, ZVEI und andere bei der aktiven Gestaltung von Datenökosystemen für ihre Mitglieder einnehmen?

Deutschlands Standortfaktoren scheinen sich im internationalen Vergleich zu verschlechtern, wie jüngst eine Studie der Stiftung Familienunternehmen nachweist: „Deutschland kann mit Spitzenstandorten in Nordamerika, Westeuropa und Skandinavien kaum noch mithalten. Während andere Staaten in Infrastruktur investieren oder ihr Steuersystem reformieren, kommt Deutschland nicht voran².“ Auch bei der Innovationsfähigkeit belegt Deutschland mittlerweile nur noch mittlere Plätze [45]. Wie ist nun auf diese Bestandsaufnahme zu reagieren? Verlagern Unternehmer ihre Produktion in Länder mit kurzfristig scheinbar besseren Rahmenbedingungen [1] oder arbeiten sie aktiv daran, die Rahmenbedingungen am Standort Deutschland und damit auch ihre eigene Position zu verbessern? Mit Manufacturing-X verfolgt das BMWK das Ziel, ein Fitness-Programm zur Digitalisierung des deutschen produzierenden Mittelstandes zu schaffen und damit den Standort Deutschland insgesamt zu stärken. Denn: „Zwischen der Nutzung von Technologien der Industrie 4.0 und der Rückverlagerungsneigung der Betriebe besteht ein positiver Zusammenhang. Hauptgründe sind

1 Zur erleichterten Lesbarkeit wird im Rahmen dieser Studie das generische Maskulinum verwendet. Jedwedes weitere Geschlecht möge sich gleichsam angesprochen fühlen.
2 siehe <https://www.familienunternehmen.de/de/pressebereich/meldungen/2023/2023-01-16/deutschland-ist-der-grosse-verlierer-im-standortwettbewerb>, letzter Aufruf am 31.01.2023

Automatisierungspotenziale und verbesserte Fähigkeiten zur individualisierten Produktion am deutschen Standort [2]“.

Die Stärkung des produzierenden Gewerbes am Wirtschaftsstandort Deutschland umfasst aus Sicht der Autoren die Kombination und Orchestration von

- **Hardware und hardwarenaher Software:** Intelligente Maschinen, Anlagen und Komponenten (sog. cyber-physische Systeme), die für Digitalisierung und Kommunikation vorbereitet sind. Hierzu zählt zunächst Equipment, das von vornherein, z. B. durch standardkonforme Teilmodelle, vorzugsweise entsprechend der Plattform Industrie 4.0 Asset Administration Shell (AAS) beschrieben, mit Konfigurations-/Kommunikationsfähigkeiten, z. B. über OPC UA, und entsprechenden Datenraum-Konnektoren ausgerüstet ist. Das Equipment kann mit vortrainierten KI-Modellen versehen sein, die durch Laufzeitdaten des Betriebs weiterentwickelt und im Austausch mit Daten anderer Maschinen/Komponenten verbessert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, installierte Maschinen, Anlagen und Komponenten für den Datenaustausch zu ertüchtigen („Retrofitting“) [38].
- **Software:** Zur Herstellung inner- und außerbetrieblicher Konnektivität bedarf es Software, die den Datenfluss gewährleistet. Hierzu zählen sowohl Basisdienste, die eine Grundfunktionalität einer florierenden Datenökonomie gewährleistet, als auch Mehrwertdienste („Business Apps“), die Rohdaten aus dem Betrieb zu Informationen zusammenführen, z. B. über „Gesundheitszustände“ von Maschinen/Komponenten, Prädiktionen ausführen oder als Basis für neue Geschäftsmodelle dienen.

- **Geschäftsmodellen:** Die Kombination von Hard- und Software ermöglicht zweierlei: Zum einen kann die gegenwärtige Wertschöpfung effizienter betrieben werden, zum andern können aber auch neue Kundenmehrwerte und Wertschöpfungspotenziale sowie Erlösquellen und Zahlungsströme z. B. durch pay-per-use, pay-per-part, pay-per-value etc. erschlossen werden. Neben den Hard- und Software-Komponenten sind ggf. auch weitere Ressourcen wie die menschliche Arbeitskraft und auch Prozesse zu berücksichtigen.

Eine makroökonomisch souveräne Volkswirtschaft setzt mikroökonomisch auf souveränen Unternehmen auf. Ein föderales Datenökosystem erzeugt diese mikroökonomische Souveränität mit dem Aufbau einer Alternative zu zentralen Plattformen [44]. Der Verlust der Kundenschnittstelle wird vermieden, der Wille zur Datenteilung erhöht.

Die produzierende Industrie ist Adressat von Manufacturing-X. Dieses Programm wird – ähnlich wie das Konjunkturprogramm 35c für die Automobilbranche – eine Initialzündung für große Verbundprojekte sein, mit dem die deutsche produzierende Industrie Schritte in eine digitalisierte Zukunft geht. Dies umfasst die öffentliche Förderung ebenso wie Eigenmittel aus der Wirtschaft. Digitalisierung ist kein Selbstzweck, sondern unterstützt die Industrie dabei, sich bzgl. der folgenden Ziele zu verbessern:

- **Wettbewerbsfähigkeit:** Die deutsche Industrie kann ihre Position im internationalen Wettbewerb nur erhalten, wenn sie konsequent auf Innovationen setzt, z. B. in Form von neuen Komponenten, Maschinen und/oder Linien, die sich selbst beschreiben, selbst konfigurieren und selbst verbessern – einschließlich zugehöriger digitaler Dienste und Geschäftsmodelle.

- **Nachhaltigkeit:** Für den Umbau von Wirtschaft und Gesellschaft hin zur Nutzung regenerativer Energiequellen und darauf aufbauendem Materialeinsatz (z. B. grüner Wasserstoff für Chemie, Stahl etc.), ist die datentechnische Interaktion der Beteiligten in den verschiedenen Industrien erforderlich. Erst die Digitalisierung ermöglicht die Sektorenkopplung, Power2X oder eine „All Electric Society“. Für die Industrie ist die Optimierung von Nutzung, Speicherung und Erzeugung von Energie, in Zusammenhang mit den genutzten Gebäuden, der Logistik und der externen Versorgung ein wesentlicher Faktor für Einsparungen, z. B. durch das intelligente Lastmanagement zur Vermeidung von Lastspitzen. Der Nachweis des CO₂-Fußabdrucks – und zwar bezogen auf eine tatsächliche Instanz einer Maschine oder Komponente – wird, im Gegensatz zu Durchschnittswerten, für Maschinenbauer und Komponentenhersteller verpflichtend werden (neben dem ohnehin vorhandenen Eigeninteresse); genauso wie der Nachweis, den Fabrikbetreiber erbringen müssen, wieviel Energie und Rohstoffe im Produktionsprozess verbraucht wurden. Auch hierfür werden Business Apps benötigt, um z. B. den Energieverbrauch in der Produktion durch geschickte Wahl der Auftragsreihenfolge zu reduzieren.
- **Resilienz:** Gerade der Maschinen- und Anlagenbau sowie Inbetriebnahme, Reparatur und Wartung sind abhängig von Vorleistungslieferungen aus dem Ausland. Am Beispiel von China sind dies rd. 15%, mehr als doppelt so viel wie der Durchschnitt aller deutschen Industriebranchen [3]. Daraus ergibt sich unter anderem, dass die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in den Wertschöpfungsketten der Ausrüsterbranche signifikant zunehmen müssen, wenn sie weiterhin unter zunehmender Unsicherheit lieferfähig bleiben will. Digitale Dienste helfen beispielsweise dabei, Störungen von Lieferketten schnell zu entdecken

und Alternativlieferanten auszuwählen – unter allen erforderlichen Berücksichtigungen von Risiken und Qualitätsanforderungen.

- **Kreislaufwirtschaft:** Die Automobilindustrie arbeitet seit Längerem daran, ausgehend von der Produktentwicklung für die Hauptkomponenten eines Fahrzeugs (Batteriezellen, Karosserie, Batteriegehäuse, Elektronik und Elektrik, Reifen etc.), kreislauffähige Strategien zu entwickeln. Und zwar indem
 - Materialien, Produkte oder Komponenten eingespart oder anders hergestellt werden,
 - die Lebensdauer von Produkten erhöht wird oder
 - Materialien oder andere Vorprodukte wiederverwertet werden [4].

Diese Mehrwerte erfordern Informationen aus unterschiedlichen Phasen der Wertschöpfungskette, die durch einzelne Unternehmen nicht allein gestaltbar, sondern nur in Kooperation mit anderen, zum Teil internationalen Unternehmen, erreichbar ist.

Auch die Ausrüsterbranche muss die Vorteile der Digitalisierung unternehmerisch nutzen und die Umsetzung strategisch planen. Dazu gehören auch datenbasierte Dienste, welche bestehende Konzepte und Lösungen nutzen. Sie können bspw. die Wiederaufarbeitung von Motorspindeln für Werkzeugmaschinen, Condition Monitoring und prädiktive Bereitstellung von Ersatzteilen etc. umfassen.

Allein hochproduktive und zuverlässige Maschinen, Anlagen oder Komponenten zu liefern oder zu betreiben, wird also zukünftig als Differenzierungsmerkmal und Basis des Geschäftserfolgs nicht mehr ausreichen. Dabei vollzieht sich ein Paradigmenwechsel vom Produktverkauf zum Nutzenverkauf, sog. Produkt-Service-Systemen (PSS), die für neue Wertschöpfung sorgen und zukunftssichere Arbeitsplätze für hochqualifizierte Mitarbeiter sichern bzw. schaffen.

Zusätzlich zu den traditionellen hardwarenahen Kompetenzen müssen die Fabrikbetreiber und deren Ausrüster also schnell umfassende Kompetenzen erwerben und beherrschen, um neue Methoden und Werkzeuge wie Gaia-X, Plattformen und Datenökosysteme, Datensicherheit und -souveränität etc. nutzbringend um- und einsetzen zu können. Und dies wird nicht im Alleingang erfolgreich sein können. Der aktuelle Wissensrückstand kann nur in Kooperation mit Partnern aufgeholt werden.

1.2 Übersicht über den Stand der Digitalisierung in der verarbeitenden Industrie

Die o.g. Studie der Stiftung Familienunternehmen [34] analysiert verschiedene internationale Wirtschaftsstandorte aus Sicht des Mittelstandes. Aus dem dort ermittelten Index ist zur Messung des Standes der Digitalisierung nur der Teilbereich IKT-Infrastruktur relevant. In die Bewertung fließen maßgeblich die Leistungsfähigkeit der Breitbandnetzwerke und die Internetsicherheit ein. Deutschland belegt im internationalen Vergleich den vierten Platz und liegt somit noch vor den USA [34, S. 63ff.]. Diese Erkenntnis wird auch durch Daten der Europäischen Kommission bestätigt. In dem seit 2017 kontinuierlich erhobenen „Digital Economy and Society Index“ (DESI) belegt Deutschland bei Konnektivität hinter Dänemark, Niederlande und Spanien den vierten Platz. Auch in diesen Index fließt die Leistungsfähigkeit der Netze neben der Breitbandabdeckung, dem mobilen Breitbandnetz sowie dem Preis maßgeblich in die Indexbildung ein. Bei 5G-Netzabdeckung und 5G-Spektrum belegt Deutschland Spitzenpositionen [35]. Es kann festgehalten werden, dass die Bundesrepublik eine gut ausgebaute und international wettbewerbsfähige

Kommunikationsinfrastruktur bietet und somit einen guten Standort für umfangreiche Digitalisierungsprojekte darstellt.

Dennoch werden diese nur schleppend umgesetzt, wie Daten der Europäischen Kommission zeigen: Bei genauerer Betrachtung des DESI wird deutlich, dass die Bundesrepublik durchschnittliche Ergebnisse in den Kategorien „Mittelständige Unternehmen, die zumindest ein Basisniveau an digitalen Technologien nutzen“ und „digitalem Informationsaustausch“ erzielt. Ähnlich schlechte Ergebnisse erzielt Deutschland bei der Integration komplexer digitaler Technologien wie Big Data-Anwendungen, Cloud-Technologien und der Anwendung von KI. Zusammenfassend sorgen die vergleichsweise schlechten Ergebnisse dafür, dass Deutschland bei der Integration der Digitalisierung in die Unternehmenspraxis von insgesamt 27 EU-Mitgliedsstaaten den 17. Platz belegt [35].

Dem Digitalisierungsindex des BMWK [36] kann entnommen werden, dass der Maschinenbau und die Elektroindustrie deutlich stärker digitalisiert sind als der Branchendurchschnitt. Allerdings fällt auf, dass der Digitalisierungsgrad im Maschinenbau und in der Elektroindustrie in den vergangenen Jahren sogar leicht rückläufig ist. Besonders eine mangelnde und/oder nicht mehr zeitgemäße Qualifikation der Fachkräfte und sinkende Forschungs- und Entwicklungsausgaben tragen zu dieser Entwicklung bei. Die Abnehmer des Maschinenbaus und der Elektroindustrie, also die Fabrikbetreiber, liegen noch deutlich hinter dem Branchendurchschnitt. Hier besteht also noch erheblicher Nachholbedarf bzgl. der Digitalisierung³.

3 Alle Angaben stammen aus einer bislang unveröffentlichten Marktstudie des Leitmarktes Anlagen- und Maschinenbau der Fraunhofer-Gesellschaft.

1.3 Zielsetzung und Studiendesign

Abgeleitet aus der Ausgangslage ist es das Ziel der vorliegenden Studie, Umsetzungsempfehlungen für den Aufbau eines föderierten und souveränen Datenraums zu erarbeiten, innerhalb dessen Akteure in einer dezentralen und somit losen Kopplung Daten teilen und gemeinschaftlich nutzen können. Dieses Vorhaben folgt einem in Abbildung 1 dargestellten Vorgehen, indem Vorarbeiten aus anderen Branchen auf ihre

Zweckmäßigkeit in Bezug auf den Einsatz in der Ausrüsterindustrie untersucht werden und veränderte Anforderungen Berücksichtigung finden.

Nachfolgend wird untersucht, wie sich die verschiedenen technologischen und regulatorischen Neuerungen auf eine digitale Ökonomie auswirken. Beispielsweise soll mit aktuellen Gesetzgebungsverfahren der Datenfluss über Unternehmensgrenzen hinweg begünstigt werden. Der multilaterale Austausch von Stamm- und Bewegungsdaten wird somit zu einer

Abbildung 1:
Vorgehen bei der Studiererstellung



unternehmerischen Herausforderung, der es zu begegnen gilt. Zahlreiche Initiativen zu Datenräumen haben sich dazu in den vergangenen Jahren in verschiedenen Branchendomänen konstituiert. Ein prominentes Beispiel für einen Datenraum ist das Catena-X Automotive Network. Trotz möglicher Überlappungen mit diesen bereits existierenden Datenräumen und der Forderung nach Interoperabilität der Datenräume liegt es auf der Hand, die spezifischen Anforderungen aus der produzierenden Industrie zu berücksichtigen.

Darum wurden im Rahmen dieser Studie semistrukturierte qualitative Interviews mit zahlreichen Vertreterinnen und Vertretern aus Unternehmen geführt. Diese Herangehensweise erlaubt es, branchenspezifische Anforderungen induktiv aufzunehmen und im weiteren Verlauf

zu berücksichtigen, z. B. bei der Beschreibung von Anwendungsfällen. Ergänzt wird dies deduktiv um Erkenntnisse aus weiteren Initiativen und Branchen. Im Gegenstromverfahren ergibt sich somit ein Gesamtbild für eine Branche, das eingebettet ist im Kontext bereits laufender Initiativen, so dass eine Anschlussfähigkeit daran gewahrt bleibt. Forschungsmethodisch erfüllt der gewählte Zugang zum Untersuchungsgegenstand die Anforderungen der Triangulation, da bei der Bearbeitung auf verschiedene (Informations-) Quellen zurückgegriffen wurde. Zudem wurden Ergebnisse sukzessive mit verschiedenen Interessensgruppen gespiegelt. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage zur Beschreibung von möglichen Anwendungsfällen für einen Datenraum und zur Ableitung von Handlungsempfehlungen, die diese Studie abschließen.

2. Regulatorik und bestehende Vorarbeiten

2.1 Europäische Gesetzgebung

Im Jahr 2020 wurde von der europäischen Union die europäische Datenstrategie verabschiedet. Ihre Umsetzung „soll die EU an die Spitze einer datengesteuerten Gesellschaft bringen. Ein Binnenmarkt für Daten ermöglicht EU-weite und branchenübergreifende Datenweitergabe zum Nutzen von Unternehmen, Forschenden und öffentlichen Verwaltungen“⁴. Die Umsetzung dieser Strategie manifestiert sich u. a. in einer Reihe von Gesetzgebungsverfahren. Abbildung 2 gibt hierzu einen Überblick. Wesentliche Kernkomponenten werden nachfolgend in ihrer Bedeutung kompakt umrissen.

2.1.1 Data Act

Nach Ansicht der Europäischen Kommission stellen Daten einen wichtigen Wettbewerbsvorteil für Unternehmen dar, indem eine breite Datennutzung das Wachstum sowie die Produktivität von Unternehmen fördert. Zugleich besitzt der Schutz von sensiblen Daten und Geschäftsgeheimnissen höchste Priorität [9]. Mit dem Ziel, einen fairen Zugang zu industriellen Daten für Akteure in der Datenwirtschaft zu schaffen, hat die Europäische Kommission im Februar 2022 mit dem Data Act einen Entwurf für eine Verordnung vorgelegt, die den Austausch und die Nutzung von Unternehmensdaten ermöglichen und verbessern soll.

Enthalten sind Regelungen über die Zugangs- und Nutzungsmöglichkeiten für Daten mit Auswirkungen auf alle Akteure in der wirtschaftlichen Wertschöpfungskette (B2C und B2B). Hiervon sind vor allem Nutzer, Datenhalter, Datenempfänger sowie Dritte betroffen [44]. Weiterhin werden neue Pflichten für Anbieter

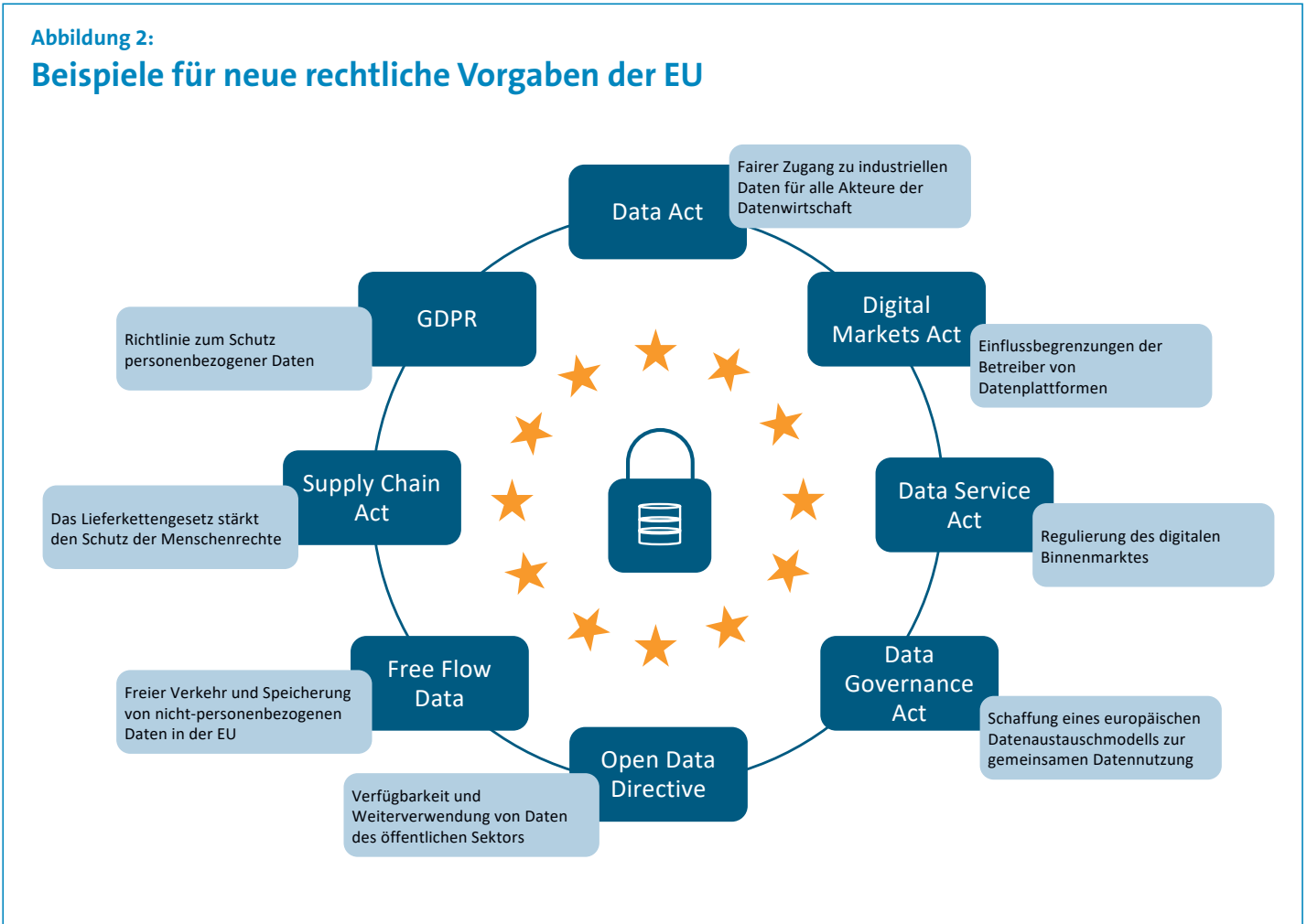
von Datenverarbeitungsdiensten definiert, z. B. Cloud-Dienstleister, sowie die Rechte Dritter gestärkt [9].

Konkret sieht der Gesetzesentwurf vor, dass ausschließlich die Nutzer von vernetzten Geräten die Entscheidung darüber treffen können, ob und in welcher Form die Daten verarbeitet werden sollen, an dessen Entstehung sie mitgewirkt haben. Darüber hinaus ermöglicht es der Data Act den Nutzern, erzeugte Daten auszuwerten und unter bestimmten Bedingungen an Dritte weiterzugeben. Hersteller von vernetzten Produkten und Dienstleistungen müssen daher sicherstellen, dass der technische Zugriff auf Daten ermöglicht wird (vgl. hier und im Folgenden Tabelle 1) [10]. Zudem sind ergänzende Anforderungen durch sich konstituierende Datenräume zu berücksichtigen. Dies betrifft z. B. die zu klärenden Eigentumsverhältnisse bei der unternehmensübergreifenden Datennutzung oder Haftungsfragen bei möglichen Mängeln in der Datenqualität. Sie tangieren ebenfalls den rechtlichen Rahmen im B2B-Kontext. Weiterhin muss öffentlichen Einrichtungen der erweiterte Zugang zu Daten eingeräumt werden, sofern ein „außergewöhnlicher Bedarf“ an deren Nutzung besteht, beispielsweise zur Bekämpfung von Naturkatastrophen. Zusätzlich werden erleichterte Wechselmöglichkeiten für Nutzer zwischen verschiedenen Datenverarbeitungsdiensten, wie Cloud-Dienstleistern, geschaffen, indem sie dazu verpflichtet werden, besondere vertragliche und technische Anforderungen zu erfüllen.

Das gegenwärtig noch schwebende Gesetzgebungsverfahren wird kontrovers diskutiert. Kritik wird geübt insbesondere an unbestimmten/unklaren Rechtsbegriffen sowie einer unzureichenden Abgrenzung zu weiteren Rechtsakten (z. B. DSGVO, Kartellrecht etc.). Ökonomisch wird vor allem die Erheblichkeit des Markteingriffs kritisiert, da im aktuellen Gesetzesentwurf vor

4 siehe https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_de, letzter Aufruf am 28.03.2023

Abbildung 2:
Beispiele für neue rechtliche Vorgaben der EU



allein eine nutzerzentrierte Position eingenommen wird. Gleichwohl werden die Regelungen des Data Acts wohl alsbald gesetzlich bindend werden. Ausnahmen bestehen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) [10].

2.1.2 Data Governance Act

Durch den stetigen Anstieg des verfügbaren Datenvolumens und das damit verbundene wirtschaftliche und gesellschaftliche Potenzial entsteht die Herausforderung zur Schaffung

eines Marktes zum Austausch von Unternehmensdaten [11]. Der Data Governance Act (DGA) ist ein wichtiger Bestandteil der europäischen Datenstrategie, der europaweit einheitliche Regeln für das Teilen von Daten zwischen Unternehmen, Privatpersonen sowie der öffentlichen Hand schafft und den freien Datenfluss innerhalb der EU bei gleichzeitigem Schutz personenbezogener Daten und Wahrung der Verbraucherrechte gewährleistet [12]. Die bereits im Abschnitt 2.1.1 genannten Kritikpunkte werden analog auch beim Data Governance Act angeführt.

Ziel der Verordnung ist es, das Vertrauen in die gemeinsame Nutzung von Daten sowie Datenintermediäre zu erhöhen. Darüber hinaus wird die strategische Bedeutung von gemeinsamen europäischen Datenräumen unter Beteiligung von Privatpersonen, Unternehmen und öffentlichen Akteuren unterstrichen. Im Mittelpunkt des im April 2022 verabschiedeten Beschlusses steht vor allem die Schaffung von EU-weit harmonisierten Bedingungen zur Weiterverwendung geschützter Daten, welche sich im Besitz öffentlicher Stellen befinden, sowie die Schaffung eines einheitlichen Anmelde- und Aufsichtsrahmens für die Erbringung von Diensten für die gemeinsame Datennutzung [13].

Ein wichtiger Aspekt des DGA sind Datenintermediäre, die als neutrale Vermittler zwischen Datenanbietern und Datennutzern fungieren sollen, selbst aber keine Daten speichern. Dadurch sollen das Vertrauen in den Umgang mit Daten gestärkt und Innovationen in der EU gefördert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der Verordnung begründet sich in dem Konzept des Datenaltruismus. Hierdurch soll es Bürgern und Unternehmen ermöglicht werden, Daten zum Wohl der Allgemeinheit in legitimen Bereichen freiwillig bereitzustellen, um beispielsweise die wissenschaftliche Forschung, Gesundheitsfürsorge, Bekämpfung des Klimawandels oder die Verbesserung der Mobilität zu fördern. Dazu können

Tabelle 1:
Überblick über die Kernelemente des Data Act

Betrachtungsaspekt	Datenaustausch im B2B und B2C Kontext	Verbot unfaierer Vertragsbedingungen	Datenaustausch im B2G Kontext	Wechsel von Datenverarbeitungsdiensten
Betroffenheitsgruppe	Hersteller von IoT-Geräten/ Diensten	Vertragsklauseln für Kleinst-, Klein- und mittlere Unternehmen	Verfügbarmachung der Unternehmensdaten für öffentliche Stellen	Cloud-Anbieter, Datenverarbeitungsdienste
Adressierte Teilaspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Produktnutzer hat Anspruch auf die erzeugten Daten des Gerätes • Daten sind fortwährend und in Echtzeit zur Verfügung zu stellen • Leichte Zugänglichkeit ermöglichen • Hersteller müssen Produktnutzer über die erzeugten Daten, Nutzungszweck und Schnittstellen informieren • Daten sollen kostenfrei zur Verfügung gestellt werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbot von Klauseln, die eine Abweichung von der guten kaufmännischen Praxis darstellen • Bereitstellung von Mustervertragsbedingungen durch die Kommission • Berücksichtigung des AGB-Rechts (insb. Artikel 13) 	<ul style="list-style-type: none"> • Datenzugang in außergewöhnlichen Fällen/Notständen (z. B. einer Pandemie) oder sofern die Daten für die Aufgabenerfüllung der öffentlichen Stelle nur durch die Unternehmen gedeckt werden können 	<ul style="list-style-type: none"> • Ermöglichung eines leichten Wechsels des Datenverarbeitungsdienstes

sich Einrichtungen und Unternehmen freiwillig als datenaltruistische Organisation in einem EU-weit anerkanntem Register eintragen lassen [13].

Eine direkte Verbindlichkeit für Unternehmen zur Teilnahme an dem Register besteht nicht. Dennoch können Industrieunternehmen von einer höheren Datenverfügbarkeit sowie einem intensivierten Datenaustausch profitieren, um ihre Produkte oder Dienstleistungen gegenüber anderen Marktbegleitern zu positionieren und Innovationen zu schaffen [13].

2.1.3 Digital Services Act

Ein weiterer Bausteine innerhalb der Gestaltung der digitalen Zukunft Europas ist der Digital Service Act (DSA) der EU. Die Verordnung zielt darauf ab, den freien Datenfluss innerhalb der EU zu erleichtern und zugleich den bestehenden Rechtsrahmen in Bezug auf personenbezogene Daten und Verbraucherrechte zu flankieren. [14].

Damit ist der DSA das „erste umfassende Regelwerk für digitale Dienste in der EU seit dem Jahr 2000“, das einen einheitlichen Rechtsrahmen für den digitalen Binnenmarkt schafft und Verantwortlichkeiten von digitalen Diensten, wie sozialen Medien, Online-Marktplätzen und Cloud-Diensten, definiert. Hiermit regelt der DSA, welche Geschäftspraktiken und Inhalte innerhalb der EU online künftig erlaubt sind [14].

