



IIP-Ecosphere Whitepaper

Aktuelle Industrie 4.0 Plattformen - Eine Übersicht

Christian Sauer, Holger Eichelberger,
Amir Shayan Ahmadian, Andreas Dewes,
Jan Jürjens

White Paper IIP-2020/001



IIP-Ecosphere
Next Level Ecosphere for
Intelligent Industrial Production

Disclaimer

Die Inhalte des Dokuments wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen.

Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Dieses Dokument enthält Material, das dem Urheberrecht einzelner oder mehrerer IIP-Ecosphere-Konsortialparteien unterliegt. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen bei den Urhebern.

Dieses Dokument spiegelt nur die Ansicht der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bzw. der zuständige Projektträger haften nicht für die Verwendung der hierin enthaltenen Informationen.

Veröffentlichung: November/Dezember, 2020 (PDF Version vom Januar 2021) auf <https://www.iip-ecosphere.eu/>

DOI: 10.5281/zenodo.4485756

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Executive Summary

Dieses Whitepaper gibt eine Übersicht über aktuelle Industrie 4.0 Plattformen, insbesondere aus dem Blickwinkel des IIP-Ecosphere-Projekts, das im KI-Innovationswettbewerb vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird. Dabei stehen Themen wie Interkonnektivität, digitale Zwillinge, Offenheit, Sicherheit und die Nutzung von Künstlicher Intelligenz im Kontext der intelligenten Produktion im Mittelpunkt. Das Dokument beschreibt sowohl die Vorgehensweise der Datenermittlung, die Detailergebnisse für einzelne industrielle Plattformen als auch eine zusammenfassende Übersicht. Es werden insgesamt 21 industrielle Plattformen basierend auf öffentlich verfügbaren Dokumenten anhand von 16 Themenfeldern analysiert. Sowohl Plattformen als auch Analysethemen entstammen intensiver Diskussionen der Projektpartner in IIP-Ecosphere.

Die untersuchten Plattformen decken insbesondere die benötigten Grundfunktionen ab. Beispielsweise wird oft eine Vielzahl an Kommunikationsprotokollen bereitgestellt und verschiedenste Cloud-Dienste integriert. Selbst neuere Trends wie Künstliche Intelligenz sind inzwischen in den Plattformbeschreibungen zu finden. Allerdings ist der Funktionsumfang zwischen den Plattformen auch sehr unterschiedlich. Neuere Standards wie OPC-UA, UMATI oder die Industrie 4.0 Verwaltungsschale werden oft nur zurückhaltend, wenn überhaupt eingesetzt, was teilweise der Entwicklungshistorie aber auch strategischen Erwägungen geschuldet sein mag.

Basierend auf der Plattform-übergreifenden Analyse der 16 Themenfelder leiten wir Herausforderungen für zukünftige Plattformen und insbesondere für unsere Arbeit in IIP-Ecosphere ab. Diese umfassen Themen wie offene Ökosysteme, erweiterbare Architekturen mit standardisierten Schnittstellenbeschreibungen, flexible und dynamische Unterstützung für KI-Verfahren, sicherer und vereinheitlichter Datenaustausch (für Data Sharing, Ressource Sharing und Data Usage Control) wie auch durchgängige und konsistente Konfigurierbarkeit, die das Vertrauen des Nutzers in die jeweilige Plattform stärkt. Eine Standardisierung von (einigen) dieser Themen wäre wünschenswert um den Austausch und die Interoperabilität zwischen Plattformen und Plattformökosystemen zu verbessern und Lock-ins zu vermeiden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
1.1	Motivation und Ziele	6
1.2	Interaktion mit anderen Initiativen	7
1.3	Struktur des Dokuments	7
2	Vorgehensweise, Kriterien und Plattformauswahl	8
2.1	Analyse-Themen.....	8
2.2	Plattform-Auswahl.....	13
2.3	Sammlung der Rohdaten	14
2.4	Analyse der Rohdaten.....	15
3	Plattformen im Detail.....	16
3.1	Adamos – Adamos.....	18
3.2	Amazon - AWS IoT	22
3.3	Bosch – Bosch IoT Suite	30
3.4	B&R - Automation mapp Technology	36
3.5	Cisco – Kinetic.....	39
3.6	Deviceinsight – Centersight	44
3.7	Emerson – Plantweb.....	47
3.8	Endress + Hauser – Netilion	50
3.9	General Electrics – Predix	53
3.10	Google – Google Cloud IoT Core	60
3.11	Harting – MICA.....	65
3.12	IBM - Watson IoT Suite	68
3.13	Microsoft - Azure IoT Suite	74
3.14	Oracle – Oracle Cloud IoT	82
3.15	PTC - ThingWorx.....	88
3.16	Recognizer Analytics - Recognizer Analytics IoT Platform	96
3.17	SAP – Leonardo	100
3.18	Siemens – MindSphere	110
3.19	Software AG – Cumolocity.....	118
3.20	S&T – SUSiEtec	121
3.21	Weidmüller - Industrial Analytics	124
4	Evaluation der Plattformen	126
4.1	Übersichtsinformationen.....	126
4.2	Lizenzen	127
4.3	Protokolle.....	127
4.4	Edge	128

4.5	IloT-Geräte	131
4.6	Sicherheit	132
4.7	Datenschutz	133
4.8	Cloud-Nutzung und Skalierbarkeit.....	135
4.9	Digitale Zwillinge / Verwaltungsschale	136
4.10	Datenmanagement, Datenanalyse und KI-Fähigkeiten	138
4.11	Offenheit / Erweiterbarkeit.....	140
4.12	Systematische Konfigurierbarkeit	142
4.13	Ökosystembildung.....	143
4.14	Sonstige Technische Fähigkeiten.....	145
5	Gültigkeitsbetrachtung (Threats to Validity)	148
6	Zusammenfassung	151
7	Referenzen.....	155

1 Einleitung

1.1 Motivation und Ziele

Die Digitalisierung der Industrie trägt zur Leistungsfähigkeit technischer Systeme und deren Prozesse bei, erhöht aber auch deren Komplexität. Zur Digitalisierung der industriellen Produktion werden momentan Ansätze unter den Schlagworten Internet-of-Things (IoT), Industrial Internet-of-Things (IIoT) oder, insbesondere im deutschsprachigen Raum „Industrie 4.0“ (I4.0), entwickelt, eingeführt und weiterentwickelt. Zur Unterstützung der Umsetzung von IoT, IIoT und I4.0 stellen verschiedene Hersteller Software-Plattformen mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung.

Zurzeit ist die Plattform-Landschaft allerdings sehr divers: Die Autoren von [13] benennen mehr als 450 verschiedene IIoT-Plattformen und in [7] ist von 1266 Anbieter-Unternehmen die Rede. Uneinheitliche Schnittstellen und Protokolle [3], fehlende Standardisierung [2, 4, 6, 16], Furcht vor proprietären Umsetzungen [2, 4, 6, 16] oder Bedenken zu Datenhoheit und Geheimhaltung [3, 4, 8, 17] tragen zur weiteren Zerklüftung der Landschaft, zu Inkompatibilitäten zwischen den Plattformen, zu Barrieren beim Einsatz in der Praxis und damit insgesamt zu Innovationshemmnissen bei.

Die Vision des im KI-Innovationswettbewerb des BMWi¹ geförderten Projekts IIP-Ecosphere ist es, einen Innovationssprung im Bereich der industriellen Produktion auf Basis vernetzter, intelligenter, autonomer Systeme zur Steigerung der Produktivität, Flexibilität, Robustheit und Effizienz von Industrie 4.0 bzw. IIoT zu erreichen. Ziel ist es, ein neuartiges Ökosystem – die „Next Level Ecosphere for Intelligent Industrial Production“ – aufzubauen, die eine „nächste Ebene“ der intelligenten Industrieproduktion ermöglicht. Eine Kern-Aktivität in IIP-Ecosphere ist die Erforschung und Realisierung einer unternehmensübergreifenden virtuellen Plattform, die sowohl existierende Geräte und Fabrikinstallationen in herstellerunabhängiger Weise miteinander verbindet, als auch auf diesen Installationen Künstliche Intelligenz (KI) in sicherer und flexibler Weise bereitstellt. Neben der niedrigschwelligen Anwendung von KI-Verfahren sollen KI-Verfahren (bzw. KI-Techniken) möglichst optimal auf (bzw. nahe an) Fertigungsgeräten bereitgestellt werden und mit Plattformdiensten verknüpfbar sein. Die Plattform soll weiterhin eine gemeinsame Nutzung von Daten (Data Sharing) ermöglichen als auch dafür erforderliche Schutz- und Sicherheitsmechanismen bereitstellen.

Vor der Planung und Umsetzung einer derartigen Plattform ist es unerlässlich, das Angebot aktueller IIoT-Plattformen zu verstehen, sowohl im Sinne der in der Praxis üblichen Funktionalitäten, der innovativen Weiterentwicklung bestehender Konzepte als auch der Identifikation von Lücken und Problemen bei existierenden Plattformen. Allerdings ist es nicht das Ziel von IIP-Ecosphere, nur eine weitere Plattform zur bestehenden Landschaft hinzuzufügen. IIP-Ecosphere wird eine sogenannte **virtuelle Plattform** [20] entwickeln, d.h., Plattformdienste existierender, bereits installierter Protokolle und Plattformen aufgreifen, geeignet integrieren und auf dieser Grundlage zusätzliche, innovative Dienste anbieten. Um die Möglichkeiten und Erfordernisse initial zu identifizieren, haben wir in der Wettbewerbsphase des KI-Innovationswettbewerbs bereits einen Vergleich von IIoT-Plattformen erstellt, der sich allerdings mehr auf die Exploration der aktuellen Landschaft und auf die umsatzstärksten Plattform-Hersteller konzentrierte. Der **Beitrag dieses Whitepapers** ist eine Übersicht aktueller und relevanter Industrie 4.0 Plattformen im Rahmen des Kontexts von IIP-Ecosphere sowie eine Systematisierung von Fähigkeiten und Eigenschaften aktueller Plattformen, aber auch die Identifikation von Lücken im Sinne noch nicht bereitgestellter (aber wünschenswerter) Fähigkeiten.

Diese Plattformübersicht dient als Grundlage für die Entwicklung einer Vision für die IIP-Ecosphere Plattform und, anschließend, der Definition von Anforderungen sowie des Designs dieser übergreifenden virtuellen Plattform. Dies ist auch die Motivation für die Detaillierung und Erweiterung des ursprünglichen Vergleichs von 10 Plattformen auf weitere Plattformen wie auch der Erweiterung

¹ <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/ki-innovationswettbewerb.html>

auf zusätzliche Analysethemen, die sich aus den Diskussionen in IIP-Ecosphere ergeben haben. Insgesamt werden in diesem Whitepaper 21 IIoT-Plattformen hinsichtlich 16 Themenfeldern untersucht. Dieses Whitepaper dokumentiert die Fähigkeiten der einzelnen Plattformen und bietet zudem eine übersichtliche Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.

1.2 Interaktion mit anderen Initiativen

Existierende IIoT-Plattformen werden im Spannungsfeld von geschäftlichen Interessen, Standardisierungsbemühungen und Kundenwünschen entwickelt. Zu Initiativen in diesem Bereich gehören insbesondere:

- **Industrie 4.0 Standards und Spezifikationen**, die eine Interaktion von Industrie 4.0 Geräten und Plattformen erreichen wollen. Beispiele für Standards in diesem Bereich sind RAMI 4.0 [19], Verwaltungsschale [1, 24] oder OPC-UA² oder oneM2M³.
- **Open Source Initiativen**, die Standards und Spezifikationen umsetzen, wie z.B., das BaSys-Projekt⁴ für Verwaltungsschalen oder Protokolle bzw. Dienste im Eclipse IoT Ökosystem⁵.
- Diverse **Plattformübersichten** sind verfügbar, wie z.B. kurze Zusammenfassungen [5, 10, 22], größere Sammlungen [13], Marktanalysen [9] oder wissenschaftliche Übersichten [11, 18], letztere allerdings mit vergleichbar wenig Analysedimensionen. Eine direkt verwandte Arbeit ist die Marktstudie des Fraunhofer IAO aus dem Jahr 2017 [7]. Auf den ersten Blick adressieren die vorliegende Arbeit und [7] sehr ähnliche Analysethemen. Allerdings gibt es auch signifikante Unterschiede, z.B., erfassen wir Themen wie „Künstliche Intelligenz“, Edge-Computing oder systematische Konfigurierbarkeit. Weiterhin wurden in [7] die Informationen über die Plattformen in offener, direkter Interaktion mit den Herstellern erhoben, während unsere Analyse auf Hersteller-Dokumenten beruht.

Das vorliegende Whitepaper fokussiert zwar ebenfalls auf den Eigenschaften relevanter IIoT-Plattformen, analysiert diese aber insbesondere dabei aus dem Blickwinkel des IIP-Ecosphere-Projekts. Dabei überschneiden sich die analysierten Plattformen und Analyse-Themen zwar teilweise mit anderen Arbeiten, dennoch rechtfertigt die Zusammenstellung der Plattformen, die Auswahl der Analysedimensionen und die Vorgehensweise eine eigenständige Analyse.

1.3 Struktur des Dokuments

Dieses Dokument ist wie folgt strukturiert: Im nächsten Kapitel beschreiben wir die Vorgehensweise zur Ermittlung der Ergebnisse, insbesondere die bei der Datensammlung verwendeten Analyse-Themen sowie die Auswahl von Plattformen. In Kapitel 3 wenden wir die Analyse-Themen auf die einzelnen Plattformen an und beschreiben die Ergebnisse für jede Plattform. Kapitel 4 fasst die Einzelergebnisse in Form von Tabellen, Grafiken und Diskussionen zusammen und diskutiert diese. Kapitel 5 beleuchtet die Gültigkeit des Ansatzes und der Ergebnisse (threats to validity). Kapitel 6 beschließt dieses Dokument und gibt Ausblicke auf die nächsten Arbeiten in IIP-Ecosphere. Kapitel 7 listet Arbeiten, die in diesem Dokument verwendet und referenziert werden.

² <https://opcfoundation.org>

³ <https://www.onem2m.org/>

⁴ <https://www.basys40.de/>

⁵ <https://iot.eclipse.org/>

2 Vorgehensweise, Kriterien und Plattformauswahl

Das Ziel dieser Arbeit ist eine systematische und objektive Übersicht der Fähigkeiten aktueller IIoT-Plattformen⁶ für Industrie 4.0 Anwendungen. Zur Planung und Durchführung einer derartigen Übersicht gehören:

1. Die **Definition von Themen** bzw. Fragestellungen auf die die einzelnen Plattformen hin untersucht werden sollen. Dabei geht es sowohl um angebotene Funktionen aber auch um wünschenswerte, ggf. noch nicht vorhandene Funktionen, wobei wir hier den Blickwinkel von IIP-Ecosphere auf KI-unterstützte Produktion in Industrie 4.0 zugrunde legen.
2. Die **Auswahl konkreter Plattformen**. Die Menge von Plattform-Kandidaten ist sehr groß. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sind mehr als 450 verschiedene IIoT-Plattformen [13] bzw. mehr als 1266 Anbieter [7] bekannt. Eine Analyse all dieser Plattformen würde zwar eine umfassende Übersicht bieten, ist aber im Rahmen der Möglichkeiten und der Ziele von IIP-Ecosphere weder durchführbar noch zielführend. Daher beschränken wir uns auf eine pragmatische Auswahl, die einerseits die umsatzstärksten Hersteller umfasst – diese wurden bereits in der ursprünglichen Analyse der Wettbewerbsphase berücksichtigt - als auch andererseits Plattformen, die aufgrund der Erfahrung der Projektpartner als besonders interessant für das Projekt angesehen werden.
3. Die **Sammlung der Rohdaten** der einzelnen Plattformen. Hierzu haben die Autoren die jeweiligen Herstellerseiten nach Informationen und Dokumenten durchsucht, diese hinsichtlich der zuvor definierten Themen und Fragestellungen analysiert und die Informationen aufgezeichnet.
4. Die **Analyse der Rohdaten**, d.h., eine Zusammenfassung der Daten in Form von Übersichten und eine Diskussion bzw. Interpretation der aggregierten Daten.

In den folgenden vier Unterkapiteln detaillieren wir diese Schritte.

2.1 Analyse-Themen

Um die vorhandenen und (aus dem Blickwinkel von IIP-Ecosphere) wünschenswerten Fähigkeiten zu erfassen, haben wir in Diskussion mit interessierten IIP-Ecosphere-Partnern (insbesondere in den Projektteilen⁷ Think Tank Plattformen und KI-Accelerator) eine Liste relevanter Themen erstellt. Neben allgemeinen Informationen über die Plattform und Hinweisen auf einschlägige Standards (siehe auch Abschnitt 1.2) sind Grundfunktionalitäten wie Sicherheit, Kommunikationsprotokolle, Offenheit, Erweiterbarkeit, Nutzung Digitaler Zwillinge [23], Geräte-Management oder Cloud-Anbindung für diese Übersicht relevant. Aus dem besonderen Blickwinkel von IIP-Ecosphere kommen weitere Themen wie Edge/Fog-Computing, Software-Deployment, (systematische) Konfigurierbarkeit, Datenschutz, Datensicherheit, KI-Unterstützung oder Fähigkeiten zur Ökosystembildung hinzu.

In diesem Abschnitt führen wir alle Analyse-Themen ein. Für jedes Analyse-Thema wurde eine kurze Erklärung bzw. einige Beispielfragen formuliert, so dass das Ziel der jeweiligen Themen erläutert und damit die Einheitlichkeit der Datensammlung unterstützt wird. Für einige Themen ist es sinnvoll, das jeweilige Thema durch Unterthemen zu strukturieren. Es ist durchaus denkbar, dass einzelne Plattformen in anderen Themenbereichen interessante Fähigkeiten anbieten, die durch die hier ausgewählten Analyse-Themen nicht abgedeckt sind. Diese Fähigkeiten werden im generischen Analyse-Thema „sonstige technische Fähigkeiten“ (T16) erfasst. Da wir hier keine Strukturierung vorgeben und es sich um Zusatzinformationen handelt, entscheidet der bearbeitende Autor über die

⁶ Da unser Fokus auf IIoT liegt, verwenden wir im Rest des Dokuments im Wesentlichen nur den Begriff IIoT und meinen implizit IoT an Stellen, wo diese Verallgemeinerung sinnvoll ist.

⁷ Alle Projektteile werden z.B. auf <https://www.iip-ecosphere.eu/> vorgestellt.

Erfassung. Zudem kann es sein, dass in den zu analysierenden Hersteller-Unterlagen für einige Themen keine Informationen identifiziert werden können. Dies wird in der Präsentation der Rohdaten pro Plattform in Kapitel 3 durch „Keine Informationen verfügbar“ gekennzeichnet. Falls dies für alle Unterthemen eines Themas zutrifft, kann die Strukturierung in Unterthemen weggelassen werden und die Kennzeichnung „Keine Informationen verfügbar“ direkt auf Ebene des übergreifenden Analyse-Themas verwendet werden. Ebenso kann die Strukturierung weggelassen werden, falls in den Hersteller-Unterlagen nicht genügend Informationen für die jeweiligen Unterthemen identifiziert werden können.

Im Folgenden detaillieren wir die oben kurz aufgelisteten Analyse-Themen. In Kapitel 3 werden wir die Ergebnisse für die einzelnen Plattformen in der hier gegebenen Reihenfolge präsentieren. Kapitel 4 greift die Reihenfolge ebenfalls auf, um die Ergebnisse über Plattformen hinweg zusammenzufassen und zu analysieren.

T1. Übersicht

Allgemeine Informationen über die Plattform und den Plattformhersteller bzw. -betreiber.

- a) **Plattformname**
Name der Plattform
- b) **Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber**
Name des Anbieters/Betreibers, Sitz des Anbieters
- c) **Zusammenfassung des Anbieters**
Möglichst technische und weniger Marketing-orientierte Aussagen des Anbieters zur Plattform, ggf. als Zitat.
- d) **Plattformbestandteile**
Bestandteile der Plattform, etwa Middleware oder dedizierte Komponenten wie Gerätemanager oder Analysewerkzeuge.
- e) **Online-Marktplatzplattform**
Kann die Plattform als Online-Marktplatz verwendet werden?
- f) **Mobilitätsplattform**
Kann die Plattform für Mobilitätslösungen, etwa Flottenmanagement, eingesetzt werden?
- g) **B2B Kontext**
Zielt die Plattform ausschließlich auf Industriekunden?
- h) **B2C Kontext**
Können auch Endverbraucher die Plattform nutzen?
- i) **Plattformnutzer**
Wer nutzt die Plattform? Welche Branchen nutzen die Plattform?
- j) **Einsatzgebiete**
In welchen Bereichen ist die Plattform bisher angewendet worden?
- k) **Verbreitung**
Wie stark und von welcher Art Kunden wird die Plattform angewandt? Ggf. (auszugsweise) Auflistung der Kunden falls in den Materialien benannt.

T2. Lizenzinformationen

Informationen zu den Lizenzen der in der Plattform angebotenen Softwarelösungen.

Informationen zu Lizenzen hinsichtlich ggf. in der Plattform verwendeter Open Source Software.

T3. Protokolle

Welche Kommunikationsprotokolle werden von der Plattform unterstützt? Welche IIoT-/IoT-spezifischen Kommunikationsprotokolle werden von der Plattform unterstützt? Gibt es spezielle Hardware- oder Softwarelösungen zur Anbindung von Geräten bzw. Protokollen?

T4. Edge-Unterstützung

Edge- bzw. Fog-Geräte bringen IT-Fähigkeiten näher an die Produktionstechnik. Neuerdings werden IT- und OT-Technologien [14] gemeinsam verbaut, z.B., um Echtzeitfähigkeit auf der OT-Seite mit weiteren nicht-echtzeitfähiger Verarbeitung auf der IT-Seite zu kombinieren.

a) Überblick

Wie werden Edge (oder Fog)-Geräte in der Plattform verwendet? Welche Rolle spielen Edge-Geräte im Kontext der Plattform? Gibt es Edge-spezifische Komponenten in der Plattform? Was sind die Aufgaben von Edge-spezifischen Komponenten in der Plattform?

b) Kommunikation

Wie und über welche Kanäle kommunizieren Edge-Geräte mit angeschlossenen IIoT-Geräten, der Plattform selbst oder möglichen Diensten von Drittanbietern? Können Edge-Geräte bidirektional kommunizieren, also sowohl Daten an, z.B. die Plattform streamen als auch Befehle von den Diensten und Applikationen der Plattform entgegennehmen?

c) Speichernutzung

Welche Möglichkeiten zur Speicherung von Daten angeschlossener IIoT-Geräte können durch Edge-Geräte genutzt werden?

d) Besondere Fähigkeiten

Bietet die Plattform Edge-Geräten besondere Möglichkeiten und/oder Dienste an? Können Berechnungen auf Edge-Geräten ausgeführt werden? Können Edge-Geräte in der Plattform so von Kunden genutzt werden, dass die Kunden besondere (eigene) Lösungen für sich entwickeln können?

T5. IIoT-Geräte

Fähigkeiten der Plattform zu Unterstützung „klassischer“ IIoT-Geräte, insbesondere Geräte ohne Edge-/Fog-Fähigkeiten.

a) Geräte-Verbindungen (Device connectivity)

Welche Möglichkeiten bietet die Plattform zur physischen Verbindung von IIoT-Geräten? Welche Möglichkeit bietet die Plattform zur Integration/Verbindung mit Geräten in anderen Plattformen?

b) Geräte-Management (Device management)

Welche Möglichkeiten zum Management von IIoT-Geräten bietet die Plattform?

c) Deployment / Softwarebereitstellung

Wie erfolgt das Deployment von Software/Software-Updates auf den IIoT-Geräten? Wie wird Software innerhalb der Plattform zur Verfügung gestellt? Wie werden Dienste innerhalb der Plattform zur Verfügung gestellt?

T6. Sicherheit

Welche Sicherheits-Standards und -Techniken werden von der Plattform verwendet/unterstützt? Gibt es besondere Sicherheitslösungen innerhalb der Plattform? Gibt es spezifische Sicherheitstechniken für Edge- bzw. Fog-Geräte? Werden personenbezogene Daten verarbeitet?

