

Fraunhofer

WHITE PAPER

INDUSTRIAL DATA SPACE

DIGITALE SOUVERÄNITÄT ÜBER DATEN



AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Boris Otto
Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Prof. Dr. Sören Auer
Fraunhofer-Institut für Intelligente
Analyse- und Informationssysteme IAIS
Schloss Birlinghoven
53757 Sankt Augustin

Jan Cirullies
Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Prof. Dr. Jan Jürjens
Fraunhofer-Institut für Software-
und Systemtechnik ISST
Emil-Figge-Str. 91
44227 Dortmund

Nadja Menz
Fraunhofer-Institut für offene
Kommunikationssysteme FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31
10589 Berlin

Jochen Schon
Fraunhofer-Institut für Intelligente
Analyse- und Informationssysteme IAIS
Schloss Birlinghoven
53757 Sankt Augustin

Dr. Sven Wenzel
Fraunhofer-Institut für Software-
und Systemtechnik ISST
Emil-Figge-Str. 91
44227 Dortmund

HERAUSGEBER

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e.V.
Hansastr. 27 c
80686 München

Industrial Data Space e.V.
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2
10178 Berlin

Internet: www.fraunhofer.de
E-Mail: info@zv.fraunhofer.de

KOORDINATION

Redaktion: Jan Cirullies
Konzeption: Fraunhofer-Gesellschaft
Satz und Layout: www.Ansichtssache.de

Die Originalfassung der Publikation ist ver-
fügbar unter www.industrialdataspace.org

© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2016

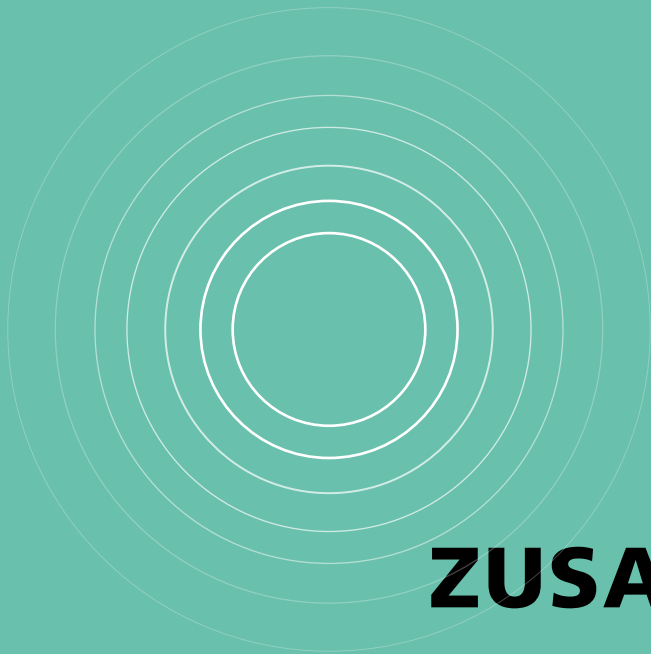


Fördernummer 01IS15054

DIESES WHITE PAPER GIBT EINE ÜBERSICHT ÜBER ZIELE UND ARCHITEKTUR DES »INDUSTRIAL DATA SPACE«. ERGÄNZEND WERDEN AUSGEWÄHLTE EINSATZSZENARIEN UND DER INDUSTRIAL DATA SPACE E.V. VORGESTELLT.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	4
DIGITALISIERUNG UND DIE ROLLE DER DATEN	6
1.1 Digitalisierung als Leittrend	7
1.2 Daten als Bindeglied zwischen Smart Service Welt und Industrie 4.0	8
1.3 Daten als Wirtschaftsgut	10
DER INDUSTRIAL DATA SPACE IM ÜBERBLICK	12
2.1 Schlüsselmerkmale	13
2.2 Rollenmodell	16
2.2.1 Datengeber	16
2.2.2 Datennutzer	17
2.2.3 Broker	17
2.2.4 AppStore-Betreiber	17
2.2.5 Zertifizierungsstelle	17
REFERENZARCHITEKTURMODELL ZUM INDUSTRIAL DATA SPACE	18
3.1 Geschäftsarchitektur	19
3.2 Daten- und Service-Architektur	20
3.3 Software-Architektur	22
3.3.1 External Data Space Connector	22
3.3.2 Internal Industrial Data Space Connector	23
3.3.3 Industrial Data Space Broker und AppStore	23
3.4 Sicherheits-Architektur	24
3.4.1 Verbindungssicherheit	24
3.4.2 Identitätsnachweise	24
3.4.3 Datennutzungskontrolle	24
3.4.4 Sichere Ausführungsumgebung	24
3.4.5 Remote Attestation	25
3.4.6 Application Layer Virtualisation	25
AUSGEWÄHLTE EINSATZSZENARIEN DES INDUSTRIAL DATA SPACE	26
4.1 Lkw-Steuerung in der Inbound-Logistik	27
4.2 Entwicklung medizinischer und pharmazeutischer Produkte	28
4.3 Kooperative Bewirtschaftung von Produktionsanlagen	29
4.4 Durchgängige Transportgutüberwachung	30
ORGANISATION DER INITIATIVE ZUM INDUSTRIAL DATA SPACE	32
5.1 Forschungsprojekt	33
5.2 Industrial Data Space e.V.	34
5.3 Kooperationen	35
AUSBLICK	36
GLOSSAR	38



ZUSAMMENFASSUNG

Der Industrial Data Space ist ein virtueller Datenraum, der den sicheren Austausch von Daten und die einfache Verknüpfung von Daten in Geschäftsökosystemen¹ auf Basis von Standards und mit Hilfe gemeinschaftlicher Governance-Modelle unterstützt. Der Industrial Data Space wahrt die digitale Souveränität der Eigentümer der Daten und bildet zugleich die Basis für smarte Services und innovative Geschäftsprozesse.

Die Initiative zum Industrial Data Space wurde Ende 2014 gemeinschaftlich von Teilen der Wirtschaft, Politik und Forschung in Deutschland ins Leben gerufen und verfolgt seitdem das Ziel, sowohl Entwicklung als auch Nutzung auf europäischer bzw. internationaler Ebene zu etablieren. Die Initiative ist als Forschungsprojekt und als Anwenderverein organisiert.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft ist vorwettbewerblich ausgerichtet und zielt auf die Entwicklung eines Referenzarchitekturmodells des Industrial Data Space sowie dessen Pilotierung in ausgewählten Anwendungsfällen ab. Die Arbeiten sind eng verzahnt mit den Aktivitäten des Industrial Data Space e.V., der die Anwenderinteressen bündelt. Insbesondere identifiziert, analysiert und bewertet der Verein die Anforderungen der Anwender an den Industrial Data Space, er wirkt bei der Entwicklung des Referenzarchitekturmodells mit und fördert dessen Standardisierung.

¹ Der im Englischen gebräuchliche Begriff »Business Ecosystem« wird hier mit Geschäftsökosystem übersetzt. Im Folgenden wird der Einfachheit halber der Begriff Ökosystem verwendet.



DAS REFERENZARCHITEKTURMODELL ERFÜLLT DIE ANFORDERUNGEN DER ANWENDER.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- **Digitale Souveränität:** Die Eigentümer der Daten bestimmen selbst die Nutzungsbedingungen ihrer Daten und »heften« diese an die Datengüter.
- **Föderale Datenhaltung:** Die Daten können, sofern gewünscht, dezentral beim Dateneigentümer gehalten werden.
- **Datenökonomie:** Daten sind Wirtschaftsgüter und lassen sich in private Datengüter, sogenannte »Club-Güter« (z. B. Daten einer spezifischen Wertschöpfungskette, die mehreren Unternehmen, aber nicht allen, zur Verfügung stehen), und öffentliche Datengüter (z. B. Wetterdaten, Verkehrsinformationen, Geo-Daten) unterteilen.
- **Wertschöpfung:** Der Industrial Data Space befähigt smarte Services sowie datenzentrierte, digitale Geschäftsmodelle.
- **Einfache Datenverknüpfung:** Linked-Data-Konzepte und gemeinsame Vokabulare erleichtern die Integration von Daten zwischen den Teilnehmern am Industrial Data Space.
- **Vertrauensschutz:** Teilnehmer am Industrial Data Space, Datenquellen sowie Datendienste sind zertifiziert gegen gemeinschaftlich festgelegte Regeln.
- **Sichere Data Supply Chain:** Der Austausch der Daten ist entlang der gesamten Datenwertschöpfungskette sicher, also von der Entstehung bzw. Erfassung der Daten bis zu ihrer Nutzung.
- **»Data Governance«:** Die Datenmanagementprozesse zwischen verschiedenen Teilnehmern des Industrial Data Space und damit einhergehenden Rechten und Pflichten legen die Anwender gemeinsam fest.

DAS REFERENZARCHITEKTURMODELL BESTEHT AUS VIER TEILARCHITEKTUREN:

- **Die Geschäftsarchitektur** adressiert u. a. Fragen des ökonomischen Werts von Daten, der Datenqualität, von Rechten und Pflichten an unterschiedlichen Datengütern (»Data Governance«) sowie der Datenmanagement-Prozesse.
- **Die Sicherheitsarchitektur** adressiert Fragen der sicheren, nicht manipulierbaren Ausführung von Applikationssoftware sowie der sicheren Übertragung der Daten von ihrer Entstehung bis zu ihrer Nutzung und der Prävention von Datenmissbrauch.
- **Die Daten- und Service-Architektur** beschreibt in applikations- und technologieunabhängiger Form die Funktionalität des Industrial Data Space, insbesondere der Datendienste. Vorhandene Fachstandards (Vokabulare, semantische Standards) werden verwendet.
- **Die Software-Architektur** beschreibt die für die Pilotierung erforderlichen Software-Komponenten. Bereits verfügbare Technologien werden so weit wie möglich genutzt.

Damit dient das Referenzarchitekturmodell insgesamt als Blaupause für unterschiedliche Implementierungen im Markt. Die Arbeiten sowohl im Forschungsprojekt als auch im Rahmen des Vereins suchen den Austausch mit verwandten und nahestehenden Initiativen. Beispielhaft ist die Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen der Plattform Industrie 4.0 zu nennen. Zudem bauen die Arbeiten auf Ergebnissen früherer Forschungsvorhaben (z. B. Object Memory Model) auf und nutzen bestehende Standards (z. B. Resource Description Framework, Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)).

1

DIGITALISIERUNG UND DIE ROLLE DER DATEN



1.1 Digitalisierung als Leittrend

Digitalisierung ist die zentrale gesellschaftliche, betriebswirtschaftliche und technologische Entwicklung. Smarte Services auf Basis von Apps sind nicht nur technische Innovationen, sondern verändern die Art und Weise, in der Menschen arbeiten und leben. Die Digitalisierung ist einerseits Resultat verwandter Entwicklungen, andererseits befähigt sie diese. Beispiele hierfür sind:

- **Globalisierung:** Viele Unternehmen agieren heute auf weltweiten Absatz- und Beschaffungsmärkten, um Größen-, Währungs- und Kostenvorteile nutzen zu können und gleichzeitig neue Wachstumspotenziale zu erschließen. Globalisierung ist nicht neu. War die Globalisierung jedoch in den 1980er- und 1990er-Jahren von Standardprodukten geprägt, die über klar definierte Kunden-Lieferanten-Beziehungen ausgetauscht wurden, so ist Globalisierung heute gekennzeichnet durch komplexe Produktions- und Service-Netzwerke (z. B. im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Automobilindustrie) und hohe Informations-transparenz.
- **Mobilität:** Kunden erwarten Leistungserbringung, vornehmlich smarte Services, zu jeder Zeit an jedem Ort. Eine Ortsgebundenheit der Leistungserbringung wird kaum noch akzeptiert.
- **»Sharing Economy«:** Zunehmend florieren Nutzungsmodelle, die auf dem Teilen von Ressourcen beruhen. Ein Grund dafür ist, besonders in städtischen Ballungsräumen westlicher Industrienationen, ein gesellschaftlicher Wertewandel, der dem Besitz an materiellen Gütern (z. B. von Autos, Häusern) an sich einen weniger hohen Status zuweist als in der Vergangenheit, auch weil ein hoher Anteil der Bedürfnisse der Bewohner bereits befriedigt ist. Auch Entwicklungen wie Crowd-Sourcing belegen den Wandel in gesellschaftlichen Werte- und individuellen Anreizsystemen.
- **Datenschutz:** Die Diskussion um Datenschutz und Privatsphäre im Internet ist von einer gewissen Widersprüchlichkeit geprägt. Einerseits wächst die Nutzung sozialer Netzwerke, von Suchmaschinen und Apps enorm, obwohl allen Nutzern bekannt ist, dass sie mit der Nutzung Rechte an ihren Daten abtreten. Andererseits wachsen die Forderungen nach mehr Datenschutz in gleichem Maße.