Ein Kernelement der Verordnung sieht die Regulierung von Inhalten auf Online-Plattformen vor. Hierbei werden die Betreiber von Online-Plattformen verpflichtet, interne

Beschwerdemechanismen einzurichten, die es den Nutzern ermöglichen, problematische Inhalte zu melden. Darüber hinaus müssen die Betreiber sicherstellen, dass sie Maßnahmen ergreifen, um die Verbreitung von illegalen Inhalten im Internet zu verhindern. Weiterhin muss die Transparenz der Algorithmen, welche für Empfehlungssysteme verwendet werden, sichergestellt sowie der Zugriff auf die Kerndaten zu Forschungszwecken gewährleistet werden, um die Wirkweise der Algorithmen und Risiken für Gesellschaft und Demokratie unabhängig untersuchen zu können [15].

Einen weiteren Schwerpunkt setzt die Verordnung in der Verhinderung des Verkaufs illegaler Güter. Dazu sieht der Gesetzesentwurf neue Vorschriften vor, um die Rückverfolgbarkeit gewerblicher Nutzer auf Online-Plattformen zu gewährleisten.

In der EU tätige Unternehmen müssen sicherstellen, dass sie den neuen Bestimmungen des DSA entsprechen. Hierbei stehen vor allem große Online-Plattformen mit mehr als 45 Mio. aktiven Nutzern im Monat im Fokus. Kleine und mittlere Plattformen sowie Start-ups werden durch entsprechende Ausnahmen vor unverhältnismäßigem Aufwand geschützt [15].

Insgesamt ist der DSA ein weiterer wichtiger Schritt für die EU, um den freien Datenfluss innerhalb der Mitgliedsstaaten zu erleichtern. Zugleich wird der Schutz personenbezogener Daten und die Wahrung der Verbraucherrechte gewährleistet. Hierdurch wird schlussendlich die Wettbewerbsfähigkeit der EU im digitalen europäischen Binnenmarkt nachhaltig gestärkt.

2.1.4 Cyber Resiliency Act und NIS-2

Eine wesentliche Herausforderung wird sein, die geforderte Informationspflicht und Security Updates in der täglichen Nutzung so zu gestalten, dass die Verfügbarkeit von Maschinen, Anlagen und Komponenten und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Betreiber nicht gefährdet wird. Zum CRA existiert ein umfassendes White Paper des ZVEI [16], auf das an dieser Stelle verwiesen wird.

Die vorstehenden Ausführungen zur europäischen Gesetzgebung zeigen, dass dem Ordnungsrahmen des datengetriebenen Wirtschaftens eine hohe Bedeutung beigemessen wird. Sie trifft auf ein sich zunehmend digitalisierendes Umfeld, in dem Privatpersonen, Unternehmen und weitere Organisationen agieren. Im Business-to-Customer-Segment (B2C) wurden die rasanten Entwicklungen der vergangenen 20 Jahre beobachtet. Im Business-to-Business-Bereich (B2B) vollzieht sich der Wandel bislang deutlich langsamer. Die folgenden Abschnitte adressieren die Hintergründe und Besonderheiten der verarbeitenden Industrie.

Betreiber von kritischer Infrastruktur unterliegen ab einer gewissen Unternehmensgröße zudem der Richtlinie EU NIS-2, die einen europäischen Mindeststandard für Cyber Security vorsieht. Sie geht in puncto Betroffenheit, Pflichten und Aufsicht in der Europäischen Union über das bestehende Regelwerk hinaus.

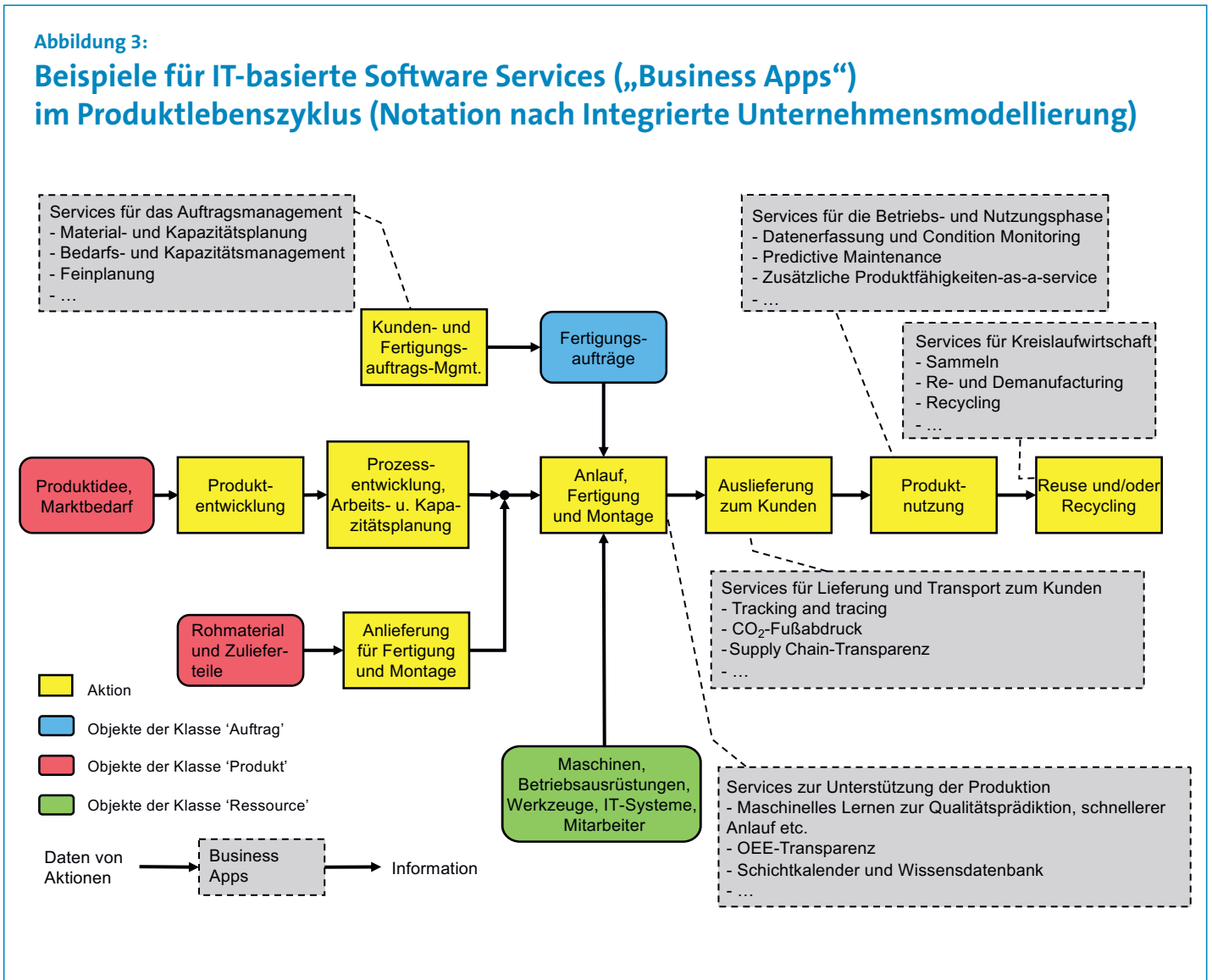
2.2 Geschäftslogik der Digitalisierung

Ausgangspunkt der Überlegungen zur Digitalisierung in der Produktion („Industrie 4.0“) ist eine acatech-Studie zum Thema „Cyber-Physische Systeme“ [5]. Sie legte die Grundlagen für die Verbindung von IT und OT; bis 2012 war die Fabrik mit ihren Maschinen, Anlagen und Automatisierungssystemen vom Feldgerät bis zum MES informationstechnisch eher eine Insel: unabhängig von der IT und deren Technologien (Virens Scanner, SW-Updates etc.) und nahezu ohne Internetanbindung. Die bekannte Automatisierungspyramide mit ihrem hierarchischen Aufbau war in Produktionsunternehmen weithin akzeptiert. Mit Industrie 4.0 verbreiten sich cyber-physische Systeme in der Feldebene und damit auch deren Internetfähigkeit einschließlich Kommunikations- und Vernetzungsfähigkeit. Die Plattform Industrie 4.0 entwickelt und standardisiert als Antwort darauf die Referenzarchitektur Industrie 4.0 (RAMI 4.0), die von vielen internationalen Unternehmen und Organisationen übernommen wird, und als deren wichtigste Komponente die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell/ AAS) gilt.

Datenräume sind ein nächster Schritt der Industrie 4.0-Entwicklung. Im Fokus sind nicht mehr nur einzelne Fabriken mit dem Ziel, durch digitale Technologien Qualitäts-, Zeit- und/oder Kostenvorteile zu erzielen. Durch das Teilen und Nutzen von Daten in kompletten Lieferketten bzw. im Lebenszyklus von Produkten, Maschinen oder Komponenten sollen weitere Potenziale ausgeschöpft werden.

Letztlich stellt die Digitalisierung Hilfsmittel bereit, mit denen Unternehmen komplexe Aufgaben ihrer Kunden lösen, die allein durch ihre eigene Hardware (Maschinen, Anlagen, Komponenten) nicht gelöst werden können [6]. Dazu zählen unter anderem Software Services („Business Apps“); beispielhaft sind einige in Abbildung 3 aufgeführt.

Abbildung 3:
Beispiele für IT-basierte Software Services („Business Apps“)
im Produktlebenszyklus (Notation nach Integrierte Unternehmensmodellierung)



Im Folgenden soll die Evolution von dezentralen und digitalen On-Premise-Diensten über die zentralistisch geprägte Plattformökonomie bis hin zum dezentralen Gegenentwurf von Datenräumen gezeichnet werden, aus denen Datenökosysteme erwachsen können.

2.3 Datenbasierte Dienste

Jedweder auf Digitaltechnik beruhende Service oder jede Software-Applikation basiert auf einer Verarbeitung von Daten. Daten stellen schematisch die eingehende Variable (Input) dar, die zum Zwecke der Wertschöpfung anschließend verarbeitet und/oder kombiniert werden (Throughput) und dann eine Ausgabe oder ein Ereignis (Output) erzeugen. Die Ausgabe kann Nutzern entweder dazu dienen, eine spezifische Aufgabe effizienter durchzuführen, oder eine Indikation zur Steuerung komplexer Systeme zu geben. Der zentrale Vorteil datenbasierter Dienste liegt gegenüber analogen Diensten in der beschleunigten und verlustfreien Übertragung von Daten und/oder Informationen von einem Ort zu einem anderen. Zudem sind sie ohne Weiteres duplizierbar. Im B2C-Markt haben sich datenbasierte Dienste – unterstützt etwa durch die Marktdurchdringung von Smartphones – bereits flächendeckend durchgesetzt. Im B2B-Markt sind datenbasierte Dienste ebenfalls zunehmend verbreitet. Gleichwohl dürfte sich das der Digitalisierung innewohnende Wandlungspotenzial aber wohl weniger disruptiv als vielmehr evolutionär zeigen. Ausschlaggebend dabei sind u.a. im Betrieb befindliche Bestandsmaschinen und –systeme, deren Ablösung bzw. Ertüchtigung zum Datensammeln und -teilen sehr kapitalintensiv ist. Kehrseite dieser Entwicklung sind die immer bedeutender werdenden Aspekte der IT-Security (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.4) sowie der zu gewährleistende Datenschutz (Abschnitt 3.5).

2.4 Plattformökonomie

Digitale Plattformen ermöglichen es Unternehmen, neue Produkt- und Serviceangebote umzusetzen, um somit neue Märkte und Kundensegmente zu erschließen und übergreifende Prozesse mit Zulieferern und Partnern zu automatisieren [25]. Der Begriff „Plattformökonomie“ beschreibt dabei die ökonomischen Wirkmechanismen hinter digitalen Plattformen und die Interaktion der beteiligten Stakeholder in einem plattformbasierten Ökosystem [26]. Die Plattformökonomie ändert das klassische Geschäftsmodell im verarbeitenden Gewerbe, weg von einem rein transaktionalen Geschäftsmodell zu einem in der Perspektive florierenden Ökosystem, in dem alle Plattformakteure in zirkulären, iterativen und feedbackgetriebenen Prozessen miteinander interagieren [27]. Es zählt dabei nicht mehr das einzelne Produkt oder die Dienstleistung, sondern der Wertbeitrag, der das Leistungsangebot im Gesamtprozess über eine digitale Plattform für alle Ökosystemteilnehmer ermöglicht. Die Vernetzungsfähigkeit der Produkte, Dienstleistungen und auch der Organisation wird somit zum entscheidenden Erfolgsfaktor [28]. Etablierte Digitalisierungskonzepte müssen nahtlos integriert werden, um die Implementierung digitaler, unternehmensübergreifender Kooperationen in einem datenwertorientierten Plattformökosystem zu ermöglichen [29].

2.5 Datenökosysteme

Datenbasierte Ökosysteme ermöglichen es Teilnehmern, innovative Wertschöpfungskonzepte voranzutreiben. Der sichere Austausch von Daten fördert Kooperation und Innovation innerhalb des Ökosystems und ermöglicht es so, neue Geschäftsmodelle wirtschaftlich umzusetzen, die in tradierten Ökosystemen nicht tragbar wären. Basis eines solchen Datenökosystems ist der sichere, für authentifizierte Teilnehmer offene und transparente Zugang zu Daten [30]. Dies kann nur erreicht werden, wenn durchgängige Datenstrukturen und Standards beim Austausch der Daten bestehen. Ansätze wie Gaia-X oder Catena-X zeigen, dass solche Kriterien eingehalten werden können und große Potenziale für einen gemeinsamen künftigen Datenmarkt bieten [31,32]. Basierend auf den bestehenden Arbeiten müssen Datenzugriffe interoperabel gestaltet werden, um auch zukünftige Plattformen integrationsfähig in ein europäisches Datenökosystem zu machen. Dies beinhaltet auch Mechanismen zur Definition und Durchsetzung von Datennutzungskontrolle. Die Übertragung von Echtzeit-Daten mit hoher Bandbreite und die Persistierung von Daten ermöglichen es auch, nachträglich verschiedene Anwendungsszenarien für produzierende Unternehmen in Produktion, Logistik, Auftragsabwicklung etc. zu simulieren und so effizienter zu gestalten.

Die produzierende Industrie ist stark mittelständisch strukturiert. Insbesondere der Maschinenbau ist geprägt von KMU, die häufig ihre Marktdominanz mit einem Domain-Know-how in einer Nische realisieren. Das Teilen von Daten wird kaum propagiert. Die Nutzung zentraler B2B-Plattformen ist unattraktiv, etliche Ansätze scheiterten. Die Unternehmen möchten keinen Beitrag dazu leisten, ein etwaiges Monopol oder Oligopol aufzubauen, denn sie möchten ihre Kundenschnittstellen nicht verlieren. An dieser Stelle durchschlägt ein föderales Datenökosystem den gordischen Knoten, da es erlaubt, Daten zu teilen, ohne diese zu verlieren. Mit dem Aufbau eines gemeinschaftlich getragenen Ökosystems kann es gelingen, digitale Mehrwertdienste tausender KMU zu entfalten. Der Datenraum muss ein Vertrauensraum sein. Der Vertrauensraum bestehender Branchenverbände kann hierzu einen Handlungsraum schaffen [44].

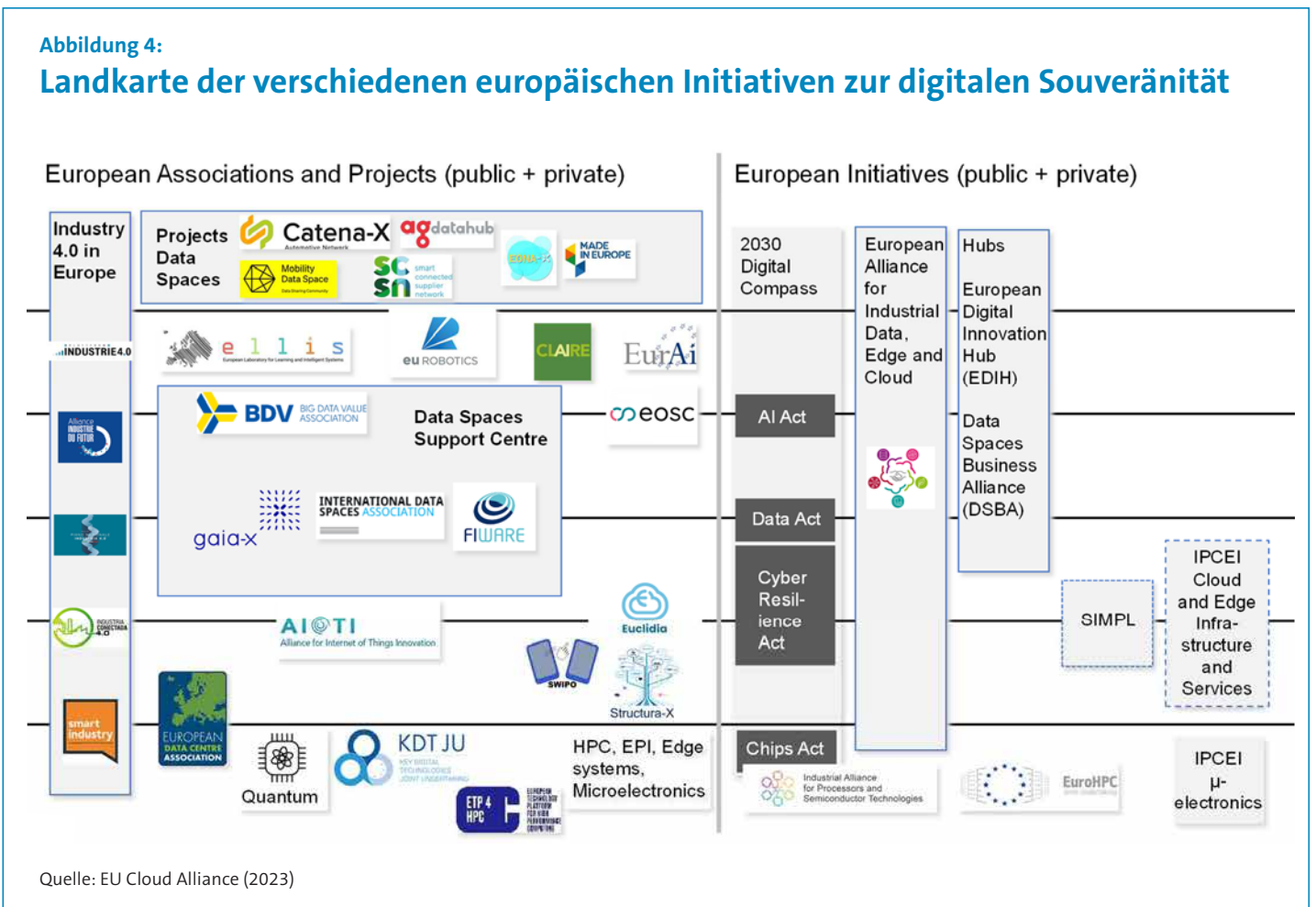
2.6 Übergeordnete Initiativen

In den folgenden Abschnitten werden übergeordnete Initiativen umrissen. Darüber hinaus werden Bestrebungen in ausgewählten Branchen beleuchtet, die ebenfalls einen Handlungsbedarf für sich identifiziert haben und ihrerseits an konkreten Umsetzungen zur Etablierung eines Datenraums arbeiten. Es wird auch auf bestehende Grenzen im Stand der Technik eingegangen.

Wie in Abschnitt 2.1 erwähnt strebt die Europäische Kommission stark danach, einen europäischen Binnenmarkt für Daten zu schaffen und digitale Souveränität zu wahren. Dies manifestiert sich auf der Hardware- und auf der Software-Seite (siehe Abbildung 4). Auf einige dieser Initiativen soll im Folgenden eingegangen werden. Eine aktuelle Übersicht einiger der, in der Landkarte aufgeführten, Aktivitäten findet sich auch in [37].

Abbildung 4:

Landkarte der verschiedenen europäischen Initiativen zur digitalen Souveränität



Quelle: EU Cloud Alliance (2023)

2.6.1 Gaia-X

Gaia-X ist ein europäisches Projekt zur Schaffung einer föderierten und sicheren Dateninfrastruktur. Das Projekt verfolgt das Ziel, eine vernetzte Dateninfrastruktur in Europa zu erschaffen, welche mithilfe einer dezentralen Architektur sowie einer gemeinsamen Wertebasis aus Transparenz, Offenheit und Interoperabilität die digitale Souveränität Europas in der Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft bei der Speicherung, beim Austausch und bei der Nutzung von Daten und Diensten stärkt. Hiermit soll ein fairer Wettbewerb in verschiedenen Wertschöpfungsnetzwerken sichergestellt und ein effizienter Zugang zu relevanten Cloud-basierten Anwendungen ermöglicht werden.

Durch eine Vernetzung von Cloud-Diensten und dem daraus entstehenden Ökosystem sollen vor allem KMU profitieren. Denn gerade sie verfügen häufig nicht über die erforderlichen Personalressourcen, um sich eine eigene IT-Infrastruktur aufzubauen. Interoperable Cloud-Lösungen können hier Abhilfe schaffen. Sie bewahren Nutzer zudem vor potenziellen Lock-in-Effekten eines Cloud-Service-Providers, da verschiedene Dienste miteinander kombinierbar sind.

Mithilfe des Einsatzes der Gaia-X-Prinzipien und deren Referenzarchitektur kann jeder Anbieter von Cloud-Lösungen Teil des interoperablen Gaia-X-Netzwerks werden. Somit können branchenspezifische Ausprägungen von Ökosystemen auf Basis der spezifischen Anforderungen ausgeprägt werden, die Datenmodelle sind aber zugleich untereinander kompatibel. Die wesentlichen Merkmale von Gaia-X basieren auf dem Einsatz von offenen Technologien, vernetzter Dateninfrastruktur und Schnittstellen, welche den einfachen und souveränen Datenaustausch ermöglichen.

2.6.2 Data Spaces Support Centre

Das von der Europäischen Kommission eingerichtete Data Spaces Support Centre (DSSC) bietet Blaupausen und Umsetzungsunterstützung für einzelne Datenräume sowie für den interoperablen Datenaustausch zwischen Datenräumen. Das Projekt sieht die Einrichtung und den Betrieb einer Support-Plattform vor, um die Ziele der europäischen Datenstrategie umzusetzen.

Dabei untersucht das Data Spaces Support Centre sektorenübergreifend die Bedürfnisse von Datenraum-Initiativen und erstellt aus gemeinsamen Anforderungen und erprobten Verfahren eine Blaupause für Datenräume. Diese besteht aus gemeinsamen Bausteinen und umfasst geschäftliche, rechtliche, betriebliche, technische und gesellschaftliche Aspekte.

Erfolgskritisch für die europäische Datenstrategie ist die Entwicklung gemeinsamer Standards für Datenräume. Daher gilt es, in einem kollaborativen Prozess mit allen Stakeholdern und Datenrauminitiativen zusammenzuarbeiten, die Bedarfe zu ermitteln sowie gemeinsame Anforderungen und Best Practises zu entwickeln. Dazu werden bereits existente Lösungen analysiert, funktionierende Lösungen integriert und es wird ermittelt, wo neue Lösungen entwickelt werden müssen⁵.

⁵ siehe <https://dssc.eu/>, letzter Aufruf am 20.03.2023.

2.6.3 International Data Spaces Referenzarchitektur

Die International Data Spaces (IDS) beschreiben einen virtuellen Datenraum, welcher bestehende Standards, Technologien und Data Governance-Modelle nutzt, um einen sicheren und standardisierten Austausch von Daten in einem Daten-ökosystem zu ermöglichen. Hiermit schaffen die IDS eine Grundlage für die Entwicklung von unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen und Anwendungen unter der Beachtung sicherer und souveräner Verarbeitung von Daten innerhalb eines Datenökosystems. Ein standardisiertes Konzept, das den Aufbau von Data Spaces beschreibt, ist das International Data Spaces Referenzarchitekturmodell (IDS-RAM). Es enthält die konzeptionelle Ebene sowie technologieunabhängige Spezifikationen für die Entwicklung von Data Spaces und stellt die verschiedenen Layer und Perspektiven von IDS dar.

2.6.4 Plattform Industrie 4.0 und die Verwaltungsschale/AAS

Die Verwaltungsschale [43, 44] (Asset Administration Shell/AAS) ist einer der Kernstandards von Industrie 4.0. Die Plattform Industrie 4.0 definiert sie als „Virtuelle digitale und aktive Repräsentanz einer I4.0-Komponente im I4.0-System“ [19]. Eine Industrie 4.0-Komponente ist demnach ein „weltweit eindeutig identifizierbarer kommunikationsfähiger Teilnehmer bestehend aus Verwaltungsschale und Asset“ selbst; ein Asset ist ganz allgemein ein „Gegenstand, der einen Wert für eine Organisation hat und der aufgrund dessen individuell verwaltet wird“, d.h. ein Produkt, eine Maschine oder Komponente, ein IT-System etc.⁶ Die Verwaltungsschale kann über eine oder mehrere Phasen des Lebenszyklus eines Assets

verwaltet werden und enthält damit wertvolle Informationen über die Entstehung, den Einsatz und die Verwertung eines Assets.

Die AAS ist ein vollständiges systemisches Framework aus Metamodell + damit modellierten Submodellen + REST API, das für alle Submodelle identisch ist, einschließlich Security, incl. Authentifizierung, Authorisierung bis herunter zum einzelnen Property. Die AAS ist nicht nur für CPS (Cyber Physical Systems), also intelligente Geräte mit Netzwerkanschluss und Firmware geeignet. Auch „nicht-intelligente“ Assets wie Klemme/Hutschiene/Schraube haben digitale Zwillinge, ebenso nicht physische Assets wie Software oder Verträge.

Die AAS umfasst das Konzept der SemanticIDs. So kann auf Modelle in ECLASS, IEC CDD oder beliebige andere Modelle referenziert werden. Gerade für KI ist diese Semantik an den Daten sehr wichtig, um Daten verstehen und analysieren zu können.

Die Verwaltungsschale ist nicht nur die Verpackung, die als Datei zwischen den Akteuren ausgetauscht wird, sie umfasst auch die Themen API und Security und stellt die Datenlogistik für Industrie 4.0 zur Verfügung. Mit den X509-Zertifikatsketten ermöglicht die AAS „souveränes multilaterales Datenteilen“. Mit ein und derselben Authentifizierung können an beliebigen AAS-Datenservern Daten abgerufen werden, z. B. kann mit X509-Credentials ein Unternehmen auf dem AAS-Server eines anderen Unternehmens Daten abrufen. Dabei erfolgt die Autorisierung im AAS-Server. Gerade bei herstellerübergreifenden Abfragen („Suche Netzteile mit > 300 W bei beliebigem Hersteller“) ist dies wichtig. Die AAS enthält auch ein Security-Metamodell zur Autorisierung (ABAC, Subject/Object/Attributes/Rules). Dies ist seit einigen Jahren im AASX-Server als

⁶ Ein aktuelles Glossar der Industrie 4.0-Begriffe findet sich auch auf https://www.plattform-i40.de/SiteGlobals/IP/Forms/Listen/Glossar/DE/Glossar_Formular.html?resourceId=1022602&input_=1020842&pageLocale=de&titlePrefix=V#form-1022602, letzter Aufruf am 13.3.2023

Open Source implementiert und erprobt^{7,8}. Dazu sind eine Vielzahl an Vorträgen gehalten worden und Videos verfügbar⁹.

Die Standardisierungsorganisation der Verwaltungsschale und ihrer Teilmodelle ist die International Digital Twin Association (IDTA). In der IDTA werden die technischen Spezifikationen und die Submodelle erarbeitet. Zur Hannover Messe 2023 wurden das V3-Metamodell und das V3 REST API veröffentlicht. Eine Übersicht über die aktuell standardisierten Teilmodelle findet sich auf der Webseite der IDTA¹⁰. Die IDTA ermöglicht es auch, dass Submodelle in anderen Organisationen erarbeitet werden, die IDTA aber weiter für Konsistenz zwischen Submodellen sorgt.

Das Thema der internationalen Normung war in der Plattform I4.0 immer ein wichtiger Aspekt. So gibt es die Normungsroadmap und im Besonderen für die AAS die Normenserie IEC 63278 (-1 Struktur der AAS, -2 Metamodell, -3 Security, -4 Usecases, -5 API).

Referenzimplementierungen der Verwaltungsschale wurden bspw. in den Projekten BaSys (mit Eclipse BaSys¹¹) und FA³ST¹² geleistet.