T7. Datenschutz

Welche technischen oder organisatorischen Maßnahmen (wie z. B. Pseudonymisierung, oder Anonymisierung) sind vorhanden um Datenschutzgrundsätze (DSGVO⁸ Artikel 5 – Transparenz, Zweckbindung, Datenminimierung, Richtigkeit, Speicherbegrenzung, Integrität und Vertraulichkeit) wirksam umzusetzen?

T8. Cloud Nutzung

Bietet die Plattform die Nutzung einer eigenen Cloud oder von Clouds von Drittanbietern an und falls ja, welche Möglichkeiten zur Cloudnutzung werden angeboten? Ist die Plattform möglicherweise nur innerhalb einer (speziellen) Cloud verfügbar bzw. nutzbar oder sind auch lokale (on-premise) Installationen möglich?

T9. Skalierbarkeit

Können kundeneigene IIoT/IoT-Anwendungen innerhalb der Plattform skalieren? Wie gut lässt sich eine IIoT/IoT- Anwendung innerhalb der Plattform skalieren? Gibt es technische Merkmale der Plattform die eine Skalierung besonders unterstützen?

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

Digitale Zwillinge [23] werden im Industrie 4.0 Umfeld verwendet um Informationen (sowie Simulationen) von Assets wie Maschinen aber auch Produkten in digitaler Weise verfügbar zu machen, d.h., Informationen auszulesen oder auch Assets zu steuern. Verwaltungsschalen (Asset Administration Shells, AAS) [1, 24] sind als einheitliche Schnittstelle für Digitale Zwillinge in der Industrie 4.0 vorgesehen.

a) Digitale Zwillinge

Bietet die Plattform die Modellierung und Nutzung von Digitalen Zwillingen (Digital Twins) an? Gibt es besondere Eigenschaften im Ansatz der Modellierung und Verwendung von Digitalen Zwillingen in der Plattform?

b) AAS (Verwaltungsschale)-Ansatz verwendet für IoT-Geräte

Gibt es in der Plattform bzw. in der Dokumentation zur Plattform einen Bezug von IoT-Geräten zum Konzept der Verwaltungsschale im Kontext von Industrie 4.0?

c) AAS (Verwaltungsschale)-Ansatz verwendet in Edge-Geräten

Gibt es in der Plattform bzw. in der Dokumentation zur Plattform einen Bezug von Edge-Geräten zum Konzept der Verwaltungsschale im Kontext von Industrie 4.0?

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

Bietet die Plattform Möglichkeiten zur Sammlung, Analyse und zum Management von IoT-Daten? Falls ja, welche Verfahren und Dienste bietet die Plattform? Können plattformfremde Datenströme von Kunden verwendet werden?

T12. Angebotene KI-Techniken

Welche KI-Techniken (z.B. Anomalie-Erkennung oder regelbasierte Auslösung von Events auf IoT-Geräten) bietet die Plattform an? Können kundeneigene KI-Techniken in der Plattform angewendet werden? Können KI-Techniken von Drittanbietern verwendet werden?

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

Die Plattformentwicklung kann nicht alle denkbaren Einsatzmöglichkeiten abdecken und dafür Software-Komponenten anbieten. Daher ist es oft der Fall, dass Schnittstellen oder andere Möglichkeiten der Offenheit bzw. Erweiterbarkeit angeboten werden. Während dies bei den Protokollen (T3) sehr häufig der Fall ist (und dort erwähnt werden soll), ist das bei anderen Themen

⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenschutz-Grundverordnung>

wie Datenverarbeitung ggf. nicht selbstverständlich. Im Gegensatz zur Ökosystembildung (T15) liegt der Fokus hier mehr auf Hersteller-Erweiterungen bzw. kundeneigene Erweiterungen.

a) Store

Verfügt die Plattform über einen eigenen Online-Marktplatz, Vertriebsplattform, für die von der Plattform angebotenen Software-Lösungen und/oder Dienste?

b) Unterstützung des Apps-Managements für/durch Entwickler

Werden Entwickler bei der Entwicklung und beim Management von Applikationen innerhalb der Plattform unterstützt und falls ja, wie ist diese Unterstützung realisiert?

c) Möglichkeit der Verwendung von „externen“ Algorithmen oder „externer“ Daten

In wie weit können Algorithmen, etwa Analyseverfahren, die nicht von der Plattform angeboten werden, von Kunden eigenständig in der Plattform verwendet bzw. in die Plattform integriert werden? In wie weit können Daten, die nicht aus der Plattform stammen/in der Plattform erhoben werden, in der Plattform verwendet werden?

d) KI-Schnittstellen

Bietet die Plattform Schnittstellen zu plattformeigenen KI-Verfahren an? Können hier kundeneigene Verfahren verwendet werden?

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Inwieweit können die Plattform selbst bzw., deren Applikationen und Dienste von Kunden konfiguriert werden, um kundenspezifische Bedarfe/Szenarien zu realisieren? Es gibt diverse Möglichkeiten um systematische Konfigurierbarkeit zu realisieren. Diese reichen von „einfachen“ (ggf. nicht so systematischen) Konfigurationsdateien bis hin zu Konfigurationsmodellen (im Extremfall Software-Produktlinien, z.B. [21]). Gesucht sind Aussagen, die auf (systematische) Konfigurierbarkeit hinweisen, die jenseits von Programmierbarkeit via APIs, Freischalten neuer Dienste oder dem Aufspielen/Austauschen von Software auf Geräten liegen.

T15. Ökosystembildung

Plattformen können die Möglichkeit vorsehen, ein Ökosystem zu bilden. Oft entstehen dabei Erweiterungen und Dienste rund um die Plattform, d.h., aufgrund von Erweiterungsmechanismen wie z.B. in T13. Hier zielen wir aber spezifisch auf die Interaktion zwischen Plattformen, Integration von Drittanbieterlösungen bzw. gemeinsame Referenzarchitekturen.

a) „Multi-Sided“ Plattform mit Möglichkeit zur Bildung von Ökosystemen (kann Netzwerke mit anderen Plattformen bilden)

Kann die Plattform, bzw. die in ihr realisierten IIoT/IoT-Systeme mit anderen Plattformen bzw. Systemen in anderen Plattformen vernetzt werden?

b) Offen gegenüber Inhalten von Drittanbietern (z.B. Softwareerweiterungen, etc.)

Können Software-Lösungen, Dienste oder Daten von Drittanbietern innerhalb der Plattform bzw. in den in ihr realisierten IIoT/IoT-Systemen, verwendet werden?

c) Bezug auf RAMI 4.0 Architektur

Gibt es in der Plattform bzw. in der Dokumentation zur Plattform einen Bezug zum Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) [22]?

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

Bietet die Plattform weitere bzw. spezielle technische Fähigkeiten oder Eigenschaften an, die durch die bisher genannten Themen nicht abgedeckt sind, wie z.B. Unterstützung virtueller Realität?

T17. Quellen

Informationen zu den verwendeten Quellen sowie eine Liste der verwendeten Quellen selbst.

Insgesamt überdecken damit unsere Analyse-Themen auch die „unverzichtbaren Funktionen“ (z.B. [12]), die eine IIoT-Architektur unterstützen sollte: Industrielle Konnektivität (T3 aber auch T10), einfache Erstellung von Apps (T13 und T14), Verwaltung und Orchestrierung (T5, T14 und T16 für Dashboards), Datenanalyse (T11, T12) sowie optimierte (rollenbasierte) Nutzererfahrung (T16 für virtuelle Realität bzw. Dashboards). Allerdings zielen wir auf eine breitere Übersicht und verfolgen, wie bereits erwähnt, den Blickwinkel von IIP-Ecosphere auf die industrielle Produktion, was zu einer anderen Gewichtung und zu einem anderen Schnitt der Analyse-Themen führt.

2.2 Plattform-Auswahl

Das Ziel dieser Übersicht ist es die Eigenschaften einer für IIP-Ecosphere repräsentativen Menge an IIoT/Industrie 4.0 Plattformen zu identifizieren. Eine vollständige Analyse aller Anbieter ist aufgrund der Größe und der Dynamik des Marktes nicht realisierbar [7]. Die zu analysierenden Plattformen wurden dabei durch zwei maßgebliche Einflüsse bestimmt:

1. Die **Stakeholderanalyse der Wettbewerbsphase**, die neben anderen Aspekten auch Plattform-Kandidaten für eine detailliertere Analyse identifiziert und diese priorisiert hat. Die Priorisierung erfolgte anhand von Umsatz- und Gewinnzahlen sowie der Relevanz für den Industrie 4.0-Ansatz und das geplante Ökosystem basierend auf der Einschätzung und der Erfahrungen der Kernpartner von IIP-Ecosphere. In diesem Rahmen wurden die folgenden Plattformen (namentlich sortiert) als relevant identifiziert⁹:
 - Amazon - AWS IoT
 - Bosch – Bosch IoT Suite
 - Cisco - Kinetic
 - IBM - Watson IoT Suite
 - Microsoft - Azure IoT Suite
 - Oracle – Oracle Cloud IoT
 - PTC - Thing Worx
 - SAP - Leonardo
 - Siemens - Mindsphere

2. Den **Diskussionen der IIP-Ecosphere Partner**, die in besonderem Maß an der Plattform und an deren Architektur interessiert sind. Dies sind die Arbeitsgruppe Software Systems Engineering der Universität Hildesheim, das Institut für Softwaretechnologie der Universität Koblenz-Landau, Siemens (Erlangen), die Lenze Gruppe, die Bitmotec GmbH, die KIProtect GmbH, sowie die Phoenix Contact Deutschland GmbH. Hierbei wurden die folgenden weiteren Plattformen (ebenfalls namentlich sortiert) als Kandidaten⁹ benannt:
 - Adamos - Adamos
 - BMW/Microsoft - Open Manufacturing Platform
 - B&R - Automation mapp Technology
 - Deviceinsight - Centersight
 - Endress und Hauser - Netilion
 - Emerson - Plantweb
 - General Electrics - Predix
 - Google – Google Cloud IoT Core
 - Harting - Mica
 - Manubrain Konsortium - Manubrain
 - Recognizer Analytics - Recognizer Analytics IoT Platform

⁹ Es sind hier keine URLs bzw. Referenzen pro Plattform angegeben, da diese in Kapitel 3 in Form von T17 aufgelistet werden.

- Software AG - Cumolocity
- S&T - SusieTech
- Weidmüller - Industrial Analytics

Insgesamt wurden damit 23 Kandidaten für diese Analyse identifiziert.

2.3 Sammlung der Rohdaten

In diesem Schritt werden die Plattform-Kandidaten aus Kapitel 2.2 untersucht, um Antworten zu den Themen bzw. Fragestellungen aus Kapitel 2.1 zu sammeln. Wir stützen uns dabei auf Materialien, die die jeweiligen Plattform-Hersteller auf ihren eigenen Web-Seiten zur Verfügung stellen. Dabei kann es sich sowohl um Informationen auf den Webseiten, aber auch um Werbedokumente und –Flyer oder technische Dokumentationen handeln. Wir beschränken uns explizit auf die **Informationen der jeweiligen Hersteller** und ziehen nicht bereits vorhandene Analysen in Betracht, so dass wir möglichst aktuelle und nicht durch andere Meinungen (als die des Herstellers) beeinflusste Informationen dieser Übersicht zugrunde legen.

Um die Informationen systematisch abzulegen, wird aus den Themen in Kapitel 2.1 ein Frage/Antwort-Template abgeleitet, dies für jede untersuchte Plattform instanziiert und basierend auf den Herstellerinformationen ausgefüllt. Dabei wird zunächst die Webpräsenz des Herstellers bzw. der Plattform identifiziert und die verknüpften Webseiten und Dokumente in der voreingestellten Browser-Sprache (Deutsch, wo nicht verfügbar Englisch) in Tiefensuche abgearbeitet. Um hierbei keine offensichtlichen Informationen zu übersehen, werden die Ergebnisse einer Web-Suche mit Google Search nach der jeweiligen Plattform auf Herstellerseiten überprüft und diese, falls nicht schon erfasst, mit einbezogen.

Bei der Identifikation der Rohinformationen stellte sich heraus, dass sowohl für Manubrain¹⁰ als auch für die Open Manufacturing Platform¹¹ nicht genügend Informationen für eine detailliertere Analyse vorlagen, so dass sich die folgenden Kapitel auf die restlichen 21 Plattformen konzentrieren.

Die identifizierten Informationen werden den in Kapitel 2.1 genannten Analyse-Themen zugeordnet und entweder als Zitate, textuelle Zusammenfassung, Stichpunkte oder Kombinationen davon in das jeweilige Ergebnisdokument eingetragen. Dabei verwendete Quellen werden in Form von URLs ebenfalls im Ergebnisdokument (T17) festgehalten. Beratungsangebote wie beispielsweise durch Chat-Funktionen auf den Herstellerseiten sollen nicht in Anspruch genommen werden, da wir als Quellen, wie oben beschrieben, ausschließlich Hersteller-Dokumente verwenden.

Die Rohdatensammlung erfolgte in zwei Phasen. In einer ersten Phase wurden zunächst alle Themen mit einem Schwerpunkt im Software- und Plattformengineering bzw. der KI-Unterstützung bearbeitet. Eine zweite Phase fokussierte insbesondere auf Sicherheit und Datenschutz und ergänzte die in der ersten Phase angelegten Ergebnisdokumente. Die Datensammlung für beide Phasen erfolgte im Zeitraum Juni 2020 bis August 2020. Verwendete Webseiten sowie heruntergeladene Dateien wie z.B. PDF-Dokumente wurden – sofern dies nicht durch Herstellervorgaben ausgeschlossen war – gespeichert und allen Autoren bereitgestellt, so dass möglichst die gleiche Sicht auf die jeweilige Plattform zugrunde lag. Alle Ergebnisdokumente standen jederzeit allen Autoren zur Verfügung. Der Bearbeitungsstatus pro Plattform und Phase wurde in eine gemeinsame Statustabelle eingetragen um eine parallele Durchsicht der Informationen zu ermöglichen sowie um Zugriffskonflikte bei der Bearbeitung zu vermeiden. In die Statustabelle wurde ebenso eine initiale Übersicht der wichtigsten

¹⁰ <https://manubrain.de/>

¹¹ <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0294085EN/the-bmw-group-and-microsoft-launch-the-open-manufacturing-platform>

Ergebnisse pro Plattform bzw. Analyse-Themen aus Abschnitt 2.1 eingetragen, um eine spätere Klassifikation bei der Analyse der Rohdaten vorzubereiten.

2.4 Analyse der Rohdaten

Die gesammelten Rohdaten werden aus den instanziierten Templates zunächst in dieses Dokument integriert und dabei aufbereitet, d.h., Textabschnitte z.B. in Länge angeglichen und die Formatierung angepasst. Danach werden die Ergebnisse pro Plattform (basierend auf den Analyse-Themen aus Abschnitt 2.1 und der initialen Ergebnistabelle aus Kapitel 2.3) klassifiziert.

Die Klassifizierung erfolgt ergebnisoffen und inkrementell, so dass die jeweiligen Klassen während der Klassifikation entsprechend den vorliegenden Daten angepasst werden können. Dabei werden je nach Analyse-Thema ggf. zu große, uneinheitliche Klassen sukzessive in kleinere Klassen aufgespalten oder auch zu kleine Klassen mit größeren Klassen zusammengeführt bzw. falls erforderlich eliminiert. Die Klassifikation wird in einer Excel-Tabelle (mit einem Arbeitsblatt pro Analysethema) durchgeführt, so dass einfache Statistiken und Illustrationen direkt abgeleitet werden können.

Die Ergebnisse der Klassifikation werden schließlich textuell zusammengefasst und in Form von Tabellen bzw. Grafiken grafisch illustriert.

3 Plattformen im Detail

In diesem Kapitel präsentieren wir die Informationen, die wir in den Materialien der einzelnen Hersteller zur Beantwortung der Themen aus Kapitel 2.1 identifiziert haben. Wie zu erwarten war, ist der Detailgrad der Materialien sehr unterschiedlich, d.h., während einige Plattformen sehr detaillierte Informationen und technische Dokumentationen anbieten, enthalten andere Plattformen-Materialien teilweise nur sehr wenig Informationen.

In den Plattform-Zusammenfassungen werden insbesondere die folgenden Akronyme/Begriffe (häufiger) verwendet:

- **Application Programming Interface (API):** technische Programmierschnittstelle.
- **Business Intelligence (BI):** Geschäftsanalytik, Verfahren und Prozesse zur systematischen Analyse des eigenen Unternehmens.
- Eine **Blockchain** ist eine erweiterbare Liste von Datensätzen, die mittels kryptographischer Verfahren miteinander verkettet sind.
- **Heating, ventilation and air conditioning (HVAC):** Heizung, Lüftung, Klimatechnik
- **Human Machine Interface (HMI):** Mensch-Maschine-Schnittstelle
- **Identity and Access Management (IAM):** Identitäts- und Zugriffsverwaltung
- **Internet Protocol (IP):** Fundamentales Kommunikationsprotokoll des Internet, zusammen mit dem Transmission Control Protocol (TCP) Teil des sogenannten TCP/IP-Stacks.
- **Key Performance Indicators (KPI):** Vordefinierte oder frei-definierbare Leistungskennzahl.
- **Platform-as-a-service (PaaS):** Cloudumgebung, die eine Plattform für die Entwicklung von Anwendungen im Internet bereitstellt.
- **On-premise,** Installation von Softwarekomponenten vor Ort auf Hardware des Kunden.
- **Software Development Kit (SDK):** Sammlung von Programmibliotheken und Programmierwerkzeugen zur Entwicklung von Software.
- **Software-as-a-service (SaaS):** Cloudumgebung, die individuelle, ggf. kundenspezifische Dienste (Services) auf einer vorgegebenen Plattform bereitstellt.
- **3rd Party:** Geräte oder (Software-)Komponenten die von einem Dritthersteller bezogen werden können.
- **Machine Learning (ML):** Maschinelles Lernen, eine Form der Künstlichen Intelligenz (KI) auch Artificial Intelligence (AI).
- **No Code:** Programmieransatz bei dem Entwickler und andere Berufsgruppen Anwendungssoftware i.d.R. über grafische Benutzeroberflächen oder Konfigurationen erstellen können.
- **Over-the-air (OTA) update:** Netzwerk-gestütztes (WLAN) update, insbesondere für Software und Firmware von Maschinen und Edge-Geräten. Spezialform **Firmware-over-the-Air (FOTA).**
- **Plug-and-Play (P&P):** Nutzung technischer Schnittstellen unter Verwendung von Protokollen, die die beteiligte Software oder Geräte automatisch und konfliktfrei so konfigurieren, das eine einfache Nutzung möglich ist.
- **Representational State Transfer (REST):** Programmierparadigma für verteilte Systeme, insbesondere für Webservices als Abstraktion der Struktur und des Verhaltens des World Wide Web.
- **Role-based access control (RBAC):** Rollenbasiertes Zugriffssteuerungsmodell
- **Service Level Agreement (SLA):** Vereinbarungen zur Dienstgüte.
- **Transport Layer Security (TLS):** Verschlüsselungsprotokoll zur sicheren Datenübertragung, Nachfolger von Secure Sockets Layer (SSL)
- **User Interface (UI):** Benutzerschnittstelle, oft grafisch, dann **Graphical User Interface (GUI)**

- **Virtuelle Maschine (VM):** Software-technische Kapselung eines Rechnersystems innerhalb eines lauffähigen Rechnersystems. Eine andere Art von Kapselung mit Zugriff auf das darunterliegende Host-Betriebssystem bieten **Container**, z.B., sogar für einzelne Dienste bis hin zu sogenannten **Microservices**.
- **Virtual Private Network (VPN):** Ein virtuelles (in sich geschlossenes) Kommunikationsnetz, das über bestehende Internetverbindungen aufgebaut werden kann und damit einen transparenten, verschlüsselten Fernzugriff in Unternehmensnetzwerke bereitstellen kann.
- **What you see is what you get (WYSIWYG):** Echtzeitdarstellung bekannt von Informationen in der Form, in der sie über ein anderes Gerät, z.B. einen Drucker, entnommen werden können.

Technische Akronyme, insbesondere spezifische Kommunikationsprotokolle sind in diesem Kurz-Glossar nicht aufgeführt. Im Regelfall bemühen wir uns in diesem Dokument, deutschen Begriffe für Fachtermini zu verwenden um gemischtsprachliche Sätze falls möglich zu vermeiden, also z.B., „Dienst“ für „Service“ oder „Gerät“ für „Device“, außer es handelt sich um feststehende Begriffe wie Microservice oder Web-Service oder um Eigennamen.

Für jede Plattform folgt nun ein Unterkapitel strukturiert nach den Themen aus Kapitel 2.1. Die Reihenfolge der Unterkapitel ist entsprechend der Plattformhersteller bzw. -namen sortiert. Zitate in den Abschnitten sind den jeweiligen Quellen entnommen.

3.1 Adamos – Adamos

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Adamos (ADActive Manufacturing Open Solutions)
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Adamos GmbH, Darmstadt, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	„Im Maschinen- und Anlagenbau gewinnen digitale Lösungen mehr denn je an Bedeutung für den nachhaltigen Unternehmenserfolg. ADAMOS bietet mit seinem Netzwerk und seinen Produkten zukunftsfähige Lösungen zur Entwicklung von digitalen Produkten und Anwendungen von IIoT-Technologien. Das macht das enorme Potenzial der Digitalisierung für Unternehmen nutzbar.“
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Adamos Hub (Herstellerübergreifender Zugriff auf Applikationen, ab 2020) • Adamos IoT Plattform
e)	Online-Marktplatz-plattform	Adamos Hub (ab 2020)
f)	Mobilitätsplattform	Keine Informationen verfügbar
g)	B2B Kontext	Ja
h)	B2C Kontext	Keine Informationen verfügbar
i)	Plattformnutzer	Maschinenbediener, Anlagenbediener
j)	Einsatzgebiete	Maschinenbau, Erfassung von Maschinendaten, Fernwartung, Qualitätskontrolle, Condition Monitoring, Fehler-Reaktion Instandhaltungsverwaltung, Soll-Ist-Vergleich
k)	Verbreitung	u.a. DMG Mori, Dürr, Zeiss, Karl Mayer, ASM, Engel, Mahr, oerlikon, illig, weber, mayer & cie, schlenker, wittenstein, knitlink, digital workpiece, DXQequipment, Ecopure, Smart Equipment Monitoring

T2. Lizenzinformationen

- Entry-Paket (50 Assets, 60 Mio. Datentransfers, 100G Speicherplatz)
- Platform-as-a-Service (PaaS) Dienste auf Basis eines Pay-per-Use Modells

T3. Protokolle

Plug&Play, 100 Gateway-Lösungen verschiedener Hersteller mit Out-of-the-Box-Unterstützung von über 300 verschiedenen Maschinenprotokollen, z.B., OPC-UA, Canbus, Modbus, LPWAN-Protokolle (LoRa, SIGFOX), REST, MQTT

T4. Edge-Unterstützung

Keine Informationen verfügbar

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T4), keine spezifischen Informationen identifiziert.
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturierung in Taxonomien, manuelle/automatische Zuordnung • Remote Shell mit Terminal auf die Geräte • Fernzugriff auf Bedieneinheiten von Maschinen mit HMI
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	Plattform ist ein SaaS. Deployment für Geräte wird nicht extra erwähnt, ist aber ggf. über integrierte Cloud IoT Dienste möglich

T6. Sicherheit

- Authentifizierung (z. B. Basic, SAML2-Token, WSS-Username-Token, WSS X.509-Token, OAuth2-Token), Signaturen und Verschlüsselung
- API-Gateway: DoS-Schutz, Datenvolumen, SQL-Injection, ICAP
- VNC, HTTPS-Tunneling, Single-Sign-On
- Benutzerverwaltung, Authentifizierung (optional 2-Faktor)
- Rollenbasiertes Zugriffsmodell
- Audit-Protokoll
- Mandantenfähigkeit

T7. Datenschutz

Smart Rules: Die Plattform bietet vordefinierte Smart Rule Templates, die über den Browser konfiguriert werden können und somit ideal für Anwender ohne technische Kenntnisse geeignet sind. Smart Rules erlauben es, Alarme auszulösen, wenn zum Beispiel ein Sensorwert einen definierten Schwellenwert überschreitet oder sich ein GPS Signal in einen geographisch definierten Bereich („Geofence“) hineinbewegt, aus diesem herausbewegt oder sich für einen bestimmten Zeitraum darin aufhält. Des Weiteren kann mit Hilfe der Smart Rules überwacht werden, ob ein Ereignis nicht in der erwarteten Zeit eintritt (Non-Event) usw. Smart Rules können nach Erstellung von Fachanwendern bei Bedarf einfach aktiviert und deaktiviert werden.