Diese Entwicklungen besitzen in Summe das Potenzial, angestammte Branchen in ihrer Mechanik grundsätzlich zu verändern und nicht nur für inkrementelle Weiterentwicklung zu sorgen. So ist beispielsweise zu hinterfragen, inwieweit die Automobilhersteller ihre dominierende Rolle in der Wertschöpfungskette als »Original Equipment Manufacturer« (OEM) halten werden oder nicht vielmehr Gefahr laufen, zum Hardware-Lieferanten für Anbieter von Mobilitätsdiensten zu werden.



1.2 Daten als Bindeglied zwischen Smart Service Welt und Industrie 4.0

Das Beispiel zeigt auch, dass die Digitalisierung zu einer Neugestaltung der Schnittstelle zum Kunden führt. Anbieter wie mytaxi und AirBnB sind bei Kunden erfolgreich, weil sie den Kundenprozess vollständig und medienbruchfrei unterstützen. Sie verfügen selbst über keine oder geringe Ressourcen und Anlagegüter, sondern koordinieren einzig die Abläufe von »Zulieferern«. Hieraus ergeben sich Merkmale des Leistungsangebots in der Digitalisierung, der so genannten »Smart Service Welt«.

- **Individualisierung:** Produkte und Dienstleistungen sind individualisiert, d. h. sie richten sich an das Individuum mit seinen persönlichen Bedürfnissen. Nicht mehr die Organisation als Kunde steht im Vordergrund, sondern der einzelne Mensch in seinen Tätigkeiten, wie arbeiten, gesund werden oder bleiben, reisen, einkaufen usw.
- **Ende-zu-Ende-Unterstützung:** In der Vergangenheit bedienten Produkte Kundenbedarfe aus Sicht des Unternehmens. Zukünftig müssen Leistungsangebote den gesamten Kundenprozess adressieren, nicht nur die zufälligen Interaktionspunkte des Unternehmens mit dem Kunden. Gleichmaßen muss diese Durchgängigkeit auch in Richtung der Lieferanten und derer Prozesse gegeben sein.
- **Hybridität:** Die Grenzen verschwimmen nicht nur zwischen physischen Produkten und Dienstleistungen, sondern auch zwischen klassischen Angeboten und digitalen Dienstleistungen. Beispiele wie mytaxi.de, AirBnB.com zeigen, dass herkömmliche Leistungen (von A nach B gelangen, übernachten etc.) digital angereichert werden.
- **Wirtschaftliches Ökosystem:** Für die umfassende Erfüllung der Kundenansprüche wird zunehmend das Zusammenspiel vieler Akteure zum Wohle der Ende-zu-Ende-Unterstützung ihrer Lebenslage notwendig oder zumindest von entscheidendem Vorteil. Bei der Orchestrierung der Leistungserbringung im wirtschaftlichen Ökosystem vertrauen Kunden denjenigen »Marken«, deren Wertesysteme die höchste Kongruenz zu ihren eigenen Wertevorstellungen aufweisen.

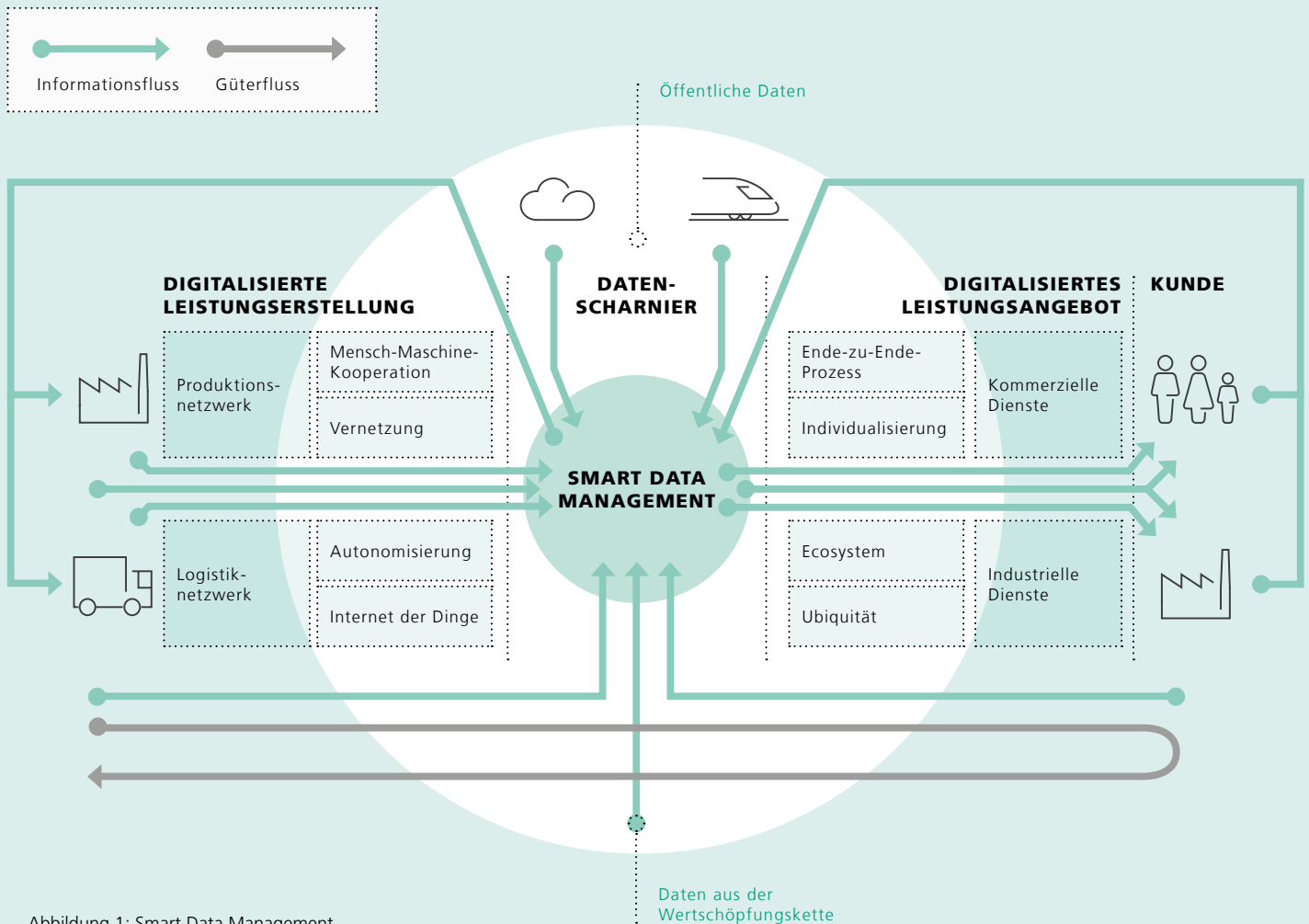


Abbildung 1: Smart Data Management

Wichtigster Erfolgsfaktor, um diese Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen zu erfüllen, sind die dafür notwendigen Daten (seitens der Kunden sowie der Produkte und Dienstleistungen). Die Fähigkeit, Daten wie ein Wirtschaftsgut zu bewirtschaften und auf dieser Basis »smarte« Services anzubieten, wird für Unternehmen ein zunehmend wichtiger Wettbewerbsfaktor.

Die o. a. Merkmale der neuen Leistungsangebote in der Smart Service Welt stellen die Leistungserstellungsprozesse vor wachsende Herausforderungen. Denn insbesondere die Individualisierung der Leistungsangebote resultiert in einer steigenden Komplexität der Produktions- und Logistikprozesse. Die Automobilindustrie muss mehr als 1030 theoretische Produktvarianten beherrschen, die Variantenzahl einzelner Komponenten wie Frontscheinwerfer und Außenspiegel liegt bei über 40.

Diese Komplexität ist bei gleichzeitig wachsender Zahl an Produktmerkmalen, kürzeren Produktlebenszyklen, kürzeren Lieferzeiten, gesetzlichen Vorgaben und immer globaler aufgestellten Wertschöpfungsprozessen mit herkömmlichen Organisationsprinzipien und Managementansätzen nicht mehr beherrschbar.

Industrie 4.0 ist in diesem Kontext ein Organisationsprinzip für den modernen Industriebetrieb, das auf vier Kernmerkmalen fußt:

- **Vernetzung** von Menschen und Maschinen
- **Autonomisierung** von Prozessen und Systemen
- Durchgängige **Informationstransparenz**
- Entscheidungsunterstützung durch **Assistenzsysteme**

Somit sind die Daten das Bindeglied zwischen industrieller Produktion einerseits und neuen Leistungsangeboten über Smart Services andererseits. Gefordert ist ein »Smart Data Management«, wie in Abbildung 1 dargestellt.

Der Industrial Data Space bietet einen Architekturentwurf zur Unterstützung dieses neuen Datenmanagements.

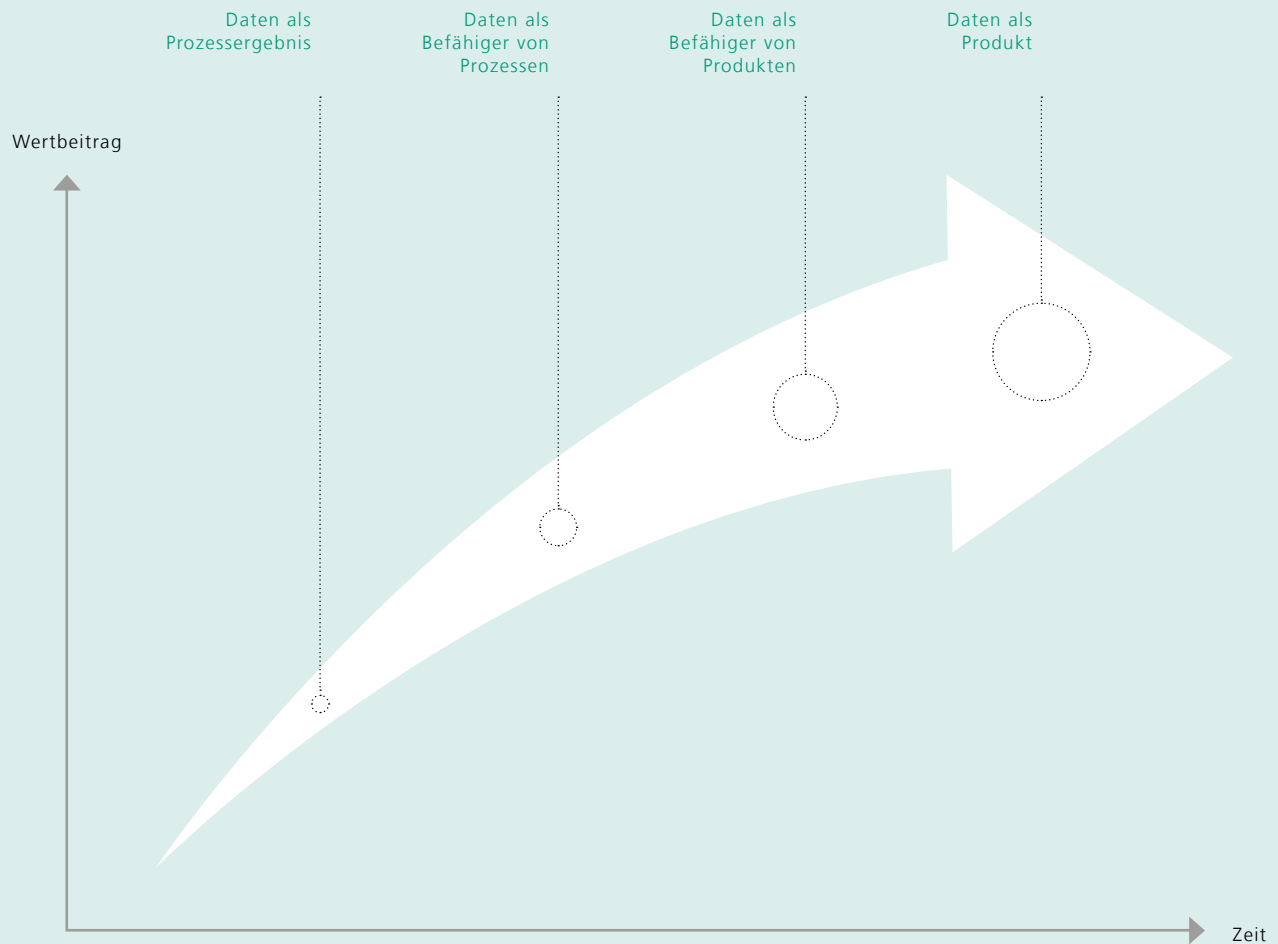


Abbildung 2: Rolle der Daten in der betrieblichen Leistungserstellung

1.3 Daten als Wirtschaftsgut

Die Bedeutung der Daten für den Geschäftserfolg ist seit der Einführung der elektronischen Datenverarbeitung und der Automatisierung von Produktionsprozessen in Unternehmen kontinuierlich gestiegen (siehe Abbildung 2). Wesentliche Entwicklungsstufen der Rolle der Daten im Unternehmen sind:

