



offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem für die Produktion

FabOS - Befähiger für datengetriebene Technologien in der Produktion

Lernreise Industrie 4.0 – 18.05.2021

Daniel Stock

www.fabos.ai

Gefördert
durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



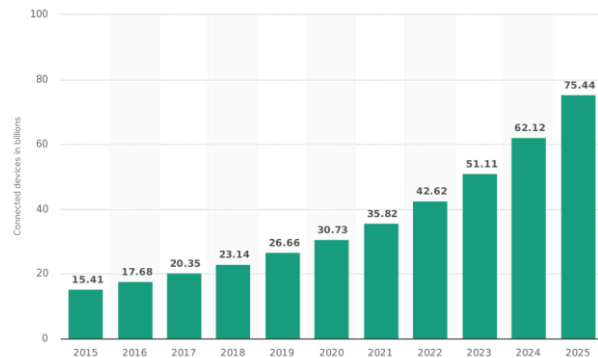
DLR Projektträger

Herausforderungen

Was bremst die digitale Transformation und Adaption von datengetriebenen Technologien?

- › Die zentralen Herausforderungen für die Produktion sind die **Wandlungsfähigkeit** und **Flexibilität** bei höchster **Produktivität** unter Wahrung der **ethischen und industriellen Anforderungen** (Datenschutz, Betriebssicherheit, Privatheit, Echtzeitfähigkeit, Robustheit, Resilienz, Benutzbarkeit)
- › Die **Dienste der Künstlichen Intelligenz** sind die Befähiger für die **Wettbewerbsfähigkeit** der deutschen Produktion
- › Heterogene Systemlandschaft aus der IKT und Produktionstechnik führen zu
 - › Produktionssystemen, die für einen Betriebspunkt optimiert und schwer zu adaptieren sind
 - › mangelnder Datenverfügbarkeit und -qualität für skalierende KI-Dienste für die Produktion
 - › Hürden bei der Adaption moderner Virtualisierungstechnik für Produktionssysteme und -prozesse
 - › wachsenden Komplexitätskosten (Benutzbarkeit, Optimierungszeiten und -kosten, Intransparenz)

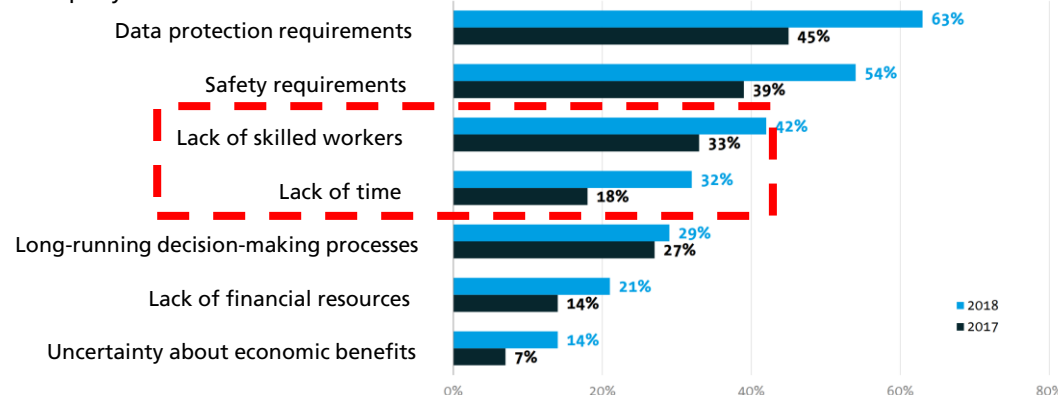
Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)



Source: IHS
© Statista 2018

Additional information:
Worldwide; IHS; 2015 to 2016

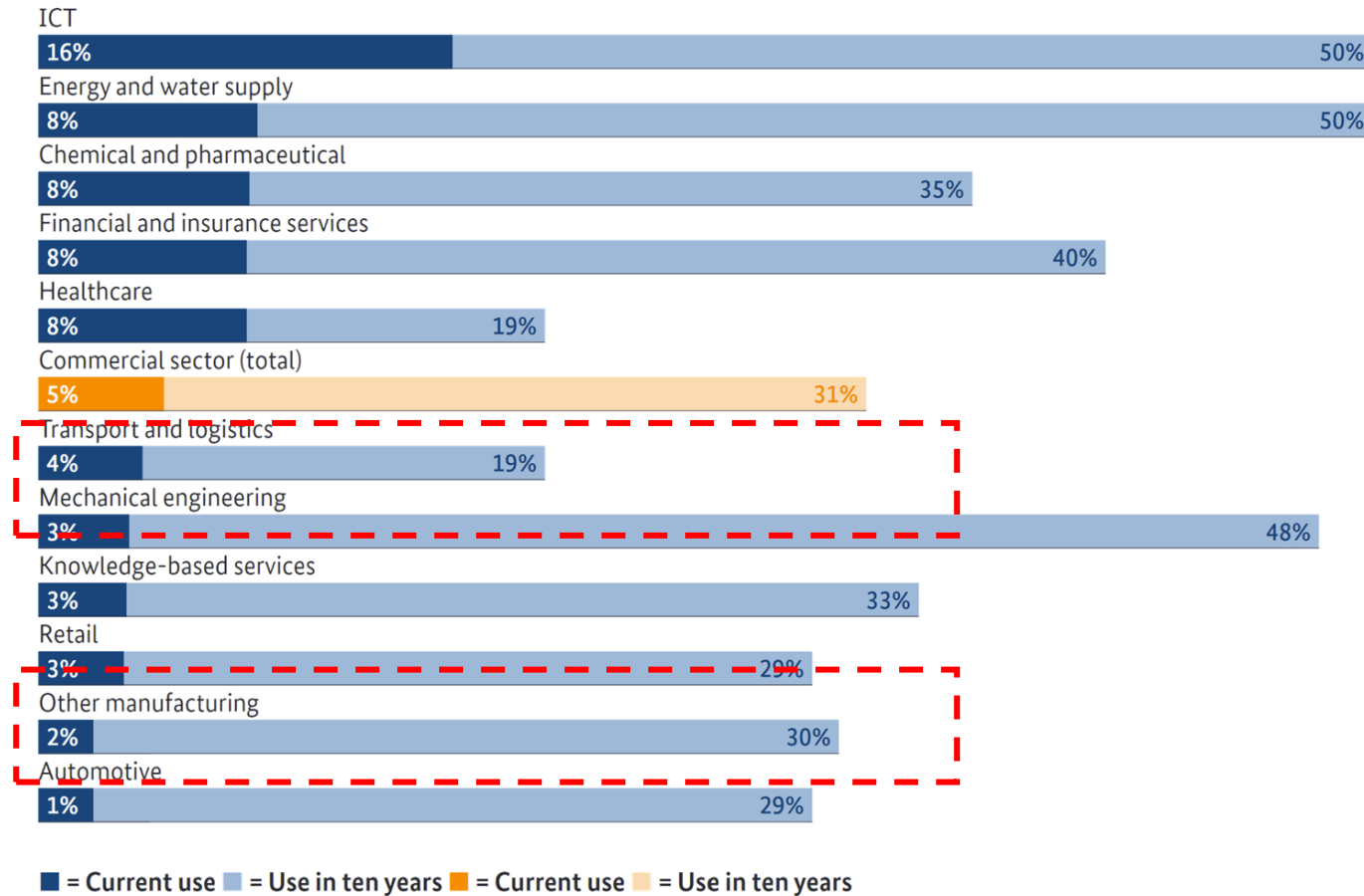
What do you think are the biggest hurdles to the use of new technologies in your company?



Künstliche Intelligenz im Einsatz

Wo wird Künstliche Intelligenz schon eingesetzt?

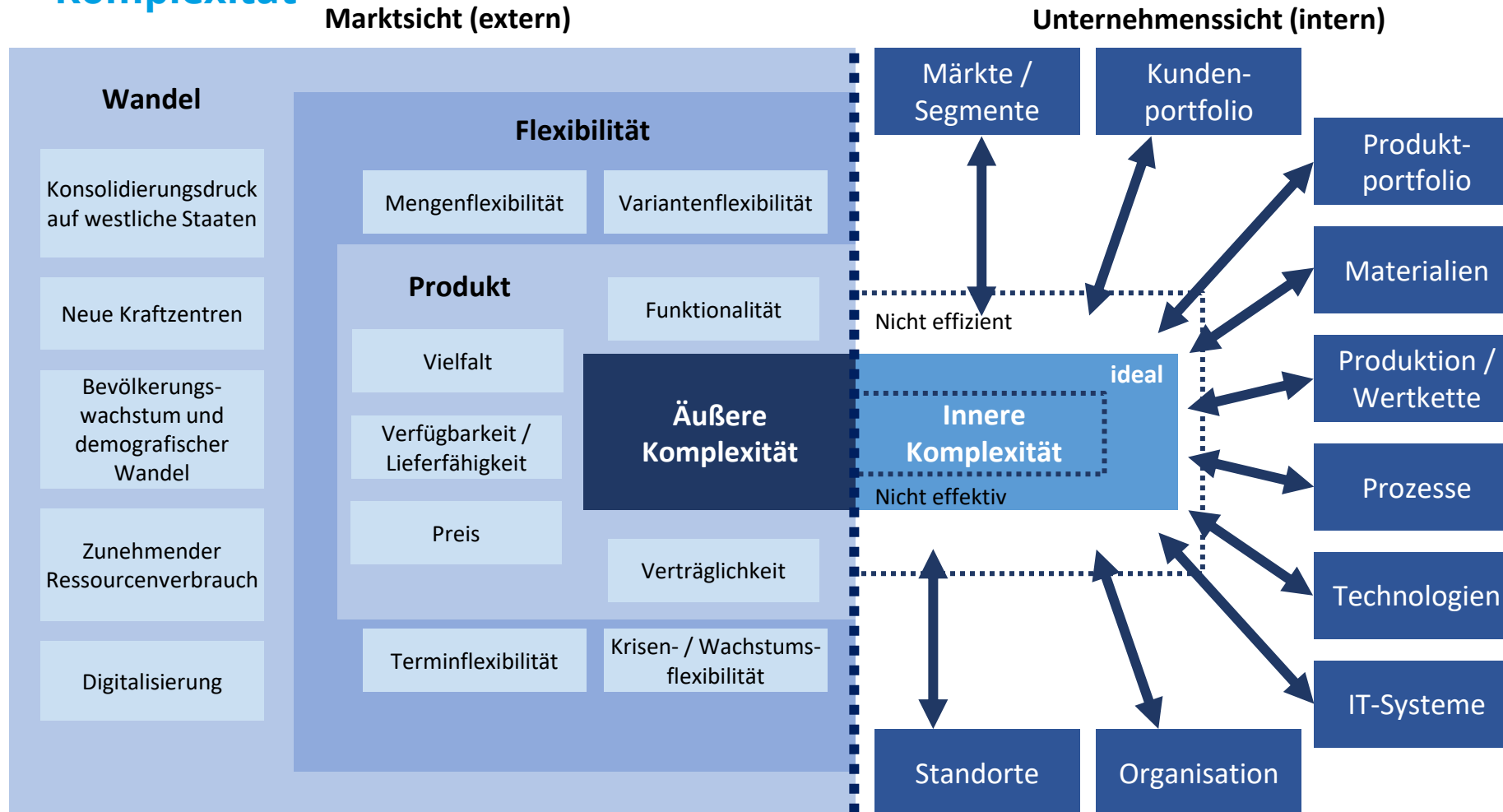
The ICT sector uses AI the most and wants to continue being a pioneer



WEBER, Tobias, Irene BERTSCHEK, Jörg OHNEMUS und Martin EBERT, 2018. *DIGITAL Economy Monitoring Report 2018* [online]. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). Available on: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/monitoring-report-digital-economy-2018.pdf>

Motivation - Komplexität reduzieren

Neue Technologien wie Künstliche Intelligenz sind Befähiger, erhöhen jedoch die Komplexität



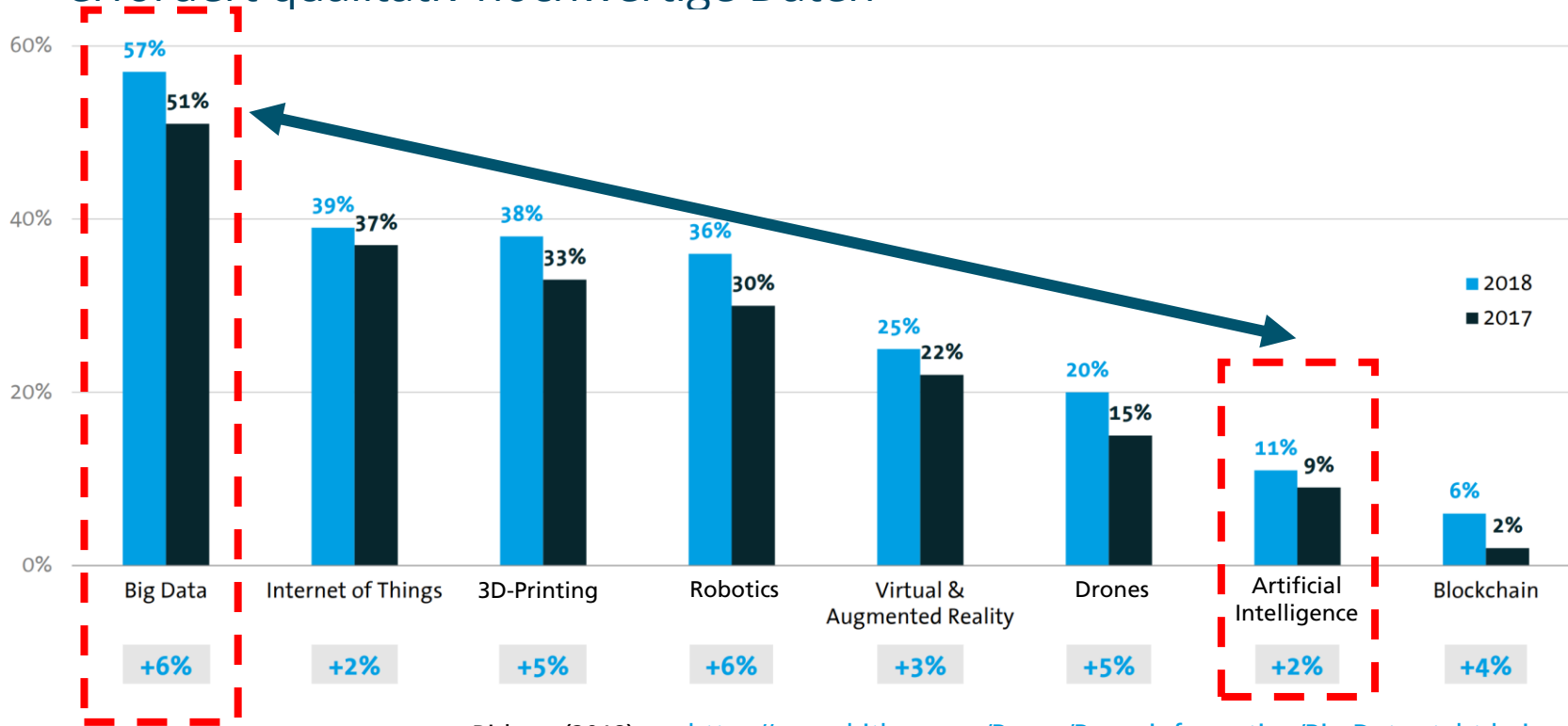
- › Tools
- › Prozesse
 - › MLOPS
- › Anwendung von Standards
- › xAI
- › Komponenten
 - › Open Source
- › Communities

T. Bauernhansl, "Komplexe Märkte erfordern komplexe Fabrik- und Managementstrukturen - Vielfalt ist Trumpf, aber nur wenn man mit ihr umgehen kann," *Interaktiv*, vol. 2014, no. 1, pp.