Datenaufbewahrungsregeln: Die Datenaufbewahrungsregeln des ADAMOS Core Moduls erlauben es, die Aufbewahrungszeiten der Daten individuell zu kontrollieren und so anfallenden Speicherkosten, insbesondere im Cloudumfeld, zu beeinflussen. Dabei kann mittels Regelkonfigurationen sehr detailliert festgelegt werden, welche Daten wie lange aufzubewahren sind.

Data Brokerage: ADAMOS Core verfügt über einen Data Broker, der eine konfigurationsbasierte Weiterleitung und Subskription von Daten zwischen zwei oder mehr ADAMOS Mandanten ermöglicht. Diese Funktion ist besonders in verteilten Einsatzszenarien nützlich. So kann z.B. der Datenaustausch zwischen Endkunden (Maschinenanwender) und Maschinenherstellern gesteuert werden. Je nach Kritikalität der Daten kann der Endkunde selektiv entscheiden, welche der Maschinendaten an den Hersteller weitergeleitet werden sollen.

Rollenbasiertes Zugriffsmodell: Kontrolle darüber, wer auf personenbezogene Daten zugreifen bzw. diese verarbeiten darf (Artikel 5).

T8. Cloud Nutzung

- Optionale PaaS, basiert auf z.B. auf Microsoft Azure
- SaaS-Integration (Integration Cloud Modul)
- Optionale on-Premise Integration
- Cloud Connector Framework (für 30 Cloudhersteller)
- Mandantenfähigkeit, hierarchische Mandantenorganisation möglich

T9. Skalierbarkeit

Die Plattform unterstützt Skalierbarkeit und Hochverfügbarkeit

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a)	Digitale Zwillinge	Geräte-Simulationen für virtuelle Maschinen und Geräte.
b)	AAS für IoT-Geräte	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
c)	AAS in Edge-Geräten	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Datenanalyse in Echtzeit unter Verwendung von streaming analytics mit einem Fokus auf Condition Monitoring und predictive maintenance. Die verwendete Hypertree-Technologie erlaubt einen hohen Durchsatz bei geringer Latenz.
- Event Processing Language (EPL), unterschiedliche Verarbeitungsmodelle (Zeitbasierte bzw. Orts-basierte Analysefenster), Kennzahlberechnung, Ereignisbezüge, Anomalieerkennungen, Modell-Anreicherung.
- Das verwendete Datenmodell ist flexibel und anpassbar. Es gibt ein vordefiniertes Domänenmodell, das für die jeweilige Nutzung anpassbar ist.
- Das Datenmodell kann in verschiedener Weise repräsentiert werden, z.B., als XML Datei, XML Schema, DTD Datei, JSON Datei, Adobe Lifecycle Template, Microsoft Infopath Formular oder SAP IDOC.
- Die Plattform ermöglicht es, Datenaufbewahrungsregeln festzulegen.

T12. Angebotene KI-Techniken

- Regelbasierte Techniken, sogenannte Smart Rules, ermöglichen es Anwendern, Auswertungen ohne technische Kenntnisse zu definieren, insbesondere um Alarme auszulösen.
- Der Analytics Builder basiert auf der oben erwähnten EPL.
- Advanced Streaming Analytics ermöglicht Machine Learning auf Datenströmen unter Verwendung des PMML¹² Standards.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<ul style="list-style-type: none"> • Adamos Store (ab 2020) mit Apps von Maschinen-, Anlagen-, Komponentenherstellern und Drittanbietern • API Self-Service Portal
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Über Microservices/Container integrierbar • Dashboarding via visuellen Editor, Web-SDK
c) Externe Algorithmen oder Daten	Über die integrierten Sprachen, Builder bzw. APIs
d) KI-Schnittstellen	siehe https://adamos.com/developer-center

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Definition von Funktionen zur Sicherheits-Prüfung von API-Aufrufen
- Definition von Funktionen durch graphische Modellierung
- Definition von Dashboards

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	SaaS Integration bzw. On-Premise Integration durch Anwendungs-Adapter (für 40 verschiedene Applikationen)
b) Offen gegenüber Drittanbietern	Hauptziel der Plattform: offen und herstellerneutral
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Container-Integration mit Kubernetes und Docker¹³. Container-Isolation während der Ausführung.

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive_Model_Markup_Language

¹³ <https://www.docker.com/>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Microservice-Unterstützung durch Registrierung (Registry) und Microservice API/SDKs für Java und C#
- Erweiterte API-Funktionen wie API-Management (REST, SOAP, Swagger, RAML), API Policies für Zugriff, Weiterleitung und Beschränkungen (Quotas) sowie Werkzeuge für API-Analysen
- Bei on-Premise Installation können Docker-Container, die ins Repository hochgeladen wurden, wiederverwendet werden
- Mehrstufiger Anwendungslebenszyklus bestehend aus Entwicklung, Test, Produktion
- Grafische Spezifikation bzw. Entwicklung von Integrationen (neben direkte Programmierung)

T17. Quellen

- Adamos Flyer von <https://adamos.com>
- Weitere Materialien von <https://adamos.com>

3.2 Amazon - AWS IoT

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	AWS IoT
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Amazon Web Services, Inc., USA
c)	Zusammenfassung des Anbieters	„AWS verfügt über breite und tiefe IoT-Services, von der Edge bis zur Cloud. AWS IoT ist der einzige Cloud-Anbieter, der Datenmanagement und reichhaltige Analysen in einfach zu bedienenden, für verrauschte IoT-Daten konzipierten Diensten zusammenführt. AWS kombiniert KI und IoT, damit Geräte intelligenter werden. Sie können Modelle in der Cloud erstellen und diese auf Geräten bereitstellen, auf denen sie im Vergleich zu anderen Angeboten 2x schneller laufen. AWS IoT bietet Dienste für alle Sicherheitsebenen, einschließlich präventiver Sicherheitsmechanismen, wie Verschlüsselung und Zugangskontrolle zu Gerätedaten, sowie einen Dienst zur kontinuierlichen Überwachung und Prüfung von Konfigurationen. AWS IoT basiert auf einer sicheren und bewährten Cloud-Infrastruktur und skaliert auf Milliarden von Geräten und Billionen von Nachrichten. AWS IoT lässt sich mit anderen AWS-Services integrieren, so dass Sie komplette Lösungen aufbauen können.“
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • AWS IoT Core • AWS IoT Greengrass • AWS IoT Defender • AWS IoT Device Management • AWS IoT Analytics • AWS IoT SiteWise • AWS IoT Events • AWS IoT ThingsGraph • FreeRTOS (Open-Source-Echtzeitbetriebssystem für Microcontroller)
e)	Online-Marktplatz-plattform	AWS Marketplace: Online Marketplace in dem Softwarelösungen, Algorithmen und Modelle von Drittanbietern angeboten werden.
f)	Mobilitätsplattform	Ja
g)	B2B Kontext	Ja, kein direkter Fokus auf Endverbraucher
h)	B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i)	Plattformnutzer	IoT-Plattformen und Branchenanwendungen für Unternehmen
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Entwicklung, Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen. • Fokus auf die Anwendung von KI-Techniken in IoT-Systemen.
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

- Commercial software package / license für alle AWS-Angebote
- FreeRTOS (Open Source Betriebssystem für Microcontroller): Open-Source-MIT-Lizenz
- Lizenzen von kundeneigenen Entwicklungen/Applikationen werden nicht genannt

T3. Protokolle

Realisiert über die dedizierte Komponente AWS IoT Greengrass-Konnektoren: Mit AWS IoT Greengrass-Konnektoren können Anwendungen und Services an der Edge identifiziert und importiert werden. Die Geräte können konfiguriert und bereitgestellt werden, ohne dass ein Anwender verschiedene Geräteprotokolle verstehen, Anmeldeinformationen verwalten oder mit externen APIs interagieren muss.

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick	AWS IoT Greengrass realisiert das Arbeiten mit Edge-Geräten in AWS IoT. AWS Greengrass ermöglicht eine Docker Container-basierte Ausführung von Applikationen auf Edge-Geräten. Anmerkung: AWS IoT Greengrass basiert fast ausschließlich Python 2.7/3.7.
b) Kommunikation	AWS IoT Greengrass ermöglicht den Nachrichtenaustausch zwischen AWS IoT Greengrass Core und Geräten mit dem AWS IoT Greengrass SDK in einem lokalen Netzwerk und erleichtert die Kommunikation, auch wenn keine Verbindung zu AWS besteht. Mit AWS IoT Greengrass können Geräte Nachrichten verarbeiten und diese basierend auf festgelegten Geschäftsregeln an ein anderes Gerät oder an die Cloud senden.
c) Speichernutzung	Auf AWS IoT Greengrass Core bereitgestellte AWS Lambda-Funktionen können auf lokale Ressourcen des jeweiligen Geräts zugreifen. Dadurch lassen sich serielle Anschlüsse, Peripheriegeräte wie zusätzliche Sicherheitsgeräte, Sensoren und Aktoren, Onboard-GPUs oder das lokale Dateisystem verwenden, um auf lokale Daten zugreifen und diese verarbeiten zu können. Anwendungen zur Ausführung auf Edge-Geräten werden in Docker Containern ausgeführt. Docker-Images können in Docker-Containerregistrierungen gespeichert werden, z. B. Amazon Elastic Container Registry (Amazon ECR), Docker Hub oder private Docker Trusted Registries (DTRs). Neben der Ausführung von lokalen Anwendungen auf den Edge-Geräten können Edge-Geräte auch auf alle in der AWS cloud verfügbaren Webservices zugreifen.
d) Besondere Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • In AWS IoT Greengrass ist auch die Funktion der AWS IoT-Geräteschatten enthalten. Der Geräteschatten agiert wie ein Cache für den Status Ihres Geräts und stellt eine virtuelle Version oder einen "Schatten" (Digital Twin) jedes Geräts dar, mit dessen Hilfe sich der aktuelle sowie der gewünschte zukünftige Status jedes Geräts nachverfolgen und bei verfügbarer Konnektivität jeweils mit der Cloud synchronisieren lässt. • Verwendung von visualisierten AWS IoT Things Graphen, einer modellbasierten Repräsentation von IoT Geräten bzw. Geräte-Verbänden. • AWS IoT Things Graph-Anwendungen können in der AWS Cloud oder auf der Edge, beispielsweise auf AWS IoT Greengrass-fähigen Geräten, ausgeführt werden. Auf diese Weise können die Geräte schnell auf lokale Ereignisse reagieren, selbst wenn

T4. Edge-Unterstützung

keine Internetverbindung besteht. AWS IoT Greengrass ist eine Software, mit der lokale Datenverarbeitungs-, Messaging-, Caching-, Synchronisierungs- und Machine Learning-Inferenzvorgänge sicher durchgeführt werden können. Die Bereitstellung ist einfach und kann mit wenigen Klicks in der AWS IoT Things Graph-Konsole gestartet werden. AWS IoT Things Graph verpackt kundeneigene Modelle mit der Runtime, übermittelt diese per Push an das kundeneigene IoT Greengrass-Gerät und beginnt dort mit der Nachrichtenüberwachung und der Koordination der Interaktionen.

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T3): Realisiert über die Komponente AWS IoT Greengrass
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing Funktionalitäten über dedizierte Edge-Computing Komponente AWS IoT Greengrass, die AWS auf Edge-Geräte ausweitet, so dass diese auf die dort erzeugten Daten lokal einwirken können, während die Cloud weiterhin für Verwaltung, Analytik und dauerhafte Speicherung verwendet wird, selbst wenn keine Netzwerkverbindung besteht (Geräteschatten). • Kontinuierliches Geräte-Monitoring, Unterstützung des gesamten IoT-LifeCycle • Registrierung, Organisation, Überwachung und Fernverwaltung von verbundenen IoT-Geräten mittels der dedizierten Komponente AWS IoT Device Management: „AWS IoT Device Management erleichtert die sichere Registrierung, Organisation, Überwachung und Fernverwaltung von verbundenen IoT-Geräten.“ • Over-the-Air-Updates (OTA) • Alexa Voice Service (AVS) Integration für AWS IoT Core ermöglicht das Senden von Audionachrichten zu und von den verbundenen Geräten.
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<p>Software Bereitstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an Amazon Web Services die plattformweit genutzt werden können • Angebot von Apps für administrative Aufgaben • Bereitstellung des FreeRTOS (Open-Source-Echtzeitbetriebssystem für Microcontroller) • AWS IoT Greengrass bietet die Möglichkeit, die AWS IoT Greengrass Core-Software auf AWS IoT Greengrass-Geräten zu aktualisieren. Die AWS IoT Greengrass-Konsole, -API oder -Befehlszeilenschnittstelle kann zur Aktualisierung der laufenden Version von AWS IoT Greengrass Core verwendet werden, um Sicherheitsupdates, Fehlerbehebungen und neue AWS IoT Greengrass-Funktionen bereitzustellen <p>Deployment von (KI-)Komponenten auf Industrie 4.0 Devices:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AWS IoT legt einen Schwerpunkt auf die Anwendung von KI-Techniken innerhalb der Plattform.

T5. IIoT-Geräte

- Deployment von kundeneigenen Entscheidungslogiken und Regeln zur Eventerkennung und Eventbehandlung ist möglich.

T6. Sicherheit

Sicherheitstechniken innerhalb der Plattform:

- AWS IoT Core bietet automatisierte Konfiguration und Authentifizierung bei der ersten Verbindung eines Geräts mit AWS IoT Core sowie eine komplette Verschlüsselung an allen Verbindungspunkten, so dass Daten nicht ohne geprüfte Identität zwischen Geräten und AWS IoT ausgetauscht werden.
- Sichere Datenhaltung und Software (Verschlüsselung, Autorisierung)
- Mit dem AWS IoT Device Defender können IoT-Konfigurationen einfach verwaltet und durchgesetzt werden, beispielsweise die Sicherstellung der Geräteidentität, Authentifizierung und Autorisierung von Geräten und Verschlüsselung von Gerätedaten.
- Container-basierte Ausführung von Anwendungen
- AWS IoT Device Defender prüft und überwacht Geräte und sendet Alarmmeldungen, wenn deren Verhalten von dem abweicht, was als normales Verhalten für jedes Gerät definiert wurde
- Besonderer Schutz gegen DDOS-Attacken durch automatische Skalierung von Ressourcen

Nutzer und Nutzerrechteverwaltung: Umfangreiche Optionen für das Management von Nutzer und Nutzerrechten

Edge-Geräte-Sicherheit: Dedizierte Komponente zur Sicherung von IoT Geräten: AWS IoT Defender

Sicherheitsmanagement auf Edge-Geräten: AWS IoT Greengrass Secrets Manager ermöglicht das sichere Speichern, Zugreifen, Rotieren und Verwalten von Sicherheitseinstellungen – Anmeldeinformationen, Schlüssel, Endpunkte und Konfigurationen – an der Edge.

T7. Datenschutz

Technisch-Organisatorische Maßnahmen:

- Verwendung von Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA)
- Verwendung von SSL / TLS, um mit AWS-Ressourcen zu kommunizieren
- Einrichtung der API- und Benutzeraktivitätsprotokollierung mit AWS CloudTrail
- Verwendung der AWS-Verschlüsselungslösung zusammen mit allen Standardsicherheitskontrollen in den AWS-Services
- Rollenbasierte Zugriffsverwaltung

Auditierung und Kontrolle: Verwendung erweiterter verwalteter Sicherheitsdienste wie Amazon Macie, mit denen personenbezogene Daten ermittelt und gesichert werden können.

T8. Cloud Nutzung

- AWS IoT ist Amazon cloudbasiert. Damit ist die Nutzung aller in der AWS Cloud verfügbaren Dienste möglich.
- Cloud Nutzung kann (über die Amazon Cloud) skaliert werden.
- IoT Geräte können über AWS IoT Device Shadows persistent in der AWS Cloud repräsentiert werden.

T9. Skalierbarkeit

- Die Plattform kann den Bedürfnissen des Kunden entsprechend skaliert werden (Datenvolumen, Geräteanzahl, etc.)
- Hinzufügen, Entfernen von IoT-Geräten bzw. Edge-Geräten jederzeit möglich, da kompletter LifeCycle durch AWS IoT abgedeckt ist
- Abrufen von Cloud-Rechenkapazitäten nur bei tatsächlichem Bedarf, gesteuert über AWS Lambda Komponente

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	Digitale Zwillinge werden nicht explizit erwähnt, AWS bietet aber die Möglichkeit der Erstellung von „AWS IoT Device Shadows“ an: <i>"The AWS IoT Device Shadow service adds shadows to AWS IoT thing objects. Shadows can make a device's state available to apps and other services whether the device is connected to AWS IoT or not. AWS IoT thing objects can have multiple named shadows so that an IoT solution has more options for connecting devices to other apps and services."</i>
b) AAS für IoT-Geräte	AWS „Things“ ähneln im Ansatz dem Konzept der Verwaltungsschale: AWS IoT Things Graph vereinfacht die Zusammenarbeit zwischen Geräten und Webservices durch die Darstellung dieser "Dinge" als Modelle. Ein Modell ist eine Abstraktion, die ein Gerät als eine Reihe von Aktionen (Eingaben), Ereignissen (Ausgaben) und Zuständen (Attribute) darstellt. Modelle separieren die Geräteschnittstelle von ihrer zugrundeliegenden Implementierung. Ein Schalter kann beispielsweise als eine Reihe von Attributen (Status, dimmbar), Ereignissen (Ende der Sommerzeit) und Aktionen (Einschalten) dargestellt werden.
c) AAS in Edge-Geräten	Siehe T10b.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Umfangreiche Möglichkeiten zum Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in fast Echtzeit, realisiert in einer dezidierten Datenanalyse-Komponente AWS Analytics
- Definierten von Geschäftsregeln, filtern, transformieren von Daten
- Visualisierung von Daten und Datenanalysen
- Nutzung der Daten für weitere AWS Services: AWS Lambda, Amazon Kinesis, Amazon S3, Amazon DynamoDB, Amazon CloudWatch und Amazon Elasticsearch Service
- Lokale Sammlung und Verarbeitung von Bulkdaten eines Standorts durch AWS SiteWise Komponente

T12. Angebotene KI-Techniken

- Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten durch AWS Analytics.
- Handling von komplexen Events durch AWS Events
- Erstellung von Entscheidungslogiken (zur Erkennung von Events und der entsprechenden Reaktion auf diese) durch Kunden
- Erstellung von (KI)Modelle durch Kunden und Ausführung dieser Modelle in Docker Containern auf Edge-Geräten

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Die Plattform bietet den AWS Marketplace, einen Online Marketplace in dem Softwarelösungen, Algorithmen und Modelle von Drittanbietern angeboten werden.
-----------------	--

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit	
	Die Kategorien in denen Softwarelösungen, Algorithmen und Modelle im Store angeboten werden sind: Operating Systems, Security, Networking, Storage, Data Analytics, Dev Ops, IoT Solutions, Machine Learning, Data Products. Weiterhin werden spezielle IoT Solutions im AWS Marketplace angeboten. Ebenso wie spezielle Machine Learning Solutions im AWS Marketplace angeboten werden.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Frei zugängliche umfangreiche Dokumentationen und Tutorials zu APIs, SDKs für fast alle angebotenen Services. • Bereitstellung und Support von GitHub Repositories für Entwickler • Bereitstellung des Open Source Betriebssystem FreeRTOS für Microcontroller. • Bereitstellung einer MQTT Library für FreeRTOS. • Unterstützung der Entwicklung von IoT-Applikationen über den AWS IoT Things Graph: AWS IoT Things Graph beschleunigt die Entwicklung von IoT-Anwendungen, da man sich nicht mit den grundlegenden Gerätedetails befassen und keinen Code schreiben muss, der die Geräte und Webservices aufeinander abstimmt.
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Eine unbeschränkte Einbindung von kundeneigenen Anwendungen und KI-Modellen ist durch Docker Container für eigene Applikationen gegeben. • Inhalte von Drittanbietern können über den AWS Marketplace angeboten werden.
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Kunden können Ihre eigene benutzerdefinierte Analyse in einem Docker Container in AWS IoT Analytics ausführen. • AWS IoT Analytics automatisiert die Ausführung von benutzerdefinierten Analysen, die in Jupyter Notebook oder kundeneigenen Tools (wie Matlab, Octave usw.) erstellt wurden. • Erstellung und Speicherung von kundeneigenen KI-Modellen in der AWS cloud ist möglich. • Nutzung von Amazon SageMaker: Verwendung des Amazon SageMaker Neo deep learning compiler zur Optimierung kundeneigener Modellen in Tensorflow, Apache MXNet, PyTorch, ONNX oder XGBoostframeworks.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Kunden können die bereitgestellten Applikationen anpassen.
- Grafische Integrationsentwicklung im AWS Things Graph.
- Weitreichende Anpassungsmöglichkeiten durch die Möglichkeit zur Definition von kundeneigenen Geschäftsregeln, Event-handlings, Schedules für Datentransfers usw.