- **Daten als Prozessergebnis:** Zwar werden Informationssysteme bereits seit den 1960er- und 1970er-Jahren zur Unterstützung von Unternehmensfunktionen eingesetzt, aber die Daten hatten vornehmlich eine unterstützende Rolle. Warenwirtschaftssysteme dienten beispielsweise der Unterstützung der Lagerprozesse an einem Standort. Wollte der Lagermitarbeiter wissen, ob von einem bestimmten Teil noch Lagerbestand verfügbar war, musste er nicht mehr im Regalgang nachschauen, sondern konnte das System befragen. Der Wertbeitrag für das Unternehmen entstand jedoch ausschließlich durch das physische Produkt.
- **Daten als Befähiger der Prozesse:** Mit der Verbreitung von Manufacturing Resource Planning (MRP)- und Enterprise Resource Planning (ERP)-Systemen in den 1980er- und 1990er-Jahren entwickelten sich Daten zum Befähiger des unternehmensweiten Geschäftsprozessmanagements. Ohne konsistente, in nahezu Echtzeit verfügbare Daten wäre die Einführung weltweit (oder mindestens regional) standardisierter Prozesse wie Order-to-Cash, Procure-to-Pay etc. nicht möglich gewesen. Daten wurden zur strategischen Ressource für Operational Excellence in der Produktion, Logistik und im Service.
- **Daten als Befähiger der Produkte:** Seit dem Jahrtausendwechsel bieten Unternehmen zunehmend Produkte an, die ohne Daten hoher Qualität nicht möglich sind. Beispiele sind miCoach von adidas, die Leasing- und Fleet Management-Modelle von Hilti und sämtliche Smart Services für unsere persönlichen Lebenslagen.
- **Daten als Produkt:** In den letzten Jahren entstehen Marktplätze für Daten. Abrufe von Daten-APIs werden nach Volumen und Zeiteinheit abgerechnet. Die Daten sind nicht mehr Befähiger der Produkte, sondern das Produkt selbst.



Mit der sich wandelnden Rolle der Daten ändert sich auch der Wert der Daten für die Unternehmen. Es wächst der Bedarf an Methoden und Verfahren zur ökonomischen Bewertung der Daten. Erste Ansätze existieren, die sich an der Bewertung materieller Güter orientieren und sich daher in drei Gruppen gliedern lassen.

- **Herstellkosten:** Die Kosten für die Beschaffung und/oder die Erzeugung der Daten bilden den Datenwert.
- **Nutzwert:** Der Beitrag der Daten zur Prozessleistung stellt den Wert der Daten dar. Hierunter fallen beispielsweise Beiträge zur Steigerung der Kundenzufriedenheit, zur Vermeidung von Lagerbeständen und damit zur Reduktion gebundenen Kapitals sowie der effizientere Einsatz von Vertriebspersonal in Geschäftsmodellen mit Direktvertrieb.
- **Marktwert:** Daten werden am Markt verkauft, so dass der Verkaufspreis den Wert der Daten bestimmt.

Alle drei Modelle werden in der Praxis eingesetzt, aber derzeit fehlen umfassende, breit akzeptierte Instrumentarien und die Verankerung in der buchhalterischen und Wirtschaftsprüfungspraxis.

Weiterhin hängt der Wert der Daten von ihrer Natur ab.

Man kann unterscheiden zwischen privaten Datengütern, die einem Unternehmen gehören, sogenannten »Club-Gütern« die einer Gruppe von Unternehmen gehören, und öffentlichen Datengütern.

- **Private Datengüter** können von einem Unternehmen anderen angeboten werden; der Anbieter kann die Konditionen mehr oder weniger frei festlegen.
- Über »**Club-Güter**« verfügt in der Regel eine Gruppe von Unternehmen. Hier ist das Angebot gemeinschaftlich zu definieren und die Erstellung bzw. Pflege der Daten muss ebenfalls untereinander abgestimmt werden.
- **Öffentliche Daten** sollten für jeden Anwender verfügbar sein und werden meist von einer öffentlichen Instanz angeboten.

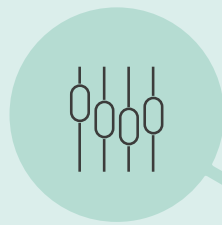
Das Referenzarchitekturmodell des Industrial Data Space adressiert die mit der ökonomischen Betrachtung der Datengüter verbundenen Fragestellungen in seiner Geschäfts-
teilarchitektur.

2

DER INDUSTRIAL DATA SPACE IM ÜBERBLICK



Abbildung 3: Schlüsselmerkmale des Industrial Data Space



2.1 Schlüsselmerkmale

Geleitet von der Forderung nach digitaler Souveränität zielt der Industrial Data Space auf ein »Network of Trusted Data« ab.

Abbildung 3 zeigt die Schlüsselmerkmale des Industrial Data Space in diesem Zusammenhang.

- **Souveränität über Datengüter:** Der Eigentümer der Daten bestimmt die Nutzungsbedingungen seiner Datengüter. Diese Nutzungsbedingungen (z. B. Berechtigungen, zeitliche Nutzungsbeschränkungen) werden direkt an die Daten selbst »geheftet«. Zudem bestimmt der Dateneigentümer, unter welchen Bedingungen Daten überhaupt mit anderen Teilnehmern des Industrial Data Space ausgetauscht werden dürfen.
- **Sicherheit des Datenaustauschs:** Ein Schutzstufenkonzept regelt die Anforderungen an den Datenschutz, insbesondere während des Datenaustauschs. Dabei ist es erforderlich, nicht allein bilateralen Datenaustausch, sondern die Sicherheit der Daten über ganze Data Supply Chains hinweg zu gewährleisten.
- **Dezentralität und föderale Architektur:** Der Industrial Data Space manifestiert sich als die Gesamtheit aller Endpunkte mit Industrial Data Space Connectors. Es gibt also keine zentrale Instanz zur Datenhaltung oder für Data-Governance-Aufgaben. Der Industrial Data Space ist damit ein alternativer Architekturentwurf im Vergleich zu beispielsweise zentralen Datenhaltungskonzepten (u. a. so genannte »Data Lakes«) einerseits und dezentralen Datennetzwerken ohne gemeinsame Spielregeln andererseits. Die Wahl der jeweiligen Architekturalternative hängt von ihrer wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit im individuellen Anwendungsfall ab, weswegen die Industrial Data Space Initiative auch von der Koexistenz verschiedener Architekturen ausgeht.
- **Governance und gemeinschaftliche Spielregeln:** Aufgrund der dezentralen Architektur des Industrial Data Space und der damit fehlenden zentralen Kontrollinstanz werden Data-Governance-Prinzipien als gemeinschaftliche Spielregeln entwickelt. Diese bestimmen die Rechte und Pflichten zur Bewirtschaftung der Daten und leiten sich aus den Anforderungen der Anwender ab.
- **Netzwerk aus Plattformen und Diensten:** Der Industrial Data Space verbindet Datengeber und Datennutzer. Datengeber können einzelne Unternehmen sein, aber auch die »Dinge« (also einzelne Entitäten im Internet der Dinge wie Fahrzeuge, Werkzeugmaschinen, Transport- und Betriebsmittel) oder der Mensch. Weiterhin sind mögliche Datengeber auch Datenplattformen bzw. Datenmarktplätze, die bereits in verschiedenen Branchen entstehen. Zudem macht der Industrial Data Space auch Datendienste verschiedener Anbieter verfügbar, die über einen AppStore angeboten werden.
- **Skalierung und Netzwerkeffekte:** Der Industrial Data Space stellt Datendienste zum sicheren Austausch und einfachen Verknüpfen der Daten bereit und besitzt damit infrastrukturellen Charakter. Denn die Nutzung des Industrial Data Space erleichtert die Entwicklung und das Angebot z. B. smarter Services. Diese sind auf Datendienste, wie sie der Industrial Data Space anbietet, angewiesen, ohne selbst Bestandteil des Leistungsumfangs des Industrial Data Space zu sein. Für den Erfolg des Industrial Data Space sind Skalen- und Netzwerkeffekte daher entscheidend. Je mehr Teilnehmer der Industrial Data Space hat, umso attraktiver wird er für Datengeber und Datennutzer sowie Anbieter von Datendiensten.



- **Offenheit:** Die Industrial Data Space Initiative ist anwendergetrieben und basiert auf einem partizipativen Entwicklungsprozess in Bezug auf das Referenzarchitekturmodell. Entwurfsentscheidungen werden gemeinsam zwischen Forschungsprojekt und Verein getroffen.
- **Vertrauensschutz:** Die Teilnehmer des Industrial Data Space müssen sich auf die Identität der Datengeber und Datennutzer verlassen können. Zu diesem Zweck dürfen sich alle »Endpunkte« des Industrial Data Space ausschließlich über zertifizierte Software, den Industrial Data Space Connectors, mit dem Industrial Data Space verbinden. Der Industrial Data Space Connector übernimmt zudem Authentifizierungs- und Autorisierungsfunktionen.

Diese Schlüsselmerkmale erlauben es dem Industrial Data Space, seiner Rolle als Bindeglied zwischen beispielsweise dem Internet der Dinge und der Smart Service Welt gerecht zu werden und gleichzeitig skalierungsfähig und föderal zu sein. Abbildung 4 illustriert die Bindegliedfunktion des Industrial Data Space.