Diskrepanzen

Künstliche Intelligenz benötigt Daten

- › Data Governance in Fertigungsumgebungen ist kaum vorhanden
→ effiziente Nutzung datengetriebener Technologien erfordert qualitativ hochwertige Daten



Bitkom (2018)

<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Big-Data-steht-bei-sechs-von-zehn-Unternehmen-an-erster-Stelle.html>



Plattform Industrie 4.0 (2019)

Lösungsansatz und Ziel

FabOS ermöglicht Skalierung von KI-Diensten in der Produktion und schafft Voraussetzungen für die Zukünftige Wettbewerbsfähigkeit deutscher produzierender Unternehmen

- › Wir benötigen eine neue **IT-Architektur** und **Data Governance** für die Produktion, die einen **Migrationspfad** für Unternehmen aus der Legacy-Welt in die zukünftige **KI-gestützte Produktion** ermöglicht und dabei sämtlichen Anforderungen Rechnung trägt.
- › **Virtualisierung** zur Verlagerung von Funktionen in Softwaresysteme und zur Abbildung physischer Systeme in digitale Modelle bildet die Basis zur ganzheitlichen und flächendeckenden Anwendung von KI-Diensten
- › FabOS ist ein **plattformbasiertes Betriebssystem** für die Produktion, welches den Prinzipien eines dedizierten Betriebssystems folgt und in **verteilten Infrastrukturen** eine **offene Architektur und Schnittstellen** bietet, um KI-gestützte **Dienste sicher und echtzeitfähig** zu betreiben.



vw.os

AliOS Things



Android Automotive

FabOS

offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem für die Produktion

› Offen

- › FabOS baut auf einer offenen Architektur mit offenen Schnittstellen auf. In FabOS eingebundene Komponenten sollen Quelloffen sein, können aber auch mit proprietärer Technologie dargestellt werden. Zumindest aber müssen sie durch ihre kompatiblen offenen Schnittstellen austauschbar sein.

› Verteilt

- › Moderne und zukünftige IT-Architekturen, Systeme und Infrastruktur bestehen aus modularen Komponenten, die oft logisch und örtlich verteilt sind. FabOS zielt primär auf diese offene und flexible Architektur ab, bietet jedoch auch Lösungen, um bestehende Systeme und Betriebsmittel zu integrieren.

› Echtzeitfähig

- › FabOS integriert Technologien, die sowohl die Echtzeitnähe bestehender Anwendungen verbessern und die harte Echtzeitfähigkeit und den Determinismus von Echtzeitsystemen in einer modernen und flexiblen Infrastruktur ermöglichen und gewährleisten.

› Sicher

- › FabOS sieht auf allen Ebenen entsprechende Sicherheitsmechanismen und Vorkehrungen vor, die durch den modularen Charakter von FabOS stets dem Stand der Technik entsprechen und so die statistische Sicherheit und die Betriebssicherheit (Safety) der Anwendungen auf dem technisch höchstmöglichen Niveau halten.

Struktur des Konsortiums

Ausgewogenes und auf allen Ebenen qualitativ hochwertig besetztes Konsortium stellt den Erfolg des Projekts sicher

› Netzwerkpartner

- › Integration und Ausweitung auf bestehende und neue Ökosysteme
- › Entwicklung des Ökosystems zur Verbreitung

› Anwendungspartner

- › Entwicklung und Nutzung von KI-Produktionsdiensten für eigene Produktion und Endkunden

› Infrastrukturpartner

- › IKT und OT Komponenten für FabOS

› Technologiepartner

- › Data Science/KI-Dienste, Embedded Entwicklung (SW+HW)

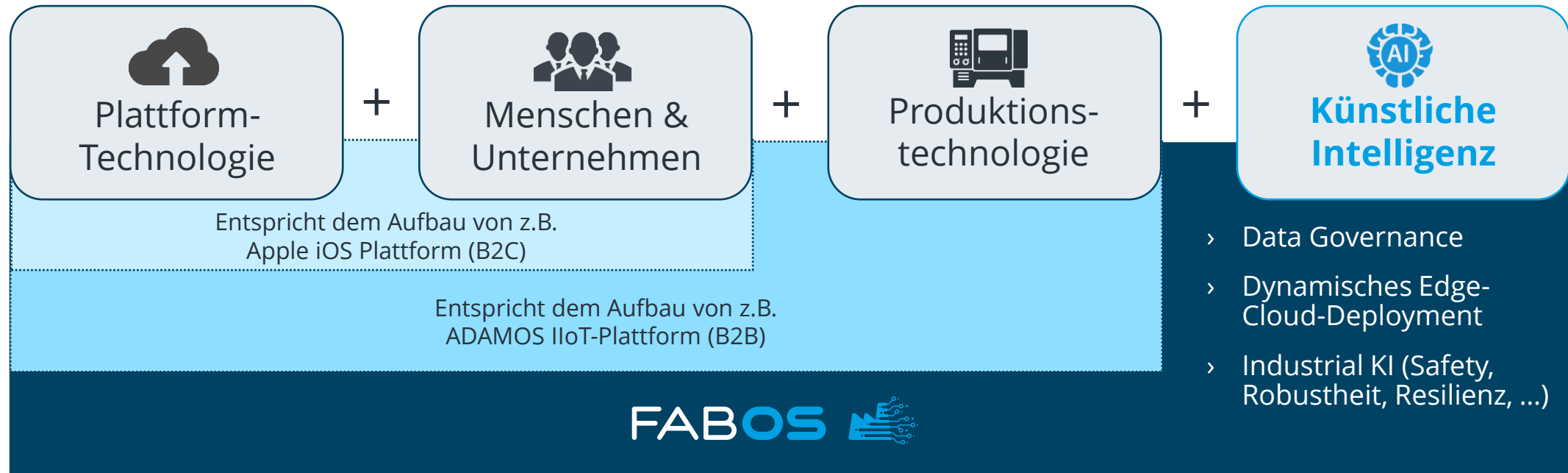
› Forschungspartner

- › Entwicklung von Metakernel-Komponenten, KI-Basisdiensten und KI-Produktionsdiensten



Von der Plattform zum Betriebssystem

FabOS ist die notwendige Weiterentwicklung hybrider Edge-Cloud-Plattformen und industrieller IoT-Anwendungen zur Umsetzung Cyber-physischer Produktionssysteme

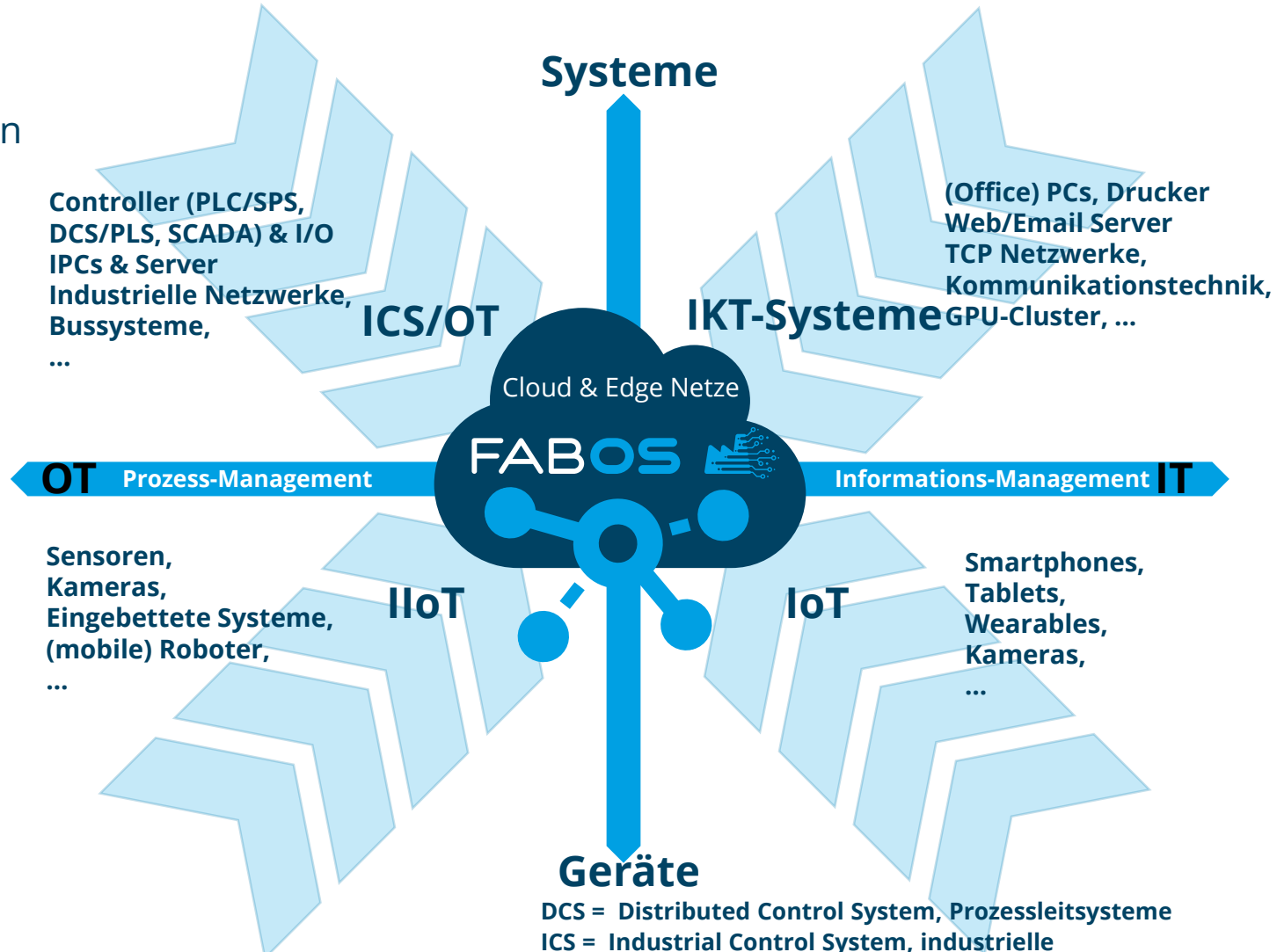


- › FabOS ist ein offenes und verteiltes, sowie echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem, das den IT-Backbone zur Nutzung industrieller KI-Dienste in der wandlungsfähigen Automatisierung ermöglicht

Digitale Transformation treibt Konvergenz von IKT und OT

Systemlandschaft in produzierenden Unternehmen hemmt effiziente Nutzung neuer technologischer Möglichkeiten