T15. Ökosystembildung

- | | |
|-----------------------------------|--|
| a) “Multi-Sided“ Plattform | <p>Möglichkeiten zur Ökosystembildung bestehen, der Fokus liegt allerdings auf der Bildung von Ökosystemen innerhalb der Amazon Plattform(en).</p> <p>Das AWS Partner Network (APN) ist das globale Partnerprogramm für Technologie- und Beratungsunternehmen, die Amazon Web Services nutzen, um Lösungen und Services für Kunden zu entwickeln. Das APN unterstützt Unternehmen beim Aufbau, der Vermarktung und dem</p> |
|-----------------------------------|--|

T15. Ökosystembildung

		Verkauf ihrer AWS-Angebote durch wertvollen geschäftlichen, technischen und Marketing-Support.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	Innerhalb der von AWS IoT bereitgestellten Plattform(en) und Software ist eine große Entwicklungsfreiheit gegeben. Es wird aber ein Fokus daraufgelegt, die Neuentwicklung und Adaption von Software hauptsächlich innerhalb der AWS IoT Plattform und deren Komponenten zu halten. Inhalte von Drittanbietern können über den AWS Marketplace angeboten werden.
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

		<ul style="list-style-type: none"> • Ausgeprägtes Entwicklernetzwerk: GitHubs zu verschiedenen APIs und SDKs für Entwickler. • Kubernetes, Jupyter Notebooks, Matlab, Octave, Docker, Container-Isolation • Microservice API/SDKs • API-Management (REST) • FreeRTOS: Open-Source-Echtzeitbetriebssystem für Microcontroller • MQTT Library für FreeRTOS • Integration on-premise: Wiederverwendung in Docker Images paketierter und in Repositories hochgeladener Funktionalität, Nutzung hierfür: Amazon Elastic Container Registry (Amazon ECR), Docker Hub oder private Docker Trusted Registries (DTRs) • Abdeckung des vollständigen IoT-LifeCycles • Grafische Integrationsentwicklung (auch direkte Programmierung) im AWS Things Graph • AWS IoT Device Shadow service: Persistente Representation von IoT Geräten in der AWS cloud • Nutzung von Voice-Diensten (Alexa) für IoT Geräte: Alexa Voice Service (AVS) Integration for AWS IoT
--	--	--

T17. Quellen

		<p>Umfangreiche Informationen auf den AWS IoT Webseiten und den Webseiten zu den einzelnen AWS Komponenten/Services verfügbar. Technische Dokumentationen als PDF verfügbar für, unter anderem: AWS IoT Greengrass, AWS IoT Device Shadow, AWS IoT Analytics.</p> <ul style="list-style-type: none"> • AWS IoT Überblick: <ul style="list-style-type: none"> ○ https://aws.amazon.com/de/iot/ ○ https://aws.amazon.com/de/iot-core/ • AWS Marketplace https://aws.amazon.com/marketplace/ • GitHub Repository zu AWS IoT: https://github.com/awsdocs/aws-iot-docs/tree/master/developerguide • AWS IoT im Kontext von IIoT: https://aws.amazon.com/de/iot/solutions/industrial-iot/ • AWS IoT Analytics: <ul style="list-style-type: none"> ○ https://aws.amazon.com/de/iot-analytics/ ○ https://docs.aws.amazon.com/iotanalytics/index.html ○ https://docs.aws.amazon.com/iotanalytics/latest/userguide/iotanalytics-ug.pdf • AWS IoT Things Graph: <ul style="list-style-type: none"> ○ https://aws.amazon.com/de/iot-things-graph/ ○ https://aws.amazon.com/de/iot-things-graph/features/
--	--	--

T17. Quellen

- **AWS IoT Device Shadows:**
<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-device-shadows.html>
- **AWS Greengrass (Edge-Geräte Verwendung):**
 - <https://aws.amazon.com/de/greengrass/>
 - https://docs.aws.amazon.com/greengrass/index.html#lang/en_us
 - <https://docs.aws.amazon.com/greengrass/latest/developerguide/gg-dg.pdf>
- **AWS Lambda:**
<https://aws.amazon.com/lambda/>
- **AWS IoT Device Management:**
 - <https://aws.amazon.com/de/iot-device-management/>
 - <https://docs.aws.amazon.com/iot-device-management/index.html>
 - <https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-dg.pdf>
- **AWS IoT Defender:**
 - <https://aws.amazon.com/de/iot-device-defender/>
 - <https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/device-defender.html>
 - <https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/avs-integration-aws-iot.html>
- **AWS IoT Events und AWS IoT Sitewise:**
 - <https://aws.amazon.com/de/iot-events/>
 - <https://aws.amazon.com/de/iot-sitewise/>
- **FreeRTOS: Open-Source-Echtzeitbetriebssystem für Microcontroller:**
 - <https://aws.amazon.com/de/freertos/>
 - <https://docs.aws.amazon.com/freertos/latest/userguide/freertos-getting-started.html>
 - <https://docs.aws.amazon.com/freertos/latest/userguide/freertos-lib-cloud-mqtt.html>
- **AWS Partnernetzwerk und AWS Marketplace:**
 - <https://aws.amazon.com/de/partners/>
 - <https://aws.amazon.com/marketplace/>
 - <https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/IoT>
 - <https://aws.amazon.com/marketplace/solutions/machine-learning>

3.3 Bosch – Bosch IoT Suite

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Bosch IoT Suite
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Bosch.IO GmbH, Berlin, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<i>“The Bosch IoT Suite is a flexible IoT platform that comprises an array of cloud-enabled services and software packages and addresses the typical requirements of IoT projects. Companies can easily start with a proof of concept (PoC), enter the market quickly with a minimum viable product (MVP), and operate their digital offerings in a scalable and secure manner.”</i>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Bosch IoT Hub • Bosch IoT Insights • Bosch IoT Analytics • Bosch IoT Things • Bosch IoT Manager • Bosch IoT Remote Manager • Bosch IoT Rollouts • Bosch IoT Gateway Software
e)	Online-Marktplatz-plattform	Ja, Anwendungen im Retail-Bereich werden explizit genannt.
f)	Mobilitätsplattform	Ja, Anwendungen im Automotive-Bereich werden explizit genannt.
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus auf Industriekunden bzw. Large-Scale Customer, wie etwa Dienstleister.
h)	B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i)	Plattformnutzer	IoT-Plattformen und Branchenanwendungen für Unternehmen
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden • Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT-Geschäftsanwendungen • Angebot von Lösungen für folgende Bereichen (unter Anderem): Retail, Fertigung, Automotive-Bereich, Agrarwirtschaft, Smart Home, Smart City
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

Proprietäre Lizenzen des Anbieters (Bosch) mit komplexer Lizenzlage, aufgrund der Einbindung von verschiedensten Open Source Komponenten (z.B. Apache Tomcat, Eclipse Ditto, etc.) sowie von Diensten von Drittanbietern (z.B. AWS IoT).

T3. Protokolle

- MQTT, TR-069, OMA-DM, OMA LwM2M, REST/HTTP
- Weitere Protokolle werden durch die Komponente Bosch IoT Gateway unterstützt.

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick

Die Bosch IoT Suite bietet eine sehr gute Unterstützung von Edge-Geräten. Insbesondere das Management und die Kommunikation mit Edge-Geräten ist durch dedizierte Komponenten und einer spezialisierten Middleware sehr flexibel und effizient.

Beschreibung der Middleware Bosch IoT Gateway Software durch den Anbieter: *“Bosch IoT Gateway Software is a platform-independent edge computing middleware deployed on more than 40 types of gateway devices. It runs on common operating systems such as Linux, Windows, MacOS, and VxWorks. Bosch IoT Gateway Software is based on Java and OSGi building a modular framework with possibility to dynamically install and update new software.*

Edge and cloud computing are complementary approaches for solving some of the most challenging use cases in IoT. The Bosch IoT Gateway Software is included in several pre-configured packages part of the Bosch IoT Suite to give you flexibility with building custom edge-to-cloud solutions.

- *The Bosch IoT Suite for Asset Communication combines the device connectivity and device data processing capabilities of Bosch IoT Gateway Software with cloud services such as Bosch IoT Hub, and Bosch IoT Things, to provide a complete telemetry, command & control solution.*
- *The Bosch IoT Suite for Software Updates combines Bosch IoT Gateway Software with Bosch IoT Remote Manager and Bosch IoT Rollouts for scenarios involving edge management and software updates.*
- *Other Services such as Bosch IoT Insights and Bosch IoT Analytics provide additional data management and analytics capabilities in the cloud.”*

Beschreibung der Komponente Bosch IoT Remote Manager durch den Anbieter: *“The Bosch IoT Remote Manager provides you with a proven and feature-rich solution to address device management throughout the device life cycle. It supports multiple device management protocols out-of-the-box and various classes of gateways and devices. The Bosch IoT Remote Manager can be used as a fully managed cloud service in different cloud environments or deployed on-premise.*

Bosch IoT Remote Manager can also act as an IoT application platform – by providing a rich set of services and APIs for the realization of custom IoT applications. Some of the basic services provided for this purpose include:

- *Device data collection*
- *Realtime readings*
- *Historical data*
- *Remote device control*
- *Remote network access to devices”*

b) Kommunikation

- Die Komponente Bosch IoT Remote Manager realisiert die Anbindung und Kommunikation mit Edge-Geräten wie folgt:
 - Erweiterbar: Offen für die Implementierung zusätzlicher Verwaltungsprotokolle, Erweiterungen der Geschäftslogik und Benutzerschnittstellen.
 - Fernzugriff von Anwendungen und Anwendungsservern auf Gateways und Geräte.

T4. Edge-Unterstützung	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Einfache Integration: Lässt sich über einen umfangreichen Satz von APIs in bestehende Verwaltungssysteme integrieren: Java, OSGi, Webdienste (REST). ● Bidirektionale Kommunikation mit Edge-Geräten möglich: <i>“IoT applications are able to retrieve telemetry data from devices either with or without guaranteed delivery (device-to-cloud communication) and send command & control messages to devices (cloud-to-device communication).”</i>
c)	Speichernutzung Edge-basierte Datensammlung, Vorverarbeitung und Auswertung auf Edge-Geräten, sowie Forwarding aus Edge-Speichern zur weiteren Verarbeitung durch Plattformdienste.
d)	Besondere Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> ● Vielfältige Konnektivität ● Bosch IoT Remote Manager ermöglicht sehr komplexes Softwaremanagement auf Edge-Geräten (Versionsüberwachung, Bulk-Updates, SOTA, etc.)

T5. IIoT-Geräte	
a)	Geräte-Verbindungen <ul style="list-style-type: none"> ● Breite Palette von allen gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen ● Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices ● Integration verschiedenster Protokolle und Systeme über Bosch IoT Gateway
b)	Geräte-Management <ul style="list-style-type: none"> ● Sicheres On- und Offboarding (Einfügen, Entfernen) von Geräten verschiedenster Art ● Geräte- und Gateway-lifecycle management ● Remote-Konfiguration von Geräten ● Remote-Update von Gerätesoftware (SOTA) realisiert durch „Bosch IoT Rollouts“ ● Diagnostik und Troubleshooting von Geräten ● Sichern und Wiederherstellen von Gerätekonfigurationen ● Full LifeCycle-support von IoT Geräten
c)	Deployment / Softwarebereitstellung <ul style="list-style-type: none"> ● Bereitstellung über REST ● Software as a Service (SaaS) ● Breites Angebot an plattformeigener (interner) Software ● Angebot von Apps für administrative Aufgaben ● Insgesamt aber ein Fokus auf Bosch (Plattform)-eigener Software ● Dedizierte Komponente für Bulk Updates „Bosch IoT Rollouts“

T6. Sicherheit	
	Nutzer und Nutzerrechteverwaltung: Umfangreiche Optionen für das Management von Nutzer und Nutzerrechten
	Sicherheitstechniken innerhalb der Plattform <ul style="list-style-type: none"> ● Sichere Verbindung von Assets mit Hardware- oder Softwarekonnektivitätslösungen ● Sichere Datenhaltung und Software (Verschlüsselung, Autorisierung) ● Identitätsmanagement und Zugriffskontrolle
	X.509 Zertifikat-basierte Geräteauthentifizierung
	Unterstützt TLS1.2

T7. Datenschutz

- Bosch IoT Things
 - Find your things (Genauigkeit, Transparenz)
 - Kontrolle des Zugriffs: Richtlinien zum Aktivieren der Autorisierung
- Bosch IoT-Rollouts
 - Geräte- und Software-Repository (Transparenz, Rechenschaftspflicht)
 - Software-Update- und Rolloutmanagement (Kontrolle über Daten und Prozesse)
 - Berichterstattung und Überwachung (Rechenschaftspflicht)

T8. Cloud Nutzung

- Die Plattform ist cloudbasiert und nutzt die Cloud-Services der Bosch IoT Cloud oder Cloud- storage von Drittanbietern (MS Azure, Huawei und weitere)
- Die Bosch IoT-Suite einen Object Store sowie Mongo DB an
- Datenexport in verschiedenen Formaten (inklusive JSON und CSV) ist möglich
- Interfaces für Applikationen von Drittanbietern (Matlab, Excel, Tableau, etc.) werden angeboten

T9. Skalierbarkeit

- Die Plattform kann den Bedürfnissen des Kunden entsprechend skaliert werden (Datenvolumen, Geräteanzahl, etc.)
- Secure on- und off-boarding von Geräten zur Laufzeit unterstützen die Skalierbarkeit
- Bulk-Updates unterstützen die Skalierbarkeit
- Full LifeCycle für IoT Geräte unterstützt die Skalierbarkeit

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	Verwendung von Digital Twins zur Simulation, zur Entwicklung sowie zur Erprobung von Modifikationen oder Neuentwicklungen.
b) AAS für IoT-Geräte	Der Ansatz der Bosch IoT Suite Digital Twins als digitale Repräsentation von „Things“ ähnelt dem Konzept der Verwaltungsschale.
c) AAS in Edge-Geräten	Siehe T10b.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Das Sammeln, das Monitoring und die Analyse von Daten ist nahezu in Echtzeit möglich
- Visualisierung von Daten und Datenanalysen
- Query der Daten über NoSQL / MongoDB ist über die Komponente Bosch IoT Insights möglich
- Bosch IoT Analytics verwendet Open-Source Python-Bibliotheken wie etwa Pandas und Scikit-learn

T12. Angebotene KI-Techniken

- Umfangreiche KI-Techniken verfügbar als Teil des „Bosch IoT Analytics“ Angebots
- Anomalie-Erkennung in Daten
- Verwendung von „smart Algorithms“ zur Automatisierung von Routineaufgaben in der Datenanalyse
- Umfangreiche Möglichkeiten im Bereich der der Analyse von Gerätedaten (Health-Monitoring, Statistische Analysen etc.)
- Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten, sowohl auf Edge-Geräten als auch in der Cloud
- Komplexe, regelbasierte Eventbehandlung.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Die Bosch IoT Suite bietet ihre Dienste über den (Amazon) AWS Store an. Bosch IoT Suite unterhält keinen eigenen Store. Angebote von Softwarelösungen oder Applikationen, die innerhalb der Bosch IoT Suite von Drittanbietern entwickelt wurden, werden nicht angeboten.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Weite Teile der Bosch IoT Suite basieren auf Open Source Software und unterstützen daher per se deren Weiterentwicklung durch entsprechende Dokumentationen, APIs, SDKs etc. • Die Bosch IoT Suite Plattform selbst unterstützt Apps-Management und Entwickler durch die Bereitstellung umfangreicher Dokumentationen, APIs, Tutorials etc. zu ihren proprietären Komponenten. • Es erfolgt eine aktive Unterstützung der Entwickler-Community über GitHub.
c) Externe Algorithmen oder Daten	Da weite Teile der Bosch IoT Suite auf Open Source Software basieren ist anzunehmen, dass die Verwendung von externen Daten und Algorithmen in kundeneigenen Applikationen weitestgehend möglich ist.
d) KI-Schnittstellen	Abgesehen von den plattformeigenen KI-Komponenten werden keine Angaben zur Integration von weiteren (kundeneigenen) KI-Komponenten gemacht.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Kunden können eigene Plattformkonfigurationen erstellen • Kunden können aber auch angepasste „Pakete“ verwenden, die sich an Anwendungsbereich der Kunden orientieren
--	--

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Die Bosch IoT-Suite Plattform erlaubt die Einbindung anderer Plattformen. • Die Bosch IoT Suite integriert zum Teil Bestandteile anderer Plattformen in die eigene Plattform, so können unter Anderem Clouddienste von etwa AWS, Azure oder Huawei in der Bosch IoT Suite genutzt werden.
b) Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Erlaubt die Entwicklung von eignen Applikationskonfigurationen • Stellt eine Reihe von APIs für die Entwicklung von angepassten Applikation zur Verfügung • Entwicklungsmöglichkeiten von kundeneigener Software werden nicht explizit genannt
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

	<ul style="list-style-type: none"> • Dedizierte Komponente für Bulk Updates: „Bosch IoT Rollouts“ • Sehr gute Fähigkeiten im Bereich des Softwaremanagements auf Edge-Geräten, realisiert durch den „Bosch IoT Remote Manager“
--	--

T17. Quellen

- Übersicht zur Bosch IoT Suite:
 - <https://www.bosch-iot-suite.com/>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/documentation/>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/service/insights/>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/service/analytics/>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/service/remote-manager/>
 - <https://docs.bosch-iot-suite.com/hub/>
 - <https://bosch-iot-insights.com/static-contents/docu/html/Introduction.html>
 - <https://docs.bosch-iot-suite.com/manager/en/Bosch-IoT-Manager.html>
- Bosch IoT „Edge“ Komponenten:
 - <https://www.bosch-iot-suite.com/edge-computing/>
 - <http://documentation.bosch-si.com/iot/RM/v71/en/index.htm>
 - <http://documentation.bosch-si.com/iot/SDK/v10/en/index.htm>
- Übersicht zu IoT Geräte Verbindungen und Softwaremanagement auf IoT Geräten:
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/iot-devices/>
 - <https://blog.bosch-si.com/bosch-iot-suite/software-updates-in-the-iot-an-introduction-to-sota/>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/iot-devices/#protocols>
 - <https://docs.bosch-iot-suite.com/device-management/Bosch-IoT-Suite-for-Device-Management.html>
 - <https://docs.bosch-iot-suite.com/asset-communication/Bosch-IoT-Suite-for-Asset-Communication.html>
- Bosch IoT Analytics:
 - <https://docs.bosch-iot-suite.com/analytics/discover/index.html>
 - <https://developer.bosch-iot-suite.com/service/analytics/>
- Bosch IoT Rollouts und Remote Manager:
 - https://docs.bosch-iot-suite.com/remote-manager/en71/index.htm#getting_started.htm
 - <https://docs.bosch-iot-rollouts.com/documentation/index.html>
- Bosch IoT „Things“ (Digital Twins):
<https://docs.bosch-iot-suite.com/things/>
- Lizenzübersicht:
http://documentation.bosch-si.com/iot/SDK/v10/en/index.htm#getting_started_licenses.htm
- Github Repository:
<https://github.com/bosch-io>

3.4 B&R - Automation mapp Technology

T1. Übersicht	
a)	Plattformname mapp Technology
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber B&R Industrial Automation GmbH (member of ABB group), Eggelsberg, Österreich
c)	Zusammenfassung des Anbieters „mapp Technology revolutioniert die Erstellung von Maschinen- und Anlagensoftware. Die mapps sind so einfach zu bedienen wie Smartphone-Apps. Anstatt User-/Rollen-Systeme, Alarmsysteme oder die Ansteuerung von Achsen Zeile für Zeile zu programmieren, parametriert der Entwickler der Maschinensoftware lediglich die fertigen mapps. Komplexe Algorithmen lassen sich einfach beherrschen. Der Programmierer kann sich voll auf den Maschinenprozess konzentrieren.“
d)	Plattformbestandteile <ul style="list-style-type: none"> • mapp services • mapp control • mapp view • mapp safety • mapp motion • mapp robotics • mapp cnc
e)	Online-Marktplatz-plattform Keine Informationen verfügbar
f)	Mobilitätsplattform Unterstützt mobile Endgeräte
g)	B2B Kontext Ja
h)	B2C Kontext Keine Informationen verfügbar
i)	Plattformnutzer Industrie 4.0 Benutzer, insbesondere Fachanwender ohne große IT-Kenntnisse (siehe Programmier-Sprachen)
j)	Einsatzgebiete Insbesondere Hydraulik, Kräne, Plastikverarbeitung, Extrusion oder Thermoforming
k)	Verbreitung Keine Informationen verfügbar
T2. Lizenzinformationen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Basic licenses (per component) • Advanced licenses (per component)
T3. Protokolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • OPC-UA, OPC-UA over TSN, POWERLINK, FIELDBUS, PVI (Process Visualization Interface) • Eigene Protokolle basierend auf TCP/UDP, MQTT, AMQP
T4. Edge-Unterstützung	
a)	Überblick „Open Architecture“ durch Verwendung von Edge-Geräten
b)	Kommunikation siehe Protokolle (T3)
c)	Speichernutzung Speichern und vorprozessieren von Daten (“Embedded Edge”)
d)	Besondere Fähigkeiten More advanced processing („Edge Controller“)
T5. IIoT-Geräte	
a)	Geräte-Verbindungen <ul style="list-style-type: none"> • Siehe Protokolle (T3) • Spezielle Geräte bzw. Dienste zur Anbindung, z.B. GateManager, machine pool management system, (cryptographic) key switch

T5. IIoT-Geräte		
b)	Geräte-Management	Geräte-Fernsteuerung zur Wartung (remote device maintainance)
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte-Fernsteuerung zur Wartung (remote device maintainance) • Spezieller „Automation Runtime software kernel“ auf allen B&R Zielgeräten, um Hardware-Unabhängigkeit für die Anwendungskomponenten zu ermöglichen.
T6. Sicherheit		
		<ul style="list-style-type: none"> • Verschlüsseltes VPN • Integrierte Firewall • Zugriffsrechte auf Maschinenebene (über GateManager/machine pool management system) • Fernzugriff (remote access) über KeySwitch
T7. Datenschutz		
		<ul style="list-style-type: none"> • mapp Audit: Alle Benutzeraktionen werden mit einem Zeitstempel und einem Benutzernamen protokolliert • Alarmbenachrichtigungen per Textnachricht • In der B&R-Datenschutzerklärung sind Datenschutzvereinbarungen festgelegt, die jedoch nur in Textform vorliegen und für deren Unterstützung kein technischer Support (oder Mechanismus) vorhanden ist.
T8. Cloud Nutzung		
		<ul style="list-style-type: none"> • Erfolgt über die (optionale) „Orange Box“, ein spezielles Gerät zur Cloud-Anbindung einer Anlage unter Verwendung von OPC-UA. • ABB Cloud wird benannt.
T9. Skalierbarkeit		
		<p>Herstelleraussage zur Skalierbarkeit: <i>“Complete scalability of controller, visualization system and drive: seamlessly adapt to CPUs of different performance classes, easy project porting via tooling, “grows with the application”, uniform programming interface, runtime environment remains unchanged when new hardware is integrated”.</i></p>
T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen		
a)	Digitale Zwillinge	<ul style="list-style-type: none"> • (Geräte-)Simulationen: <i>“The simulation options of mapp Control simplify development and accelerate commissioning”.</i> • Integrierbare 3D Repräsentation von Geräten und Maschinen für Simulink, Maple soft digital twin, functional mockup interface, oder Industrial Physics 3D twin representations.
b)	AAS für IoT-Geräte	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
c)	AAS in Edge-Geräten	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
T11. Datenmanagement und Datenanalyse		
		Datenmanagement basiert komplett auf OPC-UA
T12. Angebotene KI-Techniken		
		<p>KI-Techniken scheinen für zukünftige Versionen angedacht zu sein: <i>„Clever algorithms – even artificial intelligence – will be the fuel that powers ongoing performance optimizations and predictive maintenance”, “which includes all the prerequisites for future cloud applications featuring artificial intelligence and machine learning.”</i></p>

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a)	Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b)	Unterstützung des Apps-Managements	Automation Studio mit Logical View, WYSIWYG (IEC61131-3, ANSI C) und verschiedenen weiteren Sprachen (siehe T13c).
c)	Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • „Open Architecture“ durch Verwendung von Edge-Geräten • Verschiedene Sprachen (IEC61131-3): PLCopen, Leiter-Diagramm (Ladder Diagram), Funktionsblock-Diagramm (Function Block Diagram), Instruction List, Sequential Function Chart, Automation Basic, Strukturiertem Text (Structured Text), Continuous Function Chart.
d)	KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Modulare (konfigurierbare) Software-Komponenten („configure ready-made mapps“) • Vereinheitliche Konfiguration der Geräte, Servos, Motoren • Integrierter CAM-Editor • Werkzeuge zum Konfigurations-Test: Test window, Oscilloscope, Monitor
--	---

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	„Open Architecture“ durch Verwendung von Edge-Geräten, aber keine Drittanbieter genannt
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

	<ul style="list-style-type: none"> • mapp CodeBoxes erlauben es, direkt am HMI der Maschine zu programmieren, z.B., mit Leiter-Diagrammen oder Strukturiertem Text (teilweise visuelle Programmierung) • Selbstoptimierende Controller: “Autotuning, virtual sensing, optimization of control parameters, fine tune” • HMI basiert auf HTML5, CSS3 und JavaScript
--	--

T17. Quellen

	https://www.br-automation.com/en/products/software/mapp-technology/
--	---

3.5 Cisco – Kinetic

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Cisco Kinetic
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Cisco Systems, USA
c) Zusammenfassung des Anbieters	<i>„Cisco Kinetic is the cornerstone of the Cisco® IoT portfolio. With this platform, Cisco is not only fulfilling the need for IoT technology and products, but is also revolutionizing our understanding of networking. Instead of simply providing connectivity, the network will host computation, improving the value of data as it is transported. The network is now smarter. Instead of viewing ‘the cloud’ as a destination, modern IoT networks will pass data through clouds as well as to clouds. Instead of simply enabling connectivity, the Kinetic platform will control the distribution of data, providing far reaching distribution while maintaining and restricting access to data. In numerous ways, Cisco is advancing the state of the art in both IoT and networking.“</i>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Gateway Management Module (GMM) • Edge and Fog Processing Module (EFM) • Data Control Module (DCM)
e) Online-Marktplatz-plattform	Ja, die Plattform kann für Online-Marktplätze verwendet werden.
f) Mobilitätsplattform	Ja, die Plattform kann für Mobilitätsplattformen (z.B. Flottenmanagement) verwendet werden.
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	Nein, kein Fokus auf Endverbraucher.
i) Plattformnutzer	IoT-Plattformen und Branchenanwendungen für Unternehmen
j) Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Entwicklung, Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen. • Fokus auf das Management von Netzwerkstrukturen und Datenströmen in IoT-Plattformen.
k) Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