2.6.5 OPC UA und Companion Specifications

Auf OPC UA wird nachfolgend nur kurz eingegangen, denn es hat sich inzwischen in der Industrie als Quasi-Standard durchgesetzt; es existiert eine Fülle an Literatur, Schulungsmaterial und (kommerziellen) Anbietern von OPC UA-Toolkits am Markt. "Die OPC Unified Architecture (OPC UA) ist ein Standard, der die Prozesskommunikation

in strukturierter Art und Weise mit einem unterlagerten Informationsmodell unterstützt. [...] Sie bietet Mechanismen zur standardisierten, synchronen oder asynchronen, verteilten Kommunikation. OPC UA ermöglicht den Zugriff auf Daten unterschiedlichster Art [...] und ein breites Einsatzspektrum nicht nur auf Feldebene, sondern bis zum MES, ERP-Systemen [oder in die Cloud]. Das Informationsmodell von OPC UA beschreibt, wie [...] Daten und Informationen im Adressraum des Servers verwaltet werden. Dieses Informationsmodell kann individuell strukturiert werden. Als Knoten liegt keine einfache Baumstruktur, sondern ein full-mesh-network aus Knoten (Nodes) zu Grunde, bei dem jeder Knoten mit jedem vernetzt sein kann. Das Informationsmodell ermöglicht eine Datenrepräsentation von Produktionsanlagen [und deren Komponenten] unter Zuhilfenahme objektorientierter Modellierungsparadigmen [42, S. 30].“ Die Companion Specifications harmonisieren branchen- oder fachgruppenspezifische Informationsmodelle mit demjenigen von OPC UA. Hier haben die Verbände VDMA und ZVEI in den letzten Jahren sehr viel geleistet, um Interoperabilität im Datenaustausch innerhalb von Unternehmen und über Unternehmensgrenzen hinweg zu ermöglichen. Die existierenden Companion Specs. sind auf der Webseite der OPC Foundation zu finden¹³. OPC UA ist als IEC 62541 internationaler Standard.

7 siehe <https://github.com/admin-shell-io>, letzter Aufruf am 02.05.2023

8 siehe <https://v3security.admin-shell-io.com>, letzter Aufruf am 02.05.2023

9 Beispiel siehe https://www.youtube.com/watch?v=CH_mguOJ0Ko, letzter Aufruf am 02.05.2023

10 siehe <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/teilmodelle>, letzter Aufruf am 13.3.2023

11 siehe <https://www.eclipse.org/basyx/>, letzter Aufruf am 13.3.2023

12 siehe <https://github.com/FraunhoferIOSB/FAAST-Service>, letzter Aufruf am 13.3.2023

13 siehe <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/ua-companion-specifications/>, letzter Aufruf am 02.05.2023

2.7 Branchenbezogene Datenrauminiciativen

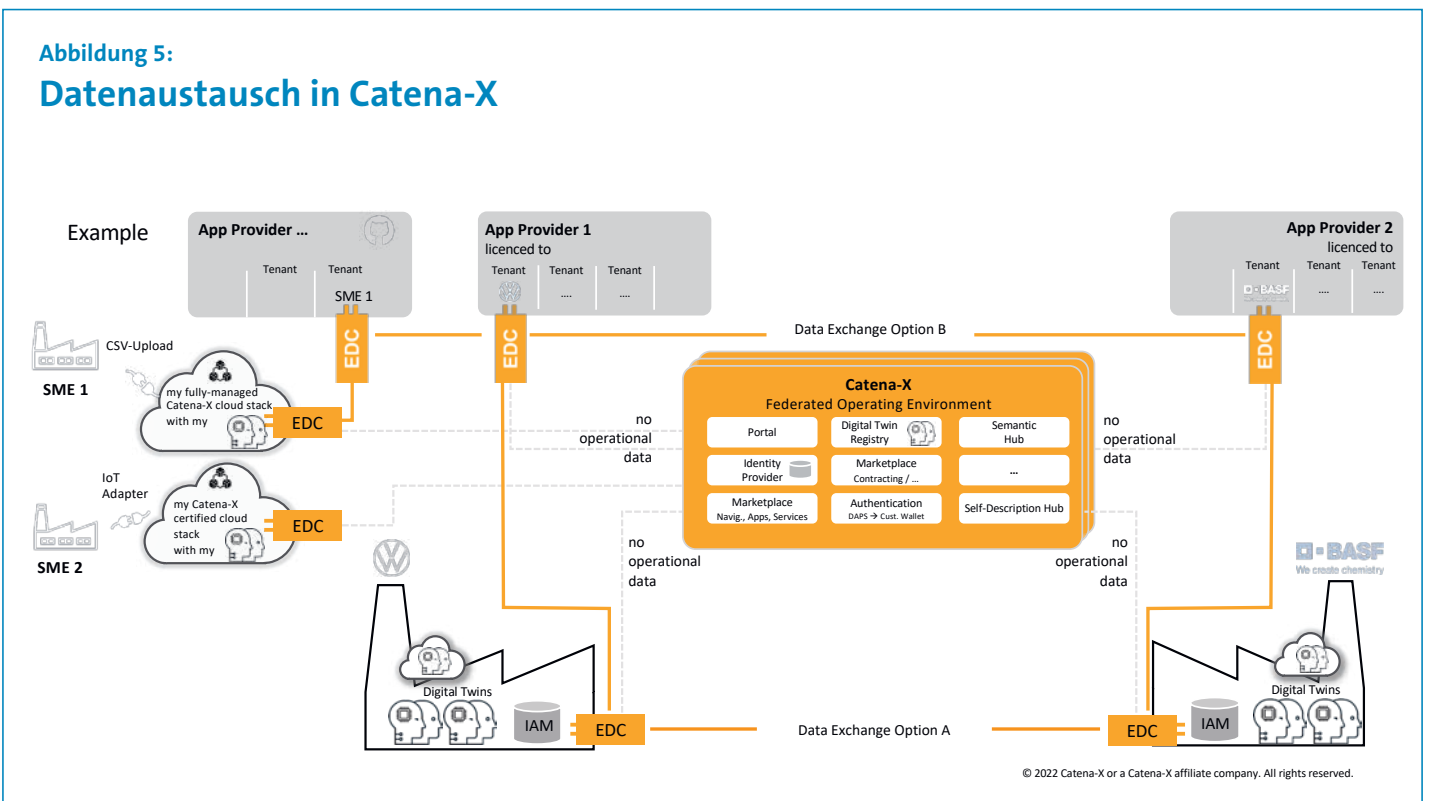
2.7.1 Catena-X Automotive Network

Catena-X ist eines der geförderten Projekte im Rahmen des vom BMWK aufgelegten Konjunkturprogramms 35c¹⁴. Im Gegensatz zu allen anderen Projekten dieses Programms versteht es sich als „Delivery Organisation“, d.h. schon während des Projekts werden Basisservices und Business-Applikationen für zehn automobilspezifische Anwendungsfälle erprobt. Ebenfalls im

Unterschied zu den anderen Projekten besteht Catena-X aus den drei Säulen Förderprojekt, Trägerverein (Catena-X e.V.) und einer oder mehreren Betreibergesellschaften (aktuell Cofinity-X¹⁵). Dies verteilt die Verantwortlichkeiten innerhalb des Gesamtvorhabens.

Ziel des Catena-X Automotive Networks ist es, zu durchgängigen Datenketten vom OEM bis hin zur Tier-n Stufe zu gelangen und somit Transparenz zu erhalten, die dazu genutzt werden kann, um eine bessere Planung der Wertschöpfung für jeden Teilnehmer in der Lieferkette zu ermöglichen. Hierzu setzt Catena-X auf eine dezentrale

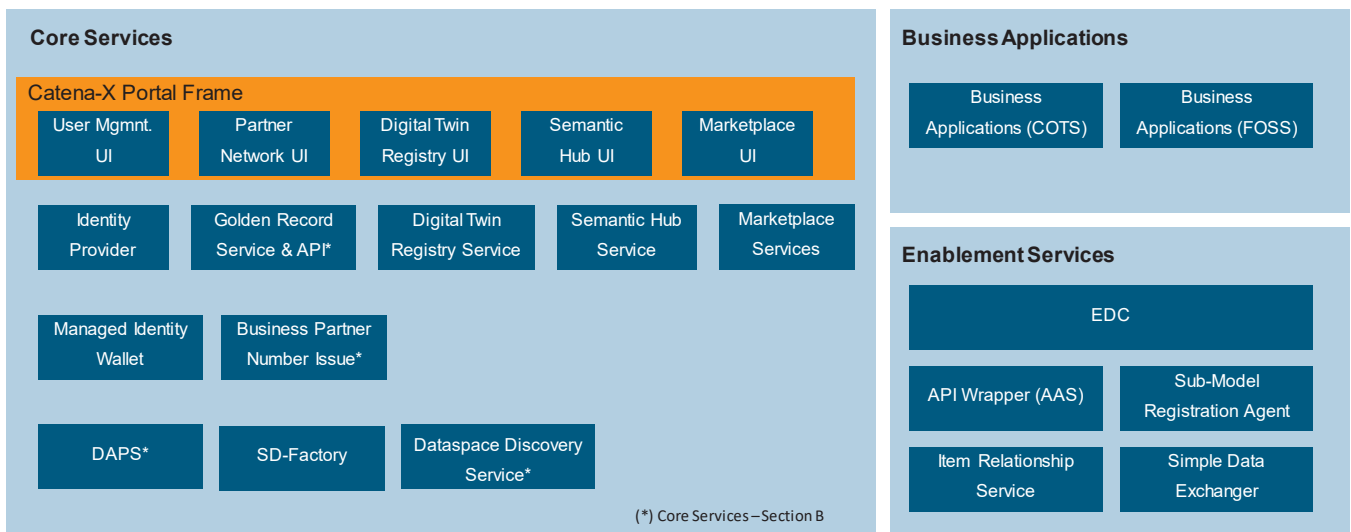
Abbildung 5: Datenaustausch in Catena-X



14 siehe <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/zukunftsinvestitionen-fahrzeughersteller-zulieferindustrie.html>, letzter Aufruf am 28.03.2023

15 siehe <https://www.cofinity-x.com/de/>, letzter Aufruf am 26.04.2023

Abbildung 6:
Core Services in Catena-X



Quelle: [21]

Vernetzung der Branchenteilnehmer. Um dies zu gewährleisten, werden Konnektoren, also Software-Gateways, eingesetzt, um Konnektivität zwischen den Unternehmen herzustellen. Dabei werden Verbindungen zum Austausch von Daten stets Peer-2-Peer aufgebaut. Diese dezentrale Form der Datenspeicherung garantiert Nutzern, dass die eigenen Daten im Unternehmen verbleiben und nicht, wie bspw. bei den Angeboten von Hyperscalern, in Cloud-Rechenzentren fernab des eigenen Unternehmens gespeichert werden.

Abbildung 5 zeigt die grundlegenden Mechanismen des Datenaustauschs innerhalb von Catena-X. Das Netzwerk kommt aktuell mit einem kleinen Set an zentralen Basisservices („Federated


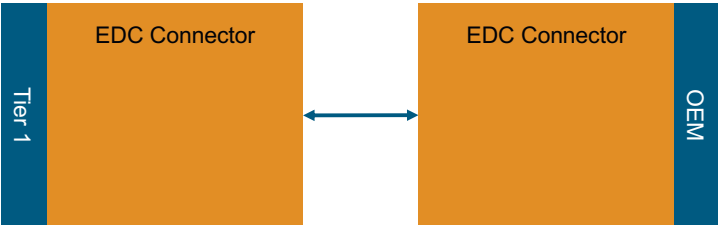
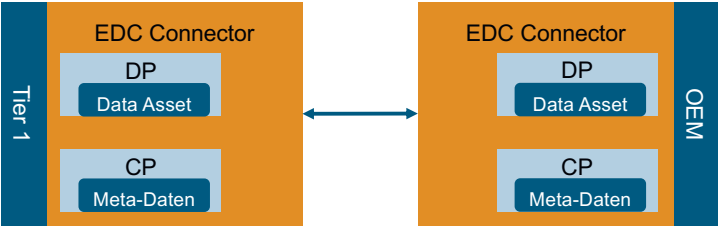
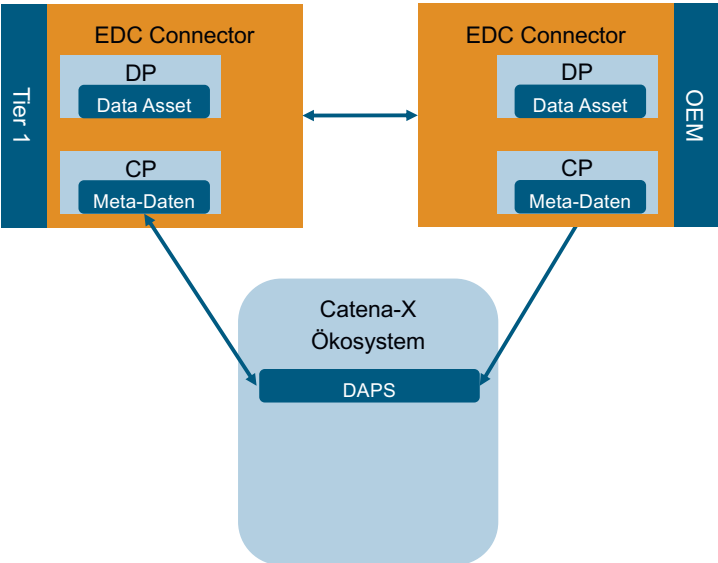
Operating Environment“) aus, die im zentralen orange eingefärbten Teil der Abbildung ersichtlich sind. Im Einzelnen umfassen sie die in Abbildung 6 aufgeführten Funktionalitäten.

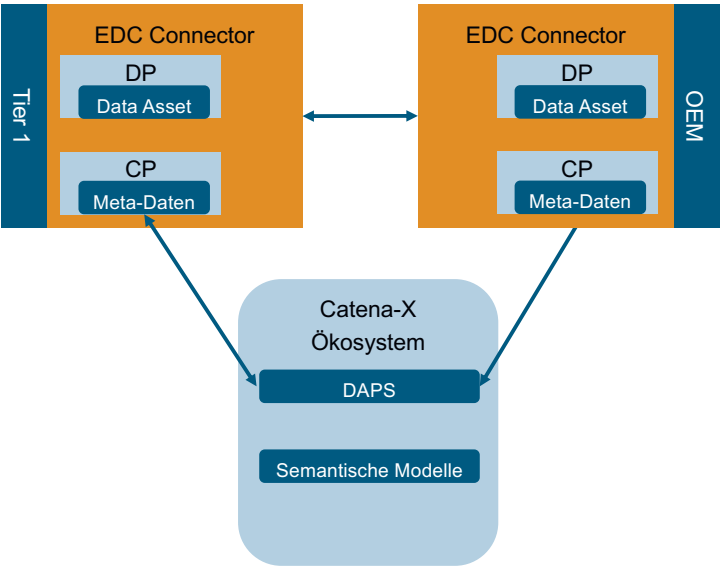
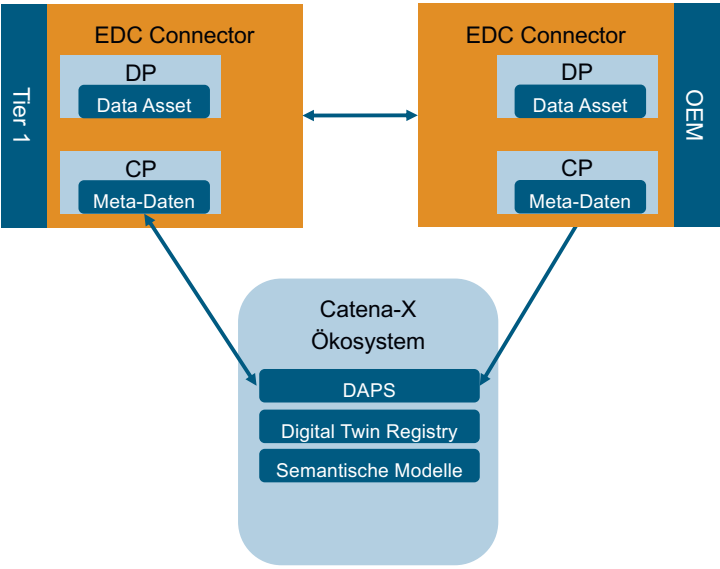
Der Aufbau der Kernarchitektur ist in Tabelle 2 erläutert. Hierbei werden die Kernelemente innerhalb von Catena-X nach und nach erklärt, die jeweils aufgrund spezieller Anforderungen erforderlich sind.

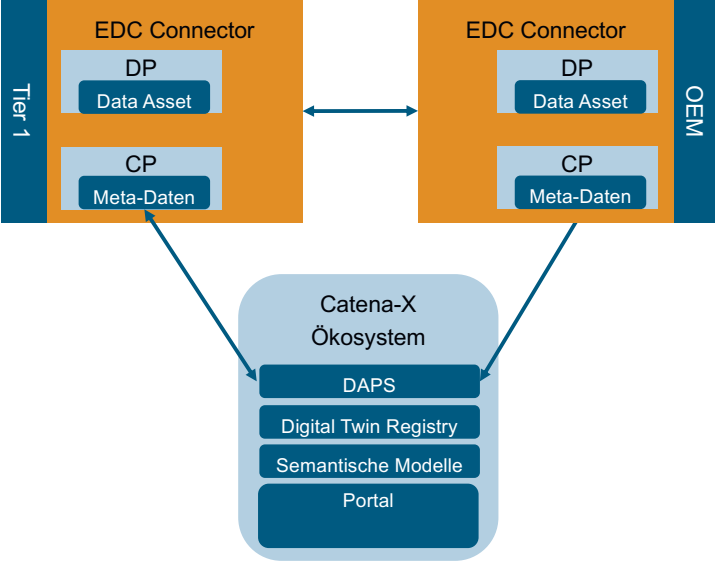
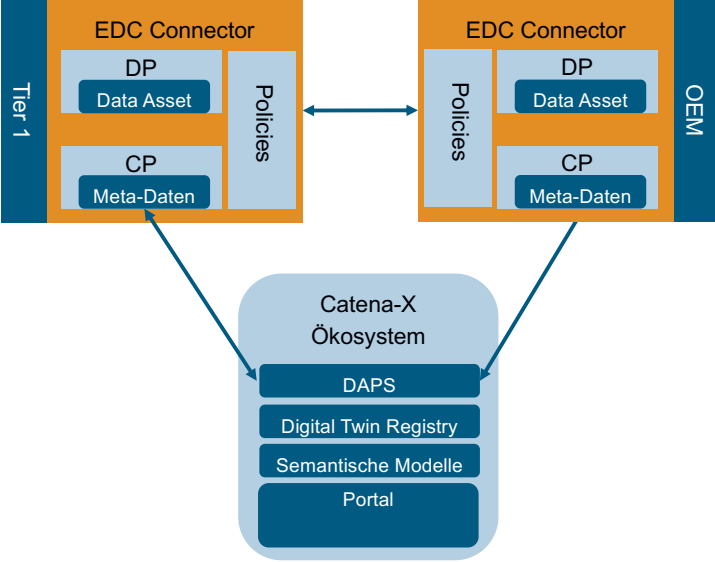
Zusätzlich zu dem hier erläuterten Ablauf beim Datenaustausch werden in Catena-X weitere Komponenten und Konzepte verwendet, u.a. die bereits erwähnte Industrie 4.0-Verwaltungsschale/AAS (siehe 2.6.4).

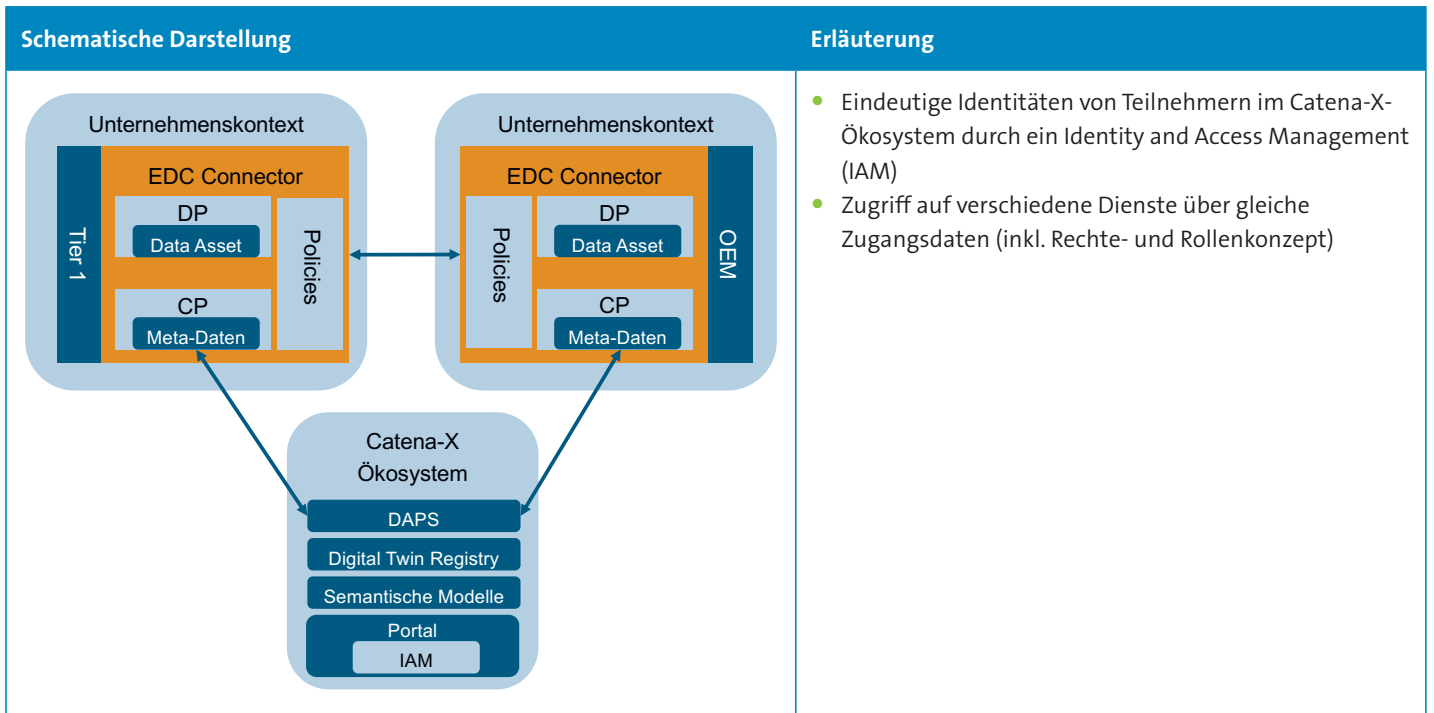
Tabelle 2:

Erläuterung der Catena-X-Konstrukte (Arbeitsstand: Mai 2023)

Schematische Darstellung	Erläuterung
 <p>A vertical bar on the left is labeled 'Tier 1' and a vertical bar on the right is labeled 'OEM'. A horizontal double-headed arrow connects the two bars.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kollaboration im Kunden-Lieferanten-Verhältnis • Gemeinschaftliche Datennutzung vs. Schutz von Daten • Fehlendes Vertrauen zwischen Akteuren führt zu geringen Anreizen, Daten zu teilen
 <p>Two orange boxes labeled 'EDC Connector' are shown, one on the left and one on the right. A horizontal double-headed arrow connects them. The left connector is associated with 'Tier 1' and the right with 'OEM'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bisherige Praxis schriftlicher, bilateraler Vertragsaus-handlungen wird abgelöst durch Möglichkeiten der Automatisierung und Digitalisierung • Rückgriff auf Initiativen wie International Data Spaces Association (IDSA) und Gaia-X zur Wahrung von Daten-souveränität und Interoperabilität • Einsatz von Konnektoren der Eclipse Dataspace Com-ponents (EDC) • Technischer Vertrauensanker zwischen Akteuren • Betrieb eines Konnektors i.d.R innerhalb eines jeden Unternehmens
 <p>Two orange boxes labeled 'EDC Connector' are shown, one on the left and one on the right. A horizontal double-headed arrow connects them. Each connector is divided into two horizontal sections: the top section is labeled 'DP' and contains a 'Data Asset' box; the bottom section is labeled 'CP' and contains a 'Meta-Daten' box. The left connector is associated with 'Tier 1' and the right with 'OEM'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Der Konnektor in Catena-X weist zwei logische Schich-ten auf • Control Plane (CP): Technische Verhandlung von Ver-trägen • Data Plane (DP): Übertragung von Daten • Verzahnung beider Schichten stellt sicher, dass Daten zwischen Unternehmen nur geteilt werden, wenn sie den jeweils festgelegten Bedingungen entsprechen
 <p>Two orange boxes labeled 'EDC Connector' are shown, one on the left and one on the right. A horizontal double-headed arrow connects them. Each connector is divided into two horizontal sections: the top section is labeled 'DP' and contains a 'Data Asset' box; the bottom section is labeled 'CP' and contains a 'Meta-Daten' box. The left connector is associated with 'Tier 1' and the right with 'OEM'. Below the connectors is a light blue rounded rectangle labeled 'Catena-X Ökosystem' containing a dark blue box labeled 'DAPS'. Arrows point from the 'Meta-Daten' boxes of both connectors to the 'DAPS' box.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Neben den Konnektoren ist der sogenannte Dynamic Attribute Provisioning Service (DAPS) eine weitere zen-trale Komponente im Ökosystem • Jedes Unternehmen, das einen Konnektor betreibt, registriert sich bei dem zentral betriebenen DAPS

Schematische Darstellung	Erläuterung
 <p>The diagram illustrates a data exchange scenario between two Tier 1 OEMs. Each OEM is represented by an orange box labeled 'EDC Connector' with 'Tier 1' on the left and 'OEM' on the right. Inside each connector, there are two components: 'DP' (Data Asset) and 'CP' (Meta-Daten). A double-headed arrow connects the two OEMs. Below them is a light blue rounded rectangle representing the 'Catena-X Ökosystem', which contains 'DAPS' and 'Semantische Modelle'. Arrows point from the 'CP' components of both OEMs to the 'DAPS' component in the ecosystem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsames Datenmodell bzw. Vokabular als Basis für den gleichförmigen Datenaustausch • Semantische Modelle können auf verschiedenen Standards beruhen
 <p>This diagram is similar to the one above, showing two Tier 1 OEMs connected via EDC Connectors. The 'Catena-X Ökosystem' now includes an additional component, 'Digital Twin Registry', positioned between 'DAPS' and 'Semantische Modelle'. Arrows from the OEMs' 'CP' components still point to 'DAPS'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ableitung von digitalen Repräsentationen (Digitaler Zwilling) auf Grundlage eines semantischen Modells • Beschreibung eines Digitalen Zwillings innerhalb der Digital Twin Registry • Vergleichbar mit einem Telefonbuch

Schematische Darstellung	Erläuterung
 <p>The diagram illustrates the interaction between two EDC Connectors. On the left is 'Tier 1' and on the right is 'OEM'. Both connectors contain a 'DP' (Data Asset) and a 'CP' (Meta-Daten) component. A double-headed arrow connects the two connectors. Below them is the 'Catena-X Ökosystem' which includes 'DAPS', 'Digital Twin Registry', 'Semantische Modelle', and 'Portal'. Arrows point from both connectors to the ecosystem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teilnahme am Catena-X-Ökosystem über ein zentrales Portal (vergleichbar mit einer Startseite), auf dem eine Registrierung erfolgt • Angebot von Applikationen und Zugriff auf semantische Modelle über das Portal • Suche nach Partnerunternehmen möglich
 <p>This diagram is similar to the one above but includes 'Policies' components. In addition to 'DP' (Data Asset) and 'CP' (Meta-Daten), each connector now includes a 'Policies' block. A double-headed arrow connects the two connectors. Below them is the 'Catena-X Ökosystem' with 'DAPS', 'Digital Twin Registry', 'Semantische Modelle', and 'Portal'. Arrows point from both connectors to the ecosystem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Access- und Usage-Policies (Deutsch: Zugriffs- und Nutzungskontrollmechanismen) zur Wahrung der Datensouveränität • Grundlegende Anforderung zum Teilen von Daten im unternehmerischen Kontext • Access-Policies: Welche Unternehmen haben Zugriff auf welche Daten? • Usage-Policies: Zu welchen Bedingungen dürfen geteilte Daten genutzt werden (z. B. befristet oder regional begrenzt) • Der EDC Connector übernimmt die Verwaltungs- und Zugriffssteuerung



Zum Test der Verbindung von EDC und AAS wurde in Catena-X der in Abbildung 7 dargestellte Aufbau in einer Demo-Umgebung installiert. Allerdings wird der EDC in Catena-X zum gegenwertigen Zeitpunkt nicht als vollwertiger Konnektor im Sinne der IDSA eingesetzt: es fehlen wesentliche technische Mechanismen des sog. Policy-Enforcements, also der Datennutzungskontrolle, an denen aktuell gearbeitet wird. Während die technische Umsetzung erster Zugriffskontrollmechanismen (Access-Policies) in Catena-X bereits verwendet wird, existiert für die Nutzungskontrolle (Usage-Policies) lediglich ein „legal enforcement“, d.h. bei einem festgestellten Verstoß gegen die, in der Usage-Policy (vertraglich) festgelegte, Datennutzung müsste der Inhaber der Rechte an den Daten den Missbrauch anzeigen und gerichtlich verfolgen lassen. Auch wird in Catena-X lediglich ein proprietärer Ansatz zur Modellierung der

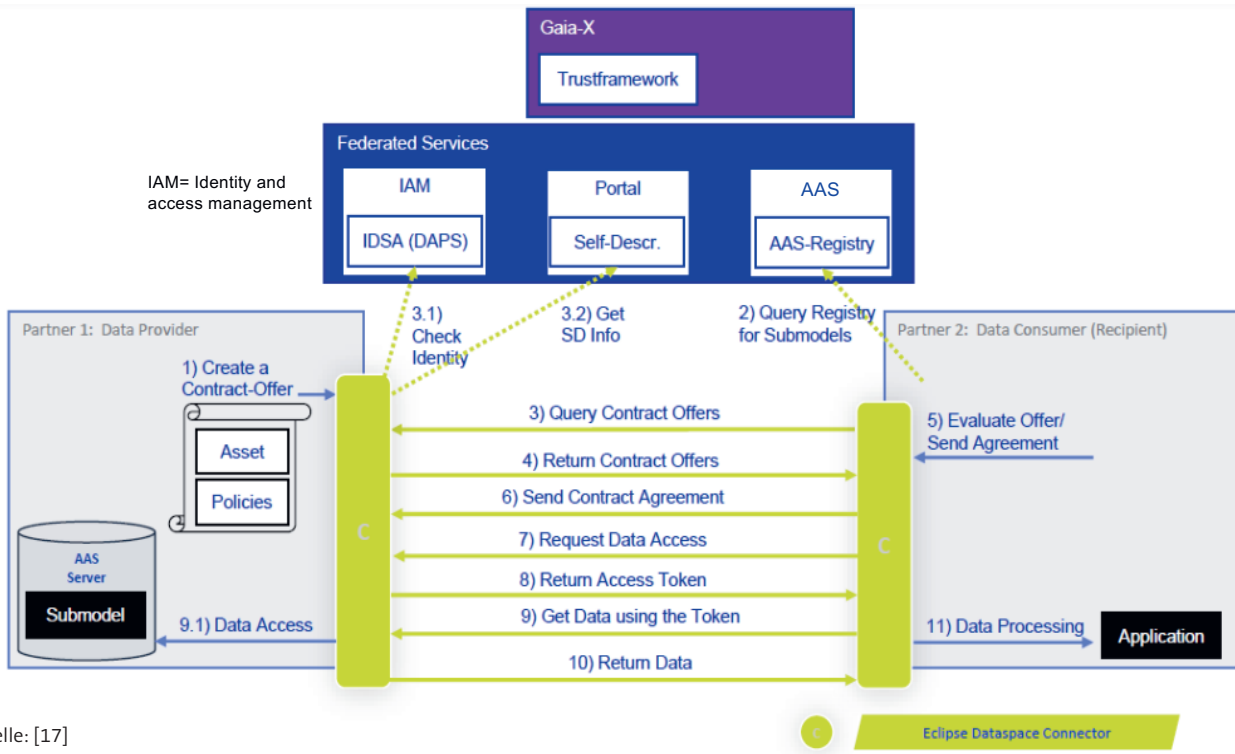
Policies entwickelt; für einen industrieweiten standardisierten Ansatz wäre es sinnvoll, einen Standard zur Policy-Modellierung zu nutzen.