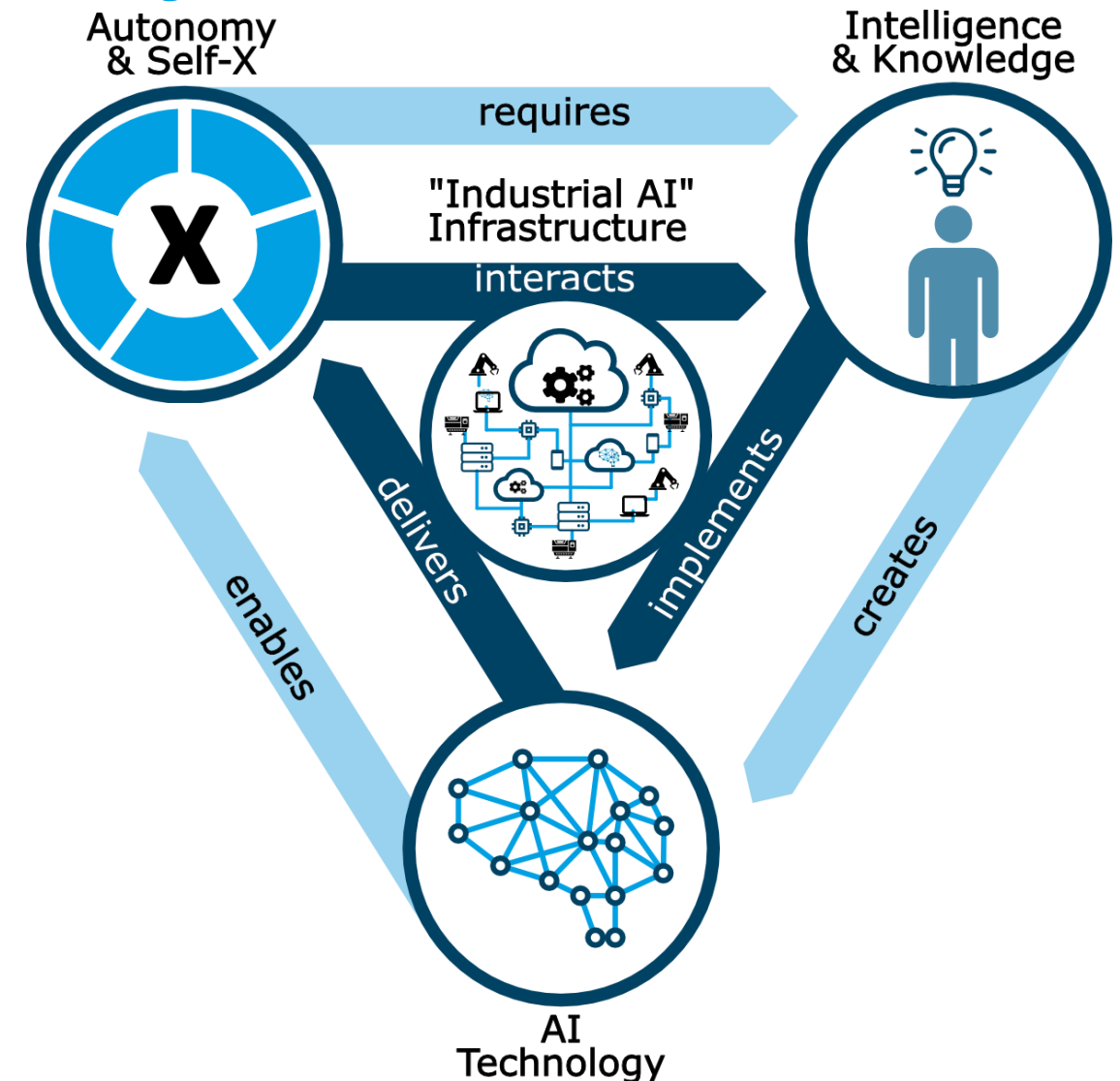
- › IKT & OT konvergieren zunehmend, passen aufgrund unterschiedlicher Genese nicht zusammen (z.B. Zuverlässigkeit vs. Flexibilität)
- › IoT & IIoT-Ansätze werden zunehmend eingesetzt
- › **Neue Möglichkeiten**
 - › Bessere Kommunikationstechnik, Rechenleistung und KI-Werkzeuge
- › **Neue Herausforderungen**
 - › Effiziente Nutzung des Domänenwissens bei gleichzeitiger Wahrung der technologischen Souveränität
 - › Nutzung der Flexibilität von IKT in OT
 - › Flächendeckende Nutzung von Künstlicher Intelligenz zur Produktionsoptimierung



Betriebssystem für die Produktion

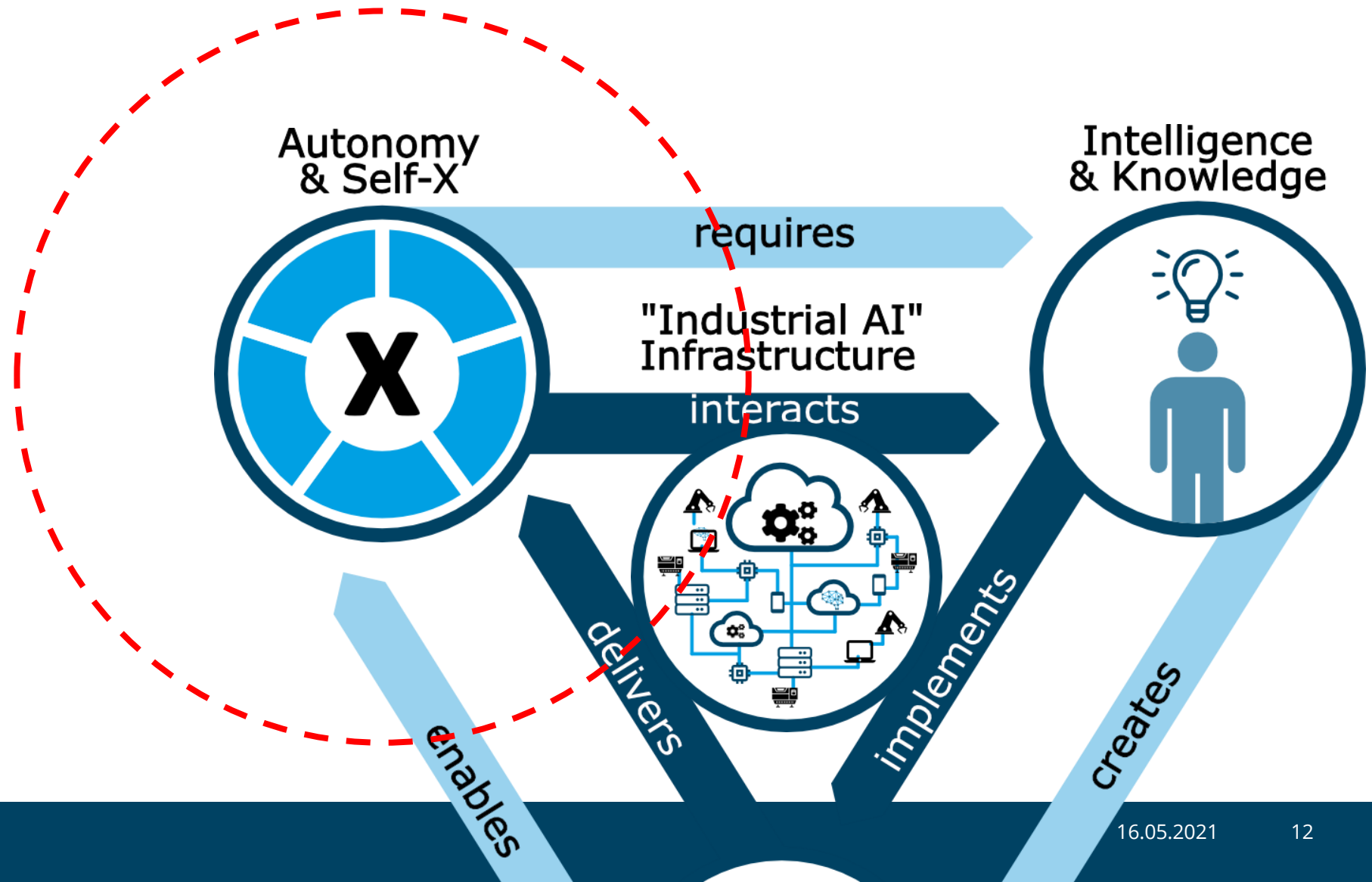
Künstliche Intelligenz benötigt Infrastruktur – und umgekehrt

- › Virtualisierung zur Verlagerung von Funktionen in Softwaresysteme und zur Abbildung physischer Systeme in digitale Modelle bildet die Basis zur ganzheitlichen und flächendeckenden Anwendung von KI-Diensten.
- › FabOS ist ein plattformbasiertes Betriebssystem für die Produktion, welches den Prinzipien eines dedizierten Betriebssystems folgt und in verteilten Infrastrukturen eine offene Architektur und Schnittstellen bietet, um KI-gestützte Dienste sicher und echtzeitfähig zu betreiben



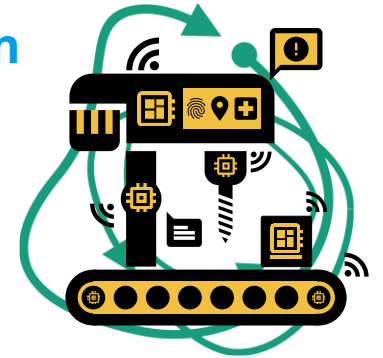
Betriebssystem für die Produktion

Künstliche Intelligenz benötigt Infrastruktur – und umgekehrt

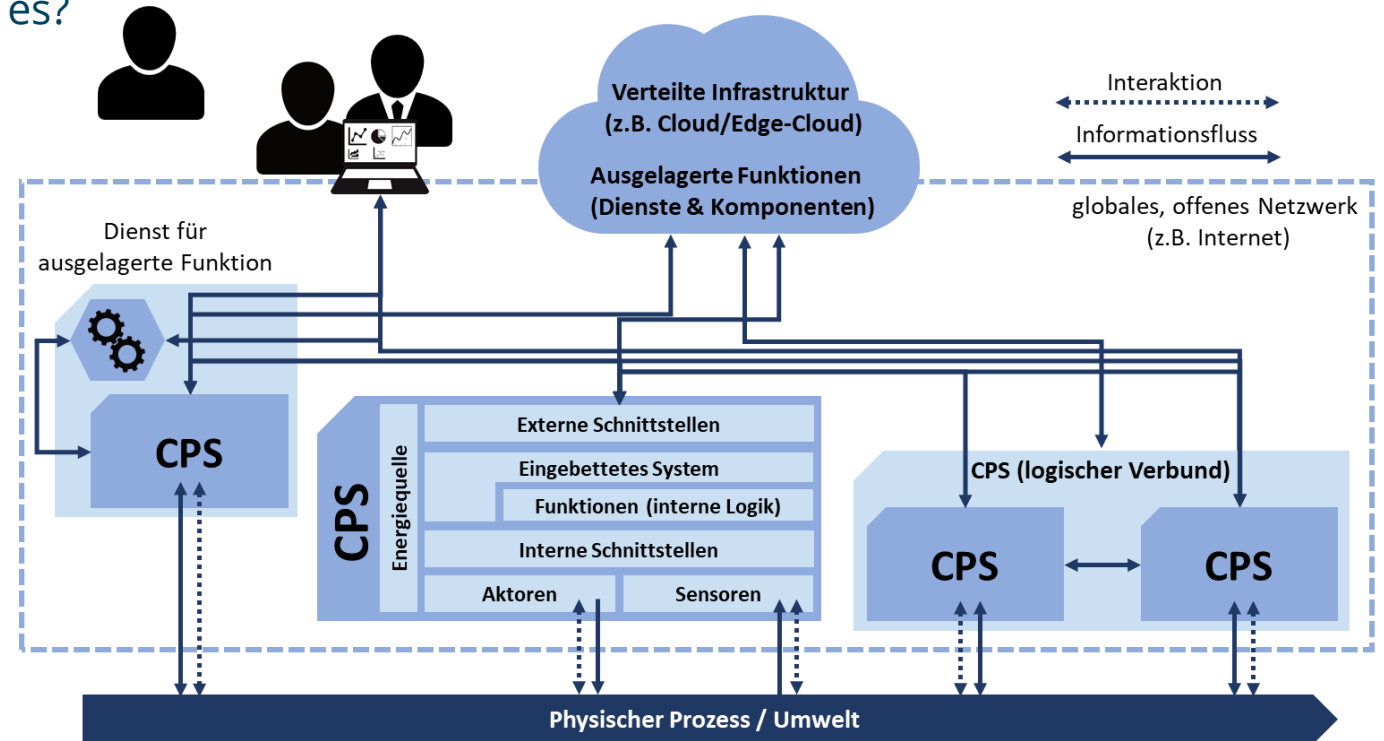


Autonome Produktion

Smarte Maschinen, cyber-physische Produktionssysteme – Self-X-Fähigkeiten



- › Cyber-physische Systeme (CPS) sind die Befähiger einer smarten Produktion / Industrie 4.0
- › CPS verfügen über Self-X-Fähigkeiten
- › Welche „klassischen“ Self-X-Fähigkeiten gibt es?
 - › Self-X-Eigenschaften nach „Autonomic Computing“ (self-CHOP)
 - › self-configuration
 - › self-healing
 - › self-optimization
 - › self-protection
- › „Organic Computing“ erweitert diese mit
 - › self-explaining



Autonome Produktion

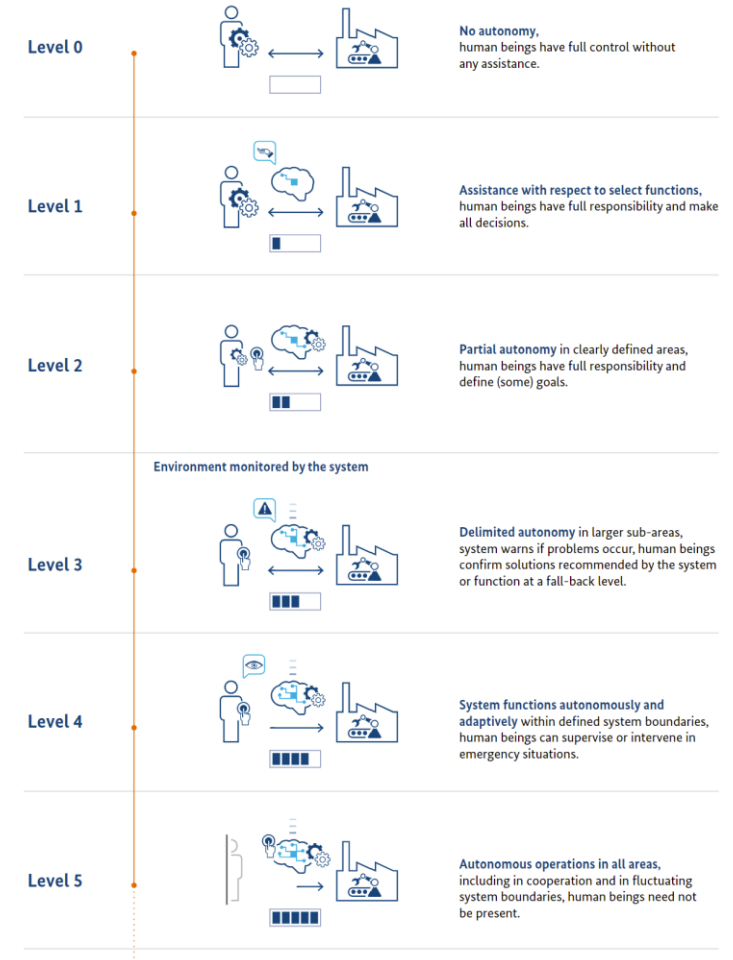
Welche Arten von Self-X gibt es?