Keine Verwendung von Open Source Software, daher sind nur proprietäre Lizenzen von Cisco verfügbar

T3. Protokolle

- Einbindung nativer IoT Protokolle von (bestehenden) IoT Geräten über die Verwendung der Gateway Management Module (GMM) Komponente der Plattform.
- MQTT, AMQP 0.9, AMQP 1.0

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick	Der Schwerpunkt der Cisco Kinetic Plattform liegt auf der auf der Datensammlung und Analyse in Edge- bzw. Fog- Devices. Dieser Schwerpunkt wird mittels der dedizierten Komponente „Edge & Fog Processing Module“ (EFM) umgesetzt. Die Steuerung von
---------------------	--

T4. Edge-Unterstützung	
	<p>Datenflüssen von IoT-Geräten zu verschiedenen Ebenen einer IIoT-Umgebung, von Edge-Geräten über Fog Nodes, bis hin zu einer angebundenen Cloud und deren Applikationen, bildet einen weiteren Schwerpunkt der EFM Komponente der Cisco Kinetic Plattform. Edge-Geräte werden für die folgenden Aufgaben eingesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datenflüsse: Aggregation und Auswertung zur Trendanalyse, zum Beispiel für Prädiktive Wartung bereits auf der Ebene von Edge-Geräten oder ggf. bei komplexeren Operationen auf der Ebene von Fog-Nodes. • Visualisierung: Die aggregierten und ggf. bereits ausgewerteten IoT-Daten können bereits auf Ebene der Edge-Geräte in komplexen Visualisierungen dargestellt werden. • Echtzeit Überwachung (Device Health) und Steuerung von IoT-Geräten über Edge-Geräte • Software Updates (auch Bulk updates) von IoT Applikationen über Edge-Geräte
b)	<p>Kommunikation</p> <p>Die Kommunikation mit Edge-Geräten und den an sie angeschlossenen IoT Geräten in der Cisco Kinetic Plattform bietet die Möglichkeiten zur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einbindung nativer IoT Protokolle von (bestehenden) IoT Geräten über die Verwendung der Gateway Management Module (GMM) Komponente der Plattform. • Verwendung von Datenformaten verschiedenster IoT Geräte, sowie deren Harmonisierung/Konvertierung in ein einheitliches Datenformat (keine Informationen diesem Datenformat verfügbar). • Verwendung von Message Brokern die die folgenden Kommunikationsmöglichkeiten für Edge-Geräte und IoT-Geräte ermöglichen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Publish-Subscribe Modell ○ Request-Reply Messages
c)	<p>Speichernutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edge-basiert, Speicherung von lokalen Daten in Edge- und/oder Fog-Nodes • Optionale Weiterleitung von Edge- und/oder Fog-Node Daten an verschiedene Cloud Dienstleister (Cisco, IBM, Microsoft)
d)	<p>Besondere Fähigkeiten</p> <p>Die unter T4a angegebenen Fähigkeiten können für alle, an Edge-Geräten angebundene, IoT Geräte über deren gesamten IoT-LifeCycle angewendet werden.</p>

T5. IIoT-Geräte	
a)	<p>Geräte-Verbindungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette aller gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Schwerpunkt auf der Verwendung von Gateways mit dedizierter Komponente zum Gateway- Management (Gateway Management Module (GMM)) • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices • Integration verschiedener Protokolle und Systeme über Abstraktion von Protokollen über die Verwendung von Cisco Routern innerhalb der GMM der Plattform
b)	<p>Geräte-Management</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierarchische Verwaltung

T5. IIoT-Geräte

	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Edge- und Fog-Computing Funktionalitäten über dedizierte Edge-Computing Komponente (Edge and Fog Processing Module (EFM)) • Geräte und Apps können spezifische Daten abonnieren (Subscribermodell) • Cloudbasiertes Gateway-Management • Echtzeit-Deployment von Cisco 8x9 Industrial Integrated Services Routers (IR8x9) • Kontinuierliches Geräte-Monitoring und Healthcheck
c) Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Software Bereitstellung <ul style="list-style-type: none"> ○ REST ○ Software as a Service (SaaS) ○ Angebot von Apps für administrative Aufgaben (Dashboard) ○ Deployment von Microservices in Cisco Containern auf Gateways • Bulk Updates sind über den Edge / fog application lifecycle-manager möglich, der es erlaubt Edge- und Fog-Applikationen jederzeit zu starten, zu stoppen, zu deinstallieren oder zu aktualisieren.

T6. Sicherheit

	<p>Sicherheit in Bezug auf Edge-Geräte: Im Rahmen der EFM-Komponente wendet die Plattform eine Reihe von speziell auf Edge-Geräten (und Fog Nodes) ausgerichtete Sicherheitstechniken an:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EFM unterstützt die sichere verschlüsselte Kommunikation zwischen Brokern, um zu verhindern, dass Daten abgefangen und der Datenverkehr abgefangen werden. • EFM-Benutzer- und Knotenverwaltung: EFM organisiert die Daten hierarchisch. Mit der Knotenverwaltung kann der Administrator Listen-, Lese-, Schreib- und Konfigurationsberechtigungen für Knoten in dieser Hierarchie und deren untergeordnete Elemente zuweisen. • Das Kinetic EFM-System verwendet ein äußerst zuverlässiges Nachrichtenübermittlungssystem, das auf IoT-Nachrichtenbrokern basiert, die eine Multi-Hop-Kommunikation zwischen Brokern herstellen. • Das System sendet alle Daten über TLS-Verbindungen über das Netzwerk, um eine Verkehrsüberwachung zu verhindern. Die EFM-Systemadministratoranwendung ist durch das HTTPS-Protokoll geschützt.
--	---

T7. Datenschutz

	<p>Die DCM-Komponente (Data Control Module) liefert die richtigen Daten an die richtigen Anwendungen in der Cloud, um bessere Geschäftsergebnisse zu erzielen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit DCM können Daten von den Geräten entsperrt und sicher in eine cloudbasierte Anwendung verschoben werden (vollständige Kontrolle über Daten und deren Speicherort, damit Transparenz und Portabilität). • DCM bietet die Möglichkeit, Richtlinien und Regeln weiterzuleiten, um IoT-Gerätedaten problemlos in Cloud-Anwendungen über Bereitstellungen mit mehreren Clouds und Standorten hinweg zu verschieben, während Richtlinien ausgeführt werden, um den Dateneigentum durchzusetzen. • DCM bietet die Möglichkeit, Richtlinien zu erstellen, die Daten je nach Gerätetyp für verschiedene Anwendungen verfügbar machen, oder mithilfe von Regelwerken benutzerdefinierte Regeln festzulegen.
--	---

T8. Cloud Nutzung

- Nutzung der Cisco Cloud
- Anbindung an die IBM Watson Cloud und der auf ihr verfügbaren Dienste
- Anbindung an die Microsoft Azure Cloud und der auf ihr verfügbaren Dienste

T9. Skalierbarkeit

- Anbindung neuer Edge-Geräte über Gateways ist möglich
- Das Einbinden sowie das Entfernen von IoT-Geräten in/aus bestehende Systeme ist zu jeder Zeit möglich, da die Kinetic Plattform den kompletten IoT-Lifecycle unterstützt.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

Keine Informationen verfügbar

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

Umfangreiche Möglichkeiten zum Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in Echtzeit, realisiert in einer dezidierten Datenmanagement-Komponente Data Control Module (DCM):

- Zugriff auf alle Datenquellen (IoT-Geräte, Datenbanken, etc.) in einem vereinheitlichten Arbeitsbereich ("single, unified workspace")
- Anpassbare regel-gesteuerte Datenflüsse („customisable policy-driven data flows“)
- Aggregation multiple datenpunkte aus verschiedenen Quellen um Trends und Muster zu erkennen, Aktionen auszulösen und eine präzise Auswahl von Daten zu jeglicher Kombination von Anwendungen weiterzuleiten.
- Historischer Datenspeicher (IoT Historian Database):
 - Kontinuierlicher Import von Zeitreihen mit hoher Aufnahmezeit
 - Antwortzeit für Anfrage-Resultate auch im Terabyte-Bereich liegt unterhalb des Sekundenbereichs
 - Sofortige und kontinuierliche Analyse von Echtzeitdaten noch während die Daten geladen werden
 - Lokale Echtzeit-Analyse und Speicherung in der Nähe der Datenquelle.

T12. Angebotene KI-Techniken

- Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten, sowohl auf Edge-Geräten als auch in der Cloud.
- Komplexe, regelbasierte Eventbehandlung.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung von SDKs zur Entwicklung kundeneigener Apps • Unterstützung von „No Code“ Development bzw. Konfiguration von Applikationen über visuelle Programmierung / Konfiguration von Applikationen über Drag-and-Drop Benutzerschnittstellen und über die Konfiguration von Datenflüssen über graphische Benutzerschnittstellen
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkt, erlaubt die Einbindung von Daten von Drittanbietern • Einbindung kundeneigener Software wird nicht explizit genannt
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Angaben zu KI-Schnittstellen von Cisco • Möglichkeit der Nutzung von Schnittstellen und Diensten in der IBM Watson Cloud bzw. in der Microsoft Azure Cloud, die durch Cisco Kinect unterstützt werden

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- „No Code“-Entwicklung von Applikationen
- Konfiguration von Datenflüssen

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Teilweise Möglichkeit zur Bildung von Ökosystemen. Die Plattform erlaubt die Vernetzung mit unterschiedlichsten Cloud-Dienstleistern (Microsoft Azure, IBM Watson). • Die direkte Einbindung der Plattform in andere IoT-Plattformen ist nur eingeschränkt möglich, zumindest die Vernetzung von Datenströmen ist über die verwendeten Protokolle, Services und der Datenabstraktion möglich, wird aber nicht als Kernelement der Plattform beschrieben.
b) Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkt, erlaubt die Einbindung von Daten von Drittanbietern. • Einbindung kundeneigener Software wird nicht explizit genannt.
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Microservices in Cisco Containern auf Gateways
- Visuelle Programmierung

T17. Quellen

- Übersicht zu Cisco Kinetic Plattform:
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/iot-kinetic.html>
- Übersicht zur Komponente Gateway Management Module (GMM):
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/internet-of-things/kinetic-datasheet-gmm.pdf>
- Übersicht zur Komponente Edge and Fog Processing Module (EFM):
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/internet-of-things/kinetic-datasheet-efm.pdf>
- Übersicht zur Komponente Data Control Module (DCM):
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/internet-of-things/kinetic-datasheet-dcm.pdf>
- Übersicht zur Sicherheit der Cisco Kinetic Plattform:
https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/cloud-systems-management/kinetic/tech_notes/kinetic-security.pdf
- Whitepaper zur Verwendung der Cisco Kinetic Plattform in der industriellen Produktion: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/internet-of-things/cisco-kinetic-mfg-whitepaper.pdf>

3.6 Deviceinsight – Centersight

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Device Insight / CENTERSIGHT NG
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Device Insight GmbH, München, Deutschland
c) Zusammenfassung des Anbieters	<p><i>“Sie wollen die Effizienz Ihrer Prozesse steigern und smarte, vernetzte Produkte auf den Markt bringen? Mit unserem flexiblen IoT-Framework und praxiserprobten Applikationen setzen Sie jedes IoT- und IIoT-Vorhaben schnell, kostenbewusst und sicher um.</i></p> <p><i>Für einen nachhaltigen Geschäftserfolg versetzen wir Sie in die Lage Ihre Daten wertschöpfend zu analysieren. Damit planen Sie Wartung und Service genau nach Bedarf, vermeiden Stillstände und steigern Ihre Produktivität. Mit kundenspezifischen Applikationen und höchster Softwarequalität optimieren unsere IoT-Lösungen den Betrieb in jeder Branche – weltweit.“</i></p>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Applications • Device & Edge • Platform & Cloud
e) Online-Marktplatz-plattform	Keine Informationen verfügbar
f) Mobilitätsplattform	<ul style="list-style-type: none"> • Tablets und Smartphone Apps • Unterstützung für Telematics and Connected Cars
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	Keine Informationen verfügbar
i) Plattformnutzer	Entwickler, Anlagenbediener
j) Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Predictive Maintenance • Condition Monitoring
k) Verbreitung	Kuka, Fendt, Kärcher, reflex thinking solutions
T2. Lizenzinformationen	
	„Pay as you grow“
T3. Protokolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • HTTPS, MQTT, OPC UA, field bus protocols wie Modbus, SNMP, CSV, FTP, etc. • Protokoll-Adapter (standardisiert und proprietär)
T4. Edge-Unterstützung	
a) Überblick	“Edge Analytics” basierend auf einer modularen Struktur um kundenspezifische Erweiterungen zu integrieren.
b) Kommunikation	Siehe Protokolle (T3)
c) Speichernutzung	Keine Informationen verfügbar
d) Besondere Fähigkeiten	Datenverarbeitung auf Edge-Geräten, lokale Mustererkennung, maschinenspezifische Regelsätze für Condition Monitoring.
T5. IIoT-Geräte	
a) Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T3)
b) Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Via Cloud bzw. REST-API, z.B., für automatische Firmware Updates oder Fernkonfiguration • Integrierter Fernzugriff (Remote maintenance)
c) Deployment / Softwarebereitstellung	Via Cloud bzw. REST-API, z.B., für automatische Firmware-Updates

T6. Sicherheit

Integrierter VPN-Tunnel

T7. Datenschutz*Keine Informationen verfügbar***T8. Cloud Nutzung**

- Cloudbasiert (multi-tenancy SaaS), on-premise oder hybride Installation („Cloud and hybrid services“)
- Azure Cloud-Integration

T9. Skalierbarkeit

- Unbegrenzte Skalierbarkeit (*“unlimited scalability and rapid linking of devices”*)
- Bei cloudbasierter Installation: Automatische Ressourcen-Adaptation bei Spitzenlasten
- Millionen von Werten und Datenpunkten in nahezu Echtzeit

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen*Keine Informationen verfügbar***T11. Datenmanagement und Datenanalyse**

- „Big data advanced analytics“ zur automatisierten Datenanalyse
- Langzeit-Datenspeicher für Zeitreihen und Monitoring-Data
- Blobstore, NoSQL or Data Warehouse werden unterstützt

T12. Angebotene KI-Techniken

- Drei-stufiger Ansatz: 1) Daten von Geräten einsammeln, 2) Daten mit Expertenwissen kombinieren und in Form von Regeln (rule engine) beschreiben, 3) Statistische Werkzeuge bzw. ML-Algorithmen für Vorhersagen einsetzen
- Advanced Analytics & Predictive Maintenance
- Condition Monitoring
- Integrierter ML-Baukasten
- Azure IoT Hub und Azure Machine Learning Integration

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung existierender UI-Module bzw. Dashboard-Elemente • (Cloud-)API
c) Externe Algorithmen oder Daten	APIs und eingebaute Python-Umgebung
d) KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Condition Monitoring durch Drag & Drop Editor festlegbar
- Anpassbare (integrierte) Lösungen („customize solutions to company requirements“) insbesondere durch Regelanpassung („self-service rule engine“), z.B. für Anomalieerkennung oder Condition Monitoring
- Anpassbare Dashboards
- Editor für KPIs

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	Schnittstellenstandardisierung (“easily integrate with IoT ecosystems thanks to company-wide interfaces“)
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	In Form von Anpassung/Konfigurierbarkeit („customizing“) und Apps
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

	<ul style="list-style-type: none"> • Augmented Reality während der Fernwartung durch Bearbeitung von Bildern/Screenshots, Overlays und virtuellem Dashboard • IoT Microservices • KPI Editor
--	---

T17. Quellen

	<ul style="list-style-type: none"> • https://www.device-insight.com/en/centersight/ • https://www.device-insight.com/en/centersight-ng-available-on-microsoft-azure/ • https://www.device-insight.com/en/ • Whitepaper “Artificial intelligence in IoT practice – use cases and success factors“ https://www.device-insight.com/en/white-paper-artificial-intelligence-in-iot-practice-use-cases-and-success-factors/
--	---

3.7 Emerson – Plantweb

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Plantweb digital ecosystem, Plantweb Optics
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Emerson Automation Solutions, St. Louis, Missouri, USA
c) Zusammenfassung des Anbieters	<p><i>“A scalable and secure portfolio of transformational technologies, software and services that provide relevant personnel with enhanced insight to enable actions that drive Top Quartile performance.</i></p> <p><i>Data spread across the enterprise and isolated in silos makes it difficult to identify issues impacting asset availability. With Plantweb Optics, an asset performance platform for managing enterprise asset health, data is combined from multiple applications into asset-centric information to deliver persona-based alerts and KPIs.</i></p> <p><i>Plantweb Optics has real-time automated data collection from assets within the plant funneled into diagnostics and analytics platforms to help visualize, analyze, and predict performance. With this actionable data, plant service and maintenance is seamless with CMMS integrations and workflows. This platform makes staying on top of asset health in the plant easier than ever before.”</i></p>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Pervasive Sensing • Secure First Mile • Plantweb Inside Software • Plantweb Advisor Software (OSIsoft PI system as basis) • AMS Ares platform • Always Mobile • Connected Services
e) Online-Marktplatz-plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
f) Mobilitätsplattform	Mobilitätsunterstützung, z. B., AMS Trex Communicator
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i) Plattformnutzer	Unklare Aussagen wie „personnel“, „empowering today’s workforce“
j) Einsatzgebiete	Produktion, Ausfallsicherheit, Sicherheits- und Energiemanagement
k) Verbreitung	Chevron/Oronite, Denka
T2. Lizenzinformationen	
	<i>Keine Informationen verfügbar (wohl kommerziell)</i>
T3. Protokolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Datenanbindungen basieren auf OPC/OPC-UA und Web Services. • Modbus TCP (via Mapping) • Durch die OSIsoft-Architektur sind hunderte Kommunikationsprotokolle verfügbar.
T4. Edge-Unterstützung	
	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T3)
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • AMS device manager, Geräte-Monitoring • Device configuration templates
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T6. Sicherheit

	<p>Separates Netzwerk des Steuerungssystems, vollständig von anderen Netzwerken in der Anlage getrennt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neueste Vorlagen zum Härten des Betriebssystems • Deaktivieren nicht verwendeter Systemdienste • Verhindern des Zugriffs auf Wechselmedien • Smart Firewall/Intrusion Preventions-Gerät • DeltaV Smart Switches • Anwendungs-Whitelisting • Endpoint-Sicherheit • Patch-Verwaltungsdienst • Netzwerksicherheitsmonitor • Assessment
--	---

T7. Datenschutz

	<p>Teilt einige Aspekte mit der Sicherheit, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verhindern des Zugriffs auf Daten • Firewall • Whitelisting • Assessment
--	---

T8. Cloud Nutzung

	<p>Emerson hat sich auf die cloudbasierte Microsoft Azure IoT Suite als Grundlage für Dienste und Services festgelegt, was wiederum das digitale Plantweb Ökosystem um eine sichere und flexible Plattform (private Cloud) sowie Cloud-Diensten von Drittanbietern erweitert</p>
--	--

T9. Skalierbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Plantweb Insight kann für Anwendungen beliebiger Größenordnung eingesetzt werden. • Die Plattform und die darauf laufenden Applikationen basieren auf dem OSIsoft PI System, einer hochgradig skalierbaren offenen Dateninfrastruktur („highly scalable open data infrastructure“).
--	--

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
--	--------------------------------------

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

	<ul style="list-style-type: none"> • PervasiveSensing-Strategien • Realtime Analytics
--	---

T12. Angebotene KI-Techniken

	<p>Herstelleraussage: <i>“Robust portfolio of scalable analytics tools”</i></p>
--	---

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a)	Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b)	Unterstützung des Apps-Managements	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
c)	Externe Algorithmen oder Daten	Herstelleraussage: „ <i>easily integrate pre-build analytics into your system</i> “
d)	KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Herstelleraussage: „*easily integrate pre-build analytics into your system*“

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	Integriert Microsoft Azure IoT Suite
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	Cloud-Dienste von Drittanbietern (via Microsoft Azure IoT Suite)
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Integrierte virtuelle Realität/Fernunterstützung
- Plantweb scheint eine (Demonstrations-)VM mit integrierten, vorgefertigten Applikationen wie Steam Tap, Pressure Relief, Pump Application, Wiress Pressure Gauge, Location Application, usw. zu sein

T17. Quellen

<https://www.emerson.com/en-us/expertise/automation/industrial-internet-things/plantweb-digital-ecosystem>

3.8 Endress + Hauser – Netilion

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Netilion
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Endress + Hauser, Reinach, Schweiz
c) Zusammenfassung des Anbieters	<i>"Unsere Produkte können Sie sofort, jederzeit und von überall aus nutzen. Und Sie werden Spaß bei der Verwendung haben." „Wir kreieren digitale Services unter Verwendung der modernsten und sichersten Internet-Technologien. Wir kombinieren diese mit den Technologien von industriellen Produktionsanlagen. Alle unsere Services können Sie einfach und unkompliziert in Betrieb nehmen - komplizierte Projekte zur Einführung gehören der Vergangenheit an.“</i>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Netilion Smart Systems • Netilion Analytics • Netilion Health • Netilion Library • Netilion Connect • Netilion Inventory
e) Online-Marktplatz-plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
f) Mobilitätsplattform	Zugriff auf Informationen via Smartphone aber keine spezifischen Dienste genannt.
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i) Plattformnutzer	Insbesondere Maschinenführer/Anlagenbetreuer in Anwendungsszenarien.
j) Einsatzgebiete	Füllstandsüberwachung (Netilion Value), Wasserqualität von Oberflächenwasser, Wasserqualität von Aquakulturen
k) Verbreitung	Salzgitter AG, Gemeinde Baltschieder, Amt für Wald beider Basel
T2. Lizenzinformationen	
	Kommerziell, in Tarifen FREE, BASIC, PLUS oder PREMIUM
T3. Protokolle	
	Profibus DP, Profibus DA, Hart, Modbus, Ethernet, Bluetooth, REST/JSON
T4. Edge-Unterstützung	
	Erfasst Assets/Maschinen und stellt sie als Liste bereit. Keine weiteren Informationen zu Edge-Geräten gegeben.
T5. IIoT-Geräte	
a) Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T3)
b) Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte-Monitoring • Smarte Gerätekonfiguration über ein spezielles Tablet (Field Expert Tablet) bzw. spezielle Tablet-Software
c) Deployment / Softwarebereitstellung	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
T6. Sicherheit	
	Herstelleraussage: <i>„unter Verwendung der modernsten und sichersten Internet-Technologien“</i>

T7. Datenschutz

„Die physische Infrastruktur von Endress + Hauser wird in den sicheren Rechenzentren von Amazon gehostet und verwaltet und nutzt die Amazon Web Service (AWS) -Technologie. Amazon verwaltet das Risiko kontinuierlich und unterzieht sich wiederkehrenden Bewertungen, um die Einhaltung der Industriestandards sicherzustellen. Der Betrieb des Rechenzentrums von Amazon wurde akkreditiert unter:

- ISO 27001
- SOC 1 und SOC 2/SSAE 16/ISAE 3402
- PCI Level 1
- FISMA Moderate
- Sarbanes-Oxley (SOX)“

T8. Cloud Nutzung

- Netilion ist cloudbasiert (benannt insbesondere für Bausteine Inventory, Connect)
- Edge-Geräte müssen Zugriff auf vorgegebene Server/Dienste haben (“Edge-devices must have port 443 access to netilion.endress.com and api.netilion.endress.com”)

T9. Skalierbarkeit

Keine Informationen verfügbar

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	<ul style="list-style-type: none"> • „Foto vom Asset machen, ein paar Eckdaten hinterlegen, speichern ... fertig! Schon ist ein digitaler Zwilling Ihres Assets angelegt.“ • Die Einbindung der digitalen Zwillinge erfolgt insbesondere über angeschlossene Edge-Geräte.
b) AAS verwendet für IoT-Geräte	Keine Informationen verfügbar
c) AAS verwendet in Edge-Geräten	Keine Informationen verfügbar

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Filesharing- und Datenmanagement-Dienste über Netilion Library
- Zuordnung von Daten zu digitalen Zwillingen

T12. Angebotene KI-Techniken

Keine Informationen verfügbar

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Keine Informationen verfügbar
b) Unterstützung des Apps-Managements	Keine Informationen verfügbar
c) Externe Algorithmen oder Daten	Keine Informationen verfügbar (ggf. via REST/JSON-API)
d) KI-Schnittstellen	Keine Informationen verfügbar

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Einstellungen von (Edge-)Geräten

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	In Form der “Netilion Connect solution providers”
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
--	--------------------------------------

T17. Quellen

	<ul style="list-style-type: none">• https://netilion.endress.com/de• https://netilion.endress.com/blog/• https://netilion.endress.com/blog/cybersecurity-in-industry/
--	---

3.9 General Electrics – Predix

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	General Electrics – Predix
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	General Electrics, USA
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<p>„Created by GE to help transform its business, Predix—the operating system for the Industrial Internet—is the only solution built by industry for industry. From the edge to the cloud, Predix turns data and intelligence into actionable insights, and employs the latest innovation, including digital twins, to optimize assets and operations. All this is supported by a robust ecosystem that accelerates app development.</p> <p>As a scalable, asset-centric data foundation, a comprehensive and secure application platform can run, scale, and extend digital industrial solutions.</p> <p>Leading IIoT capabilities: The platform delivers shared capabilities that industrial applications require: asset connectivity, edge technologies, analytics and machine learning, big data processing, and asset-centric digital twins.</p> <p>Build once, deploy anywhere: Designed as a distributed application platform, Predix Platform is optimized for high volume, low latency, and integration-intensive data management and analytics-driven outcomes.“</p>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Predix Essentials • Predix Cloud • Predix Private Cloud • Predix Edge
e)	Online-Marktplatz-plattform	Eingeschränkte Möglichkeiten zur Unterstützung von Online-Marktplätzen, verschiedene Funktionalitäten, Dienste und Softwarekomponenten können im Logistik- und Retail-Bereich eingesetzt werden aber der Fokus liegt auf IIoT.
f)	Mobilitätsplattform	Im Kontext von IIoT wird zum Beispiel Flottenmanagement unterstützt.
g)	B2B Kontext	Ja
h)	B2C Kontext	Nein, kein Fokus auf Endkunden
i)	Plattformnutzer	Industrieunternehmenskunden die entweder in IIoT migrieren wollen oder bestehende IIoT-Systeme ausbauen bzw. optimieren wollen.
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Entwicklung, Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen. • Ein Fokus liegt auf der Digital Twin-basierten Entwicklung und Optimierung von Geräten und Produkten. • Ein weiterer Fokus liegt auf Edge-Computing, realisiert durch die dedizierte Komponente „Predix Edge“.
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern

T1. Übersicht

- Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

- Proprietäre Lizenzen des Anbieters (General Electrics)
- Nutzung von Open Source Software in kundeneigenen Applikationen ist möglich

T3. Protokolle

- Unterstützung (via Adapter) für: OPC UA, Modbus, OSI PI, MQTT, EGD
- REST
- Unterstützung weiterer Protokolle durch die Komponente "Predix Edge" die sich mit dem plattformeigenen „GE IGS Server“ verbindet, der mehrere hundert verschiedene Protokolle bereitstellen kann.