SMART SERVICE WELT

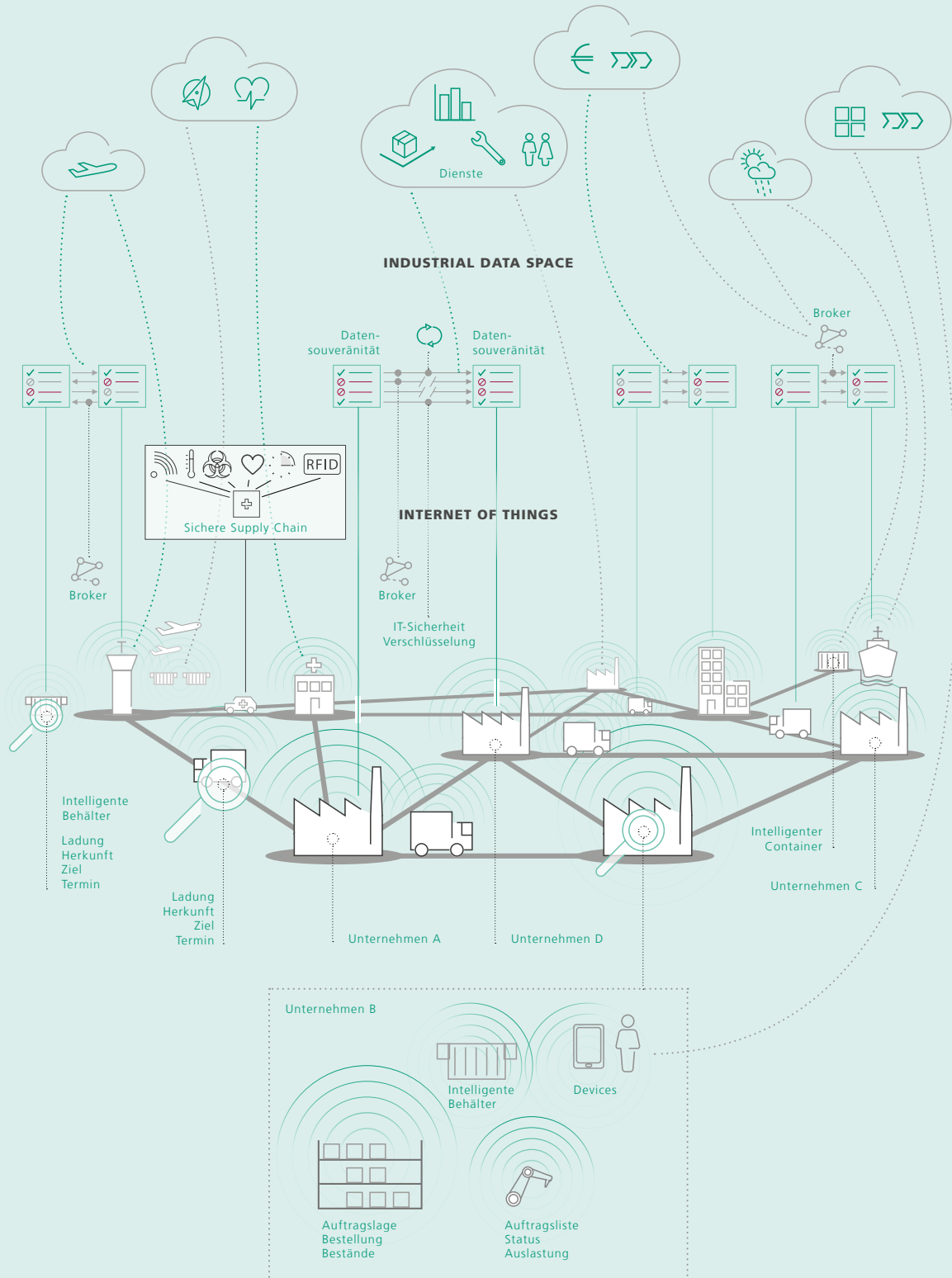


Abbildung 4: Industrial Data Space im Überblick

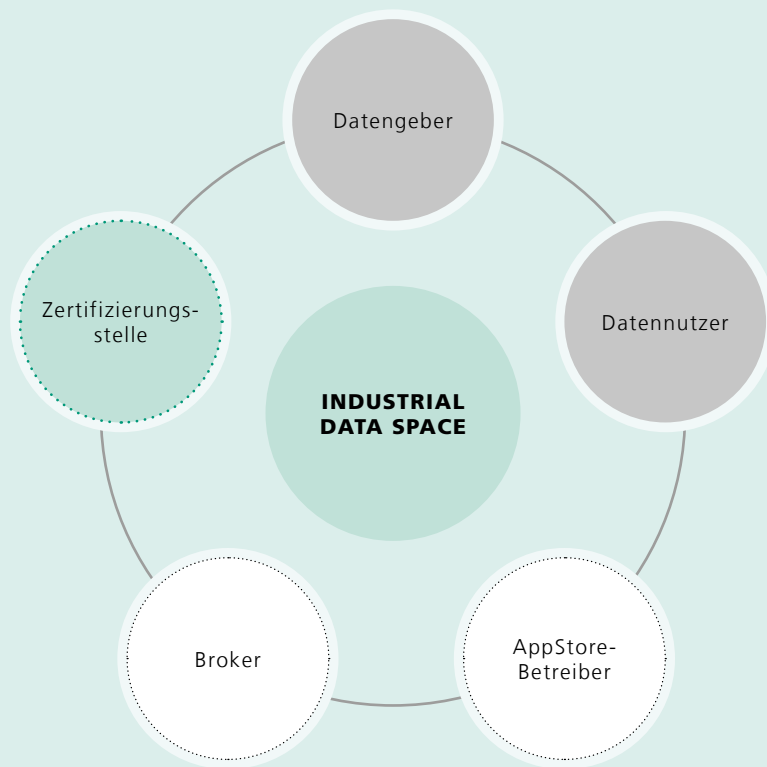


Abbildung 5: Rollenmodell

2.2 Rollenmodell

Das Ziel des Industrial Data Space ist der Austausch von Daten zwischen Datengeber und Datennutzer. Damit dieser Datenaustausch sicher und die damit verbundene Verknüpfung von Daten einfach erfolgt, sind weitere Rollen nötig, namentlich die Broker-Rolle, die Rolle des AppStore-Betreibers sowie der Zertifizierungsstelle.

Abbildung 5 zeigt die vorgesehenen Rollen und deren Zusammenspiel im Industrial Data Space. Jeder Teilnehmer am Industrial Data Space kann eine oder mehrere Rollen ausüben und darüber hinaus einzelne Aktivitäten auf Dritte übertragen.

2.2.1 Datengeber

Der Datengeber verfügt über Datenquellen, die er im Industrial Data Space unter Wahrung seiner Souveränität über diese Datengüter anderen Teilnehmern verfügbar machen kann. Ein Datengeber übt folgende Aktivitäten aus:

- Der Datengeber registriert eine Beschreibung seiner Datenquellen bei einem Broker, um anderen Teilnehmern des Industrial Data Space das Auffinden seiner Daten zu ermöglichen.
- Der Datengeber selektiert Daten aus internen Systemen für die Veröffentlichung im Industrial Data Space, verarbeitet sie, integriert und transformiert sie in ein Zieldatenmodell. Dabei annotiert er über spezielle Attribute auch Nutzungsbedingungen der Daten.
- Der Datengeber stellt Daten für den Abruf durch Vertragspartner bereit.
- Der Datengeber bezieht Data Service Apps, Vokabulare und Schemata sowie Industrial Data Space Connectors über den Industrial Data Space AppStore.

2.2.2 Datennutzer

Der Datennutzer bezieht Daten von Teilnehmern des Industrial Data Space, den Datengebern, und übt dabei folgende Aktivitäten aus:

- Der Datennutzer ruft Daten von Vertragspartnern ab.
- Der Datennutzer bezieht Data Service Apps, Vokabulare und Schemata sowie Industrial Data Space Connectors über den Industrial Data Space AppStore.
- Der Datennutzer selektiert Daten aus verschiedenen Quellen, also von unterschiedlichen Datengebern, verarbeitet sie, integriert und transformiert sie in ein Zieldatenmodell.

2.2.3 Broker

Ein Broker im Industrial Data Space vermittelt Datenangebote und Datenbedarfe zwischen Datengebern und Datennutzern. Er fungiert dabei als Verzeichnisdienst (Registry) für Datenquellen und übt folgende Aktivitäten aus:

- Der Broker stellt Datengebern Funktionen bereit, um Datenquellen zu publizieren.
- Der Broker stellt Datennutzern Funktionen bereit, um Datenquellen aufzufinden.
- Der Broker stellt Datengebern und Datennutzern Funktionen bereit, um Vereinbarungen zur Datennutzung zwischen Datengebern und Datennutzern zu treffen.

Darüber hinaus fungiert ein Broker als Clearing-Stelle im Industrial Data Space und überwacht dabei den Datenaustausch, ohne die Souveränität der Dateneigentümer zu verletzen.

Hierzu übt ein Broker folgende Aktivitäten aus:

- Der Broker überwacht und protokolliert sichere Datenaustausch-Transaktionen im Industrial Data Space.
- Der Broker stellt Berichte über die Suche nach Datenquellen und über Datenaustausch-Transaktionen bereit.
- Bei fehlerhaftem oder unvollständigem Datenaustausch unterstützt der Broker die Rückabwicklung der Transaktion.

Broker können auf Wunsch der Teilnehmer auch weiterführende Dienste und Mehrwertdienste anbieten. Beispiele sind Datenqualitätsdienste sowie Analysedienste für große Datenmengen.

2.2.4 AppStore-Betreiber

Der Industrial Data Space fördert die Entwicklung eines Ökosystems, aus dem unterschiedliche Teilnehmer Software, insbesondere Data Services, entwickeln und über den AppStore bereitstellen können.

Der AppStore-Betreiber übt folgende Aktivitäten aus:

- Er stellt Funktionen bereit, mit deren Hilfe Software-Entwickler Data Services verfügbar machen und beschreiben können.
- Er stellt Funktionen bereit, mit deren Hilfe Teilnehmer des Industrial Data Space Data Services auffinden und herunterladen können.
- Er stellt Funktionen zur Bezahlung und zur Bewertung der Data Services bereit.

2.2.5 Zertifizierungsstelle

Die Zertifizierungsstelle stellt sicher, dass die Software-Komponenten des Industrial Data Space die gemeinschaftlich definierten Anforderungen der Anwender erfüllen und Normen und Standards eingehalten werden. Dazu übt die Zertifizierungsstelle folgende Aktivitäten aus:

- Sie begleitet jede Zertifizierung von der Antragsstellung bis zur Zertifikatsübergabe.
- Sie nimmt Prüfberichte der Prüfstelle ab.
- Sie stellt Zertifizierungs-/Versagungsbescheide aus.
- Sie stellt Zertifikate aus.
- Sie stellt Vergleichbarkeit der Evaluierungen sicher.
- Sie verwaltet Kriterienkataloge und ggf. Schutzklassen

Die Zertifizierungsstelle arbeitet eng mit Prüfstellen und einer Akkreditierungsstelle zusammen.

3

REFERENZARCHITEKTURMODELL ZUM INDUSTRIAL DATA SPACE

Das Referenzarchitekturmodell des Industrial Data Space besteht aus vier Teilarchitekturen:

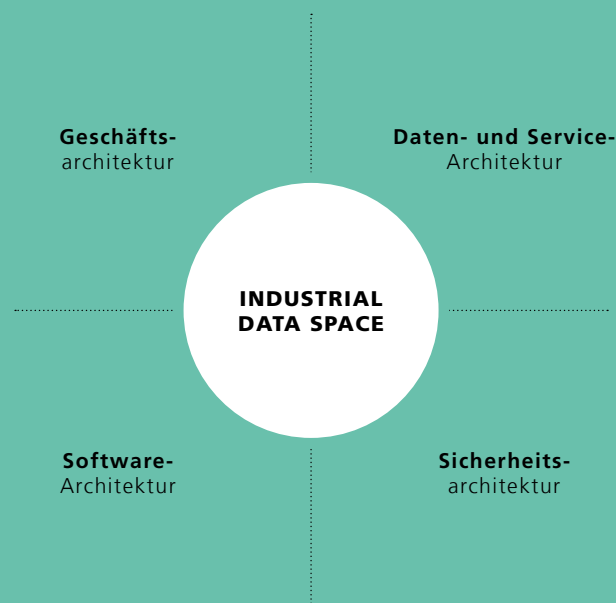


Abbildung 6: Teilarchitekturen des Industrial Data Space

Data Governance	Datenquelle	Privat		Öffentlich		Gemeinschaftlich			
	Data Stewardship	Datengeber		Datennutzer		Broker		Ohne	
	Datennutzung	Frei				Eingeschränkt			
	Datengut	Privates Eigentum		Öffentliches Gut		»Club-Gut«			
Kooperatives Datenmanagement	Datenbezug	Subskription				»On Demand«			
	Sichtbarkeit Datengeber	Offen		Unbekannt		Über Broker			
	Datenqualität	Garantiert durch Datengeber		Bewertet durch »Crowd«		Bewertet durch Broker		Ohne Bewertung	
Geschäftsmodell	Zugang	Zertifiziert							
	Nutzungsmodell	»Prosumer«		Datengeber		Datennutzer			
	Preismodell	»Flat-Rate«				»Pay-per-Use«			
	Bezahlmodell	Datennutzer		Intermediär		Sponsoring			

Abbildung 7: Gestaltungsoptionen der Geschäftsarchitektur

3.1 Geschäftsarchitektur

Die Geschäftsarchitektur beinhaltet alle Konzepte, die aus ökonomischer Sicht für den Erfolg des Industrial Data Space notwendig sind. Die einzelnen Konzepte lassen sich in drei Kategorien untergliedern:

- **Data Governance:** Rechte und Verantwortlichkeiten der einzelnen Rollen in Bezug auf die Daten
- **Kooperatives Datenmanagement:** interorganisationale Prozesse zur Bewirtschaftung der Daten (Publikation, Nutzung etc.)
- **Geschäftsmodell:** Bewertung der Datengüter, Kompensation der Nutzung, Bedingungen der Verwendung in fachlichen Mehrwertdiensten (Smart Services)

In jeder Kategorie stehen verschiedene Gestaltungsoptionen zur Verfügung, so dass die Geschäftsarchitektur flexibel für unterschiedliche Einsatzbereiche konfiguriert werden kann. Abbildung 7 stellt exemplarisch ausgewählte Gestaltungsoptionen in einem morphologischen Feld dar.

Beispielsweise können unterschiedliche Anforderungen in Bezug auf das sogenannte »Data Stewardship«, also die organisatorische Verankerung der Datenqualitätssicherung, umgesetzt werden. Die Verantwortung hierfür kann entweder beim Datengeber liegen (was in vielen Fällen eine sinnvolle Variante ist, weil hier das Wissen um die Korrektheit der Daten vorhanden ist), beim Datennutzer oder auch beim Broker. Zudem kann beim kooperativen Datenmanagement der Bezug der Daten auf mindestens zwei verschiedene Weisen geregelt sein, nämlich einerseits im Subskriptionsverfahren und andererseits auf Anfrage (»On Demand«).