Autonome Produktion

Autonomiegrade

- › Fünf Stufen der Autonomie
- › Angelehnt an den SAE J3016 Standard (automated driving)



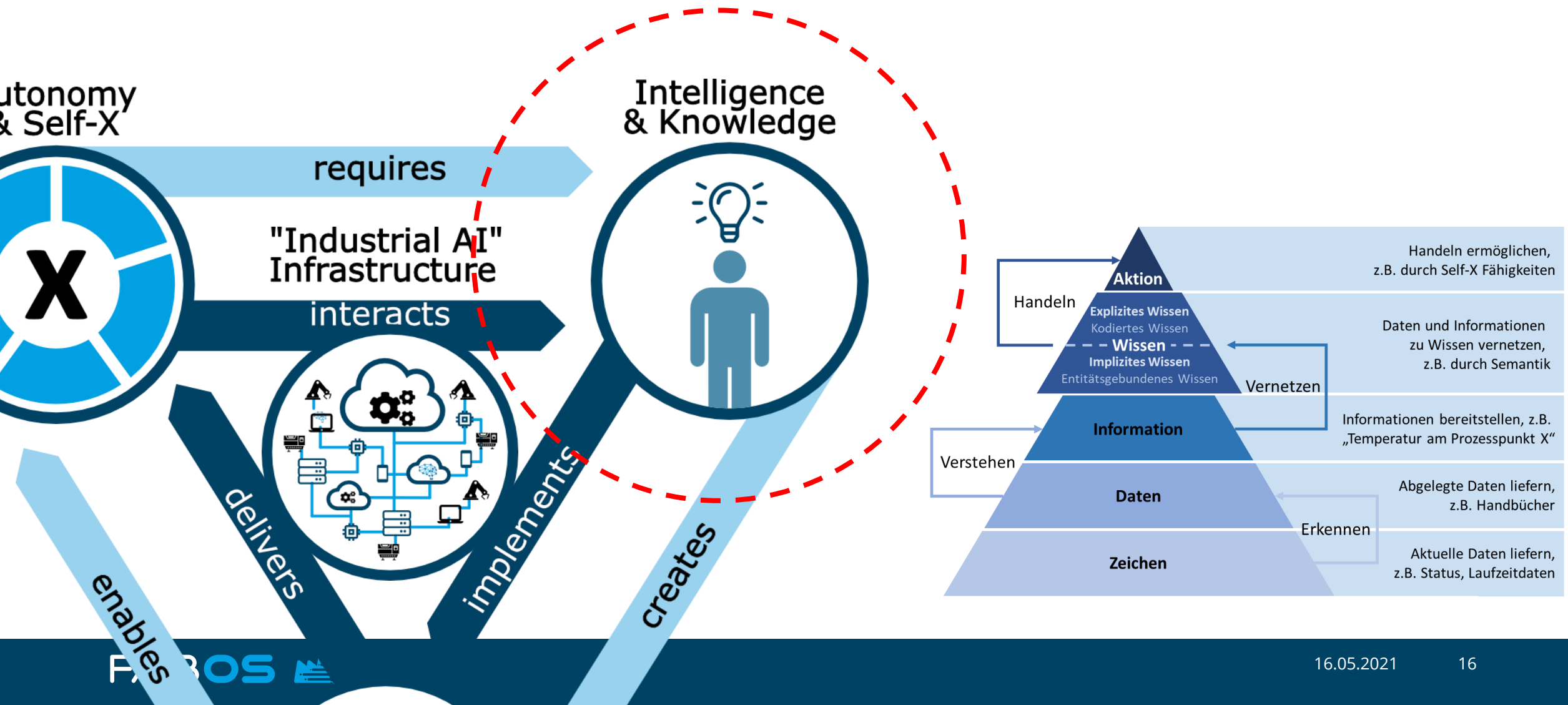
- › Wie werden diese Autonomiegrade erreicht?
- › Welche Technologie wird dafür eingesetzt?

K. Ahlborn, G. Bachmann, F. Biegel, J. Bienert, S. Falk, *et al.*, "Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“," Plattform Industrie 4.0, Berlin, 2019.

<https://www.phil.uni-bayreuth.de/en/people/gottschalk-mazouz/files/Auto-Hand.pdf>

Infrastruktur für Künstliche Intelligenz

Erfassung von Intelligenz und Wissen



Data Governance für industrielle KI-Dienste

Data Governance ist die Basis für die skalierbare, effiziente und zuverlässige Nutzung von KI-Diensten in der industriellen Produktion

› Datenqualität*

- › Sicherstellung, dass die Daten korrekt, konsistent und frei von "Störungen" sind, die die Nutzung und Analyse durch KI-Algorithmen beeinträchtigen könnten.

› Datenverfügbarkeit

- › Sicherstellung, dass die Daten verfügbar und für die entsprechenden KI-Anwendungen leicht nutzbar sind.

› Datenbenutzbarkeit und Wissen

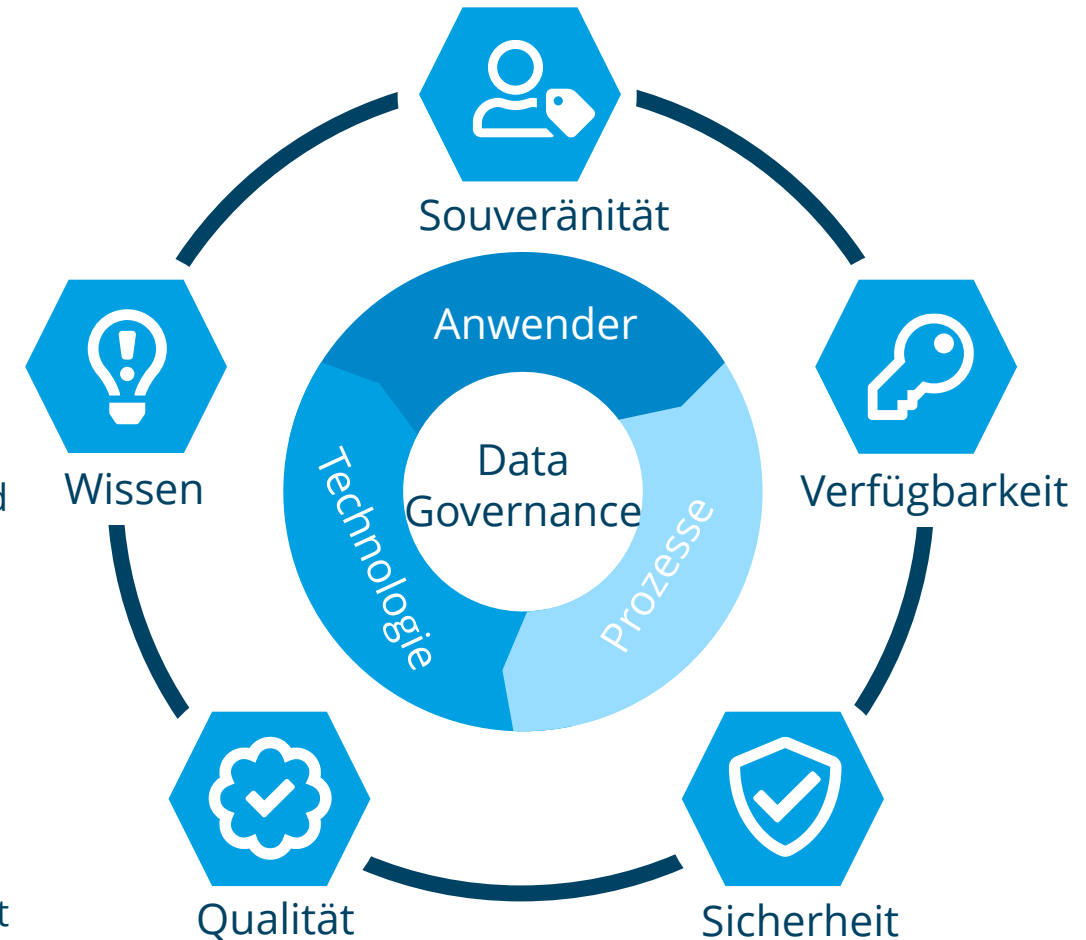
- › Sicherstellung, dass die Daten klar strukturiert, dokumentiert und benannt sind, eine einfache Suche und Abfrage ermöglichen und mit den von Anwendern verwendeten KI-Tools kompatibel sind.

› Datenintegrität und Souveränität

- › Sicherstellung, dass Daten ihre wesentlichen Eigenschaften behalten, auch wenn sie auf verschiedenen Plattformen gespeichert, konvertiert, übertragen und betrachtet werden.

› Datensicherheit

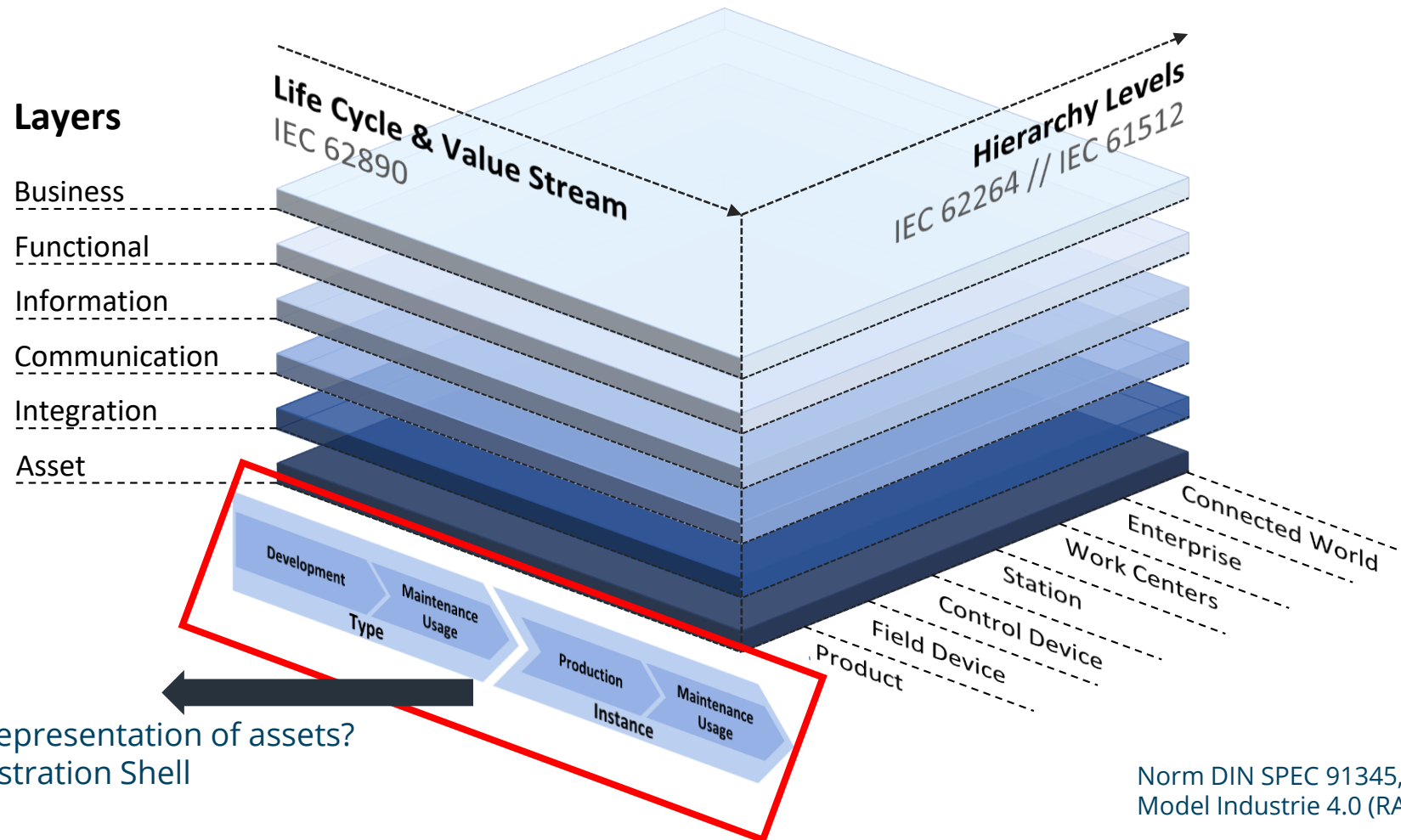
- › Sicherstellung, dass die Daten entsprechend ihrer Empfindlichkeit klassifiziert werden und Definition von Prozessen zum Schutz von Informationen und zur Verhinderung von Datenverlust und -lecks.



*vgl.: Plattform Industrie 4.0 (2019) -
Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“

RAMI 4.0 (DIN SPEC 91345)

Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0

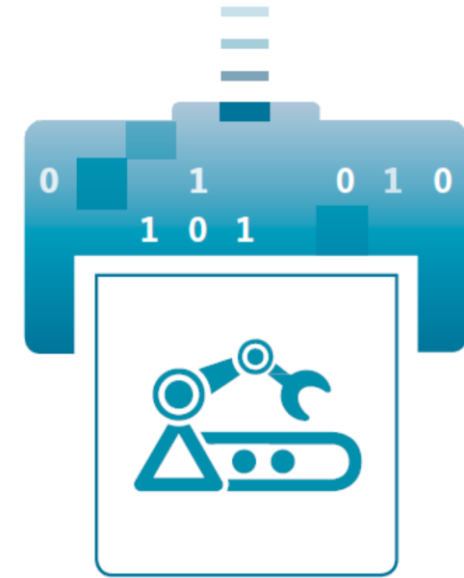


Norm DIN SPEC 91345, "Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)," Beuth, Berlin, 2016.