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick

GE Predix und die dedizierte Komponente Predix Edge geben folgende Verwendungsmöglichkeiten für Edge-Geräte an: *"Connect, monitor and manage assets. Predix Edge provides the connectivity options and management features to:*

- *Easily connect to assets and data sources*
 - *Monitor Edge instance status and health*
 - *Scale to thousands of Edge instances and connected devices*
- *Put analytics to work*
- *Use Complex Event Processing engines or container analytics to:*
 - *Apply rich analytics to data streams in near-realtime*
 - *Locally detect anomalies in device or process operations*
 - *Add intelligence to local equipment controls*
- *Take advantage of Edge applications. With Predix Edge you can use Edge applications to:*
 - *Handle near-realtime monitoring and response needs*
 - *Complement and extend existing solutions*
 - *Comply with security and regulatory requirements*
- *Simplify solution management. Predix Edge Manager simplifies and automates tasks to:*
 - *Provision Edge instances and connected devices*
 - *Provision and manage local apps and analytics*
 - *Monitor and control secure operations"*

Edge-spezifisches Deployment: *"Predix Edge can be deployed as an integrated hardware/software gateway, a VMware ESXi virtual machine or an embedded software image."*

b) Kommunikation

- Die Komponente „Predix Connectivity“ realisiert die Anbindung und Kommunikation mit Edge-Geräten.
- Nutzung verschiedenster Kommunikationskanäle: *"Predix Connectivity offers secure and reliable communication between Predix Edge and Predix Cloud over fixed line, cellular, and satellite networks."*
- Ein Fokus liegt auf der Verwendung von VPN.
- Bidirektionale Kommunikation mit Edge-Geräten möglich.

c) Speichernutzung

Edge-basierte Datensammlung, Vorverarbeitung Auswertung auf Edge-Geräten, sowie Forwarding aus Edge-Speichern zur weiteren Verarbeitung durch Plattformdienste, realisiert durch die dedizierte Plattform Predix Edge und deren Komponenten.

T4. Edge-Unterstützung

d) Besondere Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemein kann, aufgrund der sehr freien Möglichkeiten des Deployment von kundeneigenen Applikationen auf Edge-Geräten in der Predix Edge Plattform, ein größtmöglicher Umfang von Fähigkeiten auf den Edge-Geräten realisiert werden. • Zugriff durch Edge-Geräte auf umfangreiche Historian-Funktionalitäten
---------------------------------	---

T5. IIoT-Geräte

a) Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette von allen gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Verwendung von VPN • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices • Geräteverbindung über verschiedenste Wege möglich, Kabel, Mobilfunk, Satellit, etc. • Erfassung von Daten von Geräten und darüber hinaus beinhaltet: <ul style="list-style-type: none"> ○ Assetdaten: Zeitreihen, Alarmer, Ereignisdaten, HMI/SCADA ○ Plant data aus MES, SCADA: Betriebsdaten, Alarmer, KPI-Daten ○ Unternehmensdaten aus EAM/CMMS
b) Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing: Container-basierte Ausführung von Datenanalyse und KI-Verfahren auf Edge-Geräten • Kontinuierliches Geräte-Monitoring • Registrierung, Organisation, Überwachung und Fernverwaltung von verbundenen IoT-Geräten • Over-the-Air-Updates • Fernwartung (Remote Updates) von Gerätesoftware
c) Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an Diensten die plattformweit genutzt werden können • Angebot von Apps für administrative Aufgaben • Angebot von Apps für Analyseaufgaben • Bereitstellung von Analyse und KI-Verfahren in einem Marktplatz für Algorithmen bzw. komplette Applikationen.

T6. Sicherheit

Edge-spezifische Sicherheit: Predix Edge schafft eine sichere End-to-End-Betriebsumgebung über wichtige Funktionen und Designprinzipien, darunter:

- Sicherheit der Verwaltungskonsole und rollenbasierter Zugriff
- Zertifikatbasierte Geräteverbindung
- Gehärtetes eingebettetes Betriebssystem
- Datenverschlüsselung

Predix Cloud Connect erstellt eine VPN-Verbindung (Site-to-Site Virtual Private Network) zwischen dem lokalen Netzwerk und der Predix Cloud. Predix Cloud Connect verwendet die sichere Netzwerkprotokollsuite IPSec (Internet Protocol Security) und erstellt eine hybride Cloud-Umgebung, die privaten und sicheren Zugriff auf Anwendungen und Daten in der lokalen Infrastruktur sowie auf Daten und Dienste in der Predix Cloud bietet. Mit Predix Cloud Connect können VPN-Verbindungen mit folgenden Einstellungen konfiguriert werden:

T6. Sicherheit

- Redundanz
- Weiterleitungs-Proxy-Funktion
- Bandbreite
- IPSec-Modus
- AES-Verschlüsselungsstärke
- Kryptografische Hash-Funktion

Mit Predix Cloud Connect kann die VPN-Verbindung über ein interaktives Dashboard überwacht und vollständig verwaltet werden.

T7. Datenschutz

PREDIX-Datenschutzplan - Predix-Plattformservice und Sicherheitsrichtlinien:

- PREDIX fungiert als Datenverarbeiter aller personenbezogenen Daten
- PREDIX wird alle Gesetze und Vorschriften einhalten, die für ihn als Dienstleister gelten
- Klare Angabe des Speicherorts der Kundendaten
- PREDIX verwendet Steuerelemente wie Zugriffssteuerung, Zugriffsberechtigung und Authentifizierung
- Passworteinstellung
- Berechtigungsprüfungen
- Schwachstellenmanagement und Malware-Schutz
- Datenklassifizierung und –verarbeitung
- Vorratsdatenspeicherung: PREDIX bietet Kunden die erforderlichen Funktionen, um ihre Rechte in Bezug auf die Daten, die sie besitzen, auszuüben, einschließlich des Rechts auf Zugriff, Aktualisierung, Verschiebung usw.

Die Kundendaten werden so lange aufbewahrt, wie dies erforderlich ist, um dem Kunden aufgrund vertraglicher Vereinbarungen den erforderlichen Service zu bieten.

T8. Cloud Nutzung

Cloudbasierte Plattform unter Nutzung von:

- Predix cloud: Generelles Cloud Angebot zur Speicherung und Verarbeitung (Analyse, Weiterverarbeitung in Anwendungen von Kunden) von großen Datenmengen im IIoT-Kontext.
- Predix Private cloud: Dieselbe Funktionalität wie die Predix cloud aber mit einer direkten Anbindung an die Datenhaltung des Kunden unter Anwendung von Sicherheitsanforderungen, data-compliance Anforderungen, und Datenbesitzrechten, die durch den Kunden definiert werden.

T9. Skalierbarkeit

- Die Plattform kann den Bedürfnissen des Kunden entsprechend skaliert werden (Datenvolumen, Geräteanzahl, etc.)
- Sicheres On- und Off-boarding zur Laufzeit unterstützen die Skalierbarkeit.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge

Digital Twins werden zur Abbildung von Geräte (Assets) und Geräteverbänden genutzt um:

- Monitoring der Geräte und Geräteverbände zu erleichtern.
- Vorhersagen zu Geräten und Geräteverbänden anhand von Simulationen im Digital Twin zu treffen.
- Die Ergebnisse der Simulationen der Digital Twins werden verwendet um Wartung, Analyse von Gerätezuständen,

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen		
		vorranschauende Wartung und Produktivitätsoptimierung zu realisieren.
b)	AAS verwendet für IoT-Geräte	Die Verwendung von Digital Twins, auch als Verbund von Digital Twins, ähnelt dem Konzept der Verwaltungsschale.
c)	AAS verwendet in Edge-Geräten	Siehe T10b

T11. Datenmanagement und Datenanalyse	
	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Möglichkeiten zum Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in fast Echtzeit • Mustererkennung • Visualisierung von Daten und Datenanalysen • Nutzung der Daten für Vorhersage von Geräteverhalten und Optimierung • Besondere Datenanalysefähigkeiten in Edge-Devices • Umfangreiche Library von Datenanalyseverfahren • APIs zur Integration von Datenströmen in kundeneigene Software werden bereitgestellt

T12. Angebotene KI-Techniken	
	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten • Anomalie Erkennung mittels Maschinellern Lernen • Vorhersage-basierte Wartungsempfehlungen • Importmöglichkeit von KI-Verfahren seitens des Kunden • Container-basierte und VM-basierte Ausführung von Analyse und KI-Verfahren auf Edge-Geräten

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit		
a)	Store	<ul style="list-style-type: none"> • Predix verfügt über einen Store (bzw. Katalog) mit den Hauptkategorien a) Services und Software und b) Private cloud services. Der Store ist Bestandteil der Predix Developer Plattform. • Es besteht ein weiterer Store für Predix Analytics der KI-Lösungen anbietet.
b)	Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Die Predix Plattform unterstützt Apps-Management und Entwickler durch die Bereitstellung umfangreicher Dokumentationen, APIs, Tutorials etc. • Aktive Developer Community Unterstützung (Foren, Repositories) • Hinsichtlich der Unterstützung durch die Plattform werden bei Predix nicht „nur“ Entwickler angesprochen, sondern auch speziell Data Scientists und Controls Engineers. Die Aussagen der Predix Webseiten hierzu lauten wie folgt: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>“Developers: We've built a comprehensive platform and development environment for you with all the right services, tools, techniques, and supporting community to create innovative industrial IoT apps.”</i> ○ <i>“Data Scientists: Predix is readymade for you to manage and implement the latest, most meaningful statistical analysis, data mining, and retrieval processes for Big Data that help identify key insights and trends.”</i>

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>“Controls Engineers: Predix tools and techniques help you develop edge software solutions that seamlessly connect intelligent machines securely to the cloud for apt remote monitoring, diagnostics, and control.”</i>
c)	Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Open Source KI-Algorithmen durch Kunden wird aktive unterstützt • Docker-Container-basierte Anwendungen und Analytics-Auswertungen können mit verschiedenen Sprachen entwickelt werden: C, C++, Python, Node.js oder Java
d)	KI-Schnittstellen	Die Integration von kundeneigenen KI-Applikationen wird weitgehend unterstützt. Die Aussage der Predix Webseiten hierzu lautet wie folgt: <i>“A set of over 100 algorithms and models is available in Predix Platform Analytics Marketplace. A finished analytic written in C++, Java, or Python can be orchestrated to run based on a time schedule or event occurrence. Alternatively, complex analytics developed outside Predix Platform using the preferred tools of a data scientist, can just as easily be incorporated into your application. Base algorithms can be sourced from open source libraries and configured in your Predix Platform powered applications.”</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Kunden können die bereitgestellten Applikationen sehr weit anpassen • APIs zur Integration von Datenströmen in kundeneigene Software werden bereitgestellt • Kunden können eigene Analyse- und KI-Anwendungen in die Plattform einbringen
--	---

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	Die Bildung von Ökosystemen ist möglich, da die Anbindung anderer Plattformen und Anwendungen an Predix möglich ist.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	Freie Einbindung von Drittsoftware auf Kundenseite
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

	<ul style="list-style-type: none"> • Die Plattform bietet umfangreiche Historian-Funktionalitäten • Die Plattform verfügt über ein eigenes Edge OS (basierend auf einer Yocto Linux Distribution) • Docker-container-basierte Applikationen und Analytics-Ansätze
--	--

T17. Quellen

	<p>Umfangreiche Informationen auf den GE Predix und Predix Edge Webseiten und den Webseiten verfügbar. Datenblätter als Pdfs verfügbar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht zu GE Predix allgemein: <ul style="list-style-type: none"> ○ https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Predix-Essentials-from-GE-Digital-datasheet.pdf ○ https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/predix_onesheet_may2015_0.pdf ○ https://www.ge.com/digital/iiot-platform/predix-essentials ○ https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Become-digital-industrial-company-GE-Digital-overview.pdf • Predix Edge Plattform:
--	---

T17. Quellen

- <https://www.ge.com/digital/iiot-platform/predix-edge>
- https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/predix-edge-from-ge-digital-datasheet.pdf
- <https://www.ge.com/digital/documentation/edge-software>
- Analytics in Predix (allgemein und für Edge-Geräte):
 - <https://www.ge.com/digital/iiot-platform/machine-learning-analytics>
 - https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Data-Science-Services-from-GE-Digital.pdf
- Verwendung von Digital Twins in Predix und Predix Edge:
 - <https://www.ge.com/digital/applications/digital-twin>
 - <https://www.ge.com/digital/blog/digital-twins-bridge-between-industrial-assets-and-digital-world>
- Predix Sicherheit:
<https://www.ge.com/digital/iiot-platform/cyber-security-trust-center>
- GE Historian Services:
<https://www.ge.com/digital/applications/proficy-historian>
- Datenschutzplan:
https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/GE-Corp-Data-Protection-Plan-Predix.pdf
- Predix Store and Services:
 - <https://www.predix.io/catalog/services/>
 - <https://www.predix.io/catalog/ppc-services>
 - <https://www.ge.com/digital/iiot-platform>

3.10 Google – Google Cloud IoT Core

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Google Cloud IoT Core
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Google, Mountain View, CA, USA
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<i>“Vollständig verwalteter Dienst zum einfachen und sicheren Verbinden, Verwalten und Aufnehmen von Daten, die von global verteilten Geräten stammen.“</i>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • IoT Core <ul style="list-style-type: none"> ○ Cloud Functions ○ Pub/Sub ○ Dataflow ○ Cloud Bigtable ○ Big Query ○ AI Platform ○ Datalab ○ Insights ○ Data Studio • Gateway <ul style="list-style-type: none"> ○ Tensor Flow ○ Connection Agent
e)	Online-Marktplatz-plattform	Google Cloud Marketplace bzw. Google AI Hub
f)	Mobilitätsplattform	Kann mit für Mobilitätslösungen eingesetzt und mit Mobilgeräten betrieben werden.
g)	B2B Kontext	Ja
h)	B2C Kontext	Scheint auf B2B ausgerichtet, obwohl Startguthaben von \$300 auch Endkunden ein das Ausprobieren ermöglicht.
i)	Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • Das Setup scheint sehr technologielastig (create device registry, create device key pair add device to registry, do git code clone, ...), d.h. die technische Seite ist eher für Programmierer bzw. Nutzer mit IT-Background gedacht. • Über die Web-Benutzeroberfläche können andere Industrie 4.0 Nutzer die Plattform nutzen.
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Vorausschauende Instandhaltung (predictive maintenance) • Asset-Tracking in Echtzeit • Logistik- und Lieferkettenmanagement • Intelligente Städte und Gebäude
k)	Verbreitung	Referenzprojekte z.B. mit The Home Depot, PayPal, Target, HSBC, McKesson, 20th Century Fox, American Cancer Society, American Eagle Outfitters, Bloomberg, Broad Institute, Colgate-Palmolive, eBay, Farmacias del Ahorro, FWD, Go-JEK, etc.

T2. Lizenzinformationen

- "Pay as you go"-Dienst
- Die Kosten für Cloud IoT Core werden pro MB Daten berechnet, die von IoT-Geräten mit dem Dienst ausgetauscht werden, sobald das kostenlose Kontingent von 250 MB überschritten wurde.
- Teilweise Open Source, z.B. Mender¹⁴

¹⁴ <https://mender.io/>

T3. Protokolle

- Standard-MQTT- und -HTTP-Protokolle (ZigBee, Bluetooth)
- Bidirektionale Kommunikation möglich (intelligente und reaktionsfähige IoT-Datenpipeline)
- Protokollkonverter stellt Verbindungsendpunkte für Protokolle für alle Geräteverbindungen, native Unterstützung für eine sichere Verbindung über Branchenstandardprotokolle wie MQTT und HTTP. Der Protokollkonverter veröffentlicht alle Gerätelemetriedaten in der Cloud (Publish/Subscribe), so dass diese von nachgeschalteten Analysesystemen verarbeitet werden können.

T4. Edge-Unterstützung

a)	Überblick	Edge-Analytics auf Gateways
b)	Kommunikation	Kommunikation über die genannten Protokolle (siehe T3), insbesondere MQTT und REST.
c)	Speichernutzung	<i>Keine Informationen verfügbar</i> (reines Voraggregieren ist aufgrund des Ansatzes denkbar)
d)	Besondere Fähigkeiten	Gateways können Application Logic, Tensor Flow (ML Model) und Connection Agents ausführen.

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Verteilt Gerätedaten zur späteren Aggregation • Befehle oder Konfigurationsanweisungen können an Geräte gesendet werden, die mit Cloud IoT Core verbunden sind. Befehle sind schnelle, häufige und einmalige Anweisungen, die an Geräte gesendet werden. • Konfigurationen sind persistente Anweisungen, die bei Verwendung von MQTT an alle Geräte gesendet werden, die den Service abonniert haben. • Dies gilt auch für später hinzugefügte Geräte. • Offline-Betrieb, Unterstützung für ressourcenbeschränkte Geräte: Ein Gateway kann genutzt werden um ressourcenbeschränkten Geräten Funktionen für den Offline-Betrieb zur Verfügung zu stellen. Das Gateway kann Aufgaben im Namen des Geräts ausführen, zum Beispiel mit Cloud IoT Core kommunizieren, eine Verbindung zum Internet herstellen und Anmeldedaten authentifizieren.
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Asset-Tracking in Echtzeit. • Geräte-Manager kann einzelne Geräte (grobgranular) konfigurieren und verwalten. • Kann über Konsole oder durch Programme gesteuert werden. • Verwaltet die (logischen) Verbindungen jedes Geräts. • Kann zur Fernsteuerung des Geräts aus der Cloud verwendet werden. • REST APIs können verwendet werden, um die Registrierung, Bereitstellung und den Betrieb von Geräten im großen Maßstab zu automatisieren. Die APIs können auch zum Abrufen und Aktualisieren von Geräteeigenschaften bzw. des Gerätestatus verwendet werden, selbst wenn die Geräte nicht verbunden sind.
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Geräteupdates können mit Cloud IoT Core verteilt werden. • ML Modell oder andere Dateien/Objekte können verteilt werden

T5. IIoT-Geräte

- Mender OTA Software update Management mit Resilienz und Rollback

T6. Sicherheit

Strikte Sicherheitsprotokolle nach Branchenstandard zum Schutz der Geschäftsdaten.

Geräteauthentifizierung (basierend auf der Identität des Geräts)

End-zu-End-Sicherheit: Durch die Authentifizierung mit asymmetrischen Schlüsseln über TLS 1.2 sorgen Sie für End-to-End-Sicherheit. Von einer Zertifizierungsstelle signierte Zertifikate können zur Überprüfung der Geräteeigentümerschaft verwendet werden. Geräte, die die Cloud IoT Core-Sicherheitsanforderungen unterstützen, können volle Sicherheit bieten.

Zugriffssteuerung auf Rollenebene: Rollen der IAM können auf Geräte-Register (device registries) angewendet werden, um den Nutzerzugriff auf Geräte und Daten zu steuern.

T7. Datenschutz

- Kontrolle darüber, was mit den Daten passiert
- Keine Verwendung von Kundendaten zu Werbezwecke
- Der Speicherort der Daten ist bekannt gegeben
- Zusicherung, dass staatlichen Behörden niemals durch eine „Hintertür“ Zugriff auf die Daten oder auf die Server, auf denen die Daten gespeichert sind, gewährt wird.

T8. Cloud Nutzung

- Basiert auf Google Cloud, z. B., zur Verwaltung/Fernsteuerung von Geräten
- Der Dienst ist „serverlos“ (serverless) und erfordert keine vorherige Softwareinstallation.

T9. Skalierbarkeit

- Protokollendpunkte, mit denen dank automatischem Load-Balancing und horizontaler Skalierung für eine reibungslose Datenaufnahme unter allen Bedingungen gesorgt wird.
- Cloud IoT Core wird auf der serverlosen Infrastruktur von Google ausgeführt, die durch automatische Skalierung unmittelbar auf Änderungen reagiert.
- Dank der horizontalen Skalierung der Google Cloud Platform ist die sofortige Skalierung ohne Einschränkungen möglich.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a)	Digitale Zwillinge	Ggf. Geräte-Simulator („device simulator“), zu dem allerdings nur wenig Informationen verfügbar sind
b)	AAS verwendet für IoT-Geräte	<i>Keine Informationen verfügbar</i> (ggf. in Form eigener Schnittstellen als REST-API darstellbar)
c)	AAS verwendet in Edge-Geräten	<i>Keine Informationen verfügbar</i> (ggf. in Form eigener Schnittstellen als REST-API darstellbar)

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Cloud mit Abonnement-Funktion (Publish/Subscribe), bewahrt Daten sieben Tage lang auf.
- Big-Data-Analyse- und ML-Dienste von Google. Dazu Cloud Dataflow, BigQuery, Cloud Bigtable, Google Data Studio oder BI-Tools von Partnern.
- Außerdem können Benachrichtigungen basierend auf Messwert-Schwellen eingerichtet werden, z. B. für Geräte, die ein voreingestelltes abrechenbares Datenlimit nicht überschreiten dürfen.