Der Vollständigkeit halber wird hier ein weiteres aktuelles Beispiel zur Untersuchung der Performance der Kombination von AAS und EDC an (Abbildung 8) angeführt, auch wenn dies mit Catena-X nicht in unmittelbarem Zusammenhang steht. In diesem Beispiel laufen der AAS Server 1–3 jeweils ohne EDC, während der AAS Server 4 einen EDC vorgeschaltet hat. Der dargestellte „EDC Provider 4“ kann unterschiedlich konfiguriert werden.

Weitere Informationen zur Verbindung zwischen EDC und AAS in Catena-X in Form einer technischen Spezifikation zur Anwendung von IDS Usage Control für AAS-Daten finden sich im Github¹⁶.

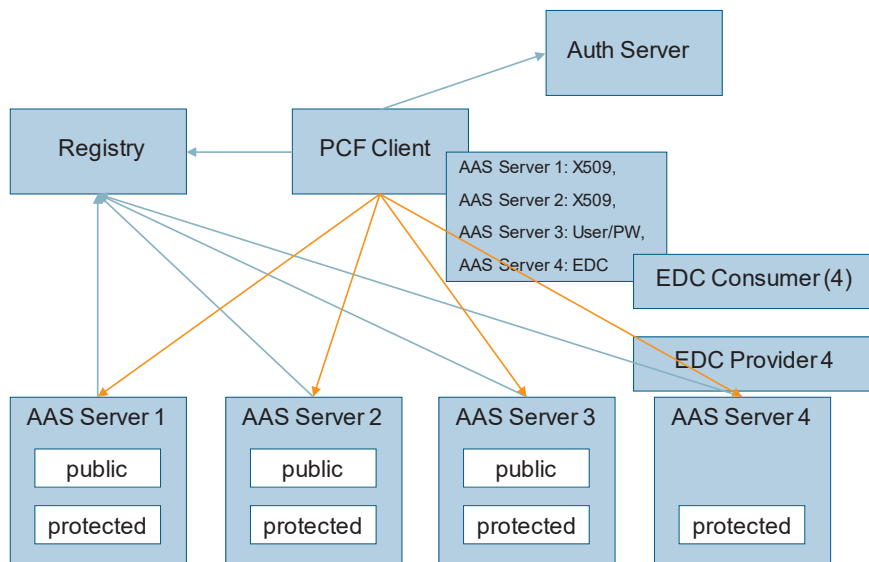
16 siehe <https://github.com/Metaform/edc-aas/blob/main/introduction.md>, letzter Aufruf am 28.03.2023

Abbildung 7:
Test der Verbindung von EDC und AAS in Catena-X



Quelle: [17]

Abbildung 8:
Performance-Test von AAS und EDC: Konfigurationsmöglichkeiten



Quelle: [23]

Offene und weiter zu untersuchende Punkte für Manufacturing-X aus der Erfahrung dieser Tests sind:

- „echter“ multilateraler Datenaustausch, z. B. um mit einem Aufruf Daten aus verschiedenen Quellen zu konsumieren,
- Übertragung von Streaming-Daten, z. B. mit dem Ziel des maschinellen Lernens, und die Regeln zur Bezahlung kontinuierlicher Datenströme,
- weitere Untersuchungen zu Latenzen und Übertragungsgeschwindigkeiten anhand definierter Testfälle.

Es erscheint zweckdienlich, für solche und ähnliche Tests in Manufacturing-X definierte Testfälle in dedizierten Manufacturing-X Testbeds durchzuführen (siehe dazu auch Abschnitt 3.7).

2.7.2 Mobility Data Space

Für die Mobilität der Zukunft besitzt der Austausch von Daten eine essenzielle Bedeutung. Der Mobility Data Space (MDS) ist ein einheitliches Datenökosystem für innovative Mobilitätslösungen in Deutschland und Europa und stellt ein Leuchtturmprojekt der Digitalstrategie der Bundesregierung dar. Er bietet eine Data Sharing Community, welche die Mobilität umweltfreundlicher, sicherer, nutzerfreundlicher und fairer gestalten möchte. Zu diesem Zweck bringt der MDS Firmen, Organisationen, Institutionen und Individuen zusammen, um Daten auszutauschen, Zugang zu Service Providern zu erhalten oder sich mit Branchenexperten zu vernetzen. Hierdurch bietet der MDS den Nährboden für zukunftsweisende Anwendungen, wie optimierte und anbieterübergreifende Mobilitätsangebote, oder das automatisierte Erkennen von lokalen Gefahrensituationen wie Starkregen oder Glatteis in PKW.

Durch die Verwendung des Konnektors der Eclipse Dataspace Components (EDC) ist eine einfache, sichere und standardisierte Anbindung an den MDS möglich.

2.7.3 Silicon Economy

Fahrerlose Transportsysteme, intelligente Container und optimierte Routenplanungen zeigen bereits heute die Potenziale der Lieferketten der Zukunft auf. Das Projekt Silicon Economy schafft durch die Verbindung aller Prozessschritte in einem gemeinsamen Datenraum selbstorganisierte Supply Chain-Ökosysteme und stellt Infrastruktur, Komponenten und Dienste für eine Plattformökonomie in der Logistik zur Verfügung. Diese können Industrie- und Logistikunternehmen aller Größenordnungen zur Entwicklung eigener Services und Plattformen nutzen, um von den Vorteilen von Supply Chain-Ökosystemen zu profitieren. Hierzu zählt der echtzeitnahe Zugriff auf Informationen, eine Reduzierung von Emissionen durch die Optimierung von Transportprozessen und die Senkung von Logistikkosten. Eng verknüpft mit der Silicon Economy ist auch die Open Logistics Foundation. Eine zentrale Aufgabe der Foundation ist es, das Open Source Repository zu verantworten und den Aufbau der Open Source-Gruppe (Community) zu koordinieren.

2.7.4 Smart Connected Supplier Network (SCSN)

SCSN ist eine niederländische Initiative zur Entwicklung, zum Aufbau und Erprobung eines SCSN-Datenraumes. Sie ist aus einem EU-Projekt entstanden, wird teilweise von der niederländischen Provinz Noord-Brabant gefördert und finanziert sich durch Mitgliedsbeiträge der – mehreren hundert – beteiligten Fertigungs- und Dienstleistungs-Unternehmen¹⁷.

17 siehe <https://broker.ids.smart-connected.nl/#manufacturingcompanies>, letzter Aufruf am 28.02.2023

Zur Verstetigung nach Auslauf der Fördermittel wurde die Smart Connected Supplier Network Foundation gegründet.

Viele Unternehmen, besonders KMU, sind mit der wirtschaftlichen und effizienten Nutzung großer Datenmengen überfordert. Allzu oft werden die empfangenen und übertragenen Daten noch manuell gelesen, interpretiert und in ein ERP-System überführt. Hier setzt SCSN an und hilft dabei, diese zeitaufwändigen und fehleranfälligen Prozesse zu automatisieren. Konkret handelt es sich bei SCSN um einen Standard, der den auftragsorientierten Datenaustausch entlang der horizontalen Wertschöpfungskette vereinfachen soll. Im Fokus des Standards stehen Sektoren mit geringem Volumen, hoher Heterogenität und hoher Komplexität der Aufträge, wie der europäische Anlagen- und Maschinenbau. Der SCSN-Standard besteht aus zwei wesentlichen Bestandteilen:

- einem Kommunikationsstandard basierend auf der ISO/IEC 19845:2015,
- einer technischen Infrastruktur, die den ganzheitlichen und sicheren Austausch ermöglicht.

Bei dem Kommunikationsstandard handelt es sich vornehmlich um die Formalisierung einer domänenspezifischen Sprache. So können (systemunabhängig) Informationen wie Versandinformationen, Stücklisten und Kostenvoranschläge automatisiert erstellt, übermittelt und verarbeitet werden. Die dazu benötigte technische Infrastruktur fußt auf einem Vier-Ecken-Modell. Dieses funktioniert ähnlich wie ein herkömmliches Telekommunikationsnetz: Es gibt eine zentrale Instanz, die die Kommunikation und den Datenaustausch orchestriert. Zugang zu dieser Instanz ermöglichen – analog zu den unterschiedlichen Telekommunikationsanbietern – verschiedene Cloudbroker. Organisationen können sich den für sie am besten passenden Broker aussuchen, um die Vorteile von SCSN umfänglich nutzen zu können. Letztlich basiert die zentrale Instanz auf der durch die International Data Spaces Association vorgeschlagene Referenzarchitektur für Datenräume (DIN-SPEC27070)¹⁸. Gestartet ist diese Initiative mit drei Anwendungsfällen (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9:
Initiale Anwendungsfälle von SCSN



Quelle: [20]

¹⁸ vgl. Smart Connected Supplier Network (2023), <https://smart-connected.nl/de> letzter Aufruf am 07.03.2023]

2.7.5 FabOS

FabOS erarbeitet ein offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem für die Produktion. Dazu baut FabOS auf einer offenen Architektur mit offenen Schnittstellen auf. In FabOS eingebundene Komponenten sollen quell-offen sein. Sie können logisch und räumlich verteilt in hybriden, heterogenen IT-Infrastrukturen, nach den Anforderungen der Geschäftsprozesse im Fabrikumfeld, instanziiert und betrieben werden. FabOS integriert Technologien, die sowohl die Echtzeitnähe bestehender Anwendungen verbessern als auch harte Echtzeitfähigkeit und den Determinismus von Echtzeitsystemen in einer modernen und flexiblen Infrastruktur ermöglichen und gewährleisten. Entwickelte Funktionen wie Service Life Cycle Management in heterogenen Fabrik-Infrastrukturen und das Management von KI-Modellen könnten als Basis der Entwicklung von Core Services dienen.

2.7.6 InterOpera

Das Projekt InterOpera entwickelt aktuell rd. 50 Teilmodelle für verschiedenste Industrie 4.0-Anwendungsfälle. Dabei sollen Best Practices für Teilmodelle der Verwaltungsschale für die deutsche Industrie erarbeitet werden. Das Ziel ist es, einheitliche Methoden zur Initiierung und Erarbeitung der Verwaltungsschalenteilmodelle in der Praxis zusammen mit der Industrie zu etablieren.

2.7.7 EuProGigant

Die Wertschöpfung ist zunehmend unflexibel geworden, beispielsweise durch globale Lieferketten, geringe Lagerhaltung und hochautomatisierte Produktion. Aktuelle Trends, wie der Fachkräftemangel und Lieferengpässe, erhöhen zusätzlich den Druck auf Unternehmen. Diese

Probleme versucht EuProGigant zu lösen. In dem Forschungsprojekt wird untersucht, wie mithilfe von Gaia-X ein einfacher und sicherer Maschinendatenaustausch zwischen produzierenden Unternehmen ermöglicht werden kann. Das Projekt fördert vertikale und horizontale Kommunikation in Wertschöpfungsnetzwerken und verfolgt dabei folgende Ziele:

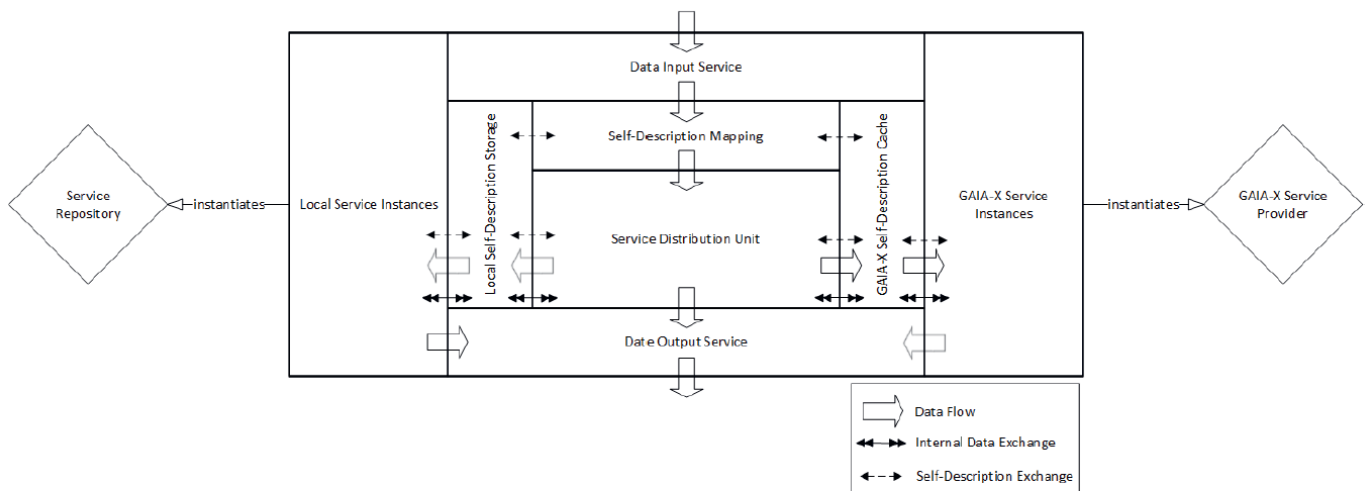
- die Erhöhung der Flexibilität und der Effizienz in der Produktion mithilfe von der Verarbeitung von produktionsrelevanten Daten,
- die Sicherheit und Verfügbarkeit der produktionsrelevanten Daten und
- die Abbildung grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten.

Ergänzend zu den Zielen sollen innerhalb des Projektzeitraums drei Kerninnovationen getätigt werden:

- der Aufbau einer europäischen Wissensdatenbank, um produktionsrelevante Daten langfristig zu speichern,
- die Ermöglichung von ganzheitlicher, offener und souveräner Datenspeicherung, -verbreitung, und -auswertung und
- die Verbesserung der Resilienz durch Vernetzung und Echtzeitsteuerung von mobilen und lokalen Produktionsmitteln. Zur Umsetzung der Kerninnovationen nutzt das EuProGigant-Projekt die technische Architektur von Gaia-X und erweitert diese in ihrer Funktionalität¹⁹. Abbildung 10 veranschaulicht die verwendete Architektur.

19 Vgl. EuProGigant (2023), [online] <https://euprogigant.com/> [abgerufen am 07.03.2023]

Abbildung 10:
Architektur von EuProGigant



Quelle: [22]

2.7.8 SmartAgriHubs

SmartAgriHubs hat es sich zur Aufgabe gemacht, die digitale Transformation des europäischen Agrar- und Lebensmittelsektors zu beschleunigen. Es konsolidiert, aktiviert und erweitert das aktuelle Ökosystem durch den Aufbau eines Netzwerks von Digital Innovation Hubs (DIHs), das die Akzeptanz digitaler Lösungen durch den Agrarsektor fördern wird. Dies wird durch die Integration von Technologie und Unternehmensunterstützung in einem lokalen One-Stop-Shop-Ansatz erreicht, an dem alle Regionen und alle relevanten Akteure in Europa beteiligt sind. Das Herzstück des Projekts bilden 28 Flaggschiff-Innovationsexperimente, die digitale Innovationen in der Landwirtschaft demonstrieren und von DIHs aus neun regionalen Clustern, darunter alle europäischen Mitgliedsstaaten, unterstützt werden. Gleichzeitig wird SmartAgriHubs die Reife der Innovationsdienste von DIHs verbessern, damit digitale Innovationen in ganz Europa repliziert und von europäischen Landwirten weit verbreitet werden. Ein schlanker Multi-Akteur-Ansatz, der sich auf Benutzerakzeptanz, Stakeholder-Engagement und nachhaltige Geschäftsmodelle konzentriert, wird die Technologie- und Marktreife steigern und die Benutzerakzeptanz auf die nächste Stufe bringen.

2.8 Möglichkeiten und Grenzen

Aus den beschriebenen Datenraum-Aktivitäten lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten: Mit dem verstärkten Aufkommen von cyber-physischen Systemen im Maschinen- und Anlagenbau (Industrie 4.0) trat die Nutzung von Daten und die darauf basierende Hoffnung auf neue Geschäftsmodellen immer weiter in den Vordergrund. Diese neuen Geschäftsmodelle versprechen, vergleichbar den B2C-Konzepten der großen Plattformbetreiber, neue Umsatz- und Gewinnmöglichkeiten. Es ist festzustellen, dass sich viele dieser proprietären Entwicklungen zur nachhaltigen Etablierung neuer Geschäftsmodelle nicht erfolgreich am Markt durchsetzen konnten, da sie letztlich nicht skalierten. Viele der verbliebenen Plattformen werden heute firmenintern zur datentechnischen Integration über verschiedene Standorte oder zur Absicherung des Kerngeschäfts genutzt, häufig ohne Gewinnerzielung. Darum herrscht bei vielen Maschinen- und Anlagenherstellern eine gewisse Vorsicht gegenüber der Idee eines einheitlichen Datenraums, der auch wieder Geschäftsmodelle adressiert. Dies wird verstärkt durch noch nicht ausreichend vorhandene Beschreibungen wertstiftender Use Cases bzw. Business Cases sowie die Befürchtung, dass Konzepte und Werkzeuge der Automobilbranche, z. B. aus Catena-X, unangepasst übernommen werden.

3. Besonderheiten im Maschinenbau und in der Elektroindustrie

3.1 Allgemeines

Als Ergänzung zu Catena-X, in dem der Schwerpunkt auf dem Austausch von Daten in der automobilen Lieferkette liegt, werden in Manufacturing-X vor allem auch Daten ausgetauscht, die aus dem Betrieb von Produktionsanlagen, Maschinen und Komponenten stammen (Abbildung 11), mit dem Ziel, den Betrieb, aber auch

die Maschinen und Komponenten selbst durch Nutzung unternehmensübergreifender Daten zu verbessern. Beispiele dafür sind

- Condition Monitoring mit dem Ziel, den sich abzeichnenden Ausfall von Komponenten vorherzusagen und Ersatzteile punktgenau zu liefern,

Abbildung 11: Horizontaler und vertikaler Datenaustausch in Manufacturing-X [7]

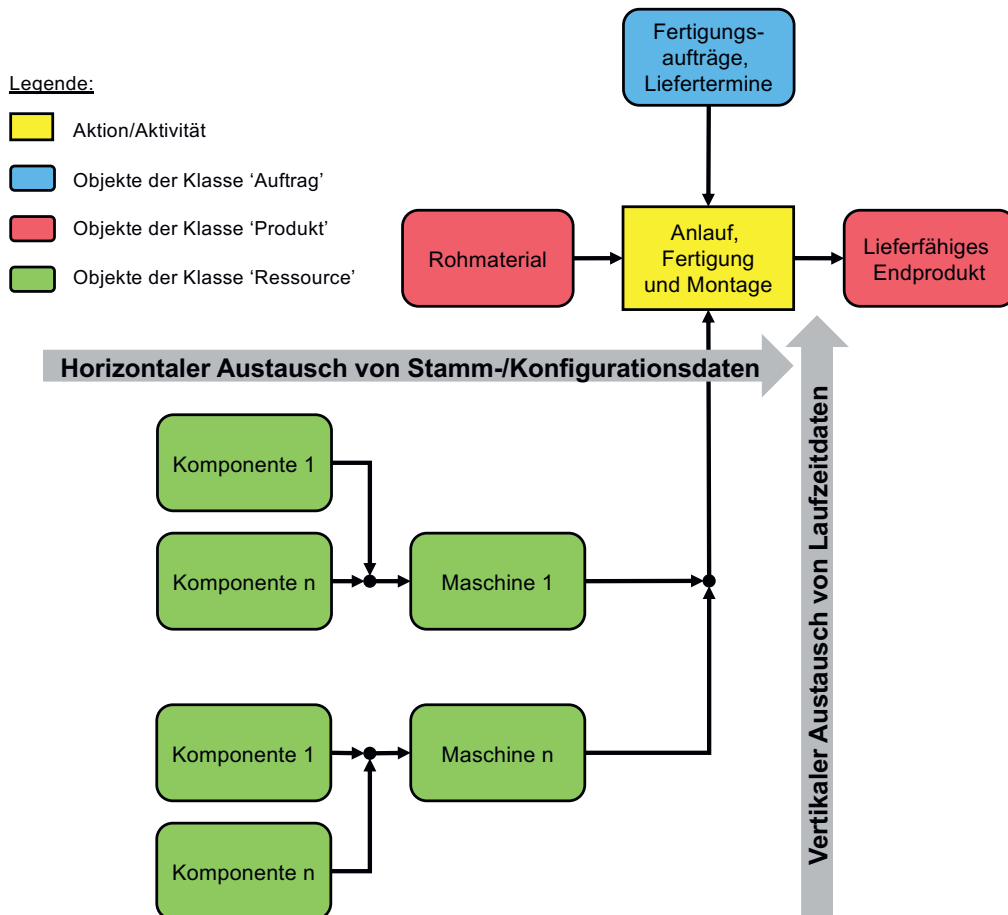


Abbildung 12:

Rollen in „Manufacturing-X“, Datenaustausch bezogen auf Stamm- und Konfigurationsdaten

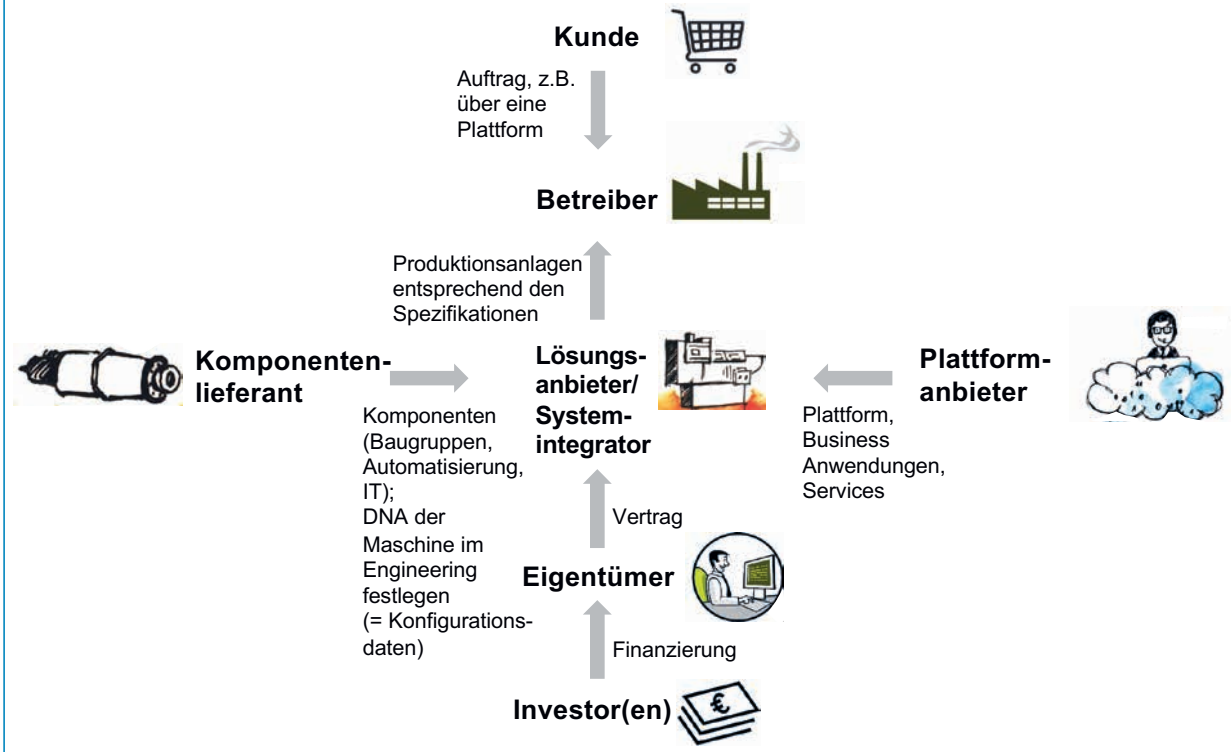
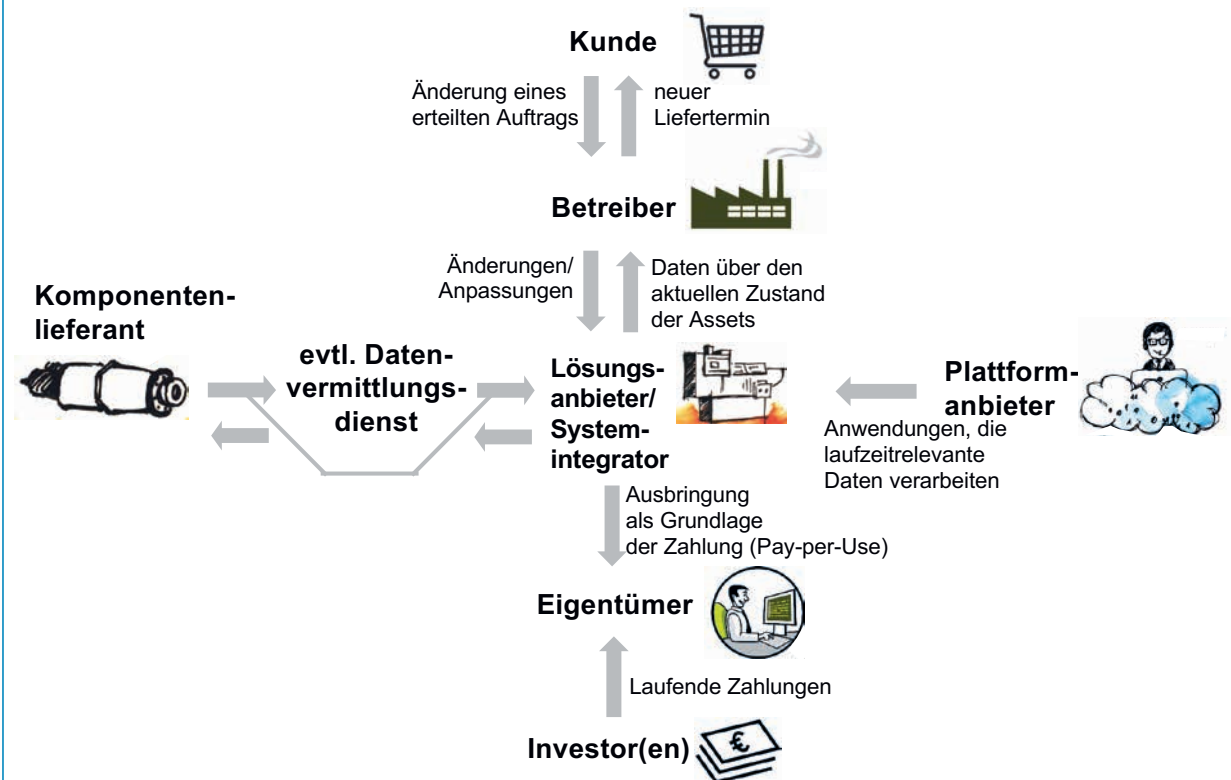


Abbildung 13:

Rollen in „Manufacturing-X“, Datenaustausch bezogen auf Laufzeitdaten



- Die Implementierung von Prozessregelschleifen basierend auf Materialdaten und Daten relevanter Vorprodukte und ggf. deren Prozessdaten, die Prozessparameter an Anlagen gezielt anpassen, um die erwartete Qualität einzuhalten (vor allem, wenn sich Qualitätsmessergebnisse schleichend verschlechtern) oder
- Die Neu- bzw. Weiterentwicklung von Komponenten basierend auf Daten, die aus ihrem Betrieb in verschiedenen Maschinen und deren Einsatzfällen gewonnen werden.