Auch bei der Gestaltung des Preismodells stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, von denen zwei Beispiele »Flat Rate« und »Pay-per-Use« sind.

Das Forschungsprojekt setzt in ausgewählten Anwendungsfällen einzelne Ausprägungen des morphologischen Felds exemplarisch um.

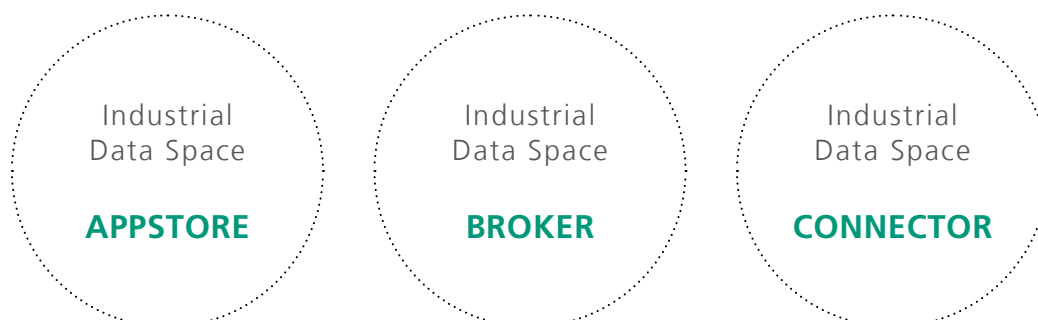
Industrial Data Space AppStore	Basic Data Services Provisioning	Data Service Management and Use	Vocabulary Management	Software Curation
	Data Provenance Reporting Data Transformation Data Curation Data Anonymization	Data Service Publication Data Service Search Data Service Request Data Service Subscription	Vocabulary Creation Collaborative Vocabulary Maintenance Vocabulary/Schema Matching Knowledge Database Management	Software Quality and Security Testing
Industrial Data Space Broker	Data Source Management	Data Source Search	Data Exchange Agreement	Data Exchange Monitoring
	Data Source Publication Data Source Maintenance Version Controlling	Key Word Search Taxonomy Search Multi-criteria Search	»One Click« Agreement Data Source Subscription	Transaction Accounting Data Exchange Cleaning Data Usage Reporting
Industrial Data Space Connector	Data Exchange Execution	Data Preprocessing Software Injection	Remote Software Execution	
	Data Request from Certified Endpoint Usage Information Maintenance (Expiration etc.) Data Mapping (from Source to Target Schema) Secure Data Transmission between Trusted Endpoints	Preprocessing Software Deployment and Execution at Trusted Endpoint	Data Compliance Monitoring (Usage Restriction etc.) Remote Attestation Endpoint Authentication	

Abbildung 8: Daten- und Service-Architektur

3.2 Daten- und Service-Architektur

Die Daten- und Service-Architektur bildet den fachlich-funktionalen Kern des Industrial Data Space. Sie beschreibt diejenigen Funktionen, die zur Pilotierung und Implementierung des Industrial Data Space vorgesehen sind, trifft dabei aber noch keine

Aussagen über einzelne Technologien oder Anwendungen. Alle fachlichen Funktionen sind in insgesamt elf Funktionsblöcke gegliedert, die wiederum drei funktionalen Komponenten zugeordnet sind.



Der Industrial Data Space AppStore umfasst folgende Funktionsblöcke:

- **Basic Data Service Provisioning:** Bereitstellung von Basisdiensten für Datennutzer und Datengeber. Hierzu gehören Dienste zur Transformation von Daten von einem Quellschema in ein Zielschema, die Nachverfolgbarkeit der Daten oder Dienste zur Datenanonymisierung.
- **Data Service Management and Use:** Unterstützung der Publikation, der Suche und der Nutzung von Diensten. Diese Funktionen sind vergleichbar mit der AppStore-Funktionalität für Konsumenten (z. B. der AppStore von Apple).
- **Vocabulary Management:** Unterstützung der gemeinschaftlichen Pflege von Vokabularen.
- **Software Curation:** Diese Funktionen dienen der Unterstützung der Qualitätssicherung und -verbesserung der Datendienste, die über den AppStore bezogen werden können.

Der Industrial Data Space Broker umfasst folgende Funktionsblöcke:

- **Data Source Management:** Unterstützung der Publikation, Pflege und Versionskontrolle von Datenquellen.
- **Data Source Search:** Unterstützung der Suche von Datenquellen, z. B. über Taxonomien, Freitextsuche und multikriterielle Suche.
- **Data Exchange Agreement:** Unterstützung der vertraglichen Regelung zum Austausch und zur Nutzung von Daten zwischen Datengeber und Datennutzer.
- **Data Exchange Monitoring:** Überwachung der Datenaustauschtransaktionen, Unterstützung von Clearing-Funktionen (z. B. Roll-Back-Mechanismen) sowie Berichte über die Nutzung von Datenquellen.

Der Industrial Data Space Connector umfasst folgende Funktionsblöcke:

- **Data Exchange Execution:** Unterstützung des gesamten Datenaustauschs von beispielsweise der Anfrage bestimmter Datenquellen über die Pflege der Nutzungsbedingungen durch den Datengeber oder die Transformation der Daten bis zu ihrem Versand.
- **Data Preprocessing Software Injection:** Unterstützung der Bereitstellung und Nutzung von Datenvorverarbeitungsroutinen in einer sicheren Ausführungsumgebung.
- **Remote Software Execution:** Unterstützung der Fernüberwachung der Ausführung von Software-Funktionalität und damit auch - in definierten Grenzen - die Einhaltung von Vorgaben zur Datensicherheit.

Die Funktionslandkarte zur Daten- und Service-Architektur in Abbildung 8 stellt diese Funktionsblöcke im Überblick dar. Die Funktionslandkarte unterstützt sowohl Nutzer als auch Software-Anbieter im Industrial Data Space bei einer Reihe von Aufgaben:

- **Entwicklungsplanung:** Zusammenfassung von Funktionalitäten in Versionen der Implementierung des Industrial Data Space.
- **Bebauungsplanung:** Die verschiedenen Fachfunktionen können mittels unterschiedlicher Technologien bzw. vorhandener Anwendungen umgesetzt werden, die dann jeweils in unterschiedlichen Farben in der Landkarte erfasst werden können.
- **Anbietervergleich:** Anwender des Industrial Data Space können das funktionale Leistungsangebot von Software-Anbietern auf der Landkarte abbilden (»Mapping«) und damit auch die Leistungsangebote verschiedener Anbieter vergleichen.

Die Daten- und Service-Architektur wird im Forschungsprojekt in ersten Versionen entwickelt und langfristig über den Industrial Data Space e.V. gepflegt und fortgeschrieben.

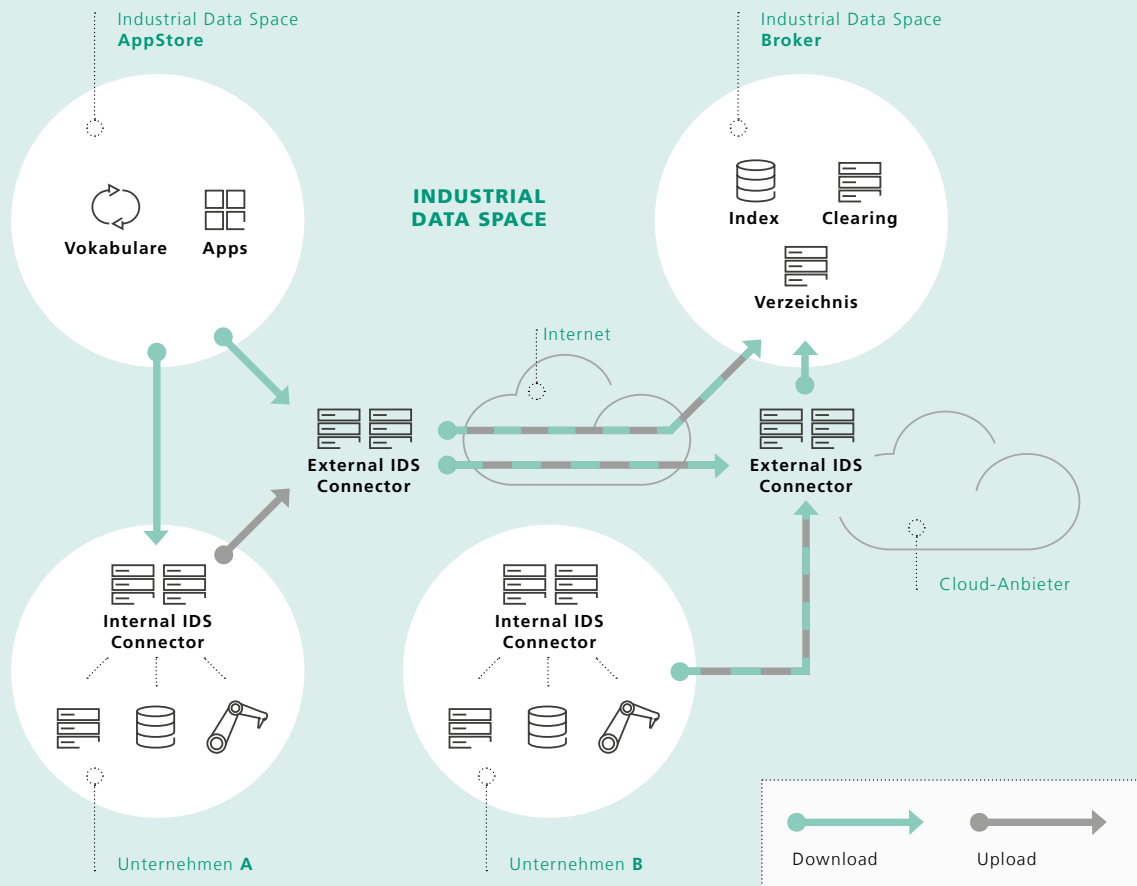


Abbildung 9: Software-Komponenten

3.3 Software-Architektur

Die Software-Architektur beschreibt die Umsetzung der Daten- und Service-Architektur zum Zweck der Pilotierung im Rahmen des Forschungsprojekts. Abbildung 9 zeigt die Komponenten, die zur Implementierung vorgesehen sind.

Eine zentrale Komponente ist der Industrial Data Space Connector, der in zwei Ausprägungen pilotiert wird, nämlich als »External Industrial Data Space Connector« und als »Internal Industrial Data Space Connector«.

3.3.1 External Data Space Connector

Der External Industrial Data Space Connector (EXIC) ermöglicht den Austausch von Daten zwischen den Teilnehmern am Industrial Data Space. Wird ein einzelner External Industrial Data Space Connector als Endpunkt des Industrial Data Space verstanden, so bildet die Gesamtheit aller External Industrial Data Space Connectors den Industrial Data Space. Es gibt also nicht notwendigerweise eine zentrale Instanz zur Datenhaltung. Typischerweise wird diese Komponente in einem sicherheitstechnisch abgegrenzten Bereich (z. B. außerhalb einer Firewall) betrieben, so dass kein direkter Zugriff auf interne Systeme gegeben ist. Jedoch ist auch die Ausführung z. B. auf einer Maschine, einem Fahrzeug oder einem Transporthilfsmittel möglich. Grundsätzlich kann jedes Unternehmen mehrere External Industrial Data Space Connectors einsetzen oder Intermediäre (z. B. Datentreuhanddienste) betreiben eine solche Komponente im Auftrag einzelner oder mehrerer Unternehmen.