T12. Angebotene KI-Techniken

- ML-Dienste von Google oder BI-Tools von Partnern
- KI-Bausteine ermöglichen es Entwicklern, Anwendungen mit Funktionen für maschinelles Sehen, Sprachein-/ausgabe, Konversation sowie mit strukturierten Daten zu erweitern.
- Trainingsdaten vorhanden: AutoML bietet Entwicklern und Datenanalysten ein schnelles Training eigener Modelle. KI-Produkte von Google Cloud werden mit einigen der weltgrößten Datasets trainiert, fortlaufend verbessert und machen damit die Vorteile maschinellen Lernens einfach zugänglich.
- Visuelle Erkennung, Videoverarbeitung, Dialogflow, Cloud Text-to-Speech, Cloud Speech-to-Text, Sprachübersetzung, Natural Language Processing, AutoML Tables, AutoML Vision, AutoML Video Intelligence, AutoML Natural Language, AutoML Translation, AutoML Tables, Recommendations AI, Cloud Inference API
- Kubeflow für portierbare ML-Pipelines
- TensorFlow, Tensor Processing Units (TPUs) sowie Tensor Flow Extended (TFX) verfügbar
- Prepare/Preprocess: Dataprep, Dataflow, Dataproc, Big Query
- Data labeling service, Deep Learning VM Image, AI Platform Notebooks
- AI Platform prediction (Tensorflow, scikit-learn in der Cloud)
- Erklärbare KI (Explainable AI)

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Google Cloud Marketplace bzw. Google AI Hub (P&P Komponenten, P&P Workflows, Freigabefunktionen)
b) Unterstützung des Apps-Managements	Cloud SDK basierend auf Node.js, viele Dokumentation und Beispiele, sonst Management durch die Stores
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederverwendung von KI-Bausteinen • Eigene Algorithmen sind wahrscheinlich, insbesondere da Tensor Flow Enterprise als code-basierte Data-Science-Entwicklungsumgebung beschrieben wird und da Cloud IoT sehr technisch (Programm-lastig) beschrieben wird.
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • AI-Building-Blocks • Kubeflow

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Keine Informationen verfügbar

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	Nicht explizit beschrieben, MQTT/REST-Schnittstellen sind vorhanden
b) Offen gegenüber Drittanbietern	Google Partner bzw. Drittanbieter/Benutzer-Lösungen in Stores
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Echtzeitmesswerte mit Stackdriver Monitoring
- Verwenden Sie Stackdriver Monitoring, um Dashboards zu erstellen, die Daten wie die Gesamtzahl aktiver Geräte in einer Registry zeigen.
- Alle Gerätelogs an einer Stelle: Sehen Sie sich die Verbindungs- und Fehlerlogs in Stackdriver Logging zusammen mit den Audit-Logs an.
- Intern: REST APIs und MQTT

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Standorterkennung via Google Maps

T17. Quellen

- <https://cloud.google.com/iot-core>
- <https://cloud.google.com/solutions/ai/>
- <https://cloud.google.com/products/ai/building-blocks>
- <https://cloud.google.com/ai-hub>
- <https://cloud.google.com/explainable-ai>
- <https://cloud.google.com/solutions/iot>
- <https://cloud.google.com/functions>
- <https://cloud.google.com/blog/products/iot-devices/quick-and-easy-way-set-end-end-iot-solution-google-cloud-platform>
- <https://cloud.google.com/iot/docs/concepts/overview>

3.11 Harting – MICA

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	MICA (Modular Industrial Computer Architecture)
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	HARTING Technology Group, HARTING Deutschland GmbH, Minden, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<i>“Einfache schnelle Handhabung, Robustheit, Flexibilität, langer Lebenszyklus und schnelle Applikationsentwicklung - MICA® ist die beste Grundlage für Ihre Industrie 4.0 Projekte von Maschinenüberwachung bis zu Logistik und OEE.”¹⁵</i>
d)	Plattformbestandteile	MICA-Geräte (scheinbar ausschließlich), diverse Container bzw. Microservices
e)	Online-Marktplatz-plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
f)	Mobilitätsplattform	Integrierte Orts-basierte Dienste
g)	B2B Kontext	Ja (Industrie 4.0, Produktion)
h)	B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i)	Plattformnutzer	Maschinenführer, Anlagenführer, Administratoren (low level)
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Schienenverkehrssysteme, Intralogistics • Permanentes Condition Monitoring • Bestandsverfolgung, Materialverfolgung • Energie-Management • Verbesserung des Produktlebenszyklus • Retrofitting
k)	Verbreitung	Infotecs, M2MGo, Harting, Exelor, IIPco, Mesco, AIS Automation, akquinet

T2. Lizenzinformationen

Kommerzielle Software (commercial software package / license)

T3. Protokolle

- u. A. Modbus, Modbus/TCP, EUROMAP 15, EUROMAP 63, MQTT, JSON, Rest, OPC-UA, IO-Link
- Erweiterbar über „solution partners“ im „MICA.network“

T4. Edge-Unterstützung

Herstelleraussage: *“MICA combines industry-compatible hardware and open source-based software to perform decentralised tasks in the field. The MICA platform is based on a secure Linux system and the applications run in independent software containers. MICA hardware is robust, suitable for industrial use and installed in a compact IP67 aluminium housing. Depending on the application, different hardware modules and software apps can be combined from a modular system and expanded with their own hardware and software elements.”*

Es werden im Wesentlichen MICA-Geräte unterstützt, d.h., Linux-basierte Geräte, die LXC¹⁶ Container ausführen und entsprechende Konnektoren bereitstellen können (z.B., cloud-connector, TIKa-stack container).

¹⁵ Wahrscheinlich Overall Equipment Efficiency, aber im Material nicht näher beschrieben. Hinweis von <https://www.mica.network/mit-oe-e-kennzahlen-besser-investieren/>

¹⁶ <https://linuxcontainers.org/>

T5. IIoT-Geräte		
a)	Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (siehe auch T3), insbesondere sind alle Geräte MICA-Geräte
b)	Geräte-Management	Wird vom Device Management Container durchgeführt. Angebotene Dienste: Discover, status monitoring, network configuration, OTA update, Geräte-Konfigurationsprofile.
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Via Container-Upload auf die Devices • Wird vom Device Management Container unterstützt

T6. Sicherheit		
		<ul style="list-style-type: none"> • Authentifizierung, Verschlüsselung (OPENSSL), Zertifikate, TLS-MQTT • Sicher verschlüsselte Datenübertragung • Die MICA-Plattform basiert auf einem sicheren Linux-System. • Die Absicherung umfasst fünf Kernelemente <ul style="list-style-type: none"> ○ Der Schutz der MICA durch ein sicheres Betriebssystem ○ Der Schutz von Anwendungen in der MICA ○ Die Verwendung sichere Protokolle ○ Eine End-zu-End verschlüsselte Datenübertragung. ○ Die Absicherung von Anwendungen

T7. Datenschutz		
		Siehe Sicherheit (T6).

T8. Cloud Nutzung		
		<ul style="list-style-type: none"> • „MICA verbindet Maschinen mit Cloud-Diensten“ • Die Unterlagen enthalten Beispiele für Anwendungen, deren Daten nach MS Azure gesendet werden.

T9. Skalierbarkeit		
		Wird vom Device Management Container übernommen, ist allerdings auf 50 Geräte beschränkt.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen		
a)	Digitale Zwillinge	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b)	AAS verwendet für IoT-Geräte	<i>Keine Informationen verfügbar</i> (ggf. über Schnittstellen darstellbar, z.B. RPC und Metriken via JSON)
c)	AAS verwendet in Edge-Geräten	<i>Keine Informationen verfügbar</i> (ggf. über Schnittstellen darstellbar, z.B. RPC und Metriken via JSON)

T11. Datenmanagement und Datenanalyse		
		TIGK-stack Container (time-series database, telemetry routing engine, stream analytics engine, dashboard)

T12. Angebotene KI-Techniken		
		TIGK-stack Container

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit		
a)	Store	<ul style="list-style-type: none"> • Vorkonfigurierte Lösungen „MICA solution packages“ • Vorbereitete Container
b)	Unterstützung des Apps-Managements	Vorkonfigurierte Container (siehe Store, T13a) mit Programmiersprachen sowie JSON RPC

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

c)	Externe Algorithmen oder Daten	Durch Programmierung bzw. über Verwendung eigener Container
d)	KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

„Mica Solution Packages“, d.h. vorkonfigurierte Lösungen für spezielle Anwendungsbereiche

T15. Ökosystembildung

a)	„Multi-Sided“ Plattform	Im Rahmen verfügbarer Container nur mit Cloud-Diensten, aber da keine Details genannt werden, könnte die Plattform mit beliebigen Systemen verbindbar sein.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Fokus auf „solution partners“ im „MICA.network“. • Zudem gibt es die „offene Developer Community MICA-network“.
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- RFID-Unterstützung
- Basiert auf Linux und LXC Container
- Microservices in Form von Python und Java Container
- Container basieren auf Node Red, busybox, Debian stretch
- Mobile/Location Dienste für Geräte via GNSS, JSON RPC, Bluetooth
- Dashboard (je nach Container)

T17. Quellen

- PDF-Dokumente von <https://www.harting.com>
- <https://www.harting.com/DE/en-gb/mica>
- <https://www.mica.network/>
- https://www.harting.com/DE/de/downloadcenter?name=&download_type=All&market=All&product_category=733
- <http://mica-container.com/>

3.12 IBM - Watson IoT Suite

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Watson IoT Plattform
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	IBM, USA
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<p>„IBM Watson IoT Plattform ist ein in der Cloud gehosteter Managed Service, mit dem Sie auf einfache Weise Wert aus Ihren Geräten im Internet der Dinge (Internet of Things, kurz IoT) schöpfen können.</p> <p><i>Verbinden und registrieren:</i> Registrieren und verbinden Sie Sensoren und Mobilgeräte auf einfache Weise. Überwachen Sie die Konnektivität der Geräte per Remote-Monitoring.</p> <p><i>Visuelle Zusammenstellung von Ereignissen:</i> Mit IBM Bluemix können Sie Ereignisse aus dem IoT visuell in Logikabläufen zusammenstellen. Nutzen Sie Node-Red in IBM Bluemix für die einfache Zusammenstellung von Abläufen per Drag-and-drop.</p> <p><i>Datenerfassung:</i> Sie können Daten in einer Zeitreihenansicht erfassen und verwalten und durch die echtzeitnahe IoT-Datenvisualisierung sehen, was auf Ihren Geräten vor sich geht.</p> <p><i>Management von Geräten und Verbindungen:</i> Mit den über IBM Bluemix verfügbaren Kaufoptionen bezahlen Sie nur für das, was Sie tatsächlich nutzen. Dieser höchst skalierbare Service erlaubt die Zahlung über den IBM Marketplace oder als Subskription für eine bestimmte Laufzeit.</p> <p><i>Sicherheit und Datenschutz in der Cloud:</i> Wenn Ihr Unternehmen IBM Cloud-Angebote nutzt, bietet IBM Skalierbarkeit und ermöglicht Ihnen die schnelle Anpassung an sich ändernde Geschäftsanforderungen, ohne Kompromisse bei Sicherheit und Datenschutz oder Risiken eingehen zu müssen.“</p>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • IBM Watson IoT Plattform Connect • IBM Watson IoT Plattform Information Management • IBM Watson IoT Plattform Analytics • IBM Watson IoT Plattform Risk Management
e)	Online-Marktplatz-plattform	Unterstützung von Online-Marktplätzen ist für die Plattform in Zukunft im Kontext von „Enterprise“ Nutzung genannt.
f)	Mobilitätsplattform	Ja, Unterstützung von Mobilitätsplattformen wird genannt
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus auf Industriekunden bzw. Large-Scale Customer, wie etwa Dienstleister.
h)	B2C Kontext	Endverbraucher (Konsumenten) explizit genannt mit Angabe der Möglichkeit Endverbrauchergeräte(-daten) mit der Watson IoT Plattform zu verarbeiten.
i)	Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Plattformen und Branchen Anwendungen für Unternehmen • Enterprise Nutzer (nicht industriell) • Endverbraucher (etwa im Smart Home Bereich)
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden • Gerätemanagement in IoT Umgebungen

T1. Übersicht	
	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen
k) Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden
T2. Lizenzinformationen	
	IBM Watson verwendet kaum Open Source Software und es werden keine Angaben zu Lizenzen, außer zu proprietären Lizenzen von IBM, gemacht.
T3. Protokolle	
	MQTT sowie weitere (native) Protokolle auf Ebene der IoT-Geräte möglich, Anbindung über Gateways.
T4. Edge-Unterstützung	
a) Überblick	<p>Innerhalb der IBM Watson IoT Plattform werden Edge-Geräte nicht gesondert, explizit, genannt. Es ist aber anzunehmen das Edge-Geräte, die von Kunden verwendet werden, ähnlich wie generische „IoT Devices“ auf die Dienste der Plattform, bzw. auf angebundene Dienste von IBM zugreifen können. Diese Dienste umfassen im Rahmen der Watson IoT Plattform:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IBM Predictive Maintenance on Cloud • IBM Predictive Quality on Cloud • IBM Predictive Warranty on Cloud • IBM Maximo Production Optimization <p>Unter der Annahme, dass Edge-Geräte von Kunden analog zu den in der Plattform genannten „IoT Devices“ auf die Dienste der Plattform zugreifen können, wären Edge-Geräte in der Lage die folgenden Aufgaben zu bearbeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoring von Asset-Telemetrie über Edge-Geräte unter Verwendung von IBM Stream Analytics • Verhaltens-Monitoring und Analyse von Assets • Prädiktive Diagnostik für Assets • Kontextualisierung von IoT-Gerätedaten
b) Kommunikation	<p>Keine Bidirektionale Kommunikation genannt, „nur“ Weitergabe von Daten an die IBM Cloud und deren Dienste, die dann ihre Ergebnisse an weitere Applikationen, etwa Visualisierungs-Apps und/oder Business Logic-Apps weiterleiten. Gateways können genutzt werden, um z.B. native Protokolle von „IoT Devices“ mit der Plattform zu verbinden.</p>
c) Speichernutzung	<p>Eine explizite Nutzung von Speicherkapazitäten auf Edge-Geräten ist in der Plattformbeschreibung nicht genannt. Eventuell ist eine solche „lokale“ Speicherung im Rahmen der in der Plattform zur Verfügung gestellten Gateways möglich.</p>
d) Besondere Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Da Edge-Geräte nicht explizit als Bestandteil der Watson IoT Plattform verwendet werden kann hier nur ausgesagt werden, dass die Daten von jedwedem an die Plattform angeschlossenen IoT-Gerät, also auch Edge-Geräten, über die Cloud/Analyse Komponenten von IBM ausgewertet werden können und die daraus abgeleiteten Informationen an die mit

T4. Edge-Unterstützung

	<p>der Plattform verbundenen Visualisierungs- und Business Logic-Applikationen weitergegeben werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Funktionsumfang entspricht somit dem Umfang und Angebot der Dienste (zum Beispiel im Bereich der Analyse), die von IBM angeboten werden.
--	---

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette von gängiger Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing ist scheinbar kein Bestandteil der Plattform, es werden lediglich „IoT Devices“ genannt. • IBM bietet eine separate Lösung zum Management von Edge-Geräten an: IBM Edge Computing Manager for Devices. • Remote-Update von Gerätesoftware wird nicht explizit genannt.
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an plattformeigener (interner) Software • Angebot von Apps für administrative Aufgaben (Dashboards) • Entwicklungsmöglichkeiten von kundeneigener Software werden nicht explizit genannt, Kunden können aber eigene Interfaces und Funktionen über MQTT oder mittels der IBM Watson IoT Platform HTTP Messaging API definieren.

T6. Sicherheit

	<p>Das hohe Sicherheitsniveau der IBM Cloud, die hinter der Watson IoT Plattform steht, wird als Alleinstellungsmerkmal bzw. als sehr starkes Verkaufsargument genutzt. Die Watson IoT Plattform selbst deckt die folgenden Sicherheitsaspekte ab:</p>
	<p>Nutzer und Nutzerrechteverwaltung: Umfangreiche Optionen für das Management von Nutzer und Nutzerrechten.</p>
	<p>Sicherheitstechniken innerhalb der Plattform:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichere Verbindung von Assets mit Hardware- oder Softwarekonnektivitätslösungen • Sichere Datenhaltung und Software (Verschlüsselung, Autorisierung) • Identitätsmanagement und Zugriffskontrolle • Sichere Einbindung von Hardware über eindeutige Hardware-Identifikationen

T7. Datenschutz

	<ul style="list-style-type: none"> • Die Watson IoT-Plattform basiert intern auf den höchsten Sicherheitsstandards und wurde von Dritten geprüft, um die Einhaltung speziell der ISO 27001 sicherzustellen (zertifiziert, geprüft). • Die Watson IoT-Plattform bietet die Konfiguration und Verwaltung von Rollen, so dass Steuerelemente von Benutzern, Anwendungen und Gateways definiert werden können. • Im Kontext der erweiterten Sicherheitsfunktionen von IBM, die Watson IBM um Threat Intelligence für IoT erweitern, können Kunden jetzt kritische Risiken in der IoT-Landschaft visualisieren und richtliniengesteuerte Minderungsmaßnahmen erstellen, um betriebliche Reaktionen auf IoT-Geräte in großem Maßstab zu automatisieren.
--	--

T8. Cloud Nutzung

	<ul style="list-style-type: none"> • Cloudbasiert, nutzt Data Lake in der IBM Cloud • Cloudant NoSQL DB
--	---

T8. Cloud Nutzung

- IBM Event Streams for IBM Cloud
- Db2 Warehouse on Cloud
- Databases for PostgreSQL

T9. Skalierbarkeit

Skalierung (Geräteanzahl, etc.) und Datennutzung können kundenspezifisch, dynamisch, angepasst werden.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	<ul style="list-style-type: none"> • Digital Twins sind nicht Bestandteil der IBM Watson IoT Plattform, bzw. werden nicht als solche genannt. • Die IBM Watson IoT Plattform bietet allerdings die Möglichkeit zur Simulation von IoT -Geräten bzw. von Device-Verbänden. Diese Simulation kann für vorhandene IoT-Gerätedurchgeführt werden oder zur Erprobung bzw. Integration von neuen IoT-Geräten. Dies entspricht den Kernfunktionalitäten eines Digital Twins, wird aber von IBM explizit nicht als solcher bezeichnet.
b) AAS verwendet für IoT-Geräte	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
c) AAS verwendet in Edge-Geräten	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Datenmanagement erfolgt in IBM Data Lake
- Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist nahezu in Echtzeit möglich
- Visualisierung von Daten und Datenanalysen
- Umfangreiches Querying der Daten
- Textanalyse
- Natural Language Processing
- Video und Bilddaten Analyse

T12. Angebotene KI-Techniken

- Machine learning (supervised, unsupervised) zur Anomalie Erkennung
- Analyse von Asset-Telemetrie mittels der Komponente Stream Analytics, die eine Vielzahl von Analysemöglichkeiten bietet.
- Textanalyse

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	IBM selbst hat einen Store für die Vielzahl seiner Angebote. Die Plattform IBM Watson IoT Plattform selbst bietet keinen solchen Store. Vielmehr werden zusätzliche Dienste von IBM, die über die Plattform eingebunden werden können, in IBMs eigenem Product Store angeboten. Der Store enthält keine Angebote von Applikationen oder Diensten von Drittanbietern.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt ein GitHub für IBM Edge Development, dieses ist aber zurzeit archiviert und von daher nicht mehr aktiv. • Zur Entwicklung/Nutzung von IBM-eigenen Applikationen stellt IBM eine Reihe von APIs und umfangreiche Dokumentationen und Beispielmateriale bereit.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

		<ul style="list-style-type: none"> Die Entwicklung von Applikationen von Drittanbietern außerhalb von IBM wird nicht aktiv unterstützt.
c)	Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> Externe Daten lassen sich verwenden (Analyse in der IBM Cloud). Die Verwendung von externen Algorithmen ist nicht vorgesehen.
d)	KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> Abgesehen von den plattformeigenen KI-Komponenten werden keine Angaben zur Integration von weiteren (kundeneigenen) KI-Komponenten gemacht. Die Integration von kundeneigenen KI-Komponenten erscheint stark eingeschränkt durch die Limitierung der Möglichkeit der Kunden eigene Software in der Plattform zu verwenden.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

		Kunden können eingeschränkt eigene Plattformkonfigurationen erstellen.
--	--	--

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	Bildung von Ökosystemen erscheint nur schwer möglich, da die Plattform explizit die Einbindung anderer Plattformen nicht unterstützt. Im IBM-eigenen Bereich der Services und Angebote von IBM erscheinen „lokale“ Ökosysteme möglich.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> Erlaubt die Konfiguration von GUIs und Analyse und Event-Funktionen, stellt aber keine generellen APIs oder SDKs zur Verfügung. Bereitstellung einer HTTP Messaging API, um Kunden die Erstellung von Konfiguration von kundeneigenen Funktionen zu ermöglichen.
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

		<p>Blockchain: Die IBM Watson IoT Plattform nutzt die IBM Blockchainplattform um es IoT Geräten zu ermöglichen sicher miteinander Transaktionen auszuführen.</p> <p>Die Blockchainfunktionalität wird aber zurzeit nicht mehr aktiv von IBM unterstützt.</p>
--	--	--

T17. Quellen

		<ul style="list-style-type: none"> Überblick zur IBM Watson IoT Plattform: https://www.ibm.com/de-de/internet-of-things/solutions/iot-platform/watson-iot-platform IBM Watson IoT Plattform Architektur: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/overview/architecture.html IBM Watson IoT Plattform IoT Data Lifecycle: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/overview/iot_data_lifecycle.html Überblick zu IBM Watson IoT Plattform Analytics: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/analytics/as_overview.html IBM Watson IoT Plattform Analytics Anomalie-detektion: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/analytics/as_detect_predict.html IBM Edge Computing Manager for Devices:
--	--	---

T17. Quellen

- https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSFKVV_4.0/getting_started/edge_computing.html
- IBM Maximo:
<https://www.ibm.com/us-en/marketplace/production-optimization>
- Übersicht zum IBM Maximo Asset Monitor:
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQR84_monitor/iot/overview/overview_mon.html
- IoT Device Simulation in IBM Watson IoT Platform:
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/platform/reference/dashboard/device_sim.html
- IBM Cloud Computing Security:
<https://www.ibm.com/cloud-computing/de/de/security.html>
- IBM Edge Analytics GitHub:
<https://github.com/ibm-watson-iot/edge-analytics-samples/projects>
- Präsentation zur Kooperation von Cisco und IBM hinsichtlich der Anbindung von Edge-Geräten an IBM Clouddienste:
https://www.cisco.com/c/dam/m/ro_ro/events/2016/ciscoconnect/img/presentations/IBM.pdf
- Blockchainnutzung in der IBM Watson IoT Plattform:
<https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/blockchain/index.html>
- Github Repository für Beispiele:
<https://github.com/ibm-watson-iot/edge-analytics-samples>

3.13 Microsoft - Azure IoT Suite

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Microsoft Azure IoT Suite
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Microsoft, USA
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<p><i>“Azure plays a very important role in our customer’s IoT solutions by providing:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>• Globally available, infinitely scalable and cost effective services for IoT devices and secure connectivity using industry standard protocols and security approaches.</i> <i>• A central place to collect telemetry from, send commands to, and manage geographically distributed devices.</i> <i>• Advanced analytics that help customers unlock key insights from their IoT data, and even monitor for important conditions over telemetry streams from millions of concurrent devices in real time.</i> <i>• A rich set of services required to realize the value in IoT, and open source client libraries that make it simple to interact with the Azure IoT Suite.</i> <p><i>The foundation for Azure IoT Suite pre-configured solutions, which are engineered to help customers quickly provision and realize business value from IoT. The Azure IoT Suite takes care of deploying and orchestrating the various services to give you a complete end to end solution.</i></p> <p><i>We also provide the Azure IoT Device SDK, an open source set of client libraries that run on a variety of operating systems and devices. These libraries are a convenience, but are not required to interact with the Azure IoT Suite, and you can modify them to meet your needs.”</i></p>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Azure IoT IoT Hub • Azure IoT Stream Analytics • Azure IoT Storage • Azure IoT Edge
e)	Online-Marktplatz-plattform	Die Plattform unterstützt Online-Marktplatzplattformen.
f)	Mobilitätsplattform	Die Plattform unterstützt Mobilitätsplattformen.
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus auf Industriekunden bzw. Großkunden, wie etwa Dienstleister
h)	B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i)	Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Plattformen und Branchen Anwendungen für Unternehmen • Entwicklungsmöglichkeiten von kundeneigener Software werden explizit genannt, Sourcecode für die Azure IoT Apps wird bereitgestellt für weitere Entwicklung durch Kunden. • Angebot von Lösungen für generelle „IoT Plattformen“.
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen.
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Anwender-Spektrum. • Verbreitete Anwendung durch Großkunden.