Die in Abbildung 11 dargestellten zwei Klassen von Anwendungsfällen für unternehmensübergreifenden Datenaustausch (horizontaler und

vertikaler Datenaustausch) stellen zum Teil sehr unterschiedliche Anforderungen an die einzusetzenden Technologien, um die Anwendungsfälle zu lösen. Beteiligt am Datenaustausch sind die in den Abbildungen 12 und 13 aufgeführten Rollen; teilweise kommen zu den bekannten Rollen aufgrund der sich durch Digitalisierung bildenden Geschäftsmodelle neue Rollen in Datenökosystemen hinzu.

Nach heutigem Wissenstand ist davon auszugehen, dass für den Datenaustausch (bilateral oder multilateral) in Manufacturing-X die Rollen Betreiber, Lösungsanbieter und Komponentenlieferant im Fokus stehen. Dies deckt sich somit mit dem von der Plattform Industrie 4.0 entwickelten Dreierfraktal [8] (siehe Abbildung 14).

Abbildung 14:
Dreierfraktal – die kleinste mögliche Einheit für multilaterales Datenteilen [8]



Verstärken sich die Beteiligten grundsätzlich darauf, Daten zu teilen, wird die Frage aufgeworfen, ob Daten direkt aus Maschinen und Komponenten von Partnern außerhalb des betreibenden Unternehmens „abgeholt“ und sogar zurückgeschrieben werden oder ob der Betreiber zukünftig in allen Fällen den Datenaustausch kontrolliert.

3.2 Designoptionen für durchgängige Datenketten

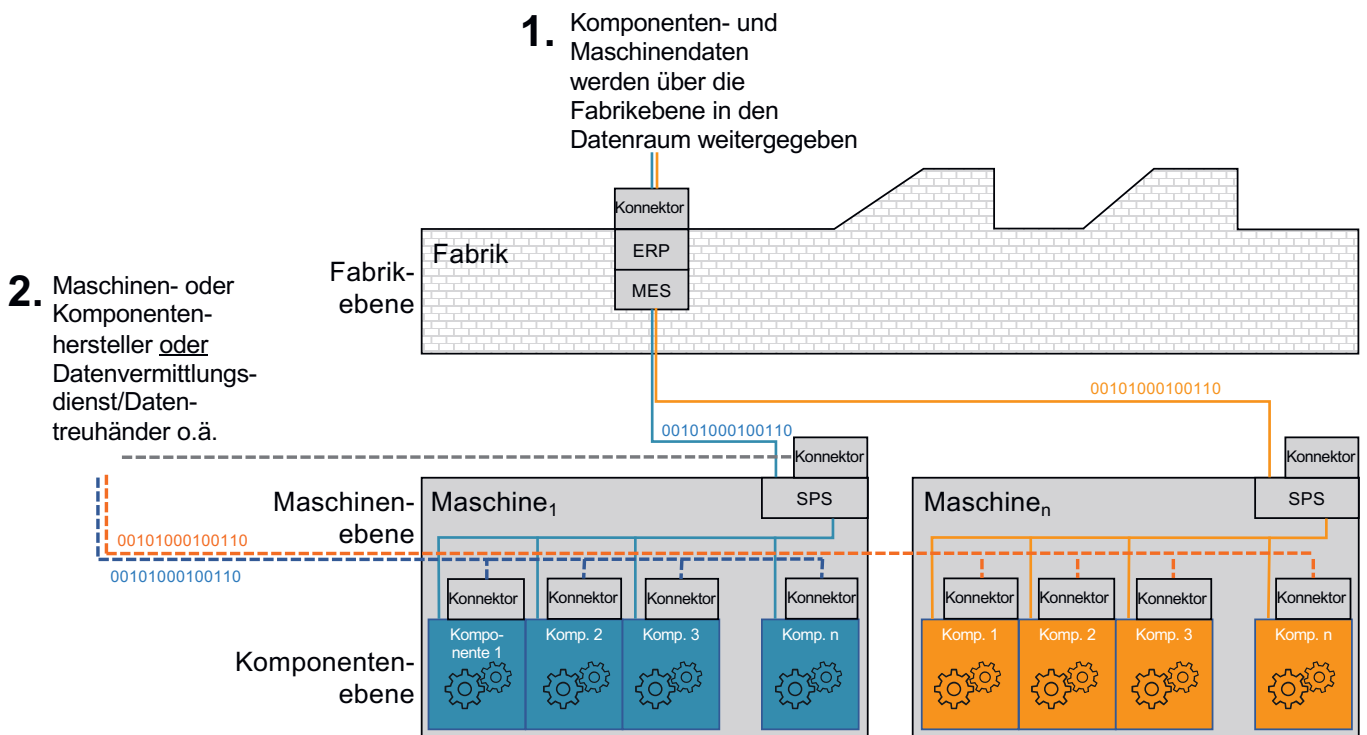
Heute können Hersteller von Maschinen und Komponenten auf Daten aus „ihren“ Maschinen und Komponenten nur aufgrund einer bilateralen Vereinbarung mit dem jeweiligen Betreiber zugreifen. Der Betreiber öffnet für den

Datenzugriff sein Netzwerk, z.B. einen bestimmten Port, und Daten können dann – meist zeitlich befristet – abgerufen werden. Aus heutiger Sicht ist ein direkter Zugriff auf Maschinen und Komponenten wegen IT-Security-Problemen, Gewährleistungen, Safety etc. nicht zu empfehlen. Ist die Fabrik Teil des Datenraums, erfolgt der Austausch von Maschinen-/Komponentendaten z.B. über den Konnektor der Fabrik (siehe Option 1 in Abbildung 15).

Technisch ist es auch heute schon möglich, dass Maschinenbauer oder Komponentenanbieter direkt über das Internet oder Mobilfunk auf ihre Komponenten im Feld zugreifen oder Firmwareupdates einspielen. Aus unserer Sicht wird dies mittelfristig tatsächlich auch geschehen. Die

Abbildung 15:

Optionen zum Austausch von Komponenten- oder Maschinendaten



oben beschriebenen regulatorischen Vorgaben werden dies zusätzlich beschleunigen. Darum sollte ein Förderprojekt zu interoperablen industriellen Datenräumen auch technische Lösungen erarbeiten, wie Gewährleistung, Safety-Vorgaben, IT-Security etc. sichergestellt werden können, so dass der volle Leistungsumfang des Datenaustausches (siehe Option 2 in Abbildung 15) ausgeschöpft wird.

Zusätzlich ist es denkbar, dass sich auch hier neue Rollen im Datenökosystem ergeben, z. B. diejenige von Dienstleistern, die als Datenvermittlungsdienste oder Datentreuhänder auftreten [18]. Solche Dienstleister könnten für kleine und mittelständische Unternehmen die Verbindungen zu den Komponenten im Feld aufbauen, verwalten, die gewonnen Felddaten vorverarbeiten etc. Die Verbände sollten sich abgestimmt auf solche Datenvermittlungsdienste vorbereiten, um ggf. selbst ein solches Angebot für ihre Mitglieder zu machen.

3.3 Initiale Anwendungscluster

3.3.1 Supply Chain-Transparenz

Catena-X und viele andere der oben aufgeführten Projekte befassen sich mit Anwendungsfällen, die sich hauptsächlich horizontal entlang der (automobilen) Wertschöpfungskette orientieren. Hier tauschen Unternehmen Daten in der Zulieferkette aus, d.h. Werkstoffhersteller mit Teilefertigern, diese mit Baugruppenlieferanten, diese mit Modulherstellern, diese wieder mit den OEMs. Innerhalb dieser Anwendungsfälle werden zum großen Teil Stammdaten ausgetauscht (siehe Abbildung 12).

Für den Maschinenbau und die ausrüstende Industrie relevante Anwendungsfälle sind beispielsweise Product Carbon Footprint, Rückverfolgbarkeit und weitere Catena-X-ähnliche Anwendungsfälle, die mit dem Bedarf der produzierenden Industrie abgeglichen und ggf. zu ergänzen sind.

3.3.2 Produktions- und Fabrikoptimierung

Für die produzierende Industrie ist nach unserer Erfahrung vor allem auch der Austausch von Daten aus dem Betrieb von Komponenten, Maschinen und Anlagen von Interesse. Ziel dabei ist, auf Basis der Daten aus dem Feld,

- die Leistung der Produktion (Qualität, Zeit, Kosten, Energie- und Ressourceneinsatz) und
- die nächste Generation von Produkten (Komponenten, Maschinen) zu verbessern.

Relevante Anwendungsfälle sind beispielsweise:

- Remote-Zugriff auf Daten aus dem Betrieb, um Condition Monitoring und prädiktive Wartung zu ermöglichen
- Kollaboratives Qualitätsmanagement bis hin zur automatisierten Regelung von Prozessparametern auf Basis gemessener Qualität
- Schnelles Umrüsten von Produktionsanlagen auf neue Produkte oder Produktvarianten unter Nutzung von weitgehender Selbstkonfiguration
- Vortrainierte KI-Modelle: Um maschinelles Lernen erfolgreich in der Produktion einsetzen zu können, muss der Prozess zur Erstellung der KI-Modelle so weit vereinfacht werden, dass er mit möglichst wenig Ressourcen durchgeführt werden kann. Hier können vortrainierte Modelle zur Überwachung von Anlagen und Komponenten helfen; d.h. die Schritte zur Identifikation und Annotation der Daten sowie Auswahl, Parametrierung und Training von Algorithmen müssen nicht mehr beim Anlagen-/Fabrikbetreiber durchgeführt werden
- Firmware-Updates von Komponenten und Maschinen: aufgrund wachsender Software-Anteile in Maschinen und Komponenten wird es zukünftig erforderlich

sein, produktrelevante Informationen und Software-Updates einfach und über standardisierte Mechanismen bereitzustellen und aufzuspielen. Dies umfasst die automatisierbare Bereitstellung von Informationen und Software sowie die notwendigen Kommunikations- und Updateverfahren für alle Teile einer Maschine, deren Komponenten und der Steuerungs- und Automatisierungstechnik sowie ggf. der Schnittstelle zum überlagerten IT-System. Ggf. werden auch hier die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Datenvermittlungsdienste erforderlich.

- Selbstkonfiguration unter Berücksichtigung von Datensouveränität: Das Expertenwissen heutiger Fachkräfte muss in zukünftige Maschinen verlagert werden. Die Voraussetzung, um Maschinen smarter zu machen ist, dass sie sich selbst sowie ihre Komponenten und deren Eigenschaften kennen und standardisiert beschreiben können. Hierfür bietet sich die Verwaltungsschale an. Gleichzeitig müssen Prinzipien wie Interoperabilität, Datensouveränität und Security zur Laufzeit auf eine Maschine gebracht werden.

Für alle diese Anwendungsfälle ist es unerlässlich, dass Maschinen, Anlagen und ihre Komponenten eine „gemeinsame Sprache“ sprechen: Die internetbasierte Vernetzung in der Industrie 4.0 erfordert, dass Maschinen und ihre Komponenten als Datenquellen eine maschinenlesbare Selbstbeschreibung mitbringen, die den Inhalt der Daten beschreibt, die eine Maschine oder Komponente bereitstellen kann. Diese Beschreibungen sind zwingend erforderlich, wenn Maschinen und Anlagen miteinander vernetzt oder an ein überlagertes SCADA-, Leit- oder MES-System angeschlossen werden. Allein die Kommunikationsfähigkeit reicht für Industrie 4.0 nicht aus – die Bedeutung der ausgetauschten Daten muss den Teilnehmern der Kommunikation klar sein [39, 40]. Die dafür relevanten Standards OPC UA und Companion Specifications, Industrie 4.0-Verwaltungsschale und deren Teilmodelle,

AutomationML und Eclipse Dataspace Connector und ihr Zusammenspiel werden in Abschnitt 3.7 beschrieben.

3.3.3 Kollaborative Produktinnovation

Anwendungsfälle dieser Kategorie ermöglichen Maschinen- und Komponentenanbietern, funktionales Engineering mit dem komponentenbezogenen Engineering zu koppeln. Ziel ist es, den Engineering-Prozess unabhängig von einzelnen Engineering-Tools spezifischer Anbieter zu machen.

3.3.4 Energie- und CO₂-Management

Zu dieser Kategorie zählen Anwendungsfälle, die den Energie- und Ressourcenverbrauch innerhalb der Produktion messen und ggf. optimieren, z. B. durch angepasste Auftragsreihenfolgen, mit denen Lastspitzen vermieden werden können. Diese Anwendungsfälle haben teilweise Schnittstellen zu Arbeiten, die innerhalb der Initiative zu einem Energy Dataspace geplant sind, um z. B. den Energiebedarf innerhalb eines Gewerbegebietes zu optimieren.

3.3.5 Geschäftsmodelle

Unter diese Kategorie von Use Cases fallen verschiedene As-a-Service-Modelle, die untersucht und bzgl. ihrer Umsetzung bewertet werden müssen. Dazu zählen

- Manufacturing-as-a-Service,
- Pay-per-X (use, part, value)
- Equipment-as-a-Service und ggf. das softwaretechnische Freischalten von Features, die in einer Maschine oder Komponente bereits physisch enthalten sind.

Weitere Anwendungsfälle werden aktuell in verschiedenen Arbeitsgruppen diskutiert, die sich mit der Ausgestaltung konkreter Leuchtturmprojekte innerhalb von Manufacturing-X befassen. Nach unserem heutigen Wissenstand ist es ausgeschlossen, zu einer vollumfänglichen Liste von Anwendungsfällen zu kommen; sie ergeben sich im Laufe der weiteren Arbeit des Aufbaus der Datenräume.

3.3.6 Capabilities

Unter Capabilities (vgl. Abbildung 19) werden branchenspezifische Basisdienste verstanden, die die Anwendungsfälle befähigen („Enabling Technologies“). Damit eine Technologie als Capability bezeichnet werden kann, sollte sie mindestens zwei Anwendungsfälle unterstützen (denn sonst könnte sie auch im Use Case direkt entwickelt werden). Für die o.g. Arten von Anwendungsfällen benötigen Betreiber und Ausrüster aus unserer Sicht also standardisierte Capabilities, wie sie bei Industrie 4.0 zum Einsatz kommen sollen, z. B.

- die Verwaltungsschale (AAS) und ihre Teilmodelle, deren Verwaltung und ggf. Definition neuer Teilmodelle sowie Software-Tools zur Erstellung von Teilmodellen,
- Modellierung von Fähigkeiten (Skills/Capabilities) zur Beschreibung von Assets,
- OPC UA und die Companion Specifications zum Zugriff auf standardisierte Maschinen- und Betriebsdaten und zur Steuerung von Maschinen, Anlagen und deren Komponenten und/oder ähnliche Protokolle,
- die performante und interoperable Verbindung der beiden erstgenannten Punkte mit geeigneten Datenraum-Konnektoren, z. B. dem EDC-Konnektor,
- maschinelles Lernen und Nachtrainieren von Modellen, Zusammenführen von verteilten Modellen,

- Energy Cost Monitoring,
- IT-Security.

Je nach Anwendungsfall sind diese Capabilities sehr nahe an den Basisdiensten, die in Abschnitt 4.3 weiter beschrieben sind.

3.4 IT-Security

Die industrielle Produktion ist für die Bundesrepublik Deutschland Teil der kritischen Infrastruktur, die diese zunehmend auch zum Ziel von bösartigen Angriffen macht. Cybersicherheit für industrielle Komponenten, Maschinen aber auch den Betrieb von Produktionsanlagen ist damit eine unerlässliche Anforderung für den sicheren Betrieb, aber auch für den Austausch von Daten. Im Vergleich zur klassischen IT-Sicherheit ergeben sich im industriellen Kontext Eigenschaften und Anforderungen, die maßgeschneiderte Lösungsansätze und Vorgehensweisen benötigen. Beispielsweise wird dem Schutzziel Verfügbarkeit (der Anlage bzw. der Produktion) eine wesentlich höhere Bedeutung als in der klassischen IT-Sicherheit zugesprochen. Weiterhin ist zu beachten, dass in industriellen Anlagen bei erfolgreichen Angriffen auch Auswirkungen auf die funktionale Sicherheit (engl. Safety) möglich sind. Unfälle, Personenschäden und physische Schäden an Maschinen und Anlagen sind möglich.

Darum ist es notwendig, Cybersicherheit möglichst von Beginn an (Security-by-Design) bei der Entwicklung von neuen Komponenten, Systemen und Anlagen zu gewährleisten. Als Stand der Technik wird derzeit eine Absicherung nach IEC 62443 angesehen. Die IEC 62443 ist ein international anerkannter Standard, der sich zum Ziel gesetzt hat, industrielle Automatisierungs- und Steuerungsanlagen (engl. IACS) abzusichern. Hierfür enthält der Standard Vorgehensweisen und Anforderungen für die Zielgruppen Betreiber von Anlagen, Dienstleister, Systemlieferanten bzw. Integratoren und Produktlieferanten.

Neben dem Stand der Technik ergeben sich auch im regulatorischen Umfeld der EU zukünftig Anforderungen an die Cybersicherheit für den Betrieb von Anlagen, aber auch für das auf den Markt bringen von Produkten: Die NIS 2.0 Directive (relevant für Betreiber) und der Cyber Resilience Act (CRA, relevant für Hersteller und Integratoren). Sowohl aus der NIS 2.0 als auch aus dem CRA ergeben sich u.a. Anforderungen an die Cybersicherheit zur Anbindung von Maschinen und Anlagen an einen Datenraum, die bei der Entwicklung mitbetrachtet werden müssen.

Der Cyber Resilience Act wird zukünftig Anforderungen an die Cybersicherheit von Produkten (im Sinne dieser Studie auch von Maschinen und Software) vorgeben. Dies beinhaltet sowohl grundlegende Anforderungen an das Design und die Entwicklung von Produkten (Security-by-Design), grundlegende Sicherheitseigenschaften als auch Anforderungen, die über den Lebenszyklus der Produkte hinaus eingehalten werden müssen, beispielsweise das Schließen von Sicherheitslücken durch Updates.

3.5 **Datenschutz und Privacy**

Die EU DSGVO schafft als europäische Verordnung einen einheitlichen Rechtsrahmen für die Verarbeitung von personenbezogenen Daten. Personenbezogene Daten liegen vor, wenn es sich um Daten einer identifizierten Person handelt, aber auch bereits dann, wenn Daten einer Person zugeordnet werden können (ohne diese unmittelbar zu identifizieren). Werden bspw. im Rahmen der Bedienung einer Maschine Daten aufgezeichnet bzw. verarbeitet, die der bedienenden Person zugeordnet werden können, so liegt eine Verarbeitung personenbezogener Daten vor.

Die DSGVO reguliert die Rechte und Pflichten zwischen von einer Datenverarbeitung betroffenen Personen, der bzw. den für die Datenverarbeitung verantwortlichen Stelle und Auftragsdatenverarbeitern, die ggf. durch eine verantwortliche Stelle beauftragt werden. Eine verantwortliche Stelle

legt Zweck und Mittel der Verarbeitung fest und benötigt für diese eine Rechtsgrundlage, z. B. Einwilligung der betroffenen Person, Vertrag mit der betroffenen Person oder berechtigtes Interesse der verantwortlichen Stelle.

Betroffene Personen können der verantwortlichen Stelle gegenüber die von der DSGVO zugesicherten Rechte geltend machen (Betroffenenrecht, z. B. Recht auf Auskunft). Auftragsdatenverarbeiter handeln auf Weisung einer verantwortlichen Stelle.

Die DSGVO verpflichtet verantwortliche Stellen zur Einhaltung von Datenschutzgrundsätzen:

- Rechtmäßigkeit, Verarbeitung nach Treu und Glauben, Transparenz,
- Zweckbindung,
- Datenminimierung,
- Richtigkeit,
- Speicherbegrenzung,
- Integrität und Vertraulichkeit,
- Rechenschaftspflicht.

Diese sind durch technische (z.B. geeignete Mechanismen der IT-Sicherheit) und organisatorische Maßnahmen (Prozesse, Rollen) sicherzustellen. Neben der Ergreifung technischer und organisatorischer Maßnahmen verpflichtet die DSGVO die verantwortliche Stelle zur Dokumentation der Verarbeitungstätigkeit, zur Prüfung der Rechtmäßigkeit der Datenverarbeitung (Rechtsgrundlage), zur Gewährung der Betroffenenrechte (Auskunft, Berichtigung, Löschung, Sperrung) und zu einer Datenschutz-Folgenabschätzung (DSFA), die durchzuführen ist, sofern von der Datenverarbeitung voraussichtlich ein hohes Risiko für die Rechte und Freiheiten der betroffenen Personen ausgeht.

3.6 Datennutzungskontrolle

Mechanismen der Zugriffskontrolle regeln, unter welchen Bedingungen auf Daten zugegriffen werden kann. Bislang ist es so, dass keine weitere technische Kontrolle über die Daten bzw. deren Nutzung mehr möglich ist, sobald einem Interessenten Zugriff gewährt wurde. Mechanismen der Nutzungskontrolle adressieren diesen erweiterten Schutzbedarf, indem sie es Datengebern ermöglichen, Nutzungsrichtlinien zu spezifizieren, deren Einhaltung nach Herausgabe bzw. Datenabruf aufseiten des Datennehmers überwacht wird.

Um auszuschließen, dass vertragliche Datennutzungsbedingungen umgangen werden, kann ein zusätzlicher technischer Vertrauensanker einen Beitrag dazu leisten, dass Daten geteilt werden. Hiermit können Nutzungskontrollmechanismen definiert und bei der empfangenen Stelle durchgesetzt werden. Nichtsdestoweniger ist zu berücksichtigen, dass jede Schnittstelle auch ein potenzielles Angriffsziel darstellt und folglich die IT-Sicherheit zu berücksichtigen ist.

Aus dieser Gemengelage ergeben sich folgende Anforderungen:

- Die Integrität der Infrastruktur des Datennehmers muss überprüft werden können
 - Unabhängige Überprüfung der Infrastruktur des Datennehmers
Problem: einmalige oder periodische unabhängige Überprüfung schließt eine anschließende Manipulation der Systeme nicht aus, kann aber als Grundlage für technische Überprüfung gesehen werden

- Attestierungsverfahren auf Basis von Trusted-Computing-Technologien in der Infrastruktur des Datennehmers können genutzt werden, um die Integrität der Infrastruktur für den Datennehmer überprüfbar zu machen
- Erfordert vertrauenswürdige Dienste, deren Integration mit Nutzungskontrollmechanismen von unabhängiger Seite überprüft wurde
- Der Datennehmer nutzt von dritter Seite zur Verfügung gestellte und von unabhängiger Seite geprüfte Infrastruktur für die Datenverarbeitung (Plattform-as-a-Service oder Software-as-a-Service)
 - Hierdurch ist der Datennehmer kein interner Angreifer mehr
 - Erfordert ebenfalls vertrauenswürdige Dienste, deren Integration mit Nutzungskontrollmechanismen von unabhängiger Seite überprüft wurde

Das Ziel der Nutzungskontrolle kann abhängig von den konkreten Anforderungen des Szenarios auch durch zertifizierte Dienste mit den gewünschten Sicherheitseigenschaften erreicht werden, die in einer überprüfbaren Infrastruktur aufseiten des Datennehmers oder in einer zertifizierten, von dritter Seite bereitgestellten Infrastruktur betrieben werden. Dies hängt im Wesentlichen von der benötigten Flexibilität und Ausdrucksmächtigkeit bei der Spezifikation von Richtlinien ab. Bei Diensten mit klar und eng definierten Aufgaben und Nutzungsprofilen kann das gewünschte Verhalten ggf. durch wenige Parameter gesteuert werden.

3.7 Implikationen für den Maschinenbau, die Elektroindustrie und die Verbände

Für einzelne Fabrikbetreiber, Ausrüster oder Softwarefirmen ist die Herausforderung zu groß, einen industriellen Datenraum aufzubauen. Am Beispiel der IIoT-Plattformen, die viele Firmen in den vergangenen Jahren entwickelt haben, zeigt sich, dass proprietäre Lösungen nicht skalieren und damit keine Chance auf einen ROI in endlicher Zeit haben. Nicht-wettbewerbskritische Dienste (= Basisservices, siehe Abschnitt 4.3) sollten nur einmal entwickelt werden, statt mehrfach für jede proprietäre Lösung. Eine Skalierung der Business-Applikationen ist nur gegeben, wenn es keinen Vendor Lock-in in Bezug auf die Betreibergesellschaft(en) gibt, sondern Interoperabilität tatsächlich gewährleistet ist. Vertrauen in den Datenraum und technische Lösungen in Form von Vertrauensankern müssen Hand in Hand entwickelt werden [44]. Trotzdem sollten Ergebnisse von Catena-X aufgegriffen werden, ohne dass der Eindruck entsteht, die mächtigen OEMs würden den Datenraum und seine Spielregeln kontrollieren (vgl. hierzu auch die Ausführungen zum Betrieb in Abschnitt 4.5).

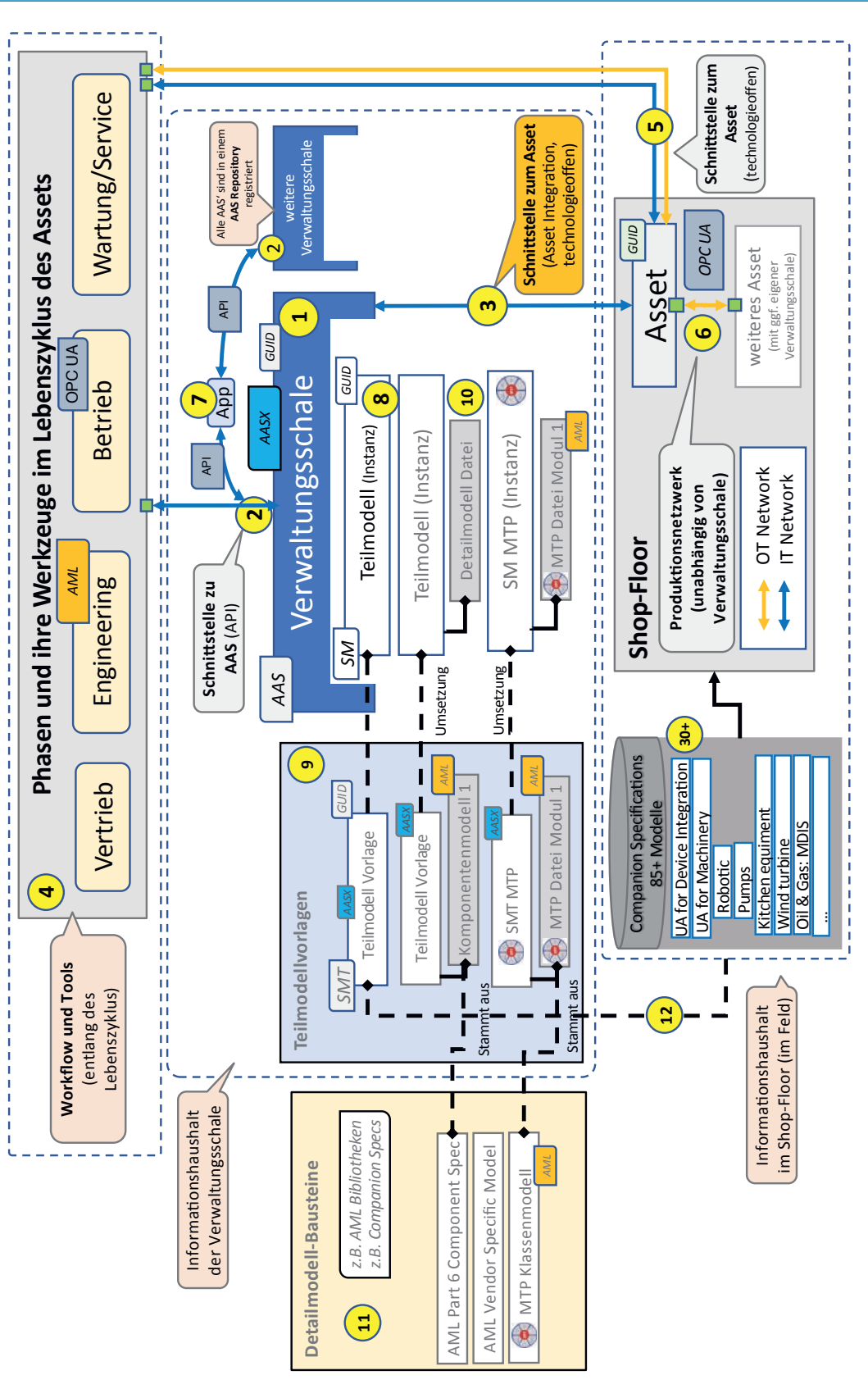
In den vergangenen Jahren hat die Industrie, getrieben von Industrie 4.0, viele Basisarbeiten geleistet, um standardisierten, interoperablen und lebenszyklusübergreifenden Datenzugriff und Datenaustausch zu ermöglichen. Dazu zählen u.a. die Arbeiten innerhalb der Plattform Industrie 4.0 zur Verwaltungsschale (Asset Administration Shell/AAS) sowie die Definition von OPC UA Companion-Spezifikationen. Eine Arbeitsgruppe aus VDMA, IDTA, OPC Foundation und AutomationML e.V. hat in einem Diskussionspapier ein großes Bild der Interoperabilität zwischen AAS, OPC UA und AML erarbeitet, das zusammengefasst in Abbildung 16 dargestellt ist [41]. Hier sind allerdings Datenraum-Konnektoren noch nicht aufgeführt. Um treffsichere Aussagen zum Einsatz der Technologien (OPC UA, AAS, u.a.) machen zu können, sollten aus den beschriebenen Anwendungsfällen (und allen

weiteren) funktionale und nicht-funktionale Anforderungen, z. B. Security, Privacy, Datennutzungskontrolle etc., abgeleitet werden. Diese Anforderungen können dann durch eine Kombination der verfügbaren o.g. Technologiebausteine zu Lösungen zusammengebaut werden, d.h. „AML, OPC UA und AAS [ergänzen sich] gegenseitig. [...] Interoperabilität wird nicht durch ein einziges Weltmodell erreicht, sondern durch eine geschickte Kombination verschiedener Standards, die die Domänenmodelle der entsprechenden Experten bereitstellen.“

Möglicherweise liegen die unterschiedlichen Vorstellungen zum Einsatz der Technologien derzeit noch darin begründet, dass IDSA und die automatisierungs-/fertigungsnahen Organisationen sich den Datenräumen aus zwei verschiedenen Richtungen nähern, nämlich die IDSA aus der IT und die anderen Organisationen aus der OT. Auch die Vorstellungen zur Zielarchitektur sind unterschiedlich; ein möglicher Ansatz, der die Stärken der einzelnen Technologien diskutiert und nutzt, ist in [33] beschrieben.