Industrie 4.0 Asset Administration Shell (AAS)

Asset Administration Shell & Digital Twin

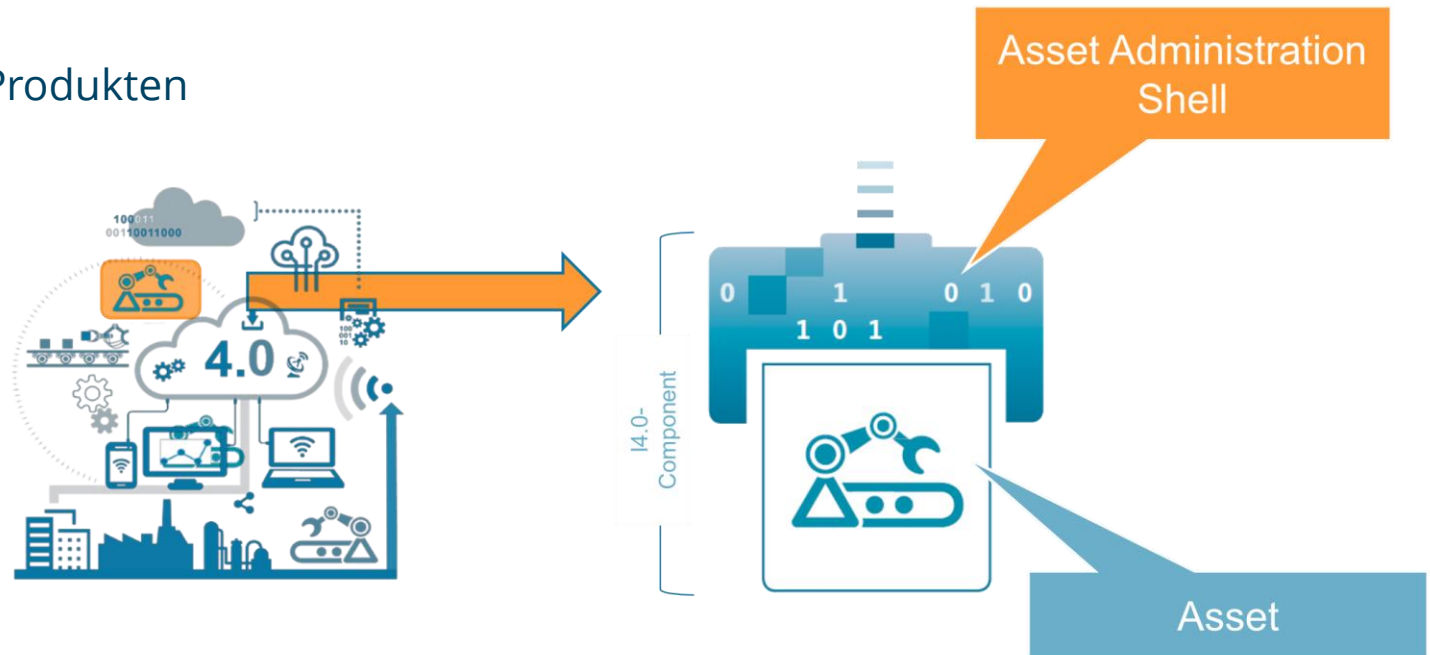
- › AAS ist die Umsetzung des digitalen Zwillings für die Industrie 4.0
 - › AAS schafft herstellerübergreifende Interoperabilität
 - › AAS ist für nicht-intelligente und intelligente Produkte verfügbar
 - › AAS bildet den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Geräten, Maschinen und Anlagen ab
 - › AAS ermöglicht durchgängige Wertschöpfungsketten
 - › AAS ist die digitale Basis für autonome Systeme und KI
 - › Digitale Repräsentation = Informationen, die Merkmale und Verhaltensweisen einer Entität bzw. eines Assets darstellen.
 - › Definition Digitaler Zwilling (Industrial Internet Consortium (IIC) & Plattform I4.0): Digitale Repräsentation, die ausreicht, um die Anforderungen eines Anwendungsfalls oder einer Reihe von Anwendungsfällen zu erfüllen.
- die Asset Administration Shell ist die Implementierung des Digitalen Zwillings für Industrie 4.0



Asset Administration Shell

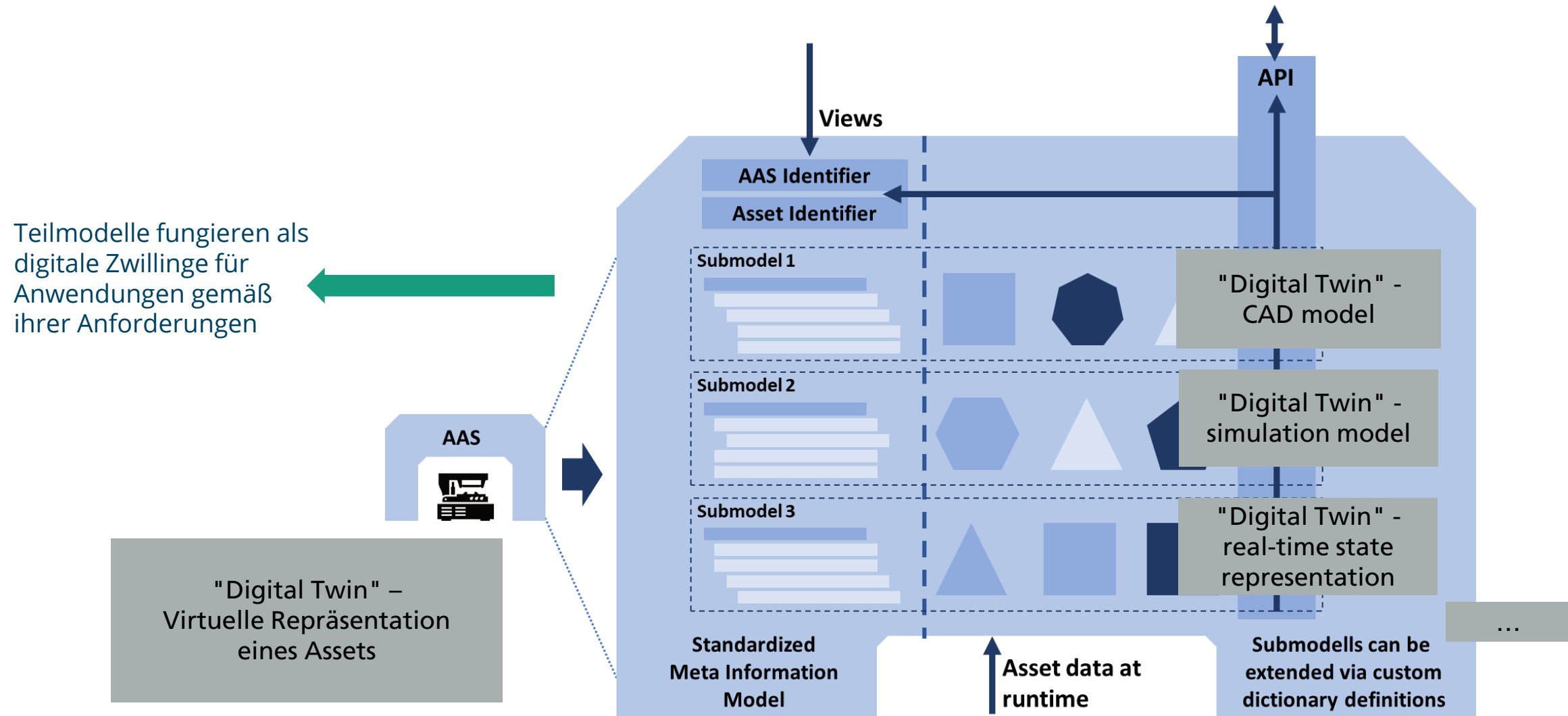
AAS & Asset Beispiele

- › Integration von Assets in die Informationswelt
- › Asset = alles, was eine "Verbindung" für eine Industrie 4.0-Lösung erfordert
- › Maschinen und deren Komponenten
- › Versorgung von Materialien, Teilen und Produkten
- › Austausch von Dokumenten (z.B. Zeichnungen, Schaltpläne)
- › Verträge
- › Bestellungen
- › Datensätze
- › KI-Modelle
- ›