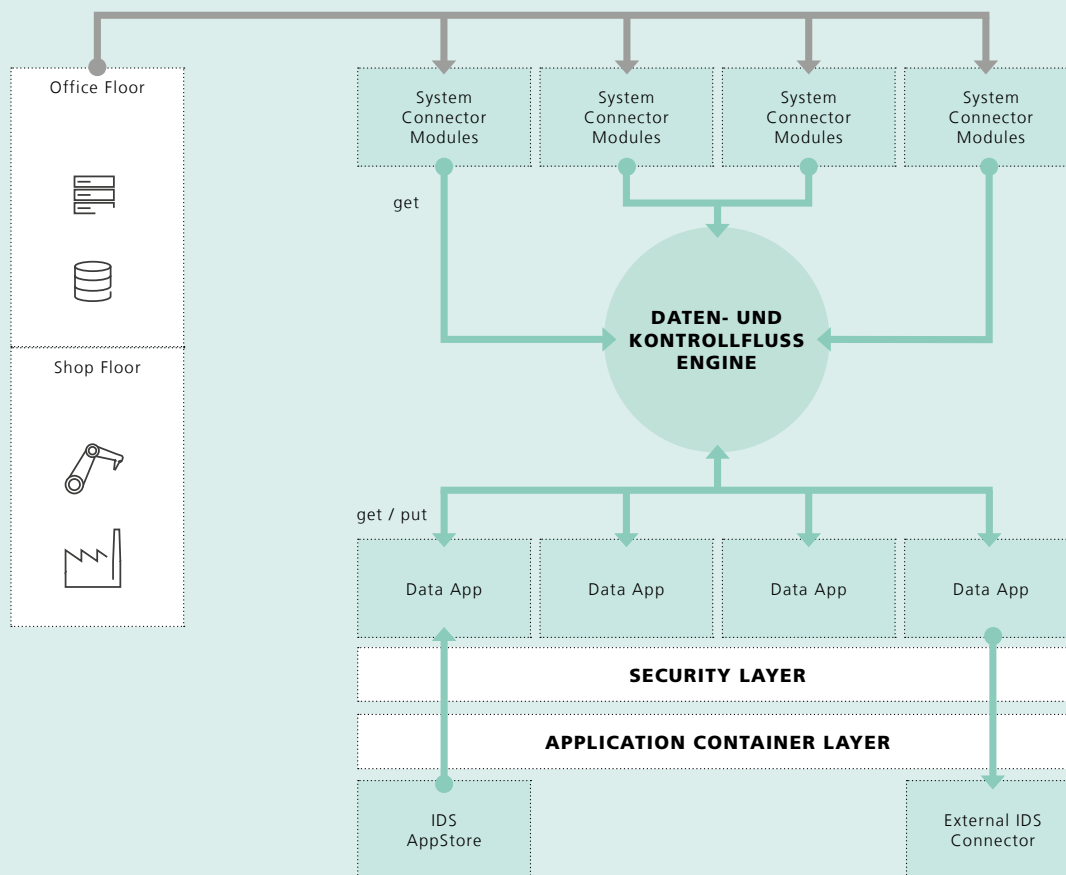


Abbildung 10: Architektur des Internal Industrial Data Space Connector

3.3.2 Internal Industrial Data Space Connector

Der Internal Industrial Data Space Connector (INIC) ähnelt vom Aufbau und der Funktion dem External Industrial Data Space Connector, wird jedoch typischerweise innerhalb eines geschützten Unternehmensnetzwerks betrieben. Diese Komponente greift auf interne Datenquellen zu und stellt die Daten für den External Industrial Data Space Connector bereit (siehe Abbildung 10).

Die Connector-Architektur nutzt grundsätzlich Technologien des Application Container Management, um eine sichere Ausführungsumgebung der Connector-Funktionalität zu gewährleisten.

Datenintensive Auswertungs- und Analyseoperationen sollten aus Performancegründen und zur Reduktion des Kommunikationsaufwands möglichst nah an der Datenquelle stattfinden. Aufgrund von Ressourcenbeschränkungen oder Sicherheitsanforderungen kann es notwendig sein, bestimmte Datenoperationen auf anderen EXIC-Instanzen auszuführen (z. B. bei einem Cloud-Anbieter). Der Industrial Data Space muss also eine flexible Verteilung der Datenoperationen auf verschiedene INIC- und EXIC-Instanzen erlauben.

3.3.3 Industrial Data Space Broker und AppStore

Die Komponenten des Brokers führen Datenangebote und Datenbedarfe zusammen, übernehmen Clearing-Funktion und stellen grundlegende Berichte zur Nutzung von Datenquellen bereit.

Der AppStore führt Bedarfe und Angebote an Datendiensten zusammen und unterstützt die gemeinschaftliche Erstellung und Pflege von Vokabularen.

3.4 Sicherheits-Architektur

Die Sicherheits-Architektur des Industrial Data Space umfasst verschiedene Aspekte. Die unterschiedliche Ausprägung einzelner Sicherheitsaspekte ermöglicht in Kombination die Abbildung verschiedener Sicherheitsstufen.

3.4.1 Verbindungssicherheit

Die Kommunikation zwischen Teilnehmern des Industrial Data Space ist gegen Manipulation und Abhören gesichert. Hierzu kommt sowohl eine starke Verschlüsselung auf Verbindungsebene zum Einsatz als auch eine Authentifizierung der jeweiligen Endpunkte, so dass »Spoofing«, also das Vortäuschen einer falschen Identität, unterbunden wird.

3.4.2 Identitätsnachweise

Teilnehmer des Industrial Data Space müssen zum Zwecke der Abrechnung, der Nachrichtensicherheit und Zugriffskontrolle eindeutig identifizierbar sein. Hierzu werden Identitätsinformationen in Form von Attributen zur Verfügung gestellt, die den jeweiligen Teilnehmer des Industrial Data Space beschreiben. Es ist z. B. vorgesehen, dass ein überprüfter Sicherheitszustand oder ein Reputationswert hinterlegt werden kann. Auf diese Weise können Zugriffsentscheidungen nicht nur auf Basis von Benutzerrollen oder -namen getroffen werden, sondern eine komplexe Zugriffskontrolle unter Einbeziehung z. B. des Vertrauenslevels des jeweiligen Endpunktes umgesetzt werden.

3.4.3 Datennutzungskontrolle

Der Zugriff auf die Daten eines Datengebers ist an Voraussetzungen gebunden. So müssen die Daten ggf. zunächst käuflich erworben werden bzw. der Datennutzer muss Mindeststandards bzgl. Sicherheit und Datenverarbeitung einhalten. Auch der Nutzung von Daten können Beschränkungen auferlegt werden. So ist es z. B. möglich, die Nutzungsdauer festzulegen, die Weitergabe von Daten per Richtlinie zu unterbinden oder nur bestimmte Abfragen und Aggregationslevel zuzulassen, während die Roh- und nicht benötigten Daten unzugänglich bleiben. Die Module zur Datennutzungskontrolle werden für festzulegende Sicherheitsstufen fester Bestandteil des Industrial Data Space Connector sein und dem Datengeber die Festlegung der Nutzungsrechte vor dem Datentransfer erlauben.

3.4.4 Sichere Ausführungsumgebung

Der Industrial Data Space soll verschiedene Sicherheitsstufen unterstützen. So ist es grundsätzlich möglich, Industrial Data Space Connectors auf unsicheren Plattformen auszuführen. Allerdings können auf solchen ungeschützten Plattformen wesentliche Garantien, wie die korrekte Abrechnung der Datennutzung, die Vertraulichkeit der Daten sowie die Korrektheit der Verarbeitung nicht zuverlässig gewährt werden. Durch die Bereitstellung einer sicheren Ausführungsumgebung für Connectors lässt sich hingegen ein höheres Sicherheitsniveau erreichen. Der Industrial Data Space bietet also Ausführungsumgebungen in verschiedenen Sicherheitsstufen an, die jeweils technisch höhere Anforderungen stellen, im Gegenzug aber auch weiterreichende Funktionen und den Zugriff auf sensiblere Daten ermöglichen.

Basisfunktionen der Sicherheitsarchitektur werden in jeder Sicherheitsstufe implementiert und lassen sich nicht deaktivieren. Die weiteren Ausprägungen richten sich nach der eingesetzten Hardware-Ausstattung und Konfiguration. Gewisse Eigenschaften lassen sich z. B. nur durch einen Hardware-Vertrauensanker nachweisen, beispielsweise ein Trusted Platform Module (TPM). Abbildung 11 zeigt die höchste vorgesehene Ausbaustufe, die z. B. vertrauenswürdige Datenverarbeitung auf fremden Konnektoren ermöglicht.

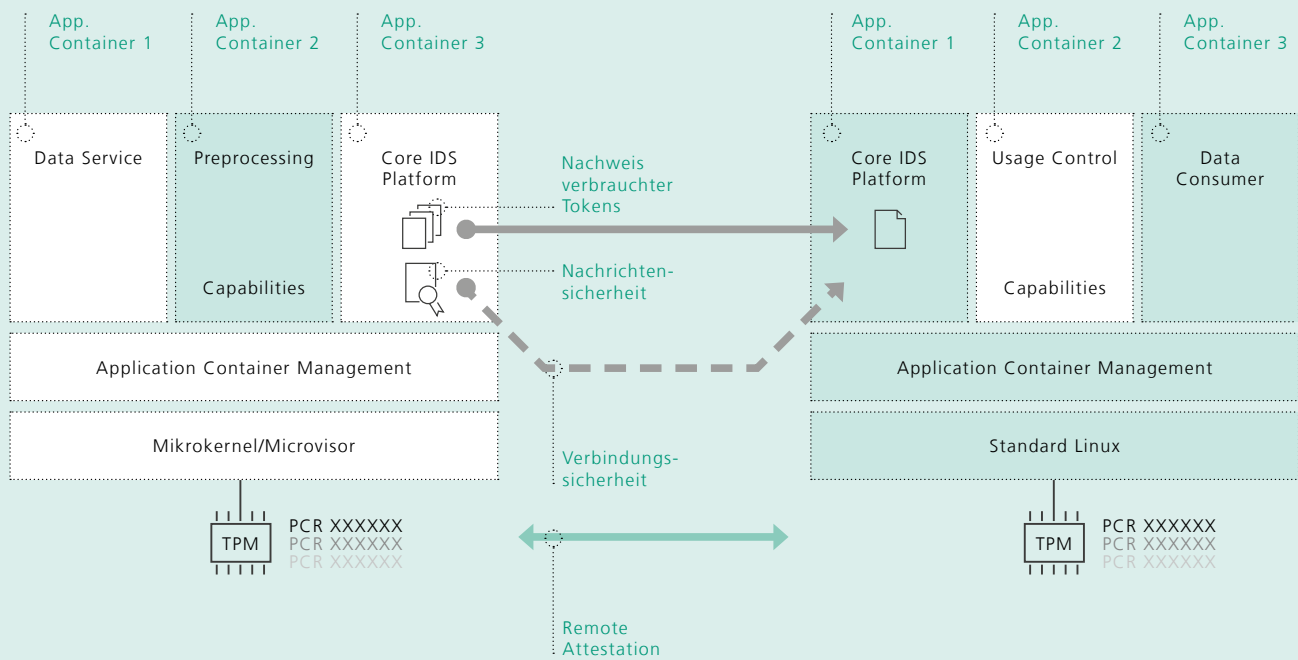


Abbildung 11: Höchste Sicherheitsstufe im Industrial Data Space

3.4.5 Remote Attestation

Ausführungsumgebungen eines Connector können ihrem Kommunikationspartner nachweisen, dass sie sich in einem bekannten vertrauenswürdigen Zustand befinden (z. B. per TPM). So kann ein Datengeber sich davon überzeugen, dass ein Datennutzer in Form eines zertifizierten Industrial Data Space Connector realisiert wird. In diesem Fall können dann Bedingungen für die Datennutzung definiert werden. Ein einfaches Beispiel ist die zeitlich limitierte Nutzung der Daten. Dadurch ist beispielsweise die Durchsetzung von Löschfristen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten möglich.

3.4.6 Application Layer Virtualisation

Teil der sicheren Ausführungsumgebung im Industrial Data Space ist die Virtualisierung auf Anwendungsschicht. Dadurch können einzelne Funktionen in voneinander getrennten Anwendungscontainern ausgeführt werden. Je nach Sicherheitsstufe der darunterliegenden Ausführungsumgebung kann ein Anwendungscontainer zudem gegen den Zugriff des Plattformbetreibers geschützt werden, so dass die eigene Vertrauensdomäne eines Teilnehmers am Industrial Data Space auf die Plattformen anderer Teilnehmer ausgeweitet werden kann. Ein Beispiel hierfür ist das Auslagern von Datenverarbeitungen in eine Cloud-Instanz eines Industrial Data Space Connector. Bei entsprechender Sicherheitsausbaustufe des Connector können Teilnehmer ihre Auswertungsalgorithmen und Daten in solche »fremden« Plattformen laden, in denen sie dennoch gegen den Zugriff des Plattformbetreibers geschützt sind (siehe linker Teilnehmer in Abbildung 11).