Die Stärke von OPC UA ist die Bereitstellung semantisch eindeutiger und strukturierter Informationsmodelle für verschiedene Assets (Maschinen und Komponenten), um Daten standardisiert aus Maschinen zu erfassen bzw. sie direkt an Assets zurückgeben zu können. OPC UA verfügt über geeignete, vom BSI zertifizierte Securitymechanismen und skaliert horizontal in der Produktion und/oder vertikal von der Produktion bis in die Cloud. OPC UA unterstützt verschiedene Protokolle, die anwendungsfallspezifisch genutzt werden. Der in Abschnitt 3.3.2 geforderten „gemeinsamen Sprache“ kommt OPC UA damit schon sehr nahe, eine Harmonisierung der existierenden Companion Specs. wäre allerdings wünschenswert. OPC UA ist standardisiert (IEC-Reihe 62541) und wird inzwischen international eingesetzt. Es existieren am Markt diverse Toolkits, um OPC UA-Server und -Clients zu entwickeln, bis hin zu Open Source-Implementierungen.

Abbildung 16: **Interoperabilität mit AutomationML, OPC UA und AAS im Zusammenhang**
 (die Bedeutung der Ziffern sind in [41] erläutert)

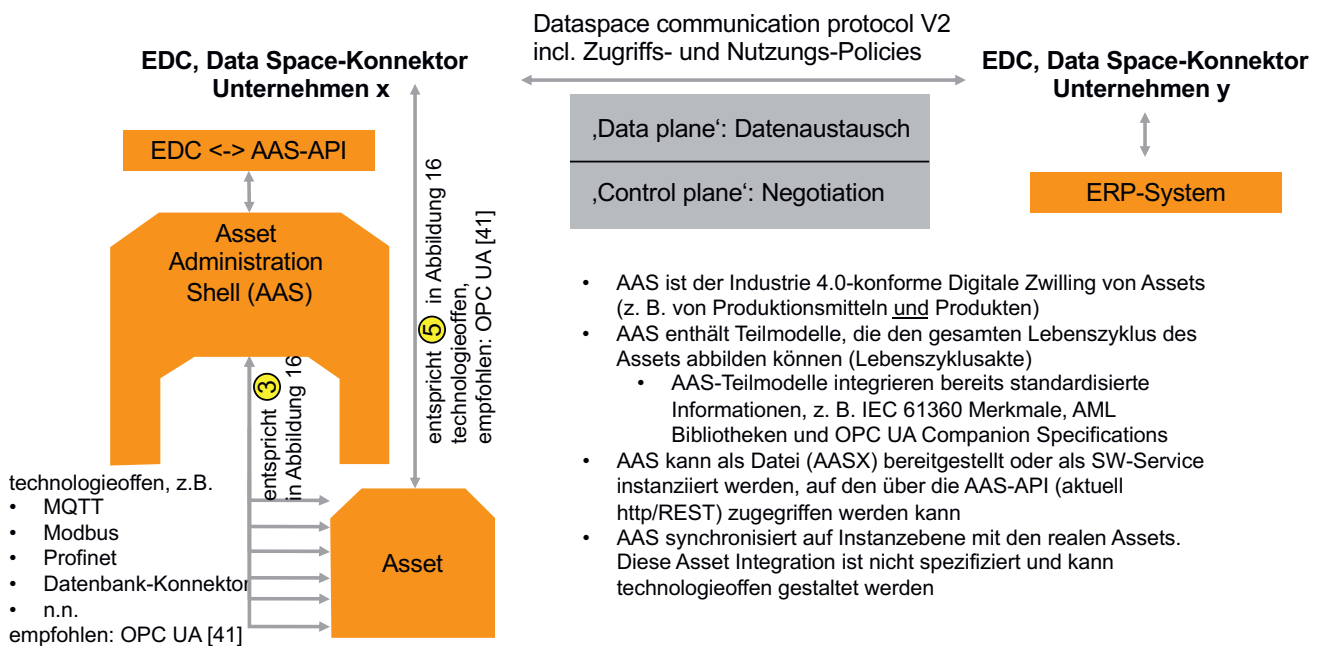


Die Verwaltungsschale (AAS) ist die Repräsentation der digitalen Beschreibung eines Assets über dessen kompletten Lebenszyklus, von der Konstruktion, Produktentwicklung bis zu Demontage und Recycling. Genaue Beschreibungen zur AAS findet man im Downloadbereich der IDTA²⁰. Die Verwaltungsschale eignet sich u.a. dafür, die Produkte und Produktionsprozesse eine Ebene darüber zu beschreiben. Hier wird man digitale Produktpässe, Typenschilder oder Nachhaltigkeitsinformationen pflegen. In der AAS API werden HTTPS/MQTT/OPC UA als mögliche Kommunikationswege zu anderen AAS genannt.

Unternehmensübergreifend wird man vermutlich HTTPS einsetzen. Intern können die AAS über MQTT/OPC UA kommunizieren. Der EDC bringt das Konzept des datensouveränen Datenaustausches zwischen Unternehmen mit. Hier wird derzeit das Dataspace-Protokoll spezifiziert und umgesetzt. Aktuell setzt der EDC HTTPS ein (siehe Abbildung 17).

Dank der Arbeiten der Plattform Industrie 4.0 in den letzten 10 Jahren ist es möglich, einen minimalen Datenraum vollständig auf Basis der AAS umzusetzen. Die AAS stellt die dafür

Abbildung 17:
Schematischer Zusammenhang zwischen Konnektoren, AAS und Kommunikationsprotokollen



20 siehe <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/downloads>, letzter Aufruf am 27.04.2023

notwendigen Mittel mit Metamodell, API, Submodellen, Autorisierung und Authentifizierung bereit. Diese Kernarchitektur wird als IEC 63278 international standardisiert. Ein solcher Datenraum mit AAS kann um weitere Komponenten, z. B. EDC, ergänzt werden.

Die Autoren dieser Studie schlagen vor, dass es eine orchestrierte Taskforce der genannten Organisationen gibt, die ein abgestimmtes Vorgehen bzgl. folgender Technologiebausteine definiert und gemeinsam verabschiedet; zukünftig können solche Orchestrierungstätigkeiten Gegenstand einer gemeinsamen Governance-Organisation sein, z. B. eines Manufacturing-X-Vereins:

- AAS, Teilmodelle, Zertifikate, Authentifizierung, Repositories, Schnittstellen, Access und Usage Control, multilateraler Datenaustausch,
- IDSA: EDC, Protokoll V.2, Access und Usage Control, Metadata Broker, multilateraler Datenaustausch,
- OPC UA: Companion Specs., Übertragung von Laufzeit-Daten,
- Interoperabilität für die Fälle „EDC-only“, „AAS-only“, „OPC UA-only“.

Die Lösungen sind in einem weiteren Schritt in für Manufacturing-X aufzubauenden TestBeds hinsichtlich Performance und weiteren Kriterien zu testen. In den TestBeds werden aus den Spezifikationen der Technologien abgeleitete, definierte und abgestimmte Testfälle durchgespielt, um u.a. die Compliance der jeweiligen Implementierung zur Spezifikation nachzuweisen. Auch die Skalierbarkeit ist hier zu testen, um sicherzugehen, dass die entwickelten Lösungen auch mit ausreichend vielen Teilnehmern, Verbindungen, Massendaten etc. in der gewünschten Laufzeit kommunizieren können bzw. in der gewünschten Antwortzeit Ergebnisse liefern. Beim Aufbau und Betrieb dieser TestBeds sollten die Verbände eine wichtige Rolle spielen; hier sollten Ingenieure und Informatiker interdisziplinär zusammenarbeiten.

Außerdem sollte im Rahmen von Manufacturing-X die Möglichkeit gegeben werden, proprietären Eigenentwicklungen von Plattformen und Applikationen vieler Maschinenbauer und Komponentenhersteller eine Möglichkeit zur Skalierung zu bieten. Diese „Plattformen“ unterstützen die eigenen Produkte von Maschinenbauern und Komponentenherstellern, sind aber am Markt nicht erfolgreich, weil Fabrikbetreiber eben nur eine und nicht mehrere Plattformen nutzen wollen. Dazu müssen die proprietären Lösungen in Open Source-Core Services (Basisservices) und Business-Applikationen aufgeteilt werden. Die jeweiligen Core Services der Plattformen werden dann mit den Manufacturing-X-Core Services auf Gleichteile abgeglichen. Die Business-Applikationsanteile können dann auf Basis des in dieser Studie beschriebenen Manufacturing-X-Kerns ablaufen und über die Betreibergesellschaft(en) am Markt angeboten werden. So können sich die ursprünglich proprietären Lösungen Manufacturing-X als Netzwerk der Netzwerke anschließen.

Zu guter Letzt sollte die Plattform Industrie 4.0 zusätzlich zum Digitalen Zwilling auch Arbeitsgruppen zur dafür erforderlichen Infrastruktur aufbauen und Lösungen erarbeiten, so dass unternehmensübergreifender Datenaustausch und Teilnahme an der Datenökonomie für möglichst viele ausrüstende und produzierende Unternehmen in Deutschland möglich wird.

Aus unserer derzeitigen Sicht könnten die Industrieverbände (VDMA, ZVEI, andere) folgende neuen Rollen übernehmen:

- Aufbau der TestBeds, Definition von Testfällen und Bereitstellen von Testdatensätzen für die Testfälle, Definition von Abnahme- und Zertifizierungskriterien und damit ein maßgeblicher Beitrag zur Objektivierung von Performance-Aussagen für einzelne Anwendungsfälle.
- Business-Partner ID-Vergabe: Das Vertrauen von Unternehmen in den Datenraum, seine Sicherheit und die Mechanismen, die Kontrolle über die Daten zu behalten, ist nach allen

Gesprächen, die mit Unternehmen verschiedener Größe und Rollen geführt wurden, elementar. Der Slogan: „Datenraum ist Vertrauensraum ist Verbandsraum“ kann beim Aufbau von Vertrauen eine wichtige Rolle spielen. In Catena-X übernimmt heute die Betreiber-gesellschaft die Vergabe von ID-Nummern der Geschäftspartner. Es sollte weitere Nummernkreise geben, so dass die Teilnahme am Daten-ökosystem nicht nur durch eine Organisation erfolgt, die darüber hinaus kommerzielle Interessen verfolgt. Hier könnte sich für die Ver-bände eine wichtige neue Rolle ergeben. Ggf. können die Verbände auch Teil der IDunion²¹ werden und die dort entwickelten Techno-logien und Lösungen für Manufacturing-X nutzen.

- Zertifizierung von Core Services: in Catena-X spielt der Catena-X-e.V. die Rolle der Zertifizie-rungsorganisation. In Manufacturing-X ist eine ähnliche Rolle bislang noch nicht vorgesehen, allerdings aus unserer Sicht unbedingt erforder-lich, um die Verstetigung nach Abschluss der öffentlich geförderten Leuchtturmprojekte zu erreichen. Dass eine oder mehrere Betrei-bergesellschaften die Zertifizierung der Core Services selbst übernimmt, ist aus unserer Sicht eher ungünstig; Betrieb und Zertifizie-rung sollten getrennt sein.

21 siehe <https://idunion.org/>, letzter Aufruf am 13.3.2023

4. Vorschlag einer Gesamtarchitektur des Manufacturing-X-Programms

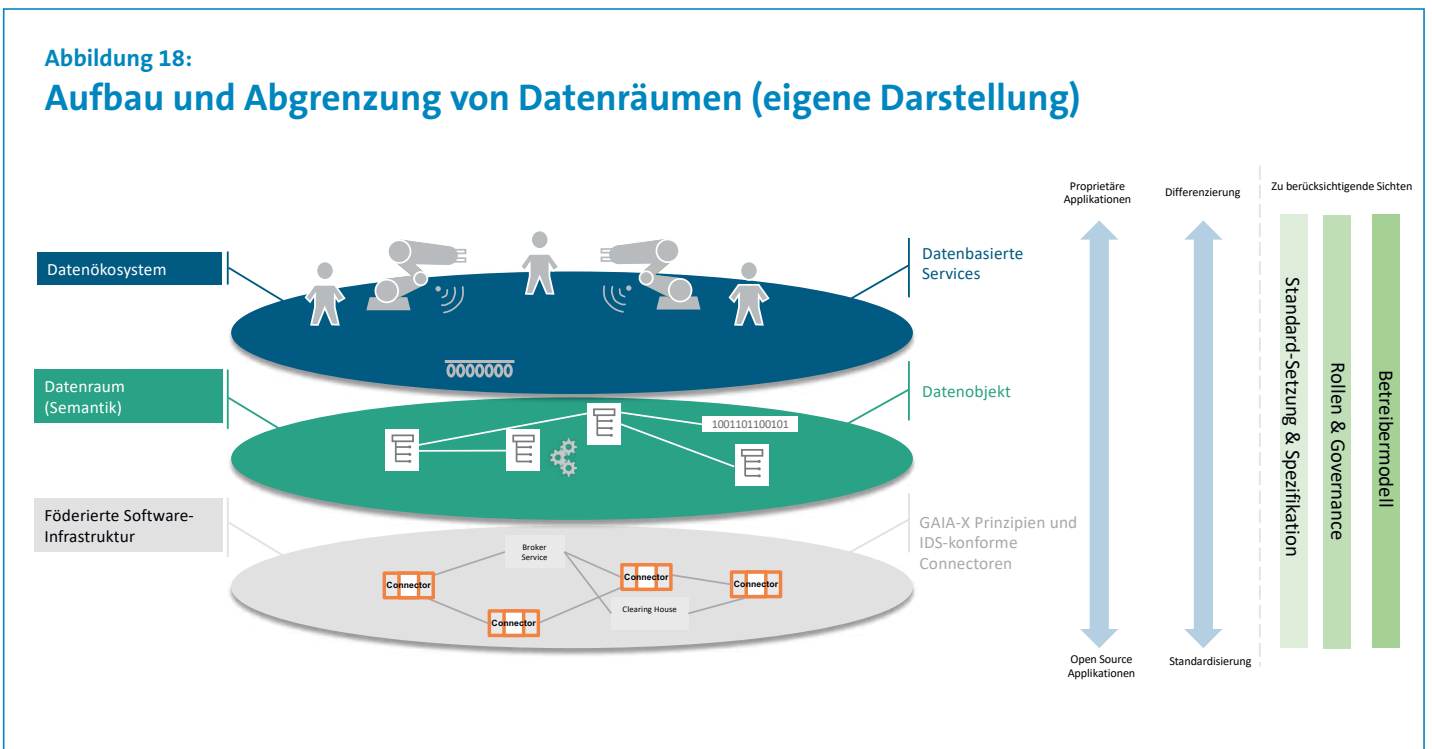
4.1 Allgemeines

Aus den im Zuge dieser Untersuchung geführten Gesprächen mit potenziellen Nutzern eines Datenraums für die verarbeitende Industrie wurde die Erkenntnis gewonnen, dass zentrale Herausforderungen der Skalierung weniger in technischen als vielmehr im sozio-technischen Bereich zu verorten sind. Einzelne Akteure, die im Idealbild eines Datenraums sowohl als Datengeber als auch als -empfänger agieren können, müssen dem Gesamtkonstrukt, bestehend aus den Softwarekomponenten, aber auch hinsichtlich des organisatorischen Rahmenwerks (Governance) Vertrauen entgegenbringen. Anderenfalls wird es wohl nur schwer möglich sein, sie zur Partizipation zu bewegen. Zudem muss die Teilnahme ökonomisches Potenzial versprechen.

Im Sinne dieser Prämissen gilt es, das Gesamt-ökosystem aufzubauen. Zur Verdeutlichung, was zum Aufbau der Funktionsfähigkeit eines Datenraums getan werden muss, dient die Abbildung 18.

Das Schaubild differenziert die essenziellen Aufgaben auf drei architektonischen Ebenen. Die obere in blau dargestellte Ebene stellt die des Datenökosystems dar. Auf ihr werden die Mehrwerte des avisierten Datenteilens und -nutzens ersichtlich. Letztlich entspricht diese Ebene dem cyber-physischen Produktionssystem. Auf ihr ist der Übergabepunkt zwischen der dinglichen Welt auf der einen und der digitalen Welt auf der anderen Seite verortet.

Abbildung 18: Aufbau und Abgrenzung von Datenräumen (eigene Darstellung)



Damit Daten bspw. über Systemzustände jedoch zwischen einzelnen Maschinen fließen und eine Optimierung von Vorgängen angestrebt werden können, bedarf es einer semantischen Beschreibung der Bestandteile sowie einer logischen Verknüpfung. Bspw. können und sollten nach Überzeugung der Autoren hier die Vorarbeiten zur Verwaltungsschale (Asset Administration Shell) oder die globale umati-Initiative sowie die ihr zugrunde liegende OPC UA Verwendung finden. Zentral ist auf dieser Ebene des Datenraums, dass eine auf offenen Standards basierende digitale Beschreibung der interagierenden Komponenten erfolgt.

Für den föderativen Aufbau des gesamten Ökosystems ist die reine Beschreibung aber noch nicht hinreichend. Es bedarf einer Software-Infrastruktur, die es Akteuren ermöglicht, auch ihnen unbekannte Teilnehmer im Netzwerk aufzufinden, Kontakt aufzunehmen und mit ihnen zu interagieren. Dazu dient die untere in grau dargestellte Ebene. Sie gewährleistet durch ein hohes Standardisierungspotenzial der zugrunde liegenden Protokolle auch Interoperabilität zu weiteren Branchen und Datenräumen. Zudem wird hier auch die Ausübung von Datensouveränität ermöglicht, indem geteilten Daten Nutzungsbedingungen angeheftet und bei der empfangenden Stelle durchgesetzt werden können.

Es wird deutlich, dass je weiter oben eine Ebene verortet ist, desto ausgeprägter muss das wettbewerbliche Differenzierungspotenzial durch innovative Lösungen für Teilnehmer des Datenökosystems sein. Hier müssen in einer freiheitlichen Marktwirtschaft proprietäre Applikationen und Leistungsangebote möglich sein, mit denen Wohlstand erwirtschaftet wird. Auf der unteren Ebene ist hingegen eine Differenzierung nicht förderlich, da anderenfalls zu vermeidende Lock-in-Effekte möglich würden. Ein Eurostecker wurde

als Analogie bspw. in der Vergangenheit vereinheitlicht, nicht aber die nutzenstiftenden Elektronikgeräte. Dies gewährleistet Interoperabilität der einzelnen Geräte, lässt jedem Anbieter aber zugleich auch Möglichkeit zum Wirtschaften.

Idealtypisch sind gerade diese Software-Infrastrukturkomponenten als Free and Open Source-Software (FOSS) verfügbar. Dies hat den Vorteil, dass kein Einzelner bzw. kein Unternehmen Besitzansprüche an diesen Komponenten geltend machen kann. Im Gegenteil: Hinter Open Source-Entwicklungen können zutiefst demokratische Prozesse ihre Wirkung entfalten, da derjenige, der viel zu den Entwicklungen beiträgt, auch mitbestimmt, in welche Richtung sich einzelne Software-Artefakte entwickeln. Zugleich profitiert die Gemeinschaft aber von Beiträgen. Leisten viele ihren Beitrag zu diesen Entwicklungen, reduziert sich der individuelle Aufwand eines jeden Einzelnen. Zudem dienen Open Source-verfügbare Basiskomponenten als Vertrauensanker für die Gemeinschaft, da der Software-Code einsehbar und damit deren Vertrauenswürdigkeit überprüfbar wird. Zugleich können Open Source-Entwicklungen aber auch eine unstete Entwicklung zur Folge haben, da sie basisdemokratischen Gepflogenheiten folgen.

Übergeordnet erfüllt der Aufbau eines Datenraums für den Maschinen- und Anlagenbau idealerweise das Paradigma des Kofferwortes Coopetition (Cooperation und Competition). Unternehmen und Organisationen schließen sich unter Einhaltung des Kartellrechts zusammen, um gemeinschaftlich die Basis für die Grundfunktionalitäten des Datenraums zu entwickeln (Kooperation), um dann in deren Folge nach wie vor um Marktanteile und/oder Erlöse zu wetteifern (Konkurrenz). Um es mit einer sprachlichen Metapher ausdrücken: Jeder bringt etwas zur Party mit und alle profitieren.

Neben den umrissenen drei Ebenen, die es beim Aufbau des Datenraums zu beachten gilt, sind übergeordnet drei Sichten auf das Gesamtsystem zu berücksichtigen. Hierzu zählen:

- **Standardsetzung & Spezifikation:** Es muss sichergestellt werden, welches Organ für die Standardsetzung verantwortlich zeichnet. Hierzu gehört z. B. die Spezifikation der sogenannten Shared Data Services, also jene nicht differenzierenden Applikationen, die gemeinschaftlich gebraucht werden und einen Nutzen entfalten, für die es sich aber nicht als lohnenswert erweist, hier eigene Business-Applikationen zu entwickeln. Zudem wird die Referenzarchitektur hier verabschiedet, in der
- **Regeln & Governance:** Nach welchen Regeln das dezentrale Netzwerk funktioniert, ist festzulegen. Dazu gehört etwa eine Regelung und Positionierung zur Open Source-Software.
- **Betreibermodell:** Für den Betrieb der Basisdienste im Netzwerk ist ein Betreibermodell zu entwickeln. Dieses kann auch einen First-Level-Support beinhalten, sollten einzelne Akteure ihre technische Konnektivität zum Datenraum

existente Standards genutzt werden können (z. B. Verwaltungsschale, OPC UA, EDC, usw.). Außerdem ist die Koordination des Freigabeprozesses von neuen Releases der Gesamtsysteme eine zentrale Aufgabe.

Exkurs: Eine Analogie aus der Verkehrsinfrastruktur

Mit Manufacturing-X sind Wirtschaft, Wissenschaft, Verbände und Politik gemeinsam dabei, etwas zu konzipieren und aufzubauen, was ungefähr die Dimension unserer Verkehrsinfrastruktur hat:

- Unser Verkehrsnetz aus Autobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen, Wegen, Wasserstraßen etc. hat den Charakter der Infrastruktur des Datenraumes, bestehend aus Rechenzentren, Kommunikationswegen etc. Sie ist sehr kostspielig in der Errichtung und Wartung und bringt erst einmal keinen eigenen Nutzen.
- Die Core Services/Basisdienste (siehe Absatz 4.3) sind vergleichbar mit der Ausgabe von Führerscheinen, Fahrzeugkennzeichen oder Eintragungen im Fahreignungsregister („Verkehrssünderkartei“). Sie sind nicht wettbewerbsrelevant und/oder wir nehmen sie als nicht besonders nutzbringend wahr, aber ohne diese „Services“ gibt es keinen sinnvollen Verkehr.
- Verkehrsregeln wie Rechtsverkehr, 130 km/h Richtgeschwindigkeit auf der Autobahn, 100 km/h auf der Landstraße, Ampeln und Verkehrszeichen etc. sind vergleichbar mit der Governance des Datenökosystems.
- PKW, LKW, sonstige Fahrzeuge, Fußgänger sind vergleichbar mit den „Assets“, die die Infrastruktur und die Core Services nutzen und die miteinander Daten austauschen, um bestimmte Aufgaben (Dienste) zu übernehmen, die dann den tatsächlichen Nutzen stiften.
- Business-Applikationen sind dann die Dienste, die den eigentlichen Nutzen stiften, z. B. mit Oma einkaufen fahren, Dinge von A nach B transportieren, private oder kommerzielle Taxifahrten, Tanken etc.
- Der Datenaustausch zwischen den Assets erfolgt standardisiert und jeder gibt etwas dabei von sich preis: die Hand rauhhalten am Zebrastreifen und Blickkontakt mit dem anfahrenden Auto, Blinker links setzen zum Überholen etc. Und: jeder versteht, was die abgesendeten Daten bedeuten. Das ist Interoperabilität. Man könnte auch mit dem Fuß wackeln, um das Überqueren der Straße anzuzeigen, aber das Verstehen dann nur sehr wenige. Das ist proprietäre Kommunikation.

verlieren. Die Anbindung von Unternehmen an den Datenraum kann ebenfalls Teil eines Leistungsangebots sein. Die Zertifizierung von einzelnen Applikationen im Netzwerk, die dieser bescheinigen, dass sie den festgelegten Prinzipien des Datenraum folgen kann, ist ebenfalls zu berücksichtigen. Zu beantworten ist stets die Frage: Welche Organisationen übernehmen die skizzierten Aufgaben?

Zur Herstellung einer hinreichenden Vertrauensbasis im Netzwerk ist es zielführend, die Kontrolle über die einzelnen Organe auszutarieren. Die Machtverhältnisse sollten verteilt sein, um zu verhindern, dass eine Organisation den Datenraum kontrolliert.

4.2 Governance

Der Aufbau eines neuen Ökosystems von Datenräumen einer global vernetzten Produktionswelt bedarf einer effizienten Orchestrierung, um folgende Aspekte zu adressieren:

- Interoperabilität,
- vertrauenswürdige basisdemokratische Strukturen der Zielumsetzung,
- eine nachhaltige, robuste Organisationsstruktur, auch zur Abnahme und Pflege einer mit Manufacturing-X einhergehenden Open Source-Welt.