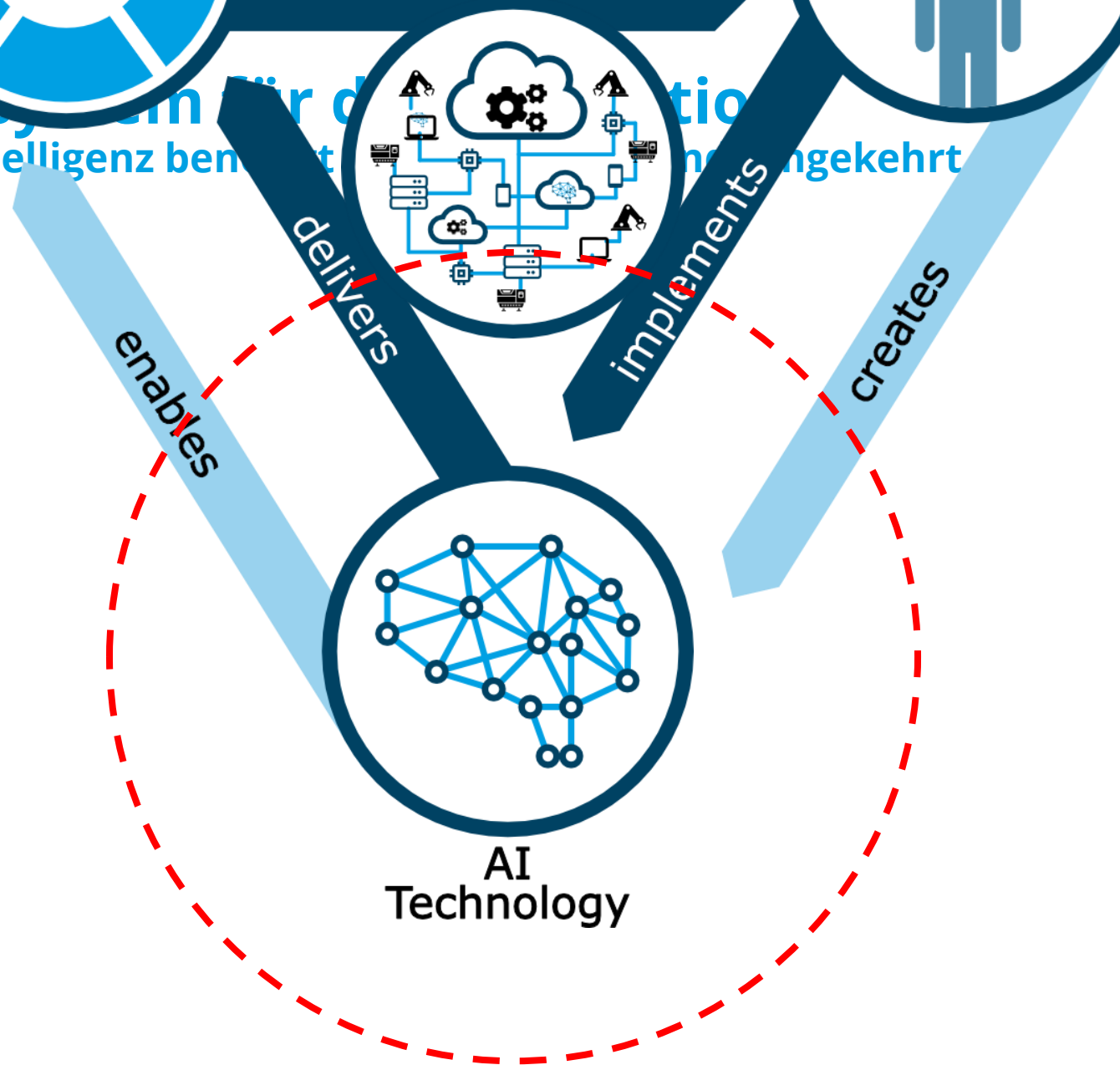


Asset Administration Shell

AAS Struktur & Teilmodelle



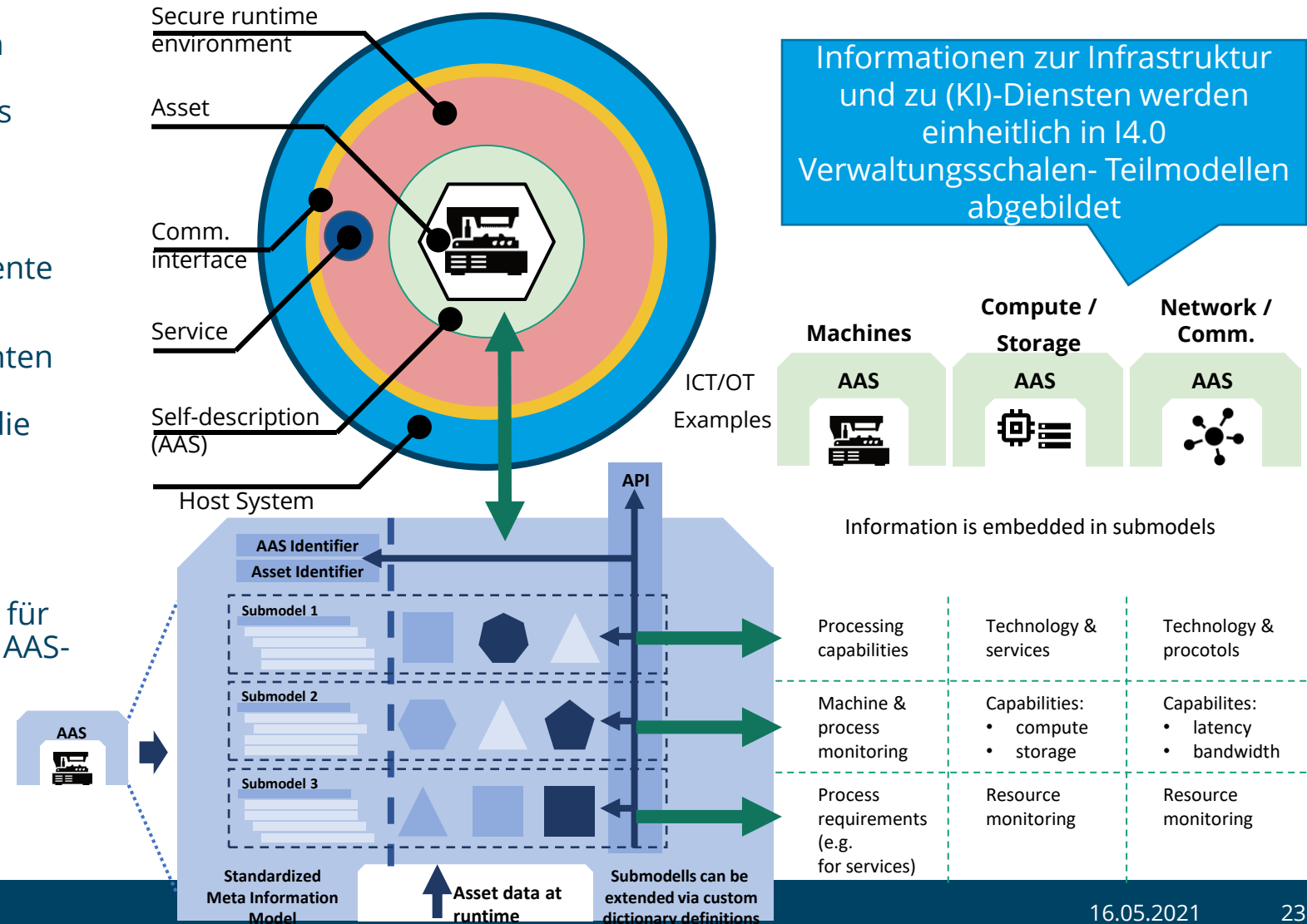
Betriebssystem für die Produktion
Künstliche Intelligenz benutzt die Produktion umgekehrt



Offenheit und Industrie 4.0 Standards

I4.0 Verwaltungsschale und Teilmodelle - Virtualisierung aller Ressourcen und Digitaler Zwilling

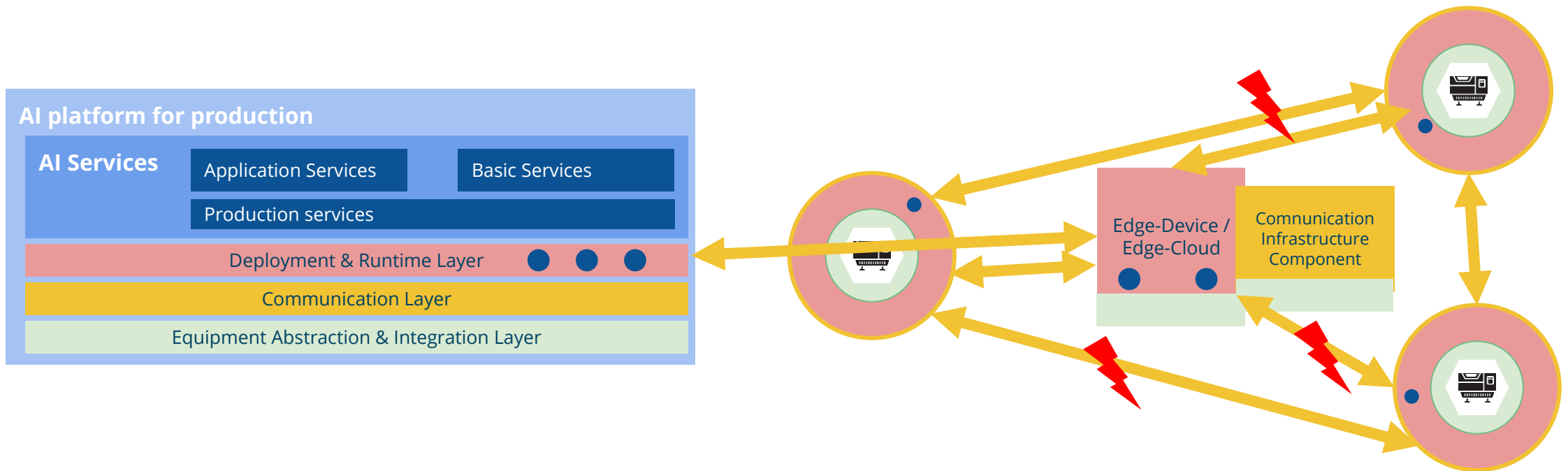
- › ICT- und OT-Komponenten liefern Selbstbeschreibungen auf der Grundlage einheitlicher Standards (AAS & Submodelle).
- › Diese Informationen umfassen statische und dynamische Informationen über die Komponente (Asset).
- › Intelligente OT- und IT-Komponenten als CPPS-Bausteine bieten Rechenfähigkeiten und optional die Möglichkeit, Dienste und Netzwerkfunktionalität über standardisierte Schnittstellen bereitzustellen.
- › Die semantische Interoperabilität für Daten wird durch standardisierte AAS-Teilmodelle gewährleistet.



KI im industriellen Einsatz

Erhöhte Anforderungen an datengetriebene Technologien in industriellen Anwendungen

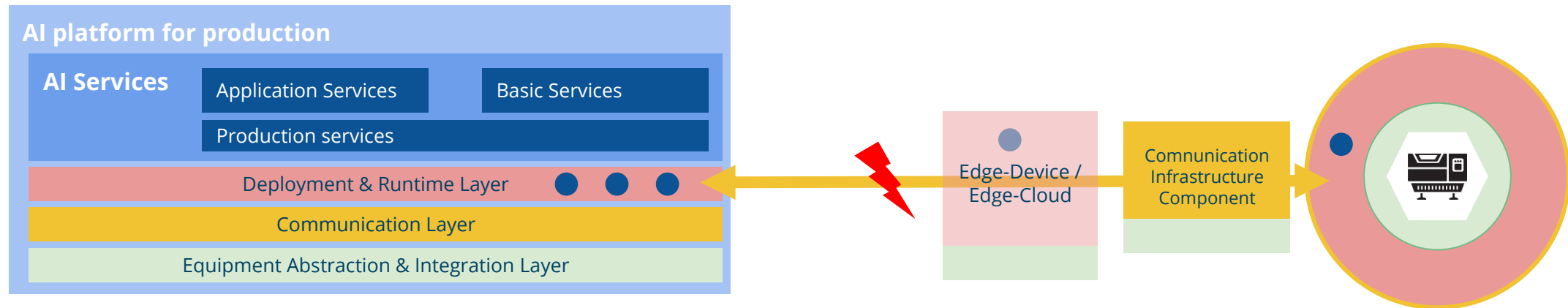
- › Example: vernetztes Lernen, horizontale Vernetzung, Transferlernen ...



KI im industriellen Einsatz

Erhöhte Anforderungen an datengetriebene Technologien in industriellen Anwendungen

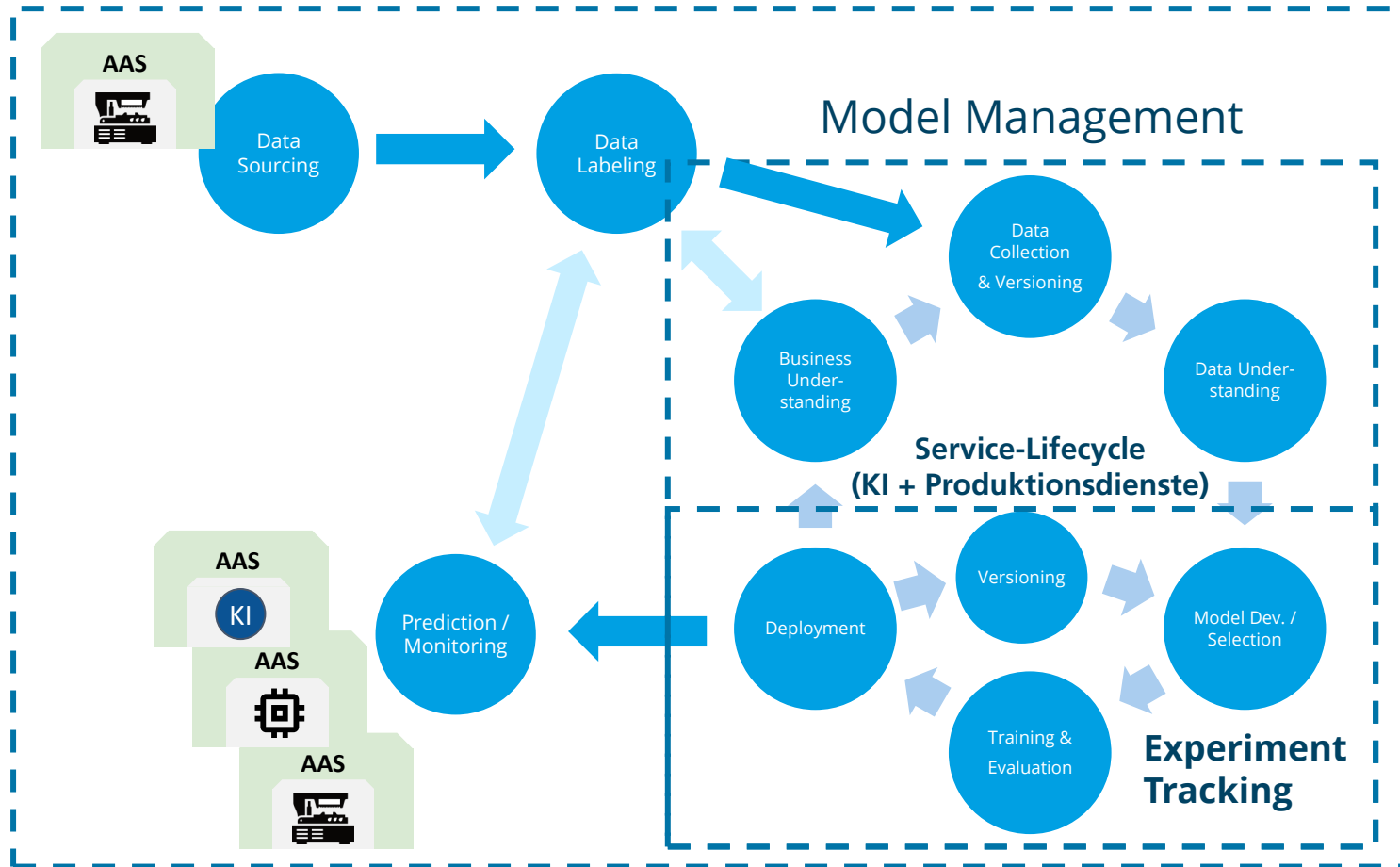
- › Beispiel:
Einfache Prozesssteuerung mit Anforderungen für geringen Latenz
und/oder hoher Bandbreite und Prozessnähe



MLOPS / KI-DevOps

Durchgängige Integration von Daten mit Diensten und datengetriebenen Technologien

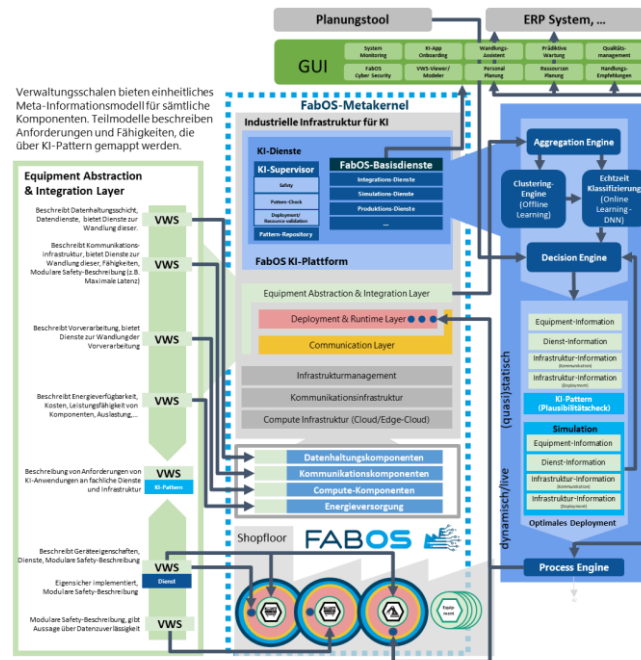
MLOPS / KI-DevOps



Angelehnt an: P. Canuma, "MLOps: What It Is, Why it Matters, and How To Implement it (from a Data Scientist Perspective)," 2021. [Online]. Available: <https://neptune.ai/blog/mlops-what-it-is-why-it-matters-and-how-to-implement-it-from-a-data-scientist-perspective>.