4

AUSGEWÄHLTE EINSATZSZENARIEN DES INDUSTRIAL DATA SPACE

Der Industrial Data Space ermöglicht grundsätzlich den sicheren Austausch und die einfache Verknüpfung von Daten zwischen Unternehmen. Typische Einsatzszenarien des Industrial Data Space weisen folgende Eigenschaften auf:

- Verknüpfung von Daten mehrerer Datenquellen
- Integration verschiedener Datenarten (z. B. Stammdaten und Zustandsdaten aus der Fertigung)
- Kombination verschiedener Datengüter (private Daten, öffentliche Daten, »Club-Güter«)
- Beteiligung mindestens zweier Unternehmen
- Integration von mehr als zwei Unternehmensarchitekturebenen (z. B. »Shop Floor« und »Office Floor«)
- Grundlage für das Angebot »smarter Services«

Die Arbeiten im Forschungsprojekt erfolgen in enger Zusammenarbeit mit Anwenderunternehmen, die insgesamt über 70 Anwendungsfälle vorgeschlagen haben.



4.1 Lkw-Steuerung in der Inbound-Logistik

In vielen Lieferketten speichern die verschiedenen Akteure redundante Daten. Gleichzeitig sind Daten aus einzelnen Stufen der Lieferkette nicht in anderen Stufen verfügbar, was zu Lieferrisiken, Sicherheitsbeständen und erhöhten Prozesskosten führt. Mehr Transparenz in der Lieferkette durch besseren Datenaustausch ermöglicht die Rückverfolgbarkeit von Produkten, die Optimierung von Transportleistungen sowie die bessere Prognose von Bestell- und Produktionsmengen. Ein Beispiel ist die Lkw-Steuerung in der Inbound-Logistik. Erfolgsfaktor ist die Verfügbarkeit von Daten zur Ankunftszeit eingehender Transporte. Denn hiervon hängen die Belegungen von Toren zur Entladung, der Check-in von Lkw am Werksgelände, die Zuordnung von Personal zur Lkw-Entladung sowie die Auftragsplanung in der Fertigung ab. Angaben zur Ankunftszeit bzw. zum Standort

anliefernder Lkw sind jedoch häufig unzureichend, da die Dienstleister über verschiedene Wege Waren anliefern, die teils schwierig nachvollziehbar sind (Hub-and-Spoke-Konzept, Verkehrsträgerwechsel). Durch den Industrial Data Space wird der Datenaustausch zwischen den Unternehmen entlang der Lieferkette standardisiert und vereinfacht, indem verschiedene Daten unterschiedlicher Akteure einander zugänglich gemacht werden. Dies reicht von Auftrags- und Transportdaten über Stammdaten zu Kunden, Lieferanten und Produkten bis zu Kontextdaten wie Verkehrsinformationen und Standorten von Lkw. Dies ermöglicht eine genauere Bestimmung von Herkunft, Inhalt und Ankunftszeit von Produkten beim Kunden. Insgesamt verbessert der Industrial Data Space die Transparenz entlang der Lieferkette. Tabelle 2 fasst einige wesentliche Eigenschaften dieses Einsatzszenarios zusammen.

Beteiligte Unternehmen	Kunden Lieferanten Logistikdienstleister, Spediteure
Daten	Lieferantenstammdaten Kundenstammdaten (Lieferadresse etc.) Auftrags- und Transportdaten Materialstammdaten Lokalisationsdaten zu Lkw Verkehrsinformationen
Nutznießende Geschäftsprozesse	Dynamisches Zeitfenster-Management Personaleinsatzplanung Risikomanagement in der Lieferkette Kundenbeziehungsmanagement
Beteiligte Datenquellen	ERP-Systeme Transportmanagementsysteme GPS in mobilen Geräten Web Services zu Verkehrsinformationen

Tabelle 2: Einsatzszenario zur transparenten und effizienten Lieferkette



4.2 Entwicklung medizinischer und pharmazeutischer Produkte

Aufgrund der Heterogenität sowie der Sensibilität medizinischer Daten erfolgt eine zentrale Zusammenführung von klinischen Daten bisher an nur wenigen einzelnen Standorten der Maximalversorgung. Diese fehlende Vernetzung ist ein wesentlicher Nachteil für die Entwicklung neuer Behandlungsmethoden und den Nachweis ihrer Wirksamkeit und Verträglichkeit. Bei der Durchführung medizinischer Studien sowie zur Erfolgsbeurteilung von Therapien sind neben klinischen Daten (Genetik, Therapie, Vordiagnosen) und Stammdaten von Patienten auch äußere Umstände dieser mit einzubeziehen, die in einer vielfältigen Systemlandschaft in unterschiedlichen Qualitäten und Strukturen vorliegen, was genau diese Einbeziehung von Kontextdaten deutlich erschwert.

Durch den Industrial Data Space können Daten aus unter-

schiedlichen Quellen aggregiert und werden und für die weitere Analyse transformiert werden. Diese neue Kombination unterschiedlicher Datenquellen erlaubt die Erschließung neuer Erkenntnisse bzw. die Validierung veröffentlichter Hypothesen und Studienergebnisse. Die offene Schnittstelle des Industrial Data Space erlaubt dabei die nahtlose Integration bestehender Systeme und bietet Dienste zur systematischen Datenaufbereitung, d.h. zur Visualisierung von Rohdaten, zur Datenanalyse und zur Darstellung des Analyseergebnisses. Für die essentiell notwendige Anonymisierung der sensiblen medizinischen Daten sowie den datenschutz- und datensicherheitskonformen Zugriff kommen weitere spezielle Dienste des Industrial Data Space zum Einsatz. So können klinische Studien beschleunigt und der Austausch von Studienergebnissen gefördert werden. Tabelle 3 fasst einige wesentliche Eigenschaften dieses Einsatzszenarios zusammen.

Beteiligte Unternehmen	Gesundheitsdienstleister Pharmazeutische Einrichtungen Forschungseinrichtungen Versicherungen Medizingerätehersteller
Daten	Medizinische Versorgungsdaten Klinische Studiendaten Epidemiologische Daten Marktdaten Umweltdaten
Nutznießende Geschäftsprozesse	Forschung und Entwicklung Produktion und Service Kundenbeziehungsmanagement
Beteiligte Datenquellen	Medizinische Datenaustauschplattformen (z. B. Elektronische Fallakte) Verwaltungssysteme in Krankenhäusern, Arztpraxen etc. Medizin- und Pharmatechniksysteme Datenanalysesysteme Data-Warehouse-Systeme

Tabelle 3: Einsatzszenario zur Entwicklung medizinischer und pharmazeutischer Produkte

4.3 Kooperative Bewirtschaftung von Produktionsanlagen

Der Betrieb und die Instandhaltung moderner Produktionsanlagen erfordert aktuelle und vollständige Daten über die Eigenschaften einzelner Anlagen bzw. Komponenten sowie auch Zustandsdaten aus der Nutzung der Anlagen, also aus Fertigungsprozessen. Vielen Anlagenbetreibern entstehen hohe Aufwendungen bei der Beschaffung sowie auch bei der Nutzung und Analyse dieser Daten. Dies liegt hauptsächlich an der mangelnden Verfügbarkeit von Daten und Informationen bezüglich der relevanten Maschinenzustände und Parameter der Fertigungsprozesse. Standards wie OPC-UA sollen zwar die einheitliche Anbindung von Anlagen ermöglichen, jedoch bestehen weiterhin Informationsbarrieren zwischen verschiedenartigen IT-Systemen und Plattformen. Dies wird sich mit dem Vordringen des Internet der Dinge in die Produktion weiter verstärken. Der informationstechnische Alltag der Unternehmen ist zusätzlich geprägt von großer zeitlicher Diskrepanz zwischen der Planung und dem Betrieb sowie dem Zusammenwirken vieler sich dynamisch verändernder Einflussfaktoren, wie beispielsweise Verschleiß oder Verfügbarkeit von Fertigungshilfsmitteln. Probleme ergeben sich dann, wenn

unternehmensübergreifend Daten sicher ausgetauscht werden müssen, wie Zustandsdaten zur Wartung für Dienstleister oder aktuelle Informationen zu laufenden Aufträgen für Kunden. Durch den Industrial Data Space wird der unternehmensübergreifende Informationsfluss von anlagen- und produktspezifischen Daten zwischen Herstellern und Betreibern von Anlagen, aber auch innerhalb einer Lieferkette vereinfacht. Hierfür gibt es teilweise schon Lösungsansätze, allerdings sind diese oft nicht ausreichend interoperabel und häufig nicht übertragbar. Aktuell verfügen Unternehmen über kein einheitliches Werkzeug, um den Informationsfluss zu kontrollieren. Als ein solches Werkzeug fungiert der Industrial Data Space und ermöglicht es beispielsweise Dienstleistern, ihr Leistungsangebot zu verbessern und zu erweitern, indem diese Zugriff auf Daten ihrer Auftraggeber erhalten, die bisher nicht verfügbar waren, sei es aus technischen oder unternehmenspolitischen Gründen. Unternehmen selbst können wiederum ihren Kunden Zugriff auf bestimmte Informationen gewähren und somit ihr Leistungsangebot erweitern. Tabelle 4 fasst einige wesentliche Eigenschaften dieses Einsatzszenarios zusammen.

Beteiligte Unternehmen	Betreiber von Produktionsanlagen Hersteller von Produktionsanlagen sowie deren Komponenten (z. B. Sensorhersteller) Wartungsdienstleister Software-Anbieter
Daten	Beschreibende Daten zur Anlage (Anlagenstammdaten) Zustandsdaten aus der Fertigung Kontextinformation zum Anlagenbetrieb (Temperatur etc.)
Nutznießende Geschäftsprozesse	Instandhaltung Fertigungssteuerung Anlagenwirtschaft
Beteiligte Datenquellen	Maschinensteuerung Manufacturing Execution Systems ERP-Systeme

Tabelle 4: Einsatzszenario zur kooperativen Bewirtschaftung von Produktionsanlagen

4.4 Durchgängige Transportgutüberwachung

Viele Unternehmen sind auf kritische und teure Güter angewiesen, welche nur unter besonderen Vorkehrungen transportiert werden können, da sie ansonsten beschädigt oder zerstört werden würden. Dazu zählen zum Beispiel Komponenten aus der Automobilindustrie (z. B. Instrumententafeln mit einer Vielzahl von Einzelbausteinen und einer komplexen Verkabelung), der Pharmaindustrie oder der Chemieindustrie. Umweltbedingungen wie zu hohe oder niedrige Temperaturen, Feuchtigkeit, Beschleunigungen und Erschütterungen, Neigungen, Vibrationen, Licht, Luftdruck, akustische Wellen, magnetische Felder usw. stellen Risiken für den unversehrten Transport und damit für die Versorgung der Produktion des Empfängers dar. Diese Umweltbedingungen können mit Sensoren während des Transports überwacht und anschließend z. B. per Mobilfunk übertragen werden. Dadurch lassen sich Risiken besser überwachen und

Maßnahmen zur Risikominimierung und -vermeidung schneller und effektiver ergreifen. Die Sensordaten sollen dabei nur den Kunden und Lieferanten zur Verfügung stehen und auf Wunsch an Dritte weitergeleitet werden.

Durch den Industrial Data Space wird eine Plattform für Kunden und Lieferanten bereitgestellt, die eine durchgängige Überwachung unterschiedlicher Umweltbedingungen des Transportguts gewährleistet. Der Industrial Data Space stellt Kunden und Lieferanten Daten bedarfsgerecht und sicher bereit. Dadurch haben die Beteiligten in der Lieferkette zu jeder Zeit Transparenz darüber, wo sich welches Transportgut befindet, in welchem Zustand es ist und wie lange bereits. Die individuelle Verteilung der Daten zum jeweiligen Empfänger und die damit verbundene Datensouveränität des sendenden Unternehmens wird durch den Industrial Data Space gewährleistet. Tabelle 5 fasst einige wesentliche Eigenschaften dieses Einsatzszenarios zusammen.

Beteiligte Unternehmen	Lieferanten und Warenempfänger in der Lieferkette Transportmittelhersteller bzw. -anbieter Logistikdienstleister
Daten	Sensordaten Transportauftragsdaten Beschreibende Daten zu Produkten und Materialien Stammdaten zu Kunden und Lieferanten
Nutznießende Geschäftsprozesse	Fertigungssteuerung Lagerwirtschaft (Wareneingang und Warenausgang) Qualitätssicherung Reklamationsmanagement
Beteiligte Datenquellen	Sensorik Transportmanagementsysteme ERP-Systeme Gefahrgutmanagementsysteme

Tabelle 5: Einsatzszenario zur durchgängigen Transportgutüberwachung





5

ORGANISATION DER INITIATIVE ZUM INDUSTRIAL DATA SPACE

.....

Die Initiative zum Industrial Data Space institutionalisiert sich als Forschungsprojekt und als gemeinnütziger Anwenderverein. Sowohl Projekt als auch Verein arbeiten eng mit verwandten Initiativen und Standardisierungsgremien zusammen.