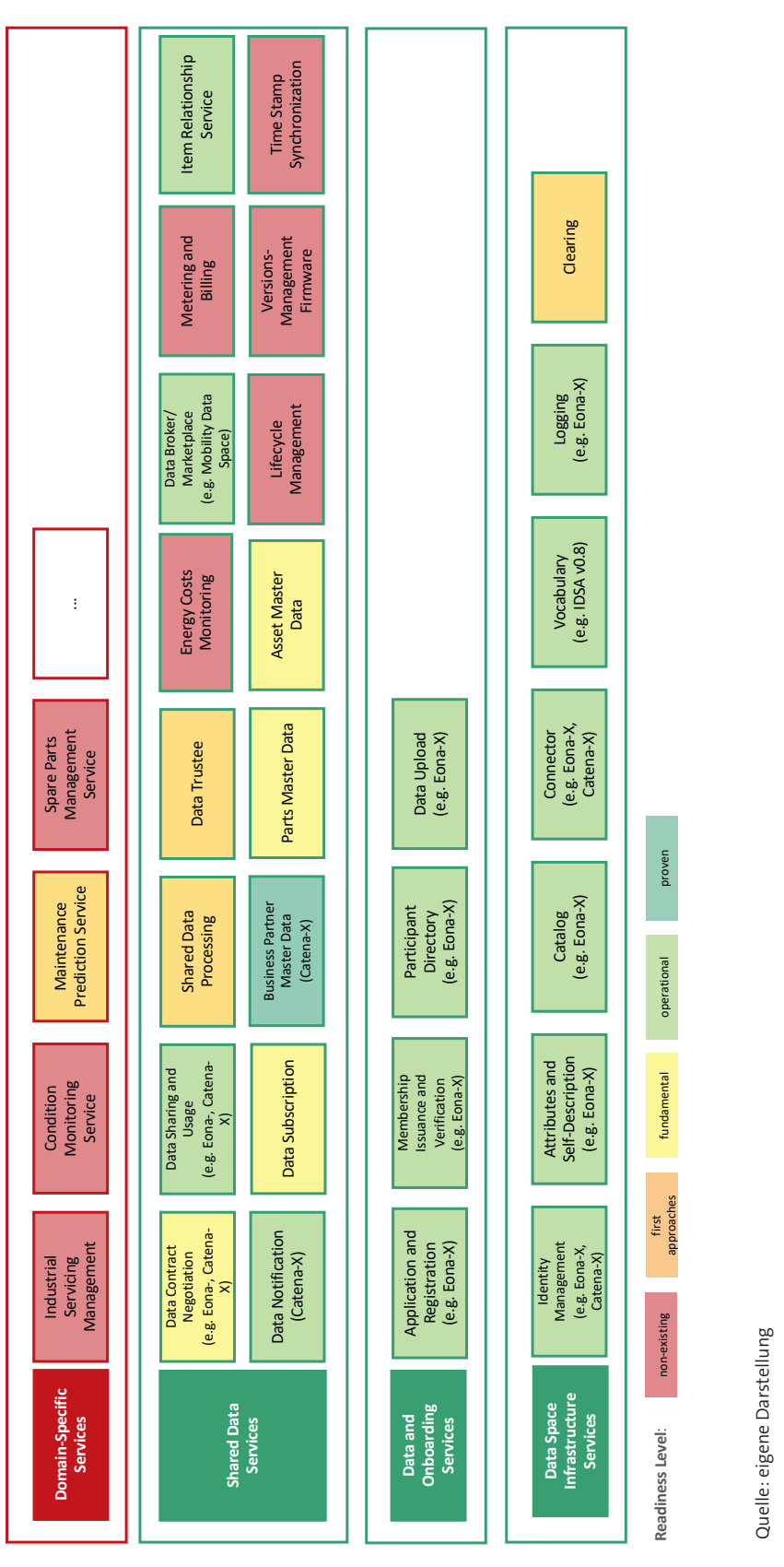
Die agierenden Akteure der heutigen Industrie 4.0-Community und die weltweit vernetzten Verbände (VDMA und ZVEI) bieten hierzu eine gute Startposition. Die global agierende Wirtschaft braucht langfristig ein global funktionierendes Ökosystem. Seinen Ausgangspunkt hat es bereits mit der hiesigen Industrie 4.0-Community und deren aktuellen Bestrebungen internationaler Kooperationen im Rahmen von Manufacturing-X gefunden.

4.3 Basisdienste im Netzwerk

Zur Gewährleistung der Grundfunktionalität eines Datenraums sind generische Basisdienste (Data Spaces Infrastructure Services) erforderlich. Diese Dienste sind grundsätzlich spezifiziert, um auch in weiteren Datenräumen zum Einsatz zu kommen, können aber für spezifische Bedürfnisse der Branche (hier der Bereich der Fertigung) angepasst/customized werden. Die Data Spaces Infrastructure Services stellen sicher, dass Akteure sich eindeutig identifizieren können oder dass Teilnehmer, zu denen eine Verbindung aufgebaut werden soll, auffindbar sind. Zum Aufbau einer Datenverbindung wird zudem in vielen Datenrauminitiativen der Einsatz eines softwareseitigen Konnektors empfohlen. Mit dieser Komponente wird der gleichförmige Datenaustausch möglich. Der modulare Aufbau ermöglicht zudem zahlreiche Erweiterungen, z. B. zur technischen Durchsetzung von Datensouveränität für die datenteilenden Instanzen. Der Konnektor kann sowohl zum Austausch von Metadaten (z. B. welches Datum wird angefordert?) genutzt werden als auch im positiven Fall zum tatsächlichen Teilen von operativen Daten. Dieser zweite Prozessschritt ist prinzipiell auch ohne Konnektor über die bestehenden Datenaustauschkanäle wie EDI, AAS oder auch OPC UA möglich. Der Konnektor verarbeitet in diesen Fall nur die Metadaten.

Neben den essenziellen Diensten können weitere optionale Dienste Unternehmen den Einstieg in das Teilen von Daten erleichtern (Data and Onboarding Services) oder die Grundlagen für darauf aufbauende Business-Applikationen sein (Shared Data Services). Diese Dienste sind für die Funktion des Datenraums nicht zwingend erforderlich, sie begünstigen aber die Nutzung der Datenrauminfrastruktur. Zugleich werden sie als nicht differenzierend eingeordnet. Von deren Existenz würden jedoch viele, wenn nicht sogar alle Teilnehmenden des Datenraums profitieren, so dass es sich zur Reduktion individueller Arbeitsumfänge als lohnenswert erweisen kann, bestimmte Dienste gemeinschaftlich zu entwickeln. Nach Möglichkeit sind hier möglichst viele

Abbildung 19: **Basisdienste und mögliche Business-Dienste eines Datenraums**²²



²² Einschätzung des Reifegrads aufgrund einer qualitativen Einschätzung auf Grundlage von Einblicken und Gesprächen in diversen Datenrauminitiativen.

der Dienste Open Source bereitzustellen, um Einstiegshürden in den Datenraum möglichst weit abzusenken.

Die vierte Kategorie möglicher Dienste bilden dann die domänenspezifischen Dienste (domain-specific Services). Mit ihnen können Leistungsangebote an Kunden erstellt werden, die eine Monetarisierung von Anwendungen durch Lizenzierung und/oder Nutzungsentgelte ermöglichen.

Nachfolgend wird eine Übersicht zu den Services gegeben. Die Darstellung kann in der gegenwärtigen, sich noch im Fluss befindlichen, Gesamtlage naturgemäß noch nicht erschöpfend sein. Insbesondere Dienste auf den oberen Ebenen sind stark von den avisierten Anwendungsfällen abhängig, so dass deren Auswahl sich unmittelbar auf ein verändertes Anforderungsprofil an die Shared Data Services niederschlägt. Nichtsdestoweniger können einige Erkenntnisse abgeleitet werden: Auf den unteren in Abbildung 19 dargestellten Ebenen wurde in anderen Datenraumbereitschaften bereits wertvolle Grundlagenarbeit betrieben, auf die aufgebaut werden kann. Die farbliche Kodierung spiegelt eine indikative Einschätzung zum Reifegrad der einzelnen Komponenten wider. Diese Einschätzung wurde auf Grundlage von Einblicken in verschiedene Datenraumbereitschaften gewonnen. Eine detailliertere Bewertung wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt als nicht zielführend erachtet, da dann die Orchestrierung verschiedener Dienste im spezifischen Gesamtzusammenspiel zu evaluieren wäre. Die Darstellung zeigt aber, dass es hinsichtlich domänenspezifischer Basisdienste noch Spezifikations- und sodann Entwicklungsbedarf gibt.

Domain-Specific Services

- **Industrial Service Management:** Analoge und manuelle Prozesse im industriellen Kontext müssen digitalisiert und automatisiert werden. Eine Effizienzsteigerung sowohl im zeitlichen als auch im monetären Kontext kann durch Datenaustausch zwischen Anbietern und Zulieferern der Wertschöpfungskette ermöglicht werden.
- **Condition Monitoring Service:** Ungeplante Störungen und Ausfälle sowie die Verschwendung wertvoller Ressourcen können durch einen kollaborativen Monitoring Service verbessert werden. Dies kann durch die unternehmensübergreifende Verbindung von Maschinen auf digitaler Ebene ermöglicht werden.
- **Maintenance Prediction Service:** Eine defekte Maschine wird in der Praxis häufig erst bei konkretem Ausfall oder einer Störung repariert. Durch einen vorausschauenden digitalen Ansatz können diese Probleme frühzeitig erkannt und damit verhindert werden.
- **Spare Parts Management Service:** Kunden erwarten eine maximale Verfügbarkeit von Ersatzteilen, was zu einem großen Vorhalt an nicht beweglichen Ersatzteilen führt. Durch Schaffung von Transparenz und Kooperation von Unternehmen können Lagerbestände reduziert und Kosten gespart werden, ohne Einbußen von Verfügbarkeiten in Kauf nehmen zu müssen.

Shared Data Services

- **Data Contract Negotiation:** Für die Aushandlung eines Vertrages zur Nutzung der Daten wird eine Data Contract Negotiation-Komponente benötigt. Mithilfe dieser kann sichergestellt werden, dass die Daten nur auf Basis vereinbarter Bedingungen genutzt werden.
- **Data Sharing and Usage:** Neben dem beschriebenen Verhandlungsprozess ist ein weiterer Service für das eigentliche Data Sharing und dessen Nutzung zuständig. Dieser basiert auf den im Voraus geschaffenen Vereinbarungen zur Nutzung.
- **Shared Data Processing:** Ein weiterer Aspekt besteht in dem Verarbeiten der Daten. Im unternehmerischen Kontext entsteht der meiste Wert der Daten bei der eigentlichen Nutzung, welche im Vorfeld einer Aufbereitung unterzogen wird, die ebenfalls geteilt stattfinden kann.
- **Data Trustee:** Zur Vermittlung zwischen einem datenbereitstellenden Unternehmen und einem datennutzenden Unternehmen kann ein vertrauenswürdiger Dritter, konkret ein Datentreuhänder, hinzugezogen werden. Dieser übernimmt eine neutrale Position, gerade in Bezug auf schützenswerte Daten.
- **Energy Costs Monitoring:** Durch einen steigenden Bedarf an Energiekosten aufgrund von stärkerer Digitalisierung und die Nutzung von deren Ressourcen, z. B. für maschinelles Lernen als Business-Applikation, ist die Überwachung der Energiekosten ein wichtiger Bestandteil zur aktuellen Zeit.
- **Data Broker/Marketplace:** Sowohl ein (Meta-) data Broker als auch ein Datenmarktplatz kann genutzt werden, um Datenangebote in einem Data Space auffindig zu machen. Diese können unter bestimmten Bedingungen oder für gewisse Gebühren angeboten werden.
- **Metering and Billing:** Dieser Service fungiert als Datendienst, welcher Datentransaktionen auf Basis gemeinsamer Kennzahlen (z. B. Datenvolumina, Anzahl an Zugriffen etc.) erfasst und misst sowie die Abrechnung der Datentransaktionen ermöglicht.
- **Item Relationship Service:** Der in Catena-X verwendete und Open Source-verfügbare Item Relationship Service ermöglicht den Aufbau von Datenketten über Unternehmensgrenzen hinweg von bspw. produzierten Teilen, die wiederum in anderen Teilen oder Komponenten verbaut sind.
- **Data Notification:** Ein weiterer Service besteht in dem Senden von speziellen Nachrichten, bspw. um Informationen einem anderen Unternehmen in der Wertschöpfungskette mitzuteilen oder von diesem zu erhalten.
- **Data Subscription:** Bei dauerhaft anfallenden Daten besteht der Wunsch, ganze Datenströme zu abonnieren. Der Data Subscription Service ermöglicht diese Funktionalität und verhindert damit unnötigen Abfrage- und Verwaltungsaufwand.
- **Business Partner Master Data:** Zur Verwaltung der unterschiedlichen Akteurinnen und Akteure fungiert das Business Partner Master Data Management wie eine Art Fingerabdruck. Dieser Service kann durch eindeutige Identifier oder basierend auf den Konzepten von bspw. Self-Sovereign Identity (SSI) ermöglicht werden.

- **Parts Master Data:** Ähnlich wie das oben beschriebene Business Partner Master Data fokussiert sich der Parts Master Data Service auf die konkreten (Bau-)teile.
- **Asset Master Data:** Ähnlich wie das oben beschriebene Business Partner Master Data fokussiert sich der Asset Master Data Service auf spezifische Assets.
- **Lifecycle Management:** In produzierenden Unternehmen durchlaufen Bauteile einen dauerhaften Zyklus, von der Erstellung, über die Verbauung und Verwendung bis hin zur Verschrottung bzw. zum Recycling. Diese darauf aufbauenden Funktionalitäten werden im Lifecycle Management abgebildet.
- **Versions-Management Firmware:** Im Bereich der Software-Produkte spielen unterschiedliche Versionen eine große Rolle, da diese von kleinen Fehlerbehebungen bis hin zu großen fundamentalen Änderungen reichen können.
- **Time Stamp Synchronization:** In produzierenden Unternehmen besitzen Maschinen und ihre Steuerungen Zeiteinstellungen, welche korrekt synchronisiert werden müssen, um einen fehlerfreien Ablauf und eine korrekte Zuordnung von Laufzeitdaten aus verschiedenen Quellen zueinander zu ermöglichen. Dieser Service kann den Abgleich unternehmensintern und über verschiedene Zeitzonen hinweg umfassen.

Data and Onboarding Services

- **Application and Registration:** Zur initialen Teilnahme neuer Unternehmen am Ökosystem ist ein Service zur Registrierung inkl. Aufnahme notwendig, welcher durch diesen Servicebaustein realisiert wird.
- **Membership Issuance and Verification:** Eine zunehmend wichtige Anforderung ist die Verifizierung und Sicherstellung von Unternehmensidentitäten. Hierdurch kann bei einer initialen Teilnahme sichergestellt werden, dass sich böswillige Dritte nicht fälschlicherweise als andere Unternehmen ausgeben und teilnehmende Unternehmen sicher sein können, dass die kommunizierenden Unternehmen auch wirklich die sind, für die sie sich ausgeben.
- **Participant Directory:** Ein weiterer Service umfasst ein Verzeichnis aller teilnehmenden Unternehmen im Ökosystem, der durch ein Participant Directory abgebildet wird.
- **Data Upload:** Um sowohl kleinen als auch mittelständischen Unternehmen einen einfachen Zugang zum Datenraum zu ermöglichen, vereinfacht ein Data Upload Service die Datenbereitstellung durch einen simplen Upload, welcher die unternehmenseigenen Datenformate in die konkreten Data Space-Datenmodelle und -Vokabulare transformiert.

Data Space Infrastructure Service

- **Identity Management:** Um Unternehmensidentitäten eindeutig im Data Space festzulegen, kommt eine Identity Management-Komponente zum Einsatz. Diese vergibt, wahrt und verifiziert die Unternehmensidentitäten der beteiligten Häuser.
- **Attributes and Self-Description:** Basierend auf den Prinzipien von Gaia-X sind sowohl Attribute als auch eine Selbstbeschreibung eines Unternehmens relevant. Hierdurch wird Data Space-übergreifende Interoperabilität geschaffen.
- **Catalog:** Zur Darstellung der Datenangebote auf Metadatenebene kommt ein Katalog zum Einsatz. Dieser Datendienst nutzt als Basis eine gemeinsame Taxonomie.
- **Connector:** Eine der elementarsten Komponenten ist der Konnektor, welcher von jedem Teilnehmenden betrieben wird. Dieser sorgt für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch unter Einhaltung von Datensouveränität als auch Interoperabilität. Eine Beispielimplementierung ist hier der Open Source-verfügbare Konnektor der Eclipse Data-space Components (EDC)²³.
- **Vocabulary:** Zur Wahrung von Interoperabilität muss ein einheitliches Vokabular geschaffen werden, welches beispielweise die Form der Datenmodelle spezifiziert. Hierdurch wird ein vereinheitlichtes Verständnis im Data Space geschaffen.
- **Logging:** Zur Nachverfolgung der Protokollierung von Datentransaktionen im Data Space kommt eine Logging-Komponente zum Einsatz. Bei der Nutzung des nachfolgenden beschriebenen IDSA Clearing Houses ist dieser Logging Service bereits integriert.
- **Clearing:** Für konkrete Zahlungs- und Abrechnungsdienste kommt eine Clearing-Komponente zum Einsatz. Diese besteht aus weiteren Teilkomponenten und entspricht den Spezifikationen des Clearing Houses der IDSA.

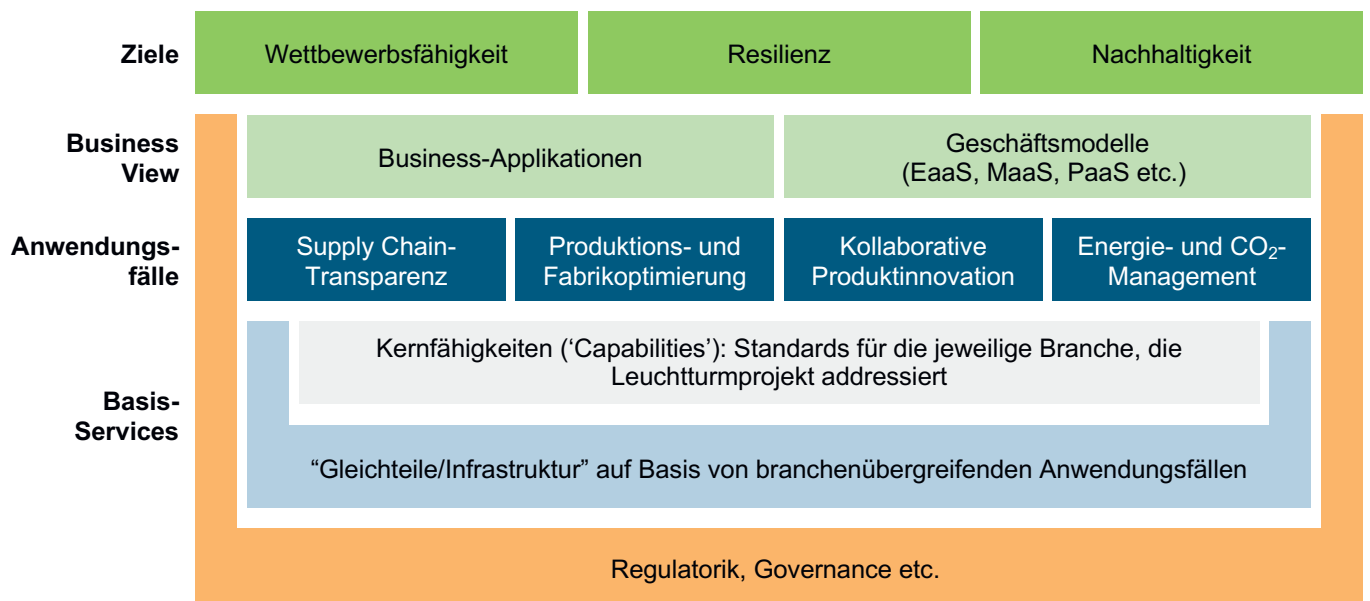
Es ist wichtig zu betonen, dass nicht alle genannten Services von essenzieller Bedeutung für einen Minimalbetrieb des Datenraums erforderlich sind. Zu diesen Bausteinen gehören aber das Identity Management, der Catalog und das Logging. Hinzu kommen ein zu spezifizierendes Datenmodell, das Data Contract Negotiation und der Connector.

Einzelne branchenbezogene Leuchtturmprojekte werden nur einige dieser Basisservices benötigen. Ein Beispiel dafür ist ein Vorschlag, in dem Fabrikarüster (Maschinenbauer, Komponentenanbieter, Softwarehäuser, Systemintegratoren, Automatisierungsanbieter) gemeinsam mit Fabrikbetreibern einen Datenraum aufbauen: Gemeinsam mit dieser „Pioniergruppe“ und im Steuerungskreis von Manufacturing-X wurde die folgende Abbildung 20 entwickelt, die eine Gesamtarchitektur für dieses erste Leuchtturmprojekt innerhalb von Manufacturing-X beschreibt.

²³ Siehe hierzu auch <https://projects.eclipse.org/projects/technology.edc>, letzter Aufruf: 30.03.2023. Dieses Connector-Framework verwendet auch das Catena-X Automotive Network, spezifizierte es für die dortigen Bedürfnisse aus und veröffentlicht dieses sodann als Produkt im Eclipse-Projekt Tractus-X (siehe hierzu auch: <https://projects.eclipse.org/projects/automotive.tractusx>).

Abbildung 20:

Vorschlag zur Architektur eines Leuchtturmprojekts innerhalb Manufacturing-X



Die oben aufgeführten Basisservices für Manufacturing-X werden entweder in den einzelnen Leuchtturmprojekten spezifiziert und entwickelt (wie derzeit innerhalb von Catena-X, dessen Core Services für Manufacturing-X übernommen und ggf. ergänzt werden sollten) oder zentral innerhalb eines „Armierungsprojekts“. Die jeweiligen Vor- und Nachteile sind hier kurz gegenübergestellt.

	Spezifikation und Entwicklung der Core Services in einem zentralen „Armierungsprojekt“	Spezifikation und Entwicklung der Core Services in jedem Leuchtturmprojekt
Vorteile	<p>Effiziente Spezifikation und Entwicklung; Ressourcen können zielgerichtet eingesetzt werden.</p> <p>Leuchtturmprojekte können sich auf Business-Applikationen konzentrieren.</p>	<p>Core Services sind unmittelbar aus den Use Cases abgeleitet und passen darum dazu.</p>
Nachteile	<p>Core Services müssen, abhängig von den Leuchtturmprojekten, nachgearbeitet werden, weil deren Use Cases und Applikationen neue Anforderungen ergeben.</p> <p>Das Core Services-Projekt braucht einen gewissen Vorlauf vor den Leuchtturmprojekten, damit diese dann auf den Core Services aufsetzen können.</p> <p>Test der Core Services gegen die Applikationen ist nicht möglich, so dass sich die Tester eine eigene Umgebung schaffen müssen.</p>	<p>„Nobody-pays-for-middleware-Effekt“: vermutlich nicht ausreichende Kapazitäten in den Leuchtturmprojekten für Core Services; diese sind aber unbedingt erforderlich, damit die Business-Applikationen laufen können.</p>

Aus der Gegenüberstellung folgt, dass es aus unserer Sicht sinnvoll ist, wenn jedes Leuchtturmprojekt seine Basisservices selbst entwickelt und testet. Eine institutionalisierte enge Abstimmung der Leuchtturmprojekte sollte Doppelarbeit vermeiden. Eine geeignete Governance-Organisation, z. B. ein Manufacturing-X-Verein, könnte hierzu im Auftrag des Fördergebers ein relevanter Partner sein. So würde die Brücke von den befristeten Projekten hin zu einem nachhaltigen Ökosystem geschlagen.

4.4 Anknüpfung an zu entwickelnde Branchenlösungen

Nicht Bestandteil dieser Studie sind Leuchtturmprojekte der Branchen Chemie, Pharma, Aerospace, Nahrungs- und Genussmittel etc., auch wenn die Erweiterung auf möglichst viele Branchen der deutschen Industrie das Ziel von Manufacturing-X ist. Aus unserer Sicht ist es allerdings empfehlenswert, die Basisservices im Netzwerk (Abschnitt 4.3) branchenübergreifend zu nutzen, auch um die Interoperabilität zwischen den Datenräumen verschiedener Branchen zu gewährleisten.

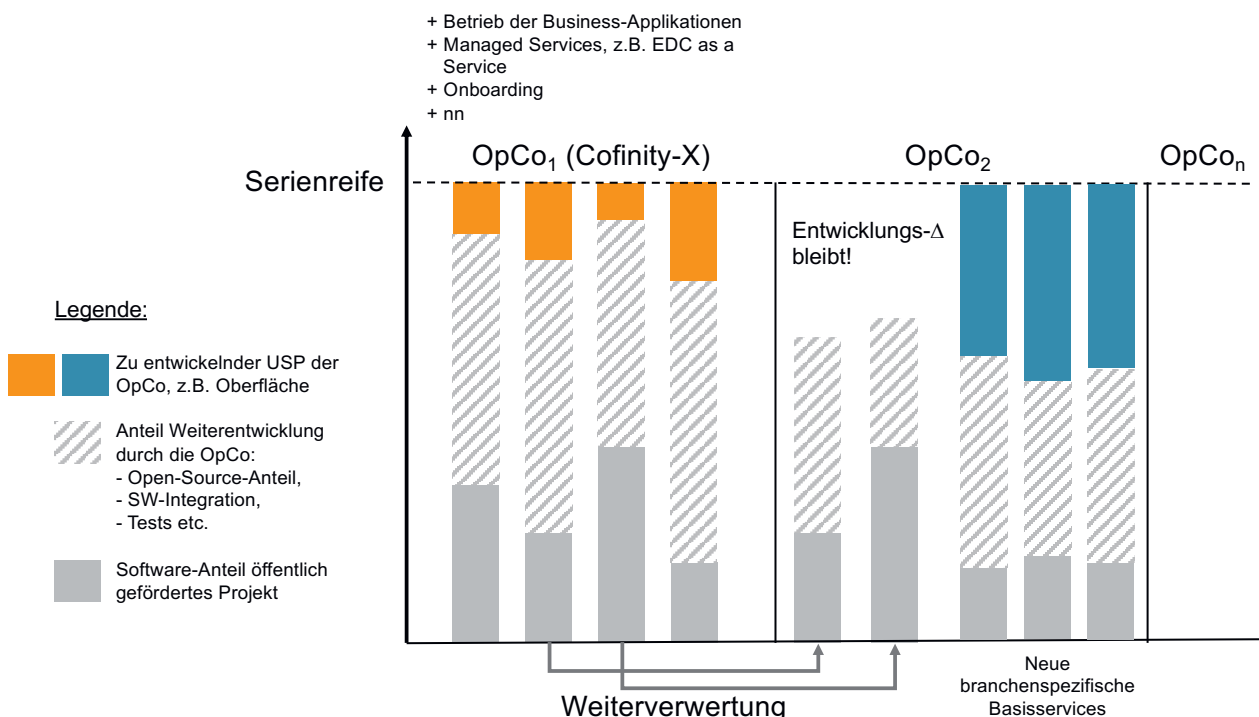
4.5 Zertifizierung von Diensten und Services und Schnittstelle zum Betrieb

Damit sichergestellt werden kann, dass den auf europäischen Werten basierenden Diensten und Services auch tatsächlich in Form von technischen Implementierungen Folge geleistet wird, ist es erforderlich, dass diese Software-Artefakte von einer Organisation geprüft und nach erfolgter positiver Beurteilung entsprechend zertifiziert werden. Nur so können Trittbrettfahrer vermieden werden, die nicht konform sind mit den Designprinzipien der

Manufacturing-X-Gemeinschaft. Wer diese Aufgabe übernimmt, ist zunächst offen. Dies kann eine Aufgabe für Branchenverbände sein, aber auch von explizit zu diesem Zweck gegründeten Vereinen oder Genossenschaften. Auch kann die Einbindung von vertrauenswürdigen Stellen angedacht werden.

Basisdienste werden in der Laufzeit avisierten Förderprojekte als Open Source-Lösungen entwickelt, sind aber noch nicht voll produktreif. Aus unserer aktuellen Sicht entwickel(n)t die Betreibergesellschaft(en) die Basisservices zur Produktreife. Entsprechend ist auch der Betrieb

Abbildung 21: Entwicklungsanteile der Basisservices



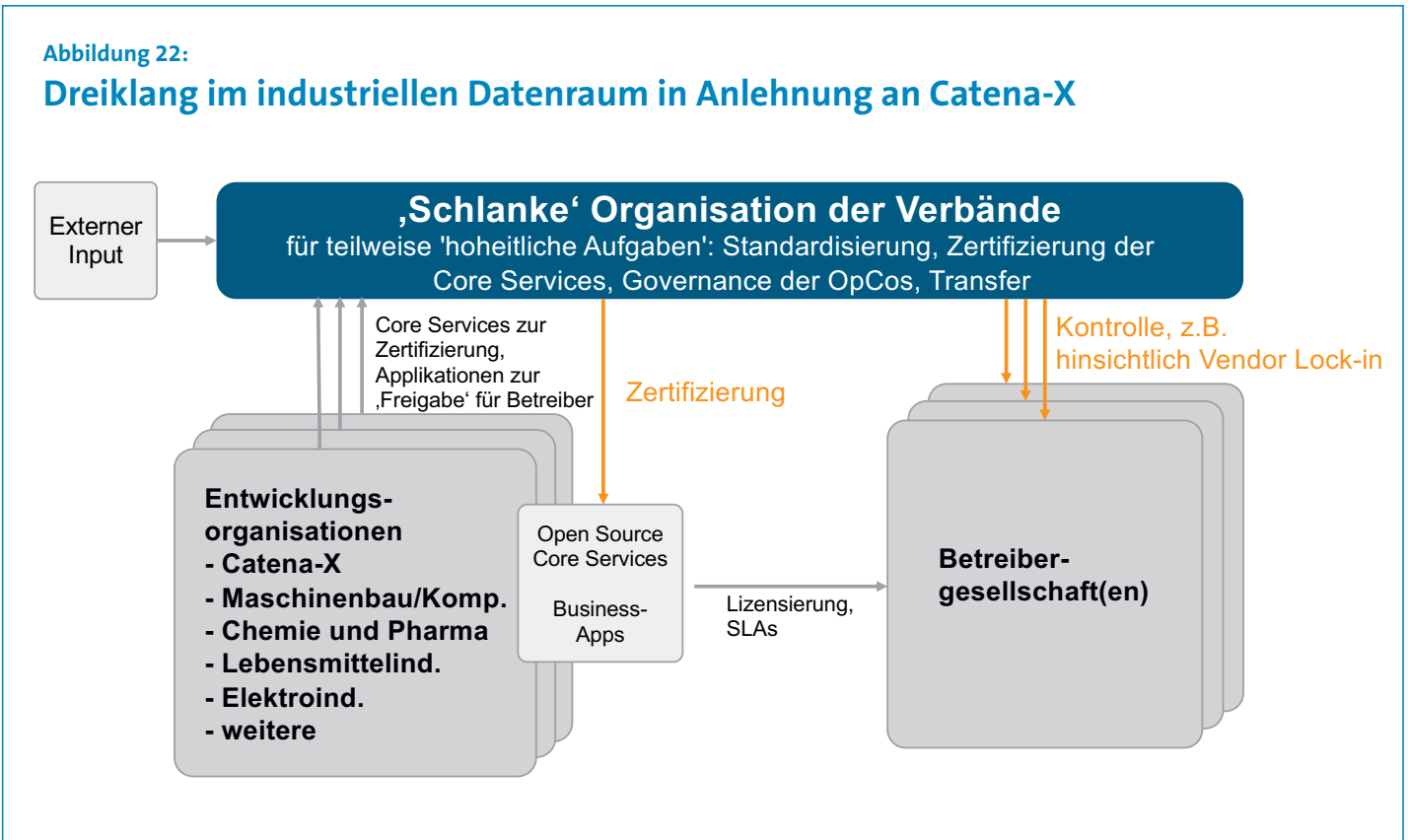
Quelle: eigene Darstellung

des Datenraums von vornherein mitzudenken. Nach Überzeugung der Autoren sollten sich Akteure bereits heute die Frage stellen, wie der Zustand der Branche ist, sobald das Gesamtsystem Manufacturing-X sich in einem eingeschwungenen Zustand befindet. Was ist dann anders? Was hat diese Aussicht für Implikationen im Handeln heute? Welche Kompetenzen sind dazu aufzubauen oder welche Investitionen sind für ein Unternehmen erforderlich? Eine offene Frage ist weiter, ob diese Betreibergesellschaft, die die Basisservices für eine Branche zur Produktreife entwickelt, ein Interesse daran hat, sie anderen Betreibergesellschaften zur Verfügung

zu stellen, oder ob diese erneut auf den Ergebnissen der Förderprojekte aufsetzt und in eine eigene Entwicklung investiert. Abbildung 21 illustriert die Aussagen dieses Absatzes.