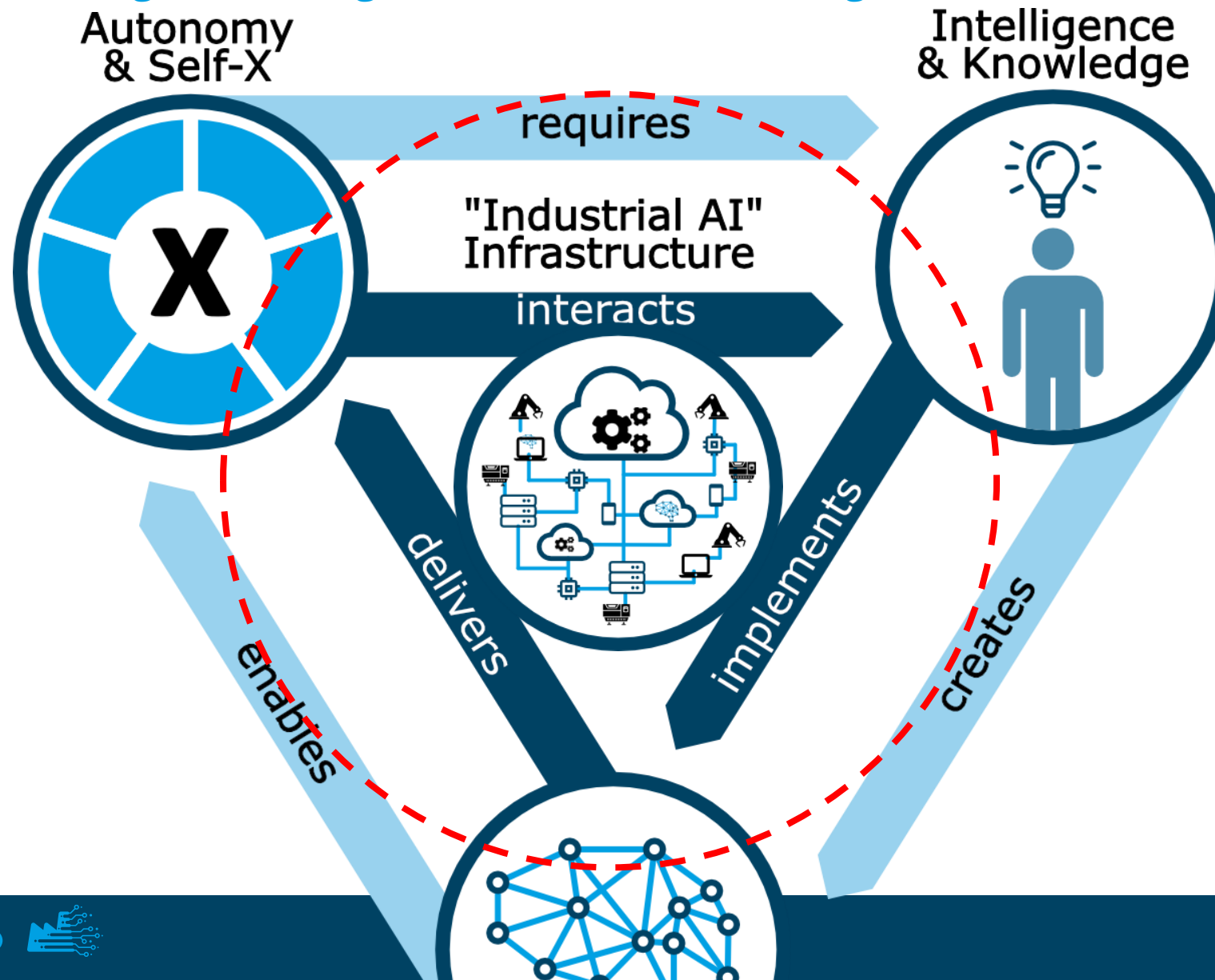
FabOS bietet eine harmonisierte Beschreibung aller Komponenten in der Fabrik und eine Plattform für KI-Dienste, die in einer Gesamtarchitektur aufeinander abgestimmt sind und die Ergebnisse und Lösungsansätze vorhergehender und aktueller Entwicklungen integriert.

- › „FabOS-Device“
 - › Einsatz und Weiterentwicklung von Beschreibungsstandards für sämtliche Komponenten der IKT und OT
 - › Einfache Migration durch einheitliche Schnittstellen



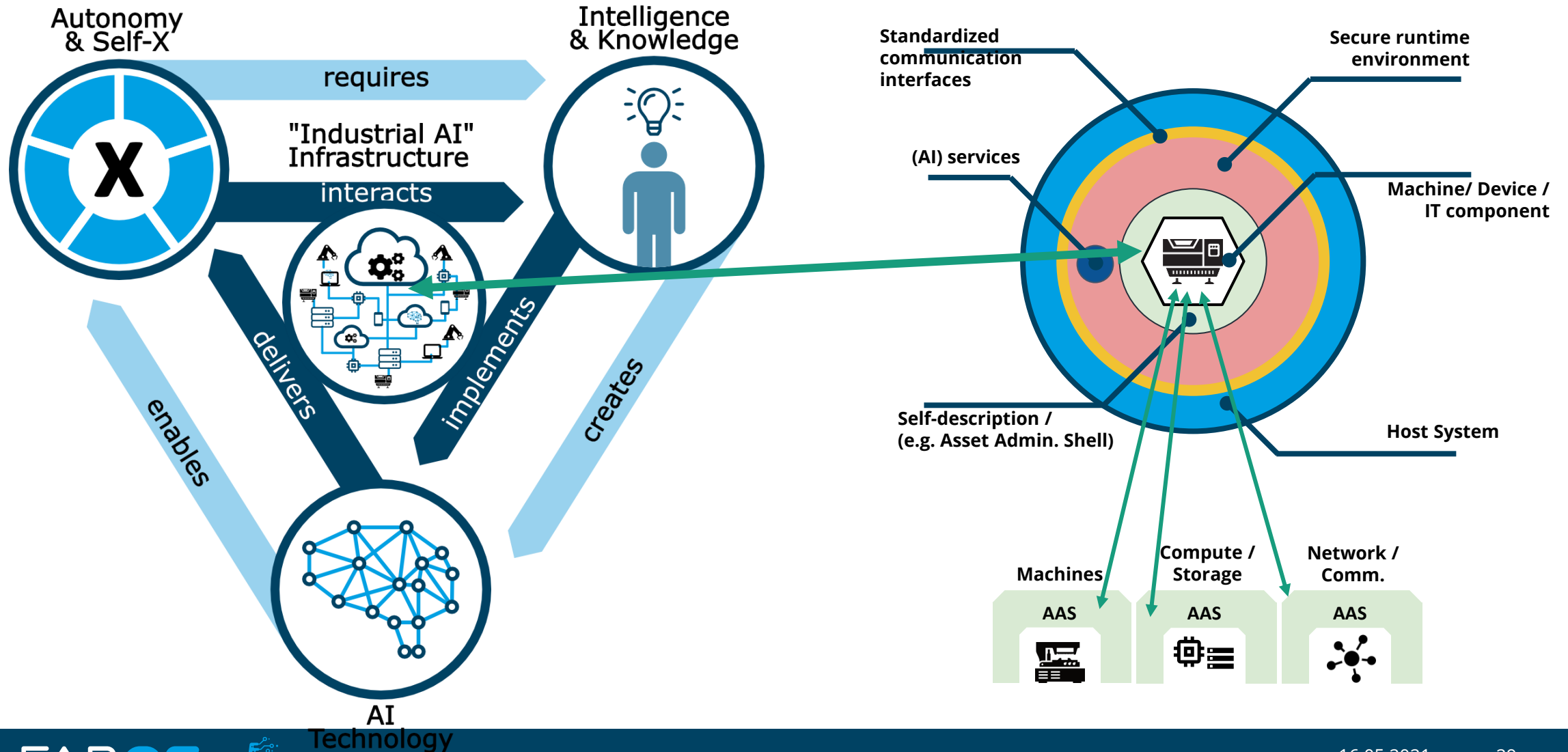
Betriebssystem für die Produktion

Künstliche Intelligenz benötigt Infrastruktur – und umgekehrt



Betriebssystem für die Produktion

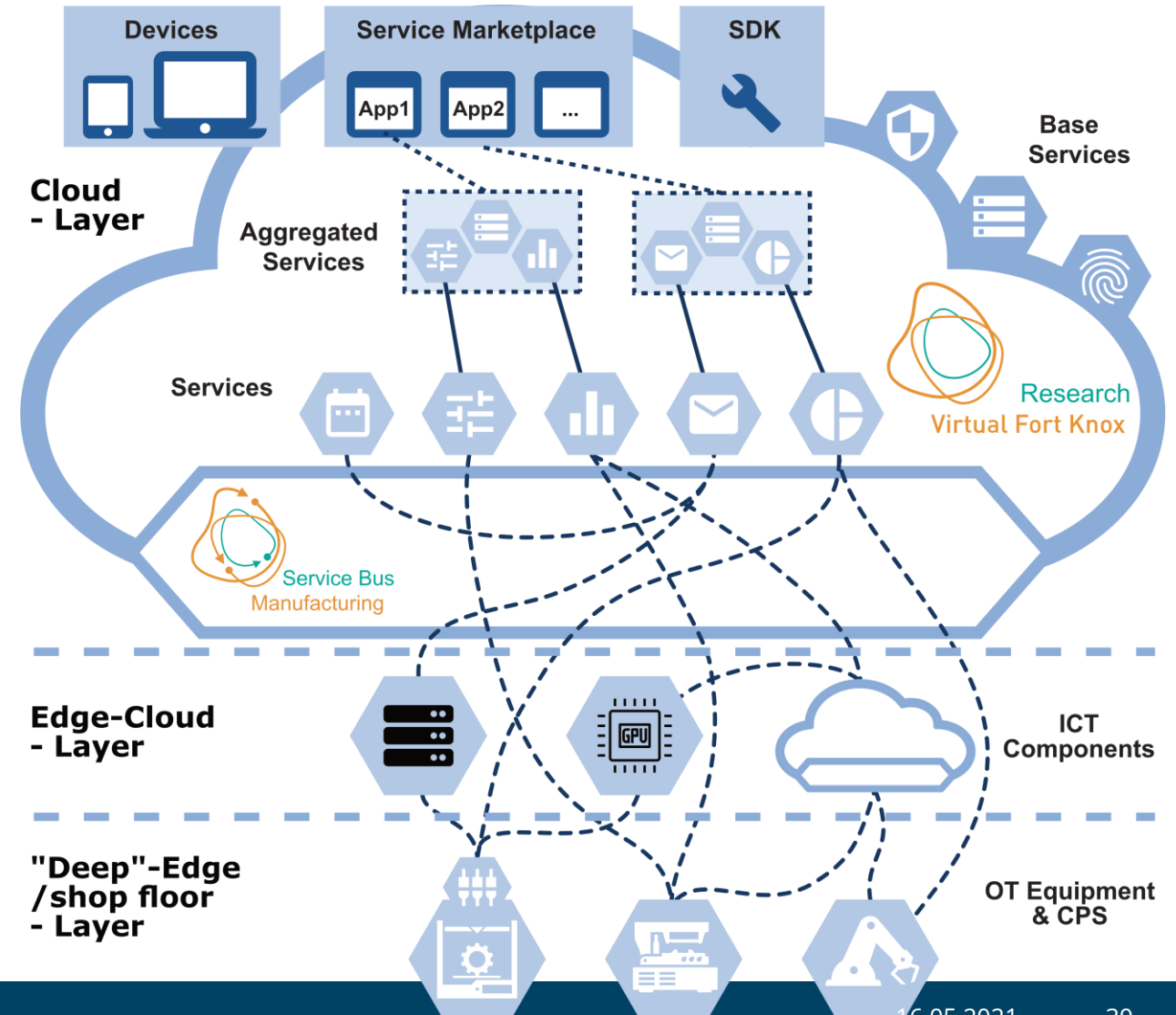
Künstliche Intelligenz benötigt Infrastruktur – und umgekehrt