5.1 Forschungsprojekt

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt zum Industrial Data Space zielt auf die vorwettbewerbliche Vorbereitung des Aufbaus des Industrial Data Space ab. Im Einzelnen sollen folgende wissenschaftlich-technischen Ziele erreicht werden:

- Entwurf, Beschreibung und prototypische Umsetzung eines Referenzarchitekturmodells für den Industrial Data Space: Das Referenzarchitekturmodell beschreibt als konzeptionelles Modell nicht nur die softwaretechnische Basis des Industrial Data Space, sondern auch die notwendigen Schutz-, Governance-, Kooperations- und Kontrollmechanismen für die sichere Verarbeitung und den sicheren Austausch der Daten.
- Prototypische Implementierung der Rahmenarchitektur in ausgewählten Use-Cases
- Entwurf und Fortschreibung einer »Standardisierungslandkarte«
- Entwurf des Geschäftsmodells der Betreibergesellschaft des Industrial Data Space
- Entwurf des Zertifizierungskonzepts und eines Geschäftsmodells für die Zertifizierungsstelle des Industrial Data Space
- Entwicklung einer Methodik für Anwender des Industrial Data Space, um Geschäftsstrategien entsprechend der neuen Anforderungen der Digitalisierung zu transformieren
- Ableitung von Handlungsempfehlungen für den Betrieb des Industrial Data Space sowie Identifikation neuer Forschungsfelder zur nachhaltigen Entwicklung des Industrial Data Space

An dem Forschungsprojekt sind insgesamt zwölf Fraunhofer-Institute beteiligt:

- Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC, Garching bei München
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, Sankt Augustin
- Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE, Wachtberg-Werthhoven
- Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, Berlin
- Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE, Kaiserslautern
- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund
- Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Karlsruhe
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST, Dortmund
- Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT, Darmstadt

Das Forschungsprojekt wurde am 1. Oktober 2015 gestartet und läuft über 36 Monate.



5.2 Industrial Data Space e.V.

Der Industrial Data Space e.V. mit Sitz in Berlin ist ein Anwenderverein. Seine Ziele sind die Bündelung der Anwenderinteressen an den Industrial Data Space, die Standardisierung der Ergebnisse des Forschungsprojekts sowie Wissensvermittlung und Kommunikation.

Der Verein wurde am 26. Januar 2016 in Berlin gegründet. Folgende Organisationen sind Mitglieder der ersten Stunde:

- Allianz SE
- Atos IT Solutions and Services GmbH
- Bayer HealthCare AG
- Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co.KG
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- KOMSA Kommunikation Sachsen AG
- LANCOM Systems GmbH
- PricewaterhouseCoopers AG
- REWE Systems GmbH
- Robert Bosch GmbH
- Salzgitter AG
- Schaeffler AG
- Setlog GmbH
- SICK AG
- thyssenkrupp AG
- TÜV Nord AG
- Volkswagen AG
- ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Der Verein ist an der Europäisierung und Internationalisierung des Industrial Data Space interessiert und daher von Beginn an offen für europäische und internationale Mitglieder.

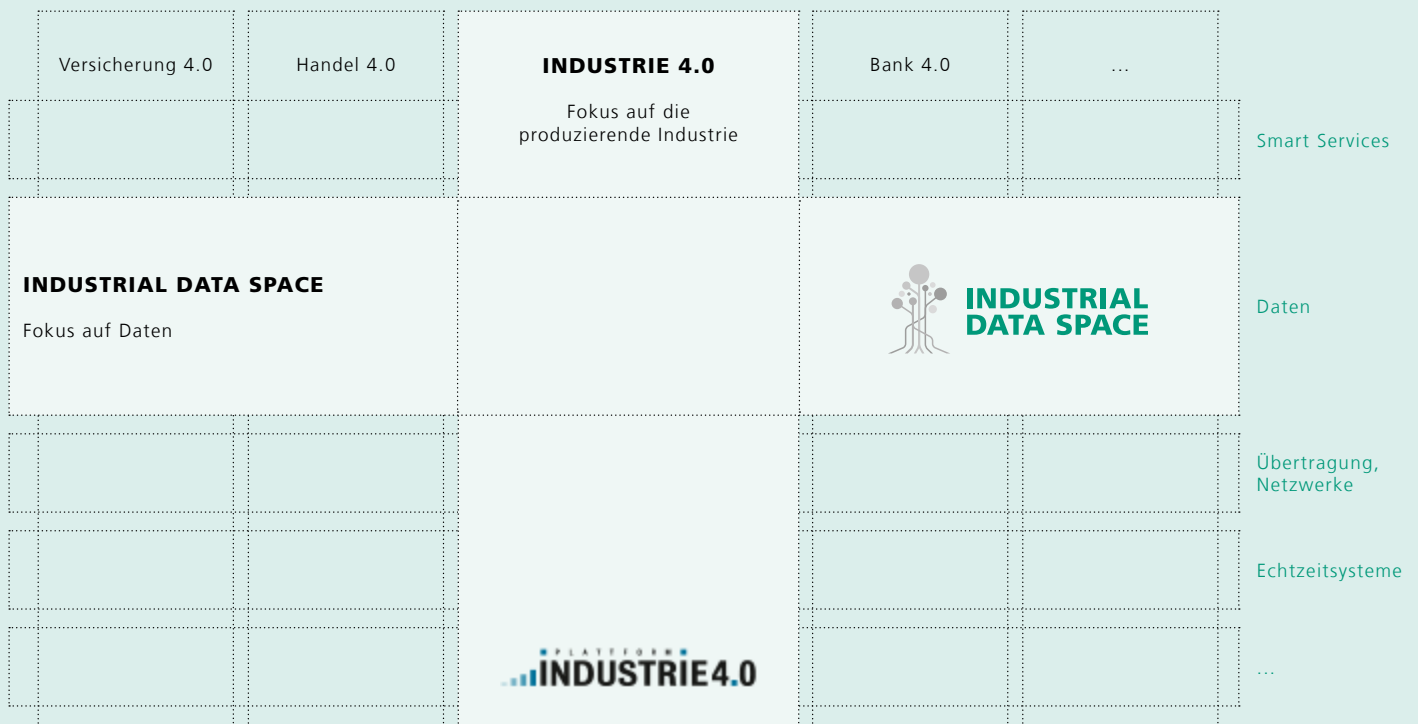


Abbildung 12: Zusammenarbeit mit der Plattform Industrie 4.0

5.3 Kooperationen

Die Arbeiten zum Industrial Data Space erfolgen in Abstimmung mit der Plattform Industrie 4.0. Während die Plattform Industrie 4.0 alle Aspekte der Digitalisierung betrachtet und dabei einen Fokus auf produzierende Unternehmen legt, konzentriert sich der Industrial Data Space auf die Architekturebene der Daten und ist dabei branchenübergreifend aufgestellt (siehe zur Illustration Abbildung 12).

Die Zusammenarbeit erfolgt u. a. im Rahmen der Arbeitsgruppen der Plattform Industrie 4.0, insbesondere:

- AG 1: Referenzarchitekturen, Standards und Normung
- AG 3: Sicherheit vernetzter Systeme

Darüber hinaus suchen sowohl das Forschungsprojekt als auch der Verein den Austausch mit weiteren Gremien.

Außerdem ist das Forschungsprojekt beim Entwurf des Referenzarchitekturmodells bestrebt, vorhandene Technologien (z. B. Docker zur Systemvirtualisierung) sowie Ergebnisse vorheriger Forschungsprojekte (z. B. Theseus) zu nutzen.



6

AUSBLICK

Die Arbeiten im Forschungsprojekt und im Industrial Data Space e.V. bilden die Basis für den Entwurf, die Pilotierung und damit die Verbreitung des Industrial Data Space.

Strategische Stoßrichtungen für zukünftige Aktivitäten sind:

- **Internationalisierung:** Die Arbeiten werden auf eine europäische und internationale Ebene ausgeweitet. Vorarbeiten anderer Länder werden, sofern zielführend, in die Gesamtarchitektur eingebaut.
- **Standardisierung:** Der Industrial Data Space nutzt so weit wie möglich bestehende Standards, verfolgt aber auch das Ziel, selbst einen Standard für die Datenökonomie zu setzen. Es sind sowohl nationale, aber auch vor allen Dingen internationale Standardisierungsgremien zu adressieren.
- **Einsatzszenarien:** Der Industrial Data Space wirkt wie eine Infrastruktur, indem er grundlegende Datendienste bereitstellt. Aufgrund der Netzwerkeffekte ist es wichtig, dass diese infrastrukturellen Datendienste in möglichst vielen verschiedenen Einsatzszenarien genutzt werden.
- **Kommunikation und Weiterbildung:** Um eine möglichst hohe Verbreitung des Referenzarchitekturmodells zum Industrial Data Space zu gewährleisten, werden umfangreiche Maßnahmen zur Kommunikation, Information und Weiterbildung angeboten. Diese Maßnahmen sind in Abhängigkeit von den verschiedenen Branchen, Unternehmensgrößen und dem Reifegrad der Digitalisierung der Unternehmen zu ergreifen.



GLOSSAR

AppStore	Teil der Industrial Data Space Architektur, die Apps zur Erweiterung von Connectors (z.B. zur Datenaggregation/-verarbeitung) bereitstellt und von Dritten betrieben werden kann
Broker	Rolle im Industrial Data Space, die Nachfrage und Angebot an Daten zwischen Unternehmen zusammenführt und den Datenaustausch überwacht
Club-Gut	Datengut (vgl. Daten), das - in Abgrenzung zu öffentlichen Daten - nur innerhalb des Industrial Data Space zur Verfügung steht
Connector	Schnittstelle zum dezentralen Austausch von Daten über die Industrial Data Space Architektur. Interne Connectors erlauben den Austausch innerhalb einer Organisationseinheit. Externe Connectors schließen einen Teilnehmer an den Industrial Data Space an und müssen zertifiziert sein.
Data Governance	Organisatorische Fähigkeit, die auf die Bewirtschaftung von Daten als Wirtschaftsgut abzielt und dafür Rechte und Verantwortlichkeiten regelt und Methoden und Werkzeuge bereitstellt
Data Space (dt. Datenraum)	Ein Architekturmodell zur Datenintegration, das sich durch verteilte Datenthaltung verschiedener Datenquellen und den Verzicht auf ein gemeinsames semantisches Modell auszeichnet
Data Steward	Rolle in Data-Governance-Modellen, die mit der Sicherung der Datenqualität betraut ist
Daten (informationstechnisch)	Formalisierte, für die Kommunikation oder Verarbeitung mehrfach verwertbare Darstellung von Information
Daten (ökonomisch)	Immaterielles Wirtschaftsgut
Datendienst	Softwareanwendung zur Unterstützung von Datenmanagementfunktionen, die über den Industrial Data Space bereitgestellt wird

Dateneigentümer (engl. Data Owner)	Juristische oder natürliche Person, die Eigentumsrechte an Daten hält
Datengeber	Rolle im Industrial Data Space, die Daten bereitstellt
Datennutzer	Rolle im Industrial Data Space, die Daten von Datengebern nutzt
Datenqualität	Eignung der Daten zur Nutzung
Endpunkt	Teilnehmer im Industrial Data Space mit Installation eines Industrial Data Space Connector
Linked Data	Gesamtheit aller Daten im World Wide Web, die per Uniform Resource Identifier (URI) identifiziert sind und darüber direkt per HTTP abgerufen werden können und ebenfalls per URI auf andere Daten verweisen
Ökosystem (ökonomisch, engl. Ecosystem)	Multilaterale Organisations- und Koordinationsform zwischen Organisationen und Individuen, die ein gemeinschaftliches Ziel verfolgen (oftmals umfassende Leistungsangebote für Kundengruppen) und dabei komplementäre Fähigkeiten und Kompetenzen insgesamt verstärken
OPC Unified Architecture (UA)	Industrielles Kommunikationsprotokoll zum Austausch von Daten zwischen Maschinen (umfasst neben Definition des Datenaustauschs auch semantische Beschreibung der auszutauschenden Daten)
RAMI4.0	Von VDE, VDI und ZVEI entwickeltes Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 für die Digitalisierung industrieller Wertschöpfungsketten
Referenzarchitektur	Muster für eine Klasse zu modellierender Architekturen
Referenzarchitekturmodell	Konzeptionelles Modell einer Referenzarchitektur
Trusted Platform Module (TPM)	Chip nach der TCG-Spezifikation, der einen Computer oder ähnliche Geräte um grundlegende Sicherheitsfunktionen erweitert