Eine geeignete Organisation der betroffenen Branchenverbände sollte die Basisservices für jedes Leuchtturmprojekt und jede Betreibergesellschaft auf Interoperabilität prüfen, um einen „Vendor Lock-in“ zu vermeiden (siehe Abbildung 22).

Abbildung 22:
Dreiklang im industriellen Datenraum in Anlehnung an Catena-X



4.6 Transfer und Skalierung des Netzwerks

Die Leuchtturmprojekte in Manufacturing-X sollten durch ein geeignetes institutionalisiertes Gremium koordiniert werden, um

- Mehrfachentwicklungen zu vermeiden,
- den Wissensaustausch der Projekte zu fördern,
- die Projektergebnisse an den Anforderungen der Praxis zu spiegeln; ideal wäre es aus unserer Sicht, wenn jedes Leuchtturmprojekt als erstes Arbeitspaket eine Art „Venture Camp“ durchläuft, um u.a. die typischen Fragen eines solchen Inkubators zu beantworten:
 - Wer sind die Kunden der Projektergebnisse,
 - wer ist bereit für die Projektergebnisse zu bezahlen,
 - was ist der konkrete Nutzen des Projekts,
 - welche Hypothesen liegen dem Projekt zugrunde und wie können sie in der Praxis verifiziert werden?
- Gleichtechnologien zu identifizieren und diese vorrangig für den Transfer aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen.

Jedes der Leuchtturmprojekte in Manufacturing-X benötigt aus unserer Sicht ein eigenes Teilprojekt, in dem die Projektergebnisse für den Transfer aufbereitet werden. Der Transfer sollte im Sinne eines übergreifenden Transfermanagements zentral gesteuert werden. Die zum Transfer aufbereiteten Ergebnisse sollten dann dem existierenden Transfer-Netzwerk in Deutschland als Multiplikatoren in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden (analog oder digital). Auch die Verbände sind dabei wichtige Multiplikatoren. Es ist zu prüfen, welche Rolle die bereits existierenden Transformations-Hubs, z. B. Transfer-X, dabei spielen.

Alle beschriebenen Transfermaßnahmen führen im besten Fall dazu, dass Unternehmen ausreichendes Know-how für neue Lösungen aufbauen und verstehen, welchen Technologie-Stack sie selbst benötigen, um Teil der Datenökonomie zu werden. Damit sind jedoch noch keine konkreten Umsetzungen in einzelnen Unternehmen verbunden. Es sollte darum die Möglichkeit begrenzt geförderter Transformationsprojekte geprüft werden, in denen – bildlich gesprochen – der Hausanschluss an das Unternehmen gelegt wird.

5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die folgenden Absätze ergänzen die Empfehlungen in Abschnitt 3.7.

5.1 Datenräume für den Maschinenbau

Die in dieser Studie beschriebenen gesetzlichen Vorgaben, die aktuellen Markt- und Wettbewerbsgegebenheiten und die daraus erwachsenden Herausforderungen, die in anderen Branchen laufenden Datenraum-Aktivitäten und deren Erfolge sollten die produzierende Industrie, deren Ausrüster und die Branchenverbände in Deutschland nutzen, um die Digitalisierung auf eine metaphorisch neue Ebene zu heben. Deutschland hat immer noch beste Voraussetzungen, um eine maßgebliche Rolle im internationalen Wettbewerb um die effizientesten Produktionsstätten und die innovativste Produktionstechnik zu spielen und damit seinen Wohlstand zu erhalten.

Motivationsfaktoren zur Teilnahme an Datenräumen sind zusammengefasst:

- Mit dem Teilen von Daten lassen sich neue, bislang ungenutzte Potenziale im Produktions- und Liefernetzwerk heben, die durch einzelne Unternehmen nicht ausgeschöpft werden können. Warum sich Unternehmen in Ökosystemen zusammenschließen, lässt sich auf mindestens einen von fünf Gründen zurückführen:
 - Gemeinsame Anforderungen ermöglichen die Verteilung von monetären und kapazitiven Aufwendungen.
 - Eine gemeinschaftliche Innovation wird nur möglich, indem Teilnehmer zusammenarbeiten.
 - Organisationen schließen sich zusammen, um einen Gegenpol zu sich herausbildender Monopol- oder Oligopolbildung zu bilden.
- Ein geteiltes Angebot für allgemein relevante domänenspezifische Dienste. Hierzu können etwa geteilte Geschäftspartnerstammdaten oder frei zugängliche Daten gehören.
- Übergeordnete gesellschaftliche Ziele, die erreicht werden sollen (z. B. Klimaschutz oder volkswirtschaftliche Resilienz).
- Getrieben durch die von Industrie 4.0 geweckten Erwartungen gab es schon viele Ansätze einzelner Unternehmen, die mit eigenen proprietären Plattformen an den Markt gegangen sind. Allerdings sind diese meist nicht erfolgreich, da kaum eine von ihnen ein föderatives Konzept für Dienste und Datennutzung unterstützt. Somit stellen Datenräume eine Chance da, im B2B-Bereich das Geschäftsmodell gemeinschaftlich aufzubauen, was im Singulären bislang nicht gelungen ist.
- Gemeinsam – unter Berücksichtigung des Kartellrechts – können die produzierenden Unternehmen und Ausrüster, kleine und große, Start-ups und Etablierte, viel mehr erreichen als ein einzelnes Unternehmen. Dazu gehört die Open Source-Entwicklung nicht-wettbewerbsrelevanter Basisservices im Netzwerk. Datensouveräne Datenräume sind ein europäischer Weg, um dem internationalen Wettbewerbsdruck zu begegnen und den Angeboten der großen Hyperscaler tragfähige zukunftsorientierte Lösungen entgegenzusetzen. Föderale Datenräume stellen eine souveräne Alternative zu zentralen Plattformen dar.
- Viele Firmen haben ihre Produkte und Dienstleistungen zumindest teilweise auf Basis cyber-physischer Konzepte entwickelt. Hierin wurden zum Teil große Investitionsvolumina allokiert, ohne das bislang größere monetäre Rückflüsse generiert wurden. Diese Investitionen könnten sich ggf. doch noch als sinnvoll erweisen, wenn es gelingt, die zunächst proprietär entwickelten Lösungen zu ertüchtigen, Teil eines größeren Datenraums zu werden.

- Überzeugende Migrationskonzepte in den Datenraum für KMU müssen erarbeitet werden. Es müssen einfache Teilhabemöglichkeiten an Datenräumen geschaffen werden (z. B. ein erleichterter Daten Upload Service). Die Anforderung einer partiellen Teilnahme an einem Datenraum muss berücksichtigt werden. So sollte es möglich sein, dass einzelne Anlagen oder Komponenten Teil des Datenraums sind, auch dann, wenn die Fabrik, in der die Anlage steht, noch nicht in einen Datenraum integriert ist.
- Geschäftsmodelle, die einen Einstieg von möglichst vielen Nutzern unterstützen, müssen erarbeitet und umgesetzt werden. So könnte z. B. ein Freemium-Angebot, das für eine kleine Menge von Daten kostenfrei ist, die Einstiegshürde deutlich senken.
- Transparente Kostenmodelle, die eine faire und transparente Verteilung der Aufwände zwischen den Teilnehmern des Datenraums ermöglichen, sind essenziell für die Akzeptanz im Mittelstand.
- Der Betrieb der Datenraumdienste/Basiservices sollte durch eine vertrauenswürdige Instanz übernommen werden. Verschiedene privat- und gemeinwirtschaftliche Rechtsformen bieten sich an. Auch die Fragestellung, ob ein oder mehrere Betreiber notwendig sein werden, ist noch zu beantworten. Eine intensive Abstimmung mit den bestehenden Strukturen aus anderen Datenraum-Projekten ist essenziell.

5.2 Überlegungen zu nächsten Schritten

Unsere Empfehlung auf Basis der vorstehenden Ausführungen ist, dass die verarbeitende und ausrüstende Industrie einen Datenraum aufbaut, der kompatibel zu den bereits bestehenden oder in Entwicklung befindlichen ist. Hier sollten konkrete Anwendungsfälle der Fabrikbetreiber aus unterschiedlichen Branchen (Aerospace, Maschinenbau, Chemie- und Pharmaindustrie etc.) und der Ausrüster gelöst werden, deren Basisservices zentral zertifiziert werden und deren Business-Applikationen – im Gegensatz zu früheren Initiativen – skalieren, weil sie von verschiedenen Betreibergesellschaften angeboten werden können.

Für den Erfolg einer Brancheninitiative ist es essenziell, dass sie deren Bedarfe und/oder aktuelle Schmerzpunkte der Industrieunternehmen trifft. Steht etwas für ein oder mehrere Unternehmen auf dem Spiel, fokussiert dies die Umsetzung enorm. Aus diesem Grund ist eine der Initiative Schub verleihende, industriell getriebene Pioniergruppe von großer Bedeutung. Darüber hinaus sollten aus heutiger Sicht im weiteren Verlauf daher insbesondere folgende Aktivitäten verfolgt werden:

- Erarbeiten einer Lenkungs- und Projektleitungsstruktur: unter anderem sollte diese „Governance“ Regeln umfassen, nach denen eine Koordination der Arbeiten in den Leuchtturmprojekten funktioniert (siehe Abbildung 23). Auch der anschließende Transfer sollte hier von vornherein mit koordiniert werden. Eine Aufgabe sollte sein, ein Konzept zu entwickeln, wie und in welcher Rechtsform eine übergreifende Governance-Organisation aufgebaut ist, so dass alle relevanten Branchen vertreten sind, die Organisation aber trotzdem schnell und flexibel Entscheidungen schon während der Laufzeit der Förderprojekte treffen kann. Diese Governance-Organisation (der Verbände?) sollte auch ein Projektleitungs-Office umfassen, aus dem heraus die

Arbeiten in den Leuchtturmprojekten koordiniert werden. Eine offene Frage ist dabei, ob und wie die Governance-Organisation von Catena-X hier integriert wird.

- Konzept zum Aufbau einer Manufacturing-X Open Source Community.
- Spezifikation und Erarbeitung eines rechtlichen Rahmenwerks für Manufacturing-X und seine Leuchtturmprojekte; hier sollte vor allem beschrieben sein, das
 - die Rollen im Datenraum klar definiert sind, da sich darauf die Verträge (inkl. Data Policies) beziehen,
 - die möglichen Data Policies im Datenraum definiert sind (keine dynamisch festgelegten Policies),
 - für den Datenraum geltende (Compliance-) Regeln festgelegt sind.
- Entwicklung eines Vorgehens zur Spezifikation, Implementierung, Testung, Serienreife-machung und Zertifizierung von Basisservices. Hierzu zählt u.a. die Synchronisation der Basis-services über alle Leuchtturmprojekte hinweg.

Abbildung 23:
Beispielhafte Aspekte der Governance



Des Weiteren gehört zu diesem Arbeitspaket ein Konzept, wie und in welchen Zyklen aus einem oder mehreren Leuchtturmprojekten hervorgegangene Basisservices upgedatet und wie die Updates zwischen den Datenräumen koordiniert werden. Dieses Arbeitspaket kann auf den Catena-X-Basisservices aufsetzen und weitere, bereits vorliegende spezifizierte Anwendungsfälle nutzen, z. B. CCM, so dass schnell ein sinnvoller Konkretisierungsgrad erreicht wird, auf dessen Basis das weitere Vorgehen entschieden werden kann.

- Aufbau von offiziellen Manufacturing-X-Test-Beds, ggf. Definition von Testfällen und Aufbau von Testdatensätzen.
- Konzept und Vorgehen zum Onboarding von Manufacturing-X-Teilnehmern/-Anwendern in den verschiedenen Branchen, z. B. für Fälle, in denen Anwender an einem oder gleichzeitig an mehreren Branchen und damit an mehreren Datenräumen beteiligt sind. Definition von Rollen, Personas und/oder Archetypen von Unternehmen und darauf abgestimmte Onboarding-Mechanismen.
- Konzept zur Ausschreibung, Auswahl, Struktur, Organisation und Kontrolle der Betreibergesellschaft(en).
- Vorgehen bei der Internationalisierung, Auswahl geeigneter europäischer und außereuropäischer Partner.
- Vorgehen und Unterstützung eines Kulturwandels im Sinne von Datenökosystemen, z. B. in Zusammenarbeit mit den Tarifpartnern.

- Konzeption gemeinsamer Veranstaltungen und weiterer geeigneter Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit aller Leuchtturmprojekte.
- Vorgehen zur Initiierung und Freigabe von „Transformationsprojekten“ (im Anschluss an den Transfer), die den „Manufacturing-X-Hausanschluss“ legen, also die tatsächliche Realisierung einer Anbindung von Unternehmen an den Datenraum unterstützen. Hierbei sollten z. B. regionale Fördermaßnahmen der Bundesländer und der Einsatz von deren Digitalisierungs-Scouts berücksichtigt werden.
- Aufbau eines Panels aus Anwendern, auf dessen Basis der tatsächliche Nutzen der Leuchtturmprojekte, Transfermaßnahmen und der konkreten Transformation gemessen werden kann. Die zugehörige Metrik ist – aufbauend auf schon bestehenden Reifegradmodellen – weiter zu entwickeln.

5.3 Unterstützung für Mitgliedsunternehmen der Verbände

Den Verbänden VDMA bzw. ZVEI kommt die entscheidende Aufgabe der Sensibilisierung und Information ihrer Mitglieder zu. Nur die Verbände verfügen über den notwendigen Zugriff auf einen großen Teil der in den jeweiligen Branchen aktiven Firmen. Weiterhin können die Verbände die Qualifizierung ihrer Mitglieder unterstützen, idealerweise in Zusammenarbeit mit schon vorhanden Transfereinrichtungen aus dem Industrie 4.0-Umfeld, wie z. B. LNI 4.0. Hierbei sollte erfahrungsgemäß ein hoher Praxisbezug angestrebt werden. Demonstratoren mit schnellem Umsetzungspotenzial haben sich als sehr hilfreich erwiesen.

5.4 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Interviewpartnern, die uns während der Erstellung der Studie wichtige Anregungen und Informationen aus der Praxis gegeben haben.

Besonderer Dank gilt hierbei dem VDMA-Projektleiter Christoph Herr.

Stefan Ettl, BMW
 Dr. Andreas Gallasch, SoftwareFactory
 Patrick Hantschel, Wittenstein
 Dr. Dirk Lumma, Körber Digital
 Dr. Martin May, Schunk
 Dr. Christian Mosch, IDTA
 Fabian Panthen, Körber Digital
 Dr. Nik Scharmann, Robert Bosch
 Jonas Schaub, elunic
 Henrik Schunk, Schunk
 Dr. Erwin Schuster, Mapal
 Jens Vialkowitsch, Robert Bosch
 Dr. Donatus Weber, Kampf Schneid- und Wickeltechnik

Vielen Dank für die konstruktive Zusammenarbeit an die Kollegen von VDMA und ZVEI:

Andreas Faath
 Dr. Reinhard Heister
 Gunther Koschnick
 Jan Paul Marschollek
 Hartmut Rauen
 Pamela Schäfer
 Steffen Zimmermann

Außerdem danken wir den folgenden Kollegen, die uns bei der Erstellung der Studie mit fachlichem Know-how unterstützt haben:

Dr. Pascal Birnstill, Fraunhofer IOSB
 Andreas Ebner, Fraunhofer IOSB
 Dr. Christian Haas, Fraunhofer IOSB
 Malte Hellmeier, Fraunhofer ISST
 Florian Pethig, Fraunhofer IOSB-INA
 Markus Spiekermann, Fraunhofer ISST
 Dr. Thomas Usländer, Fraunhofer IOSB

Vielen Dank für alle Rückmeldungen, die uns nach dem Weiterleiten des Entwurfs dieser Studie erreicht haben und die wir nach bestem Wissen und Gewissen geprüft und weitgehend berücksichtigt haben:

Kai Garrels, ABB
 Michael Jochem, Robert Bosch
 Johannes Kalhoff, PhoenixContact
 Andreas Orzelski, PhoenixContact
 Ingo Sawilla, Trumpf Werkzeugmaschinen

6. Literatur

- [1] Knieps, S.; Höfler, N.: Fern der Heimat. Wirtschaftswoche Nr. 5 vom 27.1.2023, S. 58-60.
- [2] Kinkel, S.: Industrie 4.0 und Rückverlagerungen von Produktionsaktivitäten aus dem Ausland. FGW-IMPULS DIGITALISIERUNG VON ARBEIT 20. Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung, Mai 2019.
- [3] Busch, B.; Matthes, J.; Sultan, S.: Zur Abhängigkeit einzelner Industriezweige von China. IW-Report 5/2023, Köln, 23.01.2023.
- [4] Ellen MacArthur Foundation: Towards the circular economy. Journal of Industrial Ecology, 2013, 2. Jg., Nr. 1, S. 23-44.
- [5] Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.): agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer-Verlag, 2012.
- [6] Gebauer, H.; Fleisch, E.; Lamprecht, C.; Wortmann, F.: Growth paths for overcoming the digitalization paradox. Business Horizons, Volume 63, Issue 3, May–June 2020, Pages 313-323.
- [7] Tolio, T.; Monostori, L.; Váncza, J.; Sauer, O.: Platform-based manufacturing. CIRP Annals Manufacturing Technology 2023 (zur Veröffentlichung genehmigt).
- [8] BMWK (Hrsg.): Multilaterales Datenteilen in der Industrie – Zielbild am Beispiel des „Collaborative Condition Monitoring“ als Basis für neue Geschäftsmodelle. Plattform Industrie 4.0, April 2022.
- [9] DIHK (Hrsg.): Data Act. DIHK Durchblick Digital, Mai 2022. <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/dihk-durchblick-digital/data-act-63748>, abgerufen am 23.02.2023.
- [10] Europäische Kommission (Hrsg.): Data Act. Shaping Europe's digital future, Juli 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>, abgerufen am 22.02.2023.
- [11] BITKOM (Hrsg.): Data Governance Act auf der Zielgeraden, Dezember 2021. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Data-Governance-Act-auf-Zielgerade>, abgerufen am 23.02.2023.
- [12] Digital Autonomy Hub (Hrsg.): Daten-Governance Akt, Mai 2022. <https://digitalautonomy.net/politische-prozesse/data-governance-act>, abgerufen am 23.02.2023.
- [13] Krempel, S.: Freiwillige Datenspenden: EU-Parlament beschließt Data Governance Act, Heise Online, April 2022. <https://heise.de/-6665170>, abgerufen am 23.02.2023.
- [14] Rat der Europäischen Kommission (Hrsg.): Gesetz über digitale Dienste: Vorläufige Einigung zwischen Rat und Europäischem Parlament, um das Internet zu einem sichereren Raum für Menschen in Europa zu machen, April 2022. <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2022/04/23/digital-services-act-council-and-european-parliament-reach-deal-on-a-safer-online-space/>, abgerufen am 23.02.2023.
- [15] Kahl, J.; Liepert, S.: Digital Services Act: Was sich gegenüber dem NetzDG ändert. c't Magazin für Computertechnik, Volume 26, Dezember 2022, Page 127.
- [16] ZVEI (Hrsg.): Position on the proposal for a Cyber Resilience Act. Frankfurt: 09.02.2023 (siehe https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2023/Februar/Cyber_Resilience_ACT/2023-02-09_ZVEI_Position_Paper_Cyber_Resilience_Act_CRA.pdf, letzter Abruf am 28.02.2023).
- [17] Ettl, S.; Vialkowsch, J.: Die Integration von AAS und Eclipse Dataspace Connector am Beispiel von Catena-X. Vortrag zu den IDTA Tech Days, Dresden, 8. und 9. Dezember 2022.

- [18] Lindner, M.; Straub, S.: Datentreuhänder-schaft – Status Quo und Entwicklungsperspektiven. Kurzstudie aus der Begleitforschung Smarte Datenwirtschaft des Instituts für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Berlin: Februar 2023.
- [19] BMWK (Hrsg.): Verwaltungsschale in der Praxis. Wie definiere ich Teilmodelle, beispielhafte Teilmodelle und Interaktion zwischen Verwaltungsschalen (Version 1.0). Juli 2020.
- [20] Brainport Industries: Digital Factory of the Future – Towards more economic value from data. White paper, Sept. 2021 (siehe auch https://www.fabrikvandetoekomst.com/_asset/_public/_site_7/BI-Whitepaper-EN-211206.pdf, letzter Aufruf am 13.3.2023).
- [21] Catena-X: Catena-X Operating Model Whitepaper Release V2 – 21.11.2022, siehe auch https://catena-x.net/fileadmin/user_upload/Publikationen_und_WhitePaper_des_Vereins/CX_Operating_Model_Whitepaper_02_12_22.pdf, letzter Aufruf am 15.03.2023.
- [22] Dumss et al. (2021). EuProGigant – A Concept Towards an Industrial System Architecture for Data-Driven Production Systems. *Procedia CIRP*, 104, 324-329.
- [23] Orzelski, A.: AAS und EDC. Unveröffentlichter Foliensatz zum Product Carbon Footprint (PCF) Demonstrator des ZVEI und einer zugehörigen Demo zur Kopplung von AAS und EDC.
- [24] <https://github.com/Metaform/edc-aas/blob/main/introduction.md>, letzter Aufruf am 23.03.2023.
- [25] Begleitforschung Mittelstand-Digital; WIK GmbH: Digitale Plattformen als Chance für den Mittelstand. Relevanz, Anwendungen, Transfer 2019.
- [26] Rammig, F.-J.: IT-Plattformen für die Smart Service Welt. Verständnis und Handlungsfelder. München: Herbert Utz Verlag GmbH 2017.
- [27] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die volkswirtschaftliche Bedeutung von digitalen B2B-Plattformen im Verarbeitenden Gewerbe (2019).
- [28] VDMA: Whitepaper Plattformökonomie im Maschinenbau. Praktische Tipps und Erfahrungen von Anwendern (2019).
- [29] Plattform Industrie 4.0: Der Datenraum Industrie 4.0. Die Plattform Industrie 4.0 lädt ein, die digitalen Ökosysteme von morgen zu gestalten (2021).
- [30] Sivalingam, K.; Theis Larissa: Sicherer Datenaustausch. Datensicherheit im Gaia-X Ökosystem. *Mittelstand-Digital Magazin WISSENSCHAFT TRIFFT PRAXIS* (2021), Ausgabe 16, S. 5–10.
- [31] Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL, 2022. About Gaia-X: A Federated and Secure Data Infra-structure. URL: <https://gaia-x.eu/what-is-gaia-x/about-gaia-x/> Viewed: 19.03.2023.
- [32] Ganser, O., 2022. Catena-X: Das erste offene und kollaborativ angelegte Datenökosystem. URL: <https://catena-x.net/de/ueber-uns> abgerufen am 19.03.2023.
- [33] Jacoby, M., Volz, F., Weißenbacher, Ch., Stojanovic, L., Usländer, Th.: An approach for Industrie 4.0-compliant and data-sovereign Digital Twins: Realization of the Industrie 4.0 Asset Administration Shell with a data-sovereignty extension“ at – *Automatisierungstechnik*, vol. 69, no. 12, 2021, pp. 1051-1061. <https://doi.org/10.1515/auto-2021-0074>.

- [34] Stiftung Familienunternehmen (Hrsg.): Länderindex Familienunternehmen. 9. Auflage. Erstellt vom ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, München 2023, www.familienunternehmen.de.
- [35] Europäische Kommission: Digital Economy and Society Index im Jahr 2022. Aufgerufen am 06.02.2023 unter: https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-components#chart={%22indicator%22:%22desi%22,%22breakdown-group%22:%22desi%22,%22unit-measure%22:%22pc_desi%22,%22time-period%22:%222022%22}.
- [36] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: Digitalisierungsindex: Interaktives Indikatoren-Tool. Erhoben durch das Institut der deutschen Wirtschaft und IW Consult. Aufgerufen am 07.02.2023 unter: <https://www.de.digital/DIGITAL/Navigation/DE/Lagebild/Indikatorentool/indikatoren-tool.html>.
- [37] Mertens C. (2023): The Data Spaces Radar. International Data Spaces Association. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7624017>.
- [38] VDMA, Fraunhofer IOSB-INA: Leitfaden Retrofit für Industrie 4.0 – Neuer Nutzen mit vorhandenen Maschinen. VDMA-Verlag, 2020.
- [39] VDMA, Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. (FKM): Studie zur Interoperabilität im Maschinen- und Anlagenbau – Die Weltsprache der Produktion als Grundlage für Industrie 4.0. VDMA-Verlag, 2021.
- [40] Sauer, O.: Informationstechnik für den Maschinenbau der Zukunft. In: Zukunftsstrategie: Industrie 4.0 – Wie das Internet die Industrieproduktion revolutioniert. Sonderveröffentlichung der Industrieverbände BITKOM, VDMA und ZVEI, April 2013, S. 9.
- [41] Drath, R.; Mosch, Ch.; Hoppe, S.; Faath, A.; Barnstedt, E.; Fiebiger, B.; Schlögl, W.: Diskussionspapier – Interoperabilität mit der Verwaltungsschale, OPC UA und AutomationML – Zielbild und Handlungsempfehlungen für industrielle Interoperabilität. Erhältlich über <https://opcfoundation.org/wp-content/uploads/2023/04/Diskussionspapier-Zielbild-und-Handlungsempfehlungen-fur-industrielle-Interoperabilitat-5.3-protected.pdf>, letzter Aufruf am 26.04.2023.
- [42] Schleipen, M.: Adaptivität und semantische Interoperabilität von Manufacturing Execution Systemen (MES). Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Informatik 2012. KIT Scientific Publishing 2013.
- [43] Task Force „Sichere Verwaltungsschale“ der Plattform Industrie 4.0: Was ist die Verwaltungsschale aus technischer Sicht? siehe https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/2021_Was-ist-die-AAS.pdf?__blob=publicationFile&v=1, letzter Aufruf am 04.05.2023.
- [44] Rauen, H.; Koschnick, G.: Von der Datatur zur Datokratie – Mit Manufacturing-X zum föderativen Datenökosystem. SPS-MAGAZIN, Fachzeitschrift für Automatisierungstechnik, Ausgabe 3/2023, S. 20-22.
- [45] Frietsch, R. et.al.: Innovationsindikator 2023. Hrsg.: Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI), Roland Berger Holding GmbH & Co. KgaA. April 2023.

Impressum

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
Internet www.iosb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Internet www.ipa.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST

Speicherstraße 6
44147 Dortmund
Internet www.isst.fraunhofer.de

VDMA e. V.

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Internet www.vdma.org

ZVEI e. V.

Verband der Elektro- und Digitalindustrie
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Internet www.zvei.org

Design

VDMA DesignStudio

Herstellung

Druck und Verlagshaus
Zarbock GmbH & Co. KG
Frankfurt am Main

VDMA

Lyoner Straße 18

60528 Frankfurt am Main

Internet www.vdma.org