KI im industriellen Einsatz

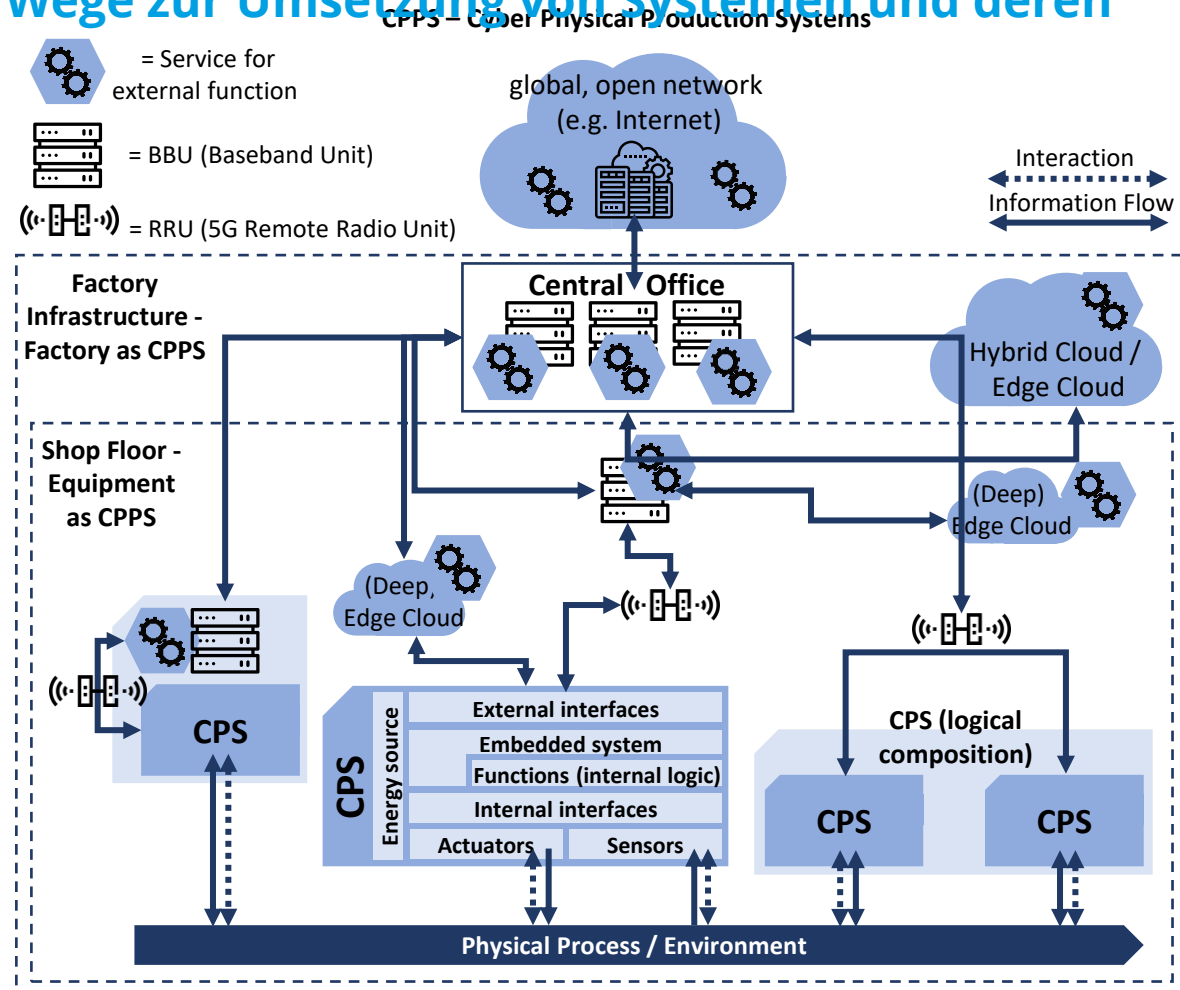
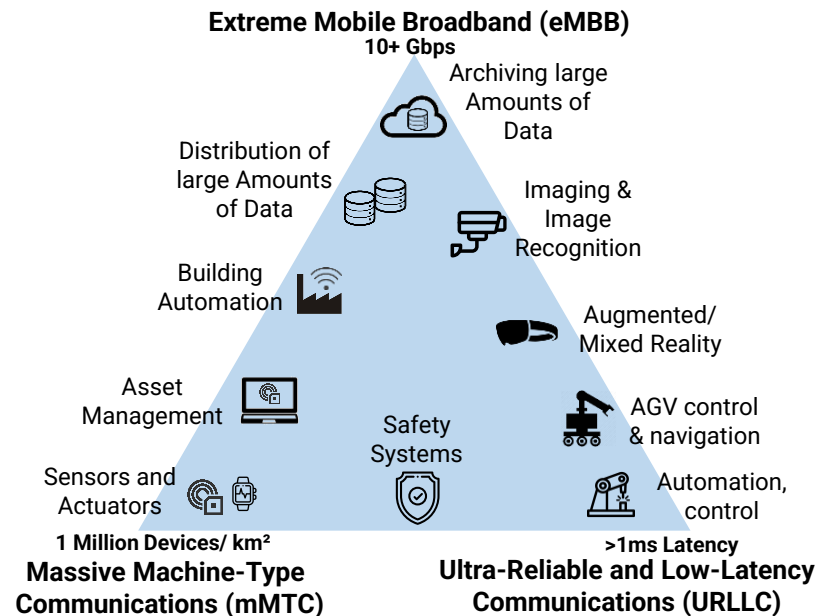
Edge-Cloud-Infrastruktur und CPPS-Komponenten auf allen Ebenen

- › Die Virtual Fort Knox Research Platform ist die Cloud-Infrastruktur und Forschungs- Plattform des Fraunhofer IPA (eine der ersten Verbund-Edge-Cloud-fähigen Plattformen)
- › Der vom Fraunhofer IPA entwickelte Manufacturing Service Bus wird als Integrations-Middleware als Integrationsschicht eingesetzt.
- › Der MSB wurde für den Einsatz mit Selbstbeschreibungen von smarten Objekten und Diensten entwickelt.



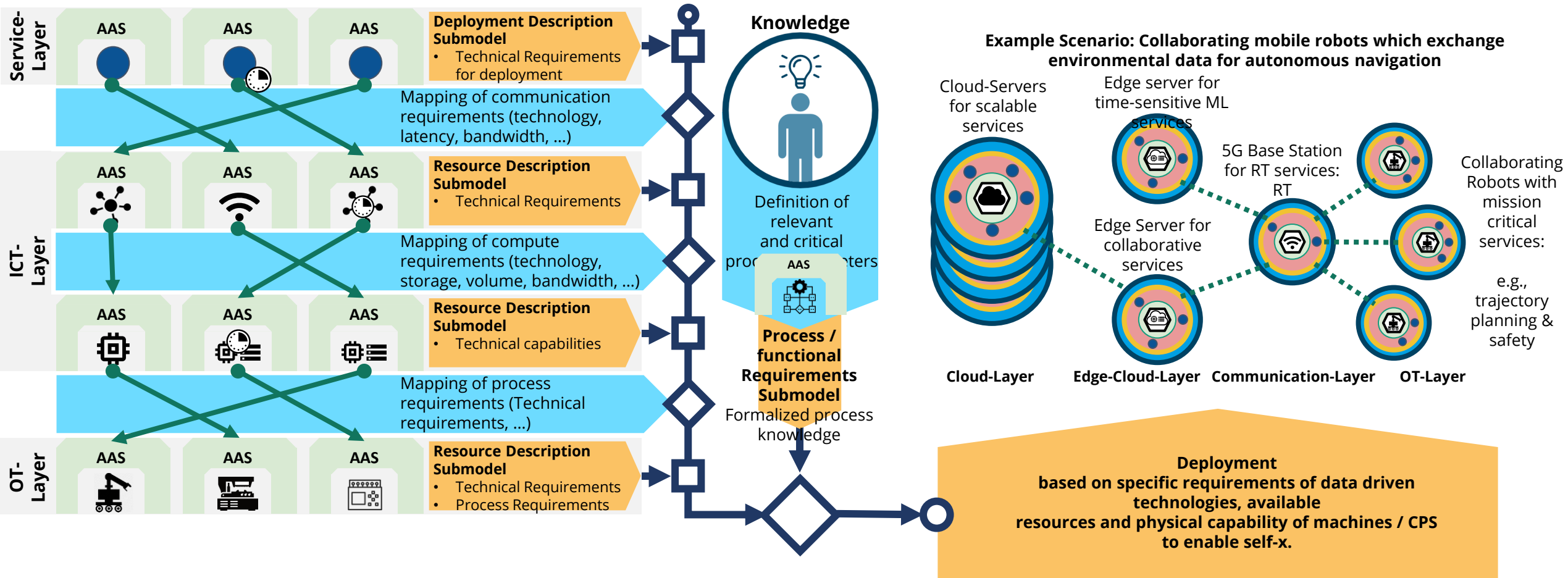
Einführung von 5G (Architekturen) in Fertigungsumgebungen

Neue Technologien ermöglichen neue Wege zur Umsetzung von Systemen und deren Architekturen



Beispielhafter Anwendungsfall

Optimierte dynamische Bereitstellung von Diensten in heterogenen Infrastrukturen

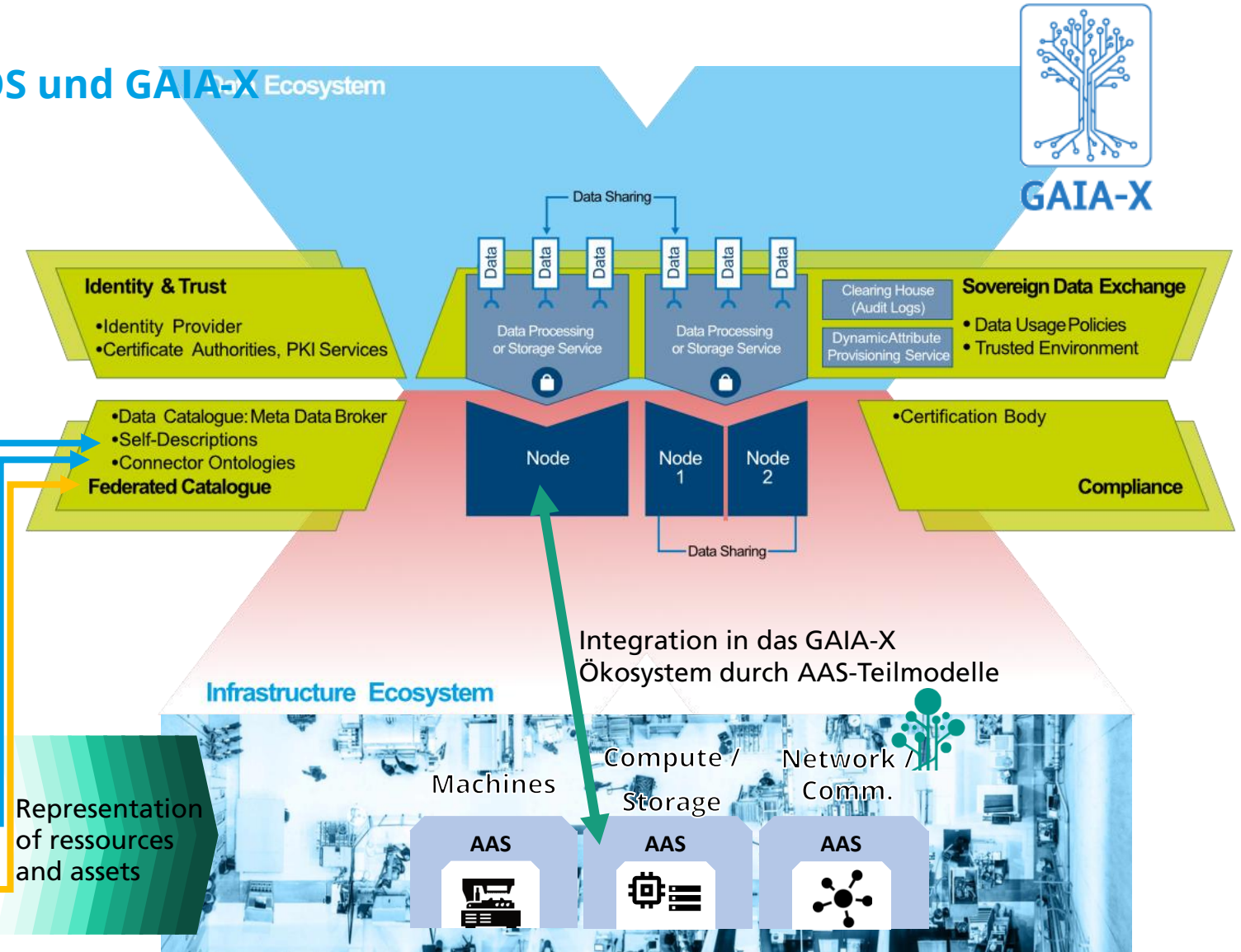
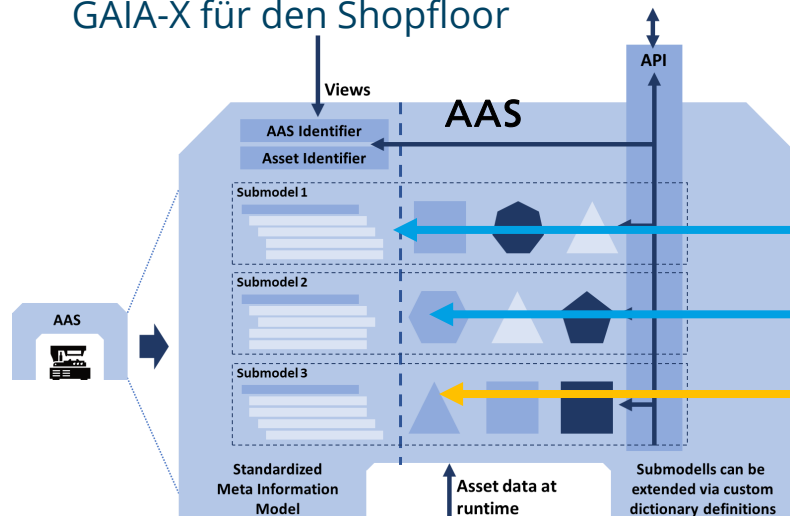


FabOS & GAIA-X

Interoperabilität zwischen FabOS und GAIA-X

- › FabOS-Domänenmodell verschmilzt OT- und IT-Komponenten und differenziert über Fähigkeits- und Anforderungsbeschreibungen der Ressourcen und Dienste
- › Abstimmung der FabOS-Teilmodelle mit GAIA-X Ressourcen-Selbstbeschreibungsschema zum Zweck der Compliance und Interoperabilität

→ FabOS ist eine Erweiterung von GAIA-X für den Shopfloor



Kundennutzen und Alleinstellungsmerkmale

FabOS orientiert sich an den Bedürfnissen der Industrie und den Alleinstellungsmerkmalen im Wettbewerb um nachhaltigen Erfolg sowie technologische Souveränität sicherzustellen

FabOS hat das Bedürfnis der industriellen Kunden nach ...

- ... einer **ganzheitlichen Lösung** für einen optimalen Fabrikbetrieb **aus einer Hand**,*
- ... einer **engeren Zusammenarbeit** im Partner-Netzwerk,*
- ... einer **datengetriebenen Wertschöpfung** und **KI-gestützten Anwendungen**,*
- ... neuen **vernetzen Produkten** und **digitalen Geschäftsmodellen***

erkennt und bietet mit **FabOS** eine Reihe von technischen **Funktionalitäten** und **Alleinstellungsmerkmalen** zur Abgrenzung gegenüber den Wettbewerbern im Markt:

- **Offenes und sicheres Betriebssystem** für produzierende Unternehmen
- Technologische Voraussetzungen für einen flächendeckenden und aufwandsarmen **Einsatz von Künstlicher Intelligenz**
- **Entwicklung von Diensten** zur Unterstützung von KI-nahen Prozessen (Datenaufbereitungsdienste)
- **Echtzeitfähige Infrastruktur** mit einer dynamisch veränderbaren Netz- und Rechenleistung
- Simulationsbasierte Betrachtung der **Wirtschaftlichkeit** eingesetzter Lösungen
- Sicherung der **technologischen Souveränität** deutscher Unternehmen im Bereich Produktion und **industrieller KI**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Daniel Stock

Gruppenleiter IT-Architekturen für die digitale Produktion

Kompetenzzentrum DiglTools in der Produktion

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Fon: +49 (0) 711 970-1215

daniel.stock@ipa.fraunhofer.de