T2. Lizenzinformationen

Open Source Software in der Azure IoT Suite verwendet die MIT Lizenz.

T3. Protokolle

- TLS, MQTT, AMQP
- IP Addressing (Nutzung von IP Prefixes zur Verbindungskontrolle einzelner Geräte)
- Anbindung nativer, lokaler, Protokolle von Assets an die Azure IoT Suite mittels Microsoft Azure IoT Protocol Gateways.

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick	<p>Edge-Computing ist als wesentlicher Bestandteil der Azure IoT Suite in Form der dedizierten Komponente Azure IoT Edge verfügbar: <i>“Azure IoT Edge is a fully managed service built on Azure IoT Hub. Deploy your cloud workloads—artificial intelligence, Azure and third-party services, or your own business logic—to run on Internet of Things (IoT) edge devices via standard containers. By moving certain workloads to the edge of the network, your devices spend less time communicating with the cloud, react more quickly to local changes, and operate reliably even in extended offline periods.”</i></p> <p>Weitere Komponenten die speziell für die Realisierung von Edge-Fähigkeiten zur Verfügung gestellt werden sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Azure Vision Machine Learning: Diese Komponente stellt ML Verfahren zur Erstellung von Modellen aus Bilddaten zur Verfügung die dann auf Edge-Geräten verwendet werden können. • Azure Stack Edge: Diese Komponente ist eine Hardwarelösung, die KI-Techniken und Kommunikationsfähigkeiten in einem IoT-System kombiniert. • „Project Brainwave“: Diese Komponente ist eine Softwarelösung die Deep Learning für Edge-Geräte zur Verfügung stellt.
b) Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Die Kommunikation von Edge-Geräten in der Azure IoT Suite erfolgt bidirektional über die genannten Protokolle. • Native Protokolle von Assets und Edge-Geräten können über Azure IoT Protocol Gateways angebunden werden.
c) Speichernutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Sowohl lokale Speicherung auf Edge-Geräten als auch Nutzung von Cloudspeicher (Azure Cloud) wird unterstützt. • Präprozessierung von Daten auf Edge-Geräten, die dann in der Azure Cloud verwendet/gespeichert werden können, ist möglich.
d) Besondere Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Deployment von kundeneigenen KI-Modellen und KI-Algorithmen über die Komponente Azure IoT Edge. • Schwerpunkt auf KI-Verfahren die Bildverarbeitung einsetzen, umgesetzt mittels Azure Vision Machine Learning: <i>“Deploy models built and trained in the cloud and run them on-premises. For example, if you deploy a predictive model to a factory camera to test for quality control and an issue is detected, IoT Edge triggers an alert and processes the data locally or sends it to the cloud for further analysis.”</i> • Schwerpunkt auf Edge-Computing zur Erreichung von Reaktionen der Edge-Geräte in nahezu Echtzeit. • Mit Hilfe der Komponente Azure Stack Edge werden folgende Fähigkeiten für Edge-Geräte optimiert:

T4. Edge-Unterstützung

- Inference with Azure Machine Learning – *“With Azure Stack Edge, you can run ML models to get quick results that can be acted on before the data is sent to the cloud. The full data set can optionally be transferred to continue to retrain and improve your ML models.”*
- Preprocess data – *“Transform data before sending it to Azure to create a more actionable dataset. Preprocessing can be used to:*
 - *Aggregate data.*
 - *Modify data, for example to remove personal data.*
 - *Subset data to optimize storage and bandwidth, or for further analysis.*
 - *Analyze and react to IoT Events.”*

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette von allen gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices • Integration verschiedener Protokolle und Systeme
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing als (extensiver) Bestandteil von Azure IoT Edge • Sicheres On- und Offboarding (Einfügen, Entfernen) von Geräten verschiedenster Art • Remote-Konfiguration von Geräten • Remote-Update von Gerätesoftware • Telemetrie-Management von Geräten
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an plattformeigener (interner) Software • Angebot von Apps für administrative Aufgaben • Bereitstellung von Sourcecode zur weiteren Entwicklung von Anwendungen durch Kunden, Sourcecode ist über ein eigenes GitHub Repository verfügbar • Deployment auf Edge-Geräte erfolgt über die Nutzung von Containern

T6. Sicherheit

Nutzer und Nutzerrechteverwaltung: Umfangreiche Optionen für das Management von Nutzer und Nutzerrechten

Sicherheitstechniken innerhalb der Plattform:

- Sichere Verbindung von Assets mit Hardware- oder Softwarekonnektivitätslösungen
- Sichere Datenhaltung und Software (Verschlüsselung, Autorisierung)
- Identitätsmanagement und Zugriffskontrolle
- Device Authentication mittels X.509 CA Zertifikaten
- X.509 Sicherheitsstandard im IoT Hub
- X.509 CA zertifizierte Sicherheitskonzepte

Azure IoT Edge Sicherheitstechniken:

- Zertifikat- basierte Authentifizierung
- Edge-Geräte müssen eindeutige Zertifikat-Identitäten haben
- Anwendung des Principle of least privilege
- Berechtigungen zum Signieren von Zertifikaten und RBAC

T6. Sicherheit

- Software Attestation:
 - Static attestation
 - Runtime attestation
 - Software attestation
- Hardware root of trust:
 - Trusted Platform Module (ISO/IEC 11889)
 - Trusted Computing Group's Device Identifier Composition Engine (DICE)
 - Secure enclave technologies: TrustZones, Software Guard Extensions (SGX)

T7. Datenschutz

Technisch-organisatorische Maßnahmen:

- Secure device authentication: "A unique identity key or security token, or an on-device X.509 certificate. Appropriate method to use security tokens based on the chosen protocol (MQTT, AMQP, or HTTPS)."
- Secure device communication: "IoT Hub secures the connection to the devices using Transport Layer Security (TLS) standard, supporting version 1.2 and 1.0. TLS 1.2 ensures maximum security."
- Secure service communication: "Azure storage or Event Hubs using only the TLS protocol."
- Access controls
- Cryptography
- TrustZones

Übersicht zu Compliance-Standards auf der Webseite (siehe Quellen)

T8. Cloud Nutzung

- Cloudbasiert, nutzt die Cloud-Diensten von Azure IoT Storage
- Bietet Object Store an
- Lokale Speicherung für IaaS workloads
- Speicher für synchronous message queuing
- Speicher für structured NoSQL data
- Azure Cloud Speichernutzung für Big-Data-Analysen auf den aggregierten Device-Daten

T9. Skalierbarkeit

- Skalierung (Geräteanzahl, etc.) und Datennutzung können kundenspezifisch, dynamisch, angepasst werden.
- Volumen des genutzten Cloudspeichers kann von Kunden dynamisch angepasst werden.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

- a) **Digitale Zwillinge**
- Azure Digital Twins werden als Möglichkeit zur Simulation, Optimierung, Monitoring, etc. von Assets angeboten. Die Verwendung von Digital Twins beschränkt sich nicht auf physische Geräte, sondern umfasst auch die Modellierung von Personen, Orten, Unternehmenseinheiten, also Entitäten (nach Definition der Verwaltungsschale) allgemein.
- Azure Digital Twins können für alle gängigen Anwendungen von Digital Twins, z.B. Simulation, Optimierung, Entwicklung, Monitoring, Authentifizierung, Visualisierung, etc., verwendet werden. Die Erstellung und Nutzung von Digital Twins sind Teil des Angebots von

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

		<p>Microsoft Azure und als solches auch Bestandteil des Angebotes der Azure IoT Suite.</p> <p>Azure Digital Twins bieten eine besondere Möglichkeit der Modellierung und Visualisierung von Daten/Informationen an: <i>“Modelling of the relationships between people, places, and devices using the spatial intelligence graph—a virtual representation of a physical environment.”</i></p> <p>Die Modellierung und Verwendung von Digital Twins wird von Azure durch die Bereitstellung einer eigenen Modellierungssprache DTDL (Digital Twin Definition Language) sowie eines eigenen SDKs unterstützt.</p>
b)	<p>AAS verwendet für IoT-Geräte</p>	<p>Die Modellierung eines Digital Twins in Azure ist dem Konzept der Verwaltungsschale (teilweise) ähnlich. Auszug aus der Modellbeschreibung eines Azure Digital Twins – „Azure Digital Twin Model Definition:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>“Within a model definition, the top-level code item is an interface. This encapsulates the entire model, and the rest of the model is defined within the interface.</i> • <i>A DTDL (Digital Twin Definition Language) model interface may contain zero, one, or many of each of the following fields</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Property - Properties are data fields that represent the state of an entity (like the properties in many object-oriented programming languages).</i> ○ <i>Telemetry - Telemetry fields represent measurements or events, and are often used to describe device sensor readings.</i> ○ <i>Component - Components allow to build a model interface as an assembly of other interfaces. An example of a component is a frontCamera interface (and another component interface backCamera) that are used in defining a model for a phone. You must first define an interface for frontCamera as though it were its own model, and then you can reference it when defining Phone.</i> <p><i>Relationship - Relationships represent how a digital twin can be involved with other digital twins. Relationships can represent different semantic meanings, such as contains (‘floor contains room’), cools (‘HVAC cools room’), isBilledTo (‘compressor is billed to user’), etc. Relationships allow the solution to provide a graph of interrelated entities.”</i></p>
c)	<p>AAS verwendet in Edge-Geräten</p>	<p>Siehe T10b.</p>

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

	<ul style="list-style-type: none"> • Datenmanagement erfolgt in Azure IoT Storage und Azure IoT Stream Analytics • Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in nahezu Echtzeit möglich • Visualisierung von Daten und Datenanalysen • Query der Daten (unter Anderem) über SQL • Möglichkeit der Nutzung von temporaler Analyse (temporal logic), zur Kontrolle bzw. Optimierung von, zum Beispiel, Prozessabläufen (Scheduling) • Visualisierung von Daten/Informationen von Digital Twins, bzw. Verbänden von Digital Twins in einem „Spatial intelligence graph“.
--	---

T12. Angebotene KI-Techniken

- Teil des „Azure IoT Stream Analytics“ Angebots
- Machine learning zur Erkennung von Anomalien
- Sentiment analysis with Azure Machine Learning Studio
- Task-skalierung mit Machine Learning Studio Funktionen
- Dedizierte Komponente „Project Brainwave“: *“Project Brainwave is a deep learning platform for real-time AI inference in the cloud and on the edge. A soft Neural Processing Unit (NPU), based on a high-performance field-programmable gate array (FPGA), accelerates deep neural network (DNN) inferencing, with applications in computer vision and natural language processing. Project Brainwave is transforming computing by augmenting CPUs with an interconnected and configurable compute layer composed of programmable silicon.”* Nutzung der Möglichkeiten der Komponente “Brainwave“ zur:
 - Optimierung der Programmierung von FPGA’s (Field programmable gate-arrays)
 - Anwendung im Azure Stack Edge: *“Stack Edge is an AI-enabled edge computing device with network data transfer capabilities. Azure Stack Edge is a Hardware-as-a-service solution. Microsoft ships you a cloud-managed device with a built-in Field Programmable Gate Array (FPGA) that enables accelerated AI-inferencing and has all the capabilities of a network storage gateway.”*

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<p>Azure IoT Suite stellt innerhalb des Azure Marketplace Apps und Diensten in den folgenden (IoT relevanten) Kategorien zur Verfügung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data Analytics and Visualization • IoT Core Services • IoT Edge Modules • IoT Solutions
b) Unterstützung des Apps-Managements	<p>Azure IoT Suite unterstützt die Entwicklung und das Management von Apps durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Bereitstellung einer Vielzahl von APIs und SDKs • Umfangreiches Schulungsmaterial und Tutorials (Templates, Beispielapplikationen, etc.) • Die Bereitstellung eines GitHub Repository für Entwickler
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung Entwicklung von eignen Edge-Applikationen durch Kunden und Drittanbieter. • Erstellung und Deployment von kundeneigenen KI-Modellen und Algorithmen, Deployment auf Edge-Geräten erfolgt über die Nutzung von Containern. • Erstellung von kundeneigenen Business-Logics zur Verwendung in der Azure IoT Suite • Einbindung von Daten von Drittanbietern möglich
d) KI-Schnittstellen	Die Komponente „Project Brainwave“ bietet KI-Schnittstellen an.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Kunden können eigene Plattformkonfigurationen erstellen.

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	Ja, erlaubt die Einbindung anderer Plattformen bzw. schließt diese nicht explizit aus.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Erlaubt die Entwicklung von eigenen Applikationskonfigurationen, basierend auf den zur Verfügung gestellten Sourcecodes der Azure IoT Apps. • Stellt SDKs für die Entwicklung von kundeneigenen Applikationen zur Verfügung.
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

Container-basiert

T17. Quellen

- Übersicht über Azure IoT Hub:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/>
- Azure Stream Analytics:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/stream-analytics/>
- Speichernutzung in Azure IoT Suite:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/storage/>
- Azure Git IoT Device SDK:
<https://github.com/Azure/azure-iot-sdks>
- Azure Vision AI Dev Kit:
<https://azure.github.io/Vision-AI-DevKit-Pages>
- Azure Digital Twins:
<https://azure.microsoft.com/en-us/services/digital-twins>
- Azure Digital Twins Dokumentation:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins>
- Azure Digital Twins APIs und SDKs:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins/how-to-use-apis-sdks>
- Azure Digital Twin Modell:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins/concepts-models>
- Azure IoT Edge Komponente:
<https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-edge>
- Visual ML (für Azure IoT):
<https://azure.github.io/Vision-AI-DevKit-Pages>
- Azure Marketplace:
<https://azuremarketplace.microsoft.com/en-us/marketplace/apps/category/internet-of-things?page=1&subcategories=iot-edge-modules>
- Sicherheit in Azure IoT Edge:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/security>
- Projekt Brainwave (Anwendung in Azure IoT Suite):
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-brainwave>
- Azure IoT Stack Edge Komponente:
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/databox-online/azure-stack-edge-overview>
- ML für FPGAs (in Azure):
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/how-to-deploy-fpga-web-service>

T17. Quellen

- **Github:**
<https://github.com/Azure/azure-iot-sdks>
- **Compliance:**
<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/compliance/>

3.14 Oracle – Oracle Cloud IoT

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Oracle Internet of Things Cloud Service
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Oracle, USA
c) Zusammenfassung des Anbieters	<p>„Oracle Internet of Things (IoT) Cloud Service is a managed Platform as a Service (PaaS) cloud-based offering. Oracle Internet of Things Cloud Service provides you real-time analysis tools that let you correlate, aggregate, and filter incoming data streams. It also provides you built in integrations that allow the automatic synchronization of data streams with Oracle Business Intelligence Cloud Service. Ready-to-use IoT SaaS solutions for remote asset maintenance, Industry 4.0, smart manufacturing, connected logistics, worker safety monitoring, and connected customer experience help organizations achieve their vision of digital transformation across the complete enterprise.</p> <p>Built-in integrations and extensibility features enable you to extend your business applications—such as ERP, SCM, customer experience, and HCM—with rich, real-time insights from streaming IoT data to improve efficiency and derive more value from your existing business applications.</p> <p>Oracle IoT solutions are supported by a large ecosystem of device OEMs, device integrators, network service providers, and system integrators.“</p>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Oracle Internet of Things Production Monitoring Cloud Service • Oracle Internet of Things Asset Monitoring Cloud Service • Oracle Internet of Things Fleet Monitoring Cloud Service • Oracle Internet of Things Connected Worker Cloud Service
e) Online-Marktplatz-plattform	Ja, die Komponenten „Asset Monitoring“, „Fleet Monitoring“ und „Connected Worker“ zielen stark auf den Logistik- und Retail-Bereich.
f) Mobilitätsplattform	Bedingt, die Komponente Fleet Monitoring kann hier angewandt werden
g) B2B Kontext	Ja, die Plattform ist auf B2B fokussiert.
h) B2C Kontext	Nein, kein direkter Fokus auf Endverbraucher (Konsumenten)
i) Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Plattformen und Branchenapplikationen für Unternehmen • Schwerpunkt auf Industriekunden
j) Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Fleet Management • Starker Fokus auf Effektivitätsoptimierung
k) Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden • Großes Netzwerk von „Ecosystem Partnern“ (device OEMs, device integrators, network service providers, and system integrators).

T2. Lizenzinformationen

- Proprietären Lizenzen von Oracle
- Proprietären Lizenzen von SPARC
- Keine Erwähnung von Open Source Lizenzen

T3. Protokolle

- HTTPs und MQTT
- Legacy und andere Protokolle über Oracle IoT Gateway: *“A device that sends data over a non-HTTPS or TCP/IP protocol or interface, such as Bluetooth, Zigbee, I2C, or GPIO, can only communicate with Oracle IoT Cloud Service via a gateway device that is already connected to Oracle IoT Cloud Service. The gateway device must have the Oracle IoT Cloud Service Gateway already configured in it.”*

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick	<p>Edge-Geräte werden derzeit in der Produktionsumgebung von Oracle IoT nicht gesondert behandelt, sondern wie alle anderen IoT-Geräte gesehen und können wie diese auch auf alle in der Oracle IoT Plattform verfügbaren Dienste zugreifen.</p> <p>Es gibt allerdings einige Funktionalitäten die sich direkt auf Edge-Geräte beziehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edge-Geräte können über “Device Policies“ konfiguriert und gesteuert werden: <i>“Oracle has simplified edge computing implementation on Oracle Internet of Things Cloud Service by letting you create and modify policies externally from the device application. You do not need to write or compile any code. Instead, you create policies on the Management Console that define the data to collect, the data computation(s) to perform, and the frequency of data transmission. The policy instructs the edge device to compile the data and send it to the central server at a defined interval.”</i> • Die Implementation von Digital Twins in Oracle IoT berücksichtigt Requirements und Vorteile von Edge Computing: <i>„The semantic model lets you specify the normal operating range of an attribute. This results in a simpler implementation of edge computing. The business rules that you declaratively define on top of the complex event processing (CEP) engine in Oracle IoT Cloud Service can be automatically invoked at the edge of the IoT network.“</i>
b) Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Bidirektionale Kommunikation zwischen der Oracle Cloud bzw. deren Diensten und Edge-Geräten ist möglich (Data Streaming, Comand issuing). • Gateways können genutzt werden, um z.B. native Protokolle von IoT-Geräten mit der Plattform zu verbinden.
c) Speichernutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Geräte können lokalen Speicher verwenden und optional an Oracle cloud storage Dienste angebunden werden. • Präprozessierung von Daten auf Edge-Geräten möglich
d) Besondere Fähigkeiten	<p>Verwendung von semantischen Modellen (semantic models) auf Edge-Geräten: <i>“Compared to the typical approach of using efficient protocols such as MQTT, a semantic model significantly reduces the cost of network bandwidth by automating statistical modeling at the edge.”</i></p>

T5. IIoT-Geräte	
a)	<p>Geräte-Verbindungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette von allen gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices
b)	<p>Geräte-Management</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing wird nicht explizit erwähnt • Kontinuierliches Geräte-Monitoring in Echtzeit • Registrierung, Organisation, Überwachung und Fernverwaltung von verbundenen IoT-Geräten • Zentrales Deployment von Softwareupdates • KPI Definition für Geräte und deren Überwachung • Performanzanalyse auf Basis von KPIs • Remoteausführung von Aktionen auf den Geräten
c)	<p>Deployment / Softwarebereitstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an Oracle Web-Services die plattformweit genutzt werden können • Angebot von Apps für administrative Aufgaben (Dashboards, Visualisierungen) • Deployment von kundeneigenen KI-Komponenten, bedingt möglich durch die umfangreiche Konfiguration von Oracle Services in diesem Bereich. • „On the fly“ deployment von gänzlich kundeneigenen KI-Komponenten ist bedingt möglich über die Verwendung von REST APIs zur Anbindung dieser Komponenten an Oracle-Dienste.

T6. Sicherheit	
	<p>Nutzer und Nutzerrechte-Management:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Optionen für das Management von Nutzer und Nutzerrechten • Rollenbasierter Zugriff wird forciert
	<p>Sicherheitstechniken innerhalb der Plattform:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichere Datenhaltung und Software (Verschlüsselung, Autorisierung) • Rollenbasierter Zugriffsbeschränkungen • „Proof of Data“-Überprüfungen • Transport Level Security • Eindeutige (unique) Geräte IDs

T7. Datenschutz	
	Siehe Sicherheit (T6).

T8. Cloud Nutzung	
	<p>Oracle Cloud</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oracle Inventory Cloud • Oracle Service Cloud • Oracle Product Management Cloud • Oracle CX Cloud

T9. Skalierbarkeit	
	Die Plattform kann den Bedürfnissen des Kunden entsprechend skaliert werden (Datenvolumen, Geräteanzahl, etc.)

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	<p>Oracle IoT Digital Twins und Oracle IoT Digital Twins Simulation ermöglichen eine umfassende Nutzung von Digital Twins in der Oracle IoT Plattform: <i>“The Oracle IoT digital twin implementation has three pillars, each of which has its own use cases and advantages:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Virtual Twin: In a virtual twin, Oracle’s device virtualization feature creates a virtual representation of a physical device or an asset in the cloud. A virtual twin uses a JSON-based model that contains observed and desired attribute values and also uses a semantic model.</i> • <i>Predictive Twin: In a predictive twin, the digital twin implementation builds an analytical or statistical model for prediction by using a machine-learning technique. It need not involve the original designers of the machine. It is different from the physics-based models that are static, complex, do not adapt to a constantly changing environment, and can be created only by the original designers of the machine.</i> • <i>Twin Projections: In twin projections, the predictions and the insights integrate with back-end business applications, making IoT an integral part of business processes. For insight projections, Oracle IoT Cloud Service integrates with various products:</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Native pre-built integrations with Oracle ERP and Oracle CX applications</i> ○ <i>Integration with 150 applications by using Oracle Integration Cloud Service (ICS)</i> ○ <i>Integration using REST API libraries</i> <p><i>Oracle IoT Digital Twin Simulator: The IoT digital twin simulator lets you create simulated devices for your environment without the need to connect and set up hardware. You can generate configurable live data, alerts, and events for these simulated devices. Using the IoT digital twin simulator, you can create simulation models and then use them to create simulated device instances. The IoT digital twin simulator also provides ready-to-use simulation models that you can use to create simulated devices.”</i></p>
b) AAS verwendet für IoT-Geräte	Ansatz der Modellierung von Digital Twins in Oracle IoT ähnelt dem Konzept der Verwaltungsschale.
c) AAS verwendet in Edge-Geräten	Siehe T10b.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Möglichkeiten zum Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in Echtzeit, realisiert in dezidierten Datenanalyse-Komponente für Produktion, Assets (Maschinen), Flotten, Mitarbeiter. • Visualisierung von Daten und Datenanalysen • Umfangreiche Funktionen zur kundenspezifischen Anpassung von Datenströmen • Umfangreiche Optionen zur kundeneigenen Definition von Parametern (z.B. KPIs) die in die Datenauswertung einfließen • „No Code“-Umgebung zur Erstellung von Datenanalyseanweisungen
--	--

T12. Angebotene KI-Techniken

- Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten
- Complex event processing (CEP) engine in Oracle IoT Cloud Service
- Domänenspezifische KI-Verfahren und Modelle für: Vorhersage von Ausfällen, Event-Erkennung, Anomalie-Erkennung, Vorhersage von Geräteverhalten auf Basis von Maschinellem Lernen

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Kein Store für Apps oder Dienste. Kein Angebot von Apps oder Dienste von Drittanbietern. Oracle bietet lediglich seine eigenen Dienstleistungen an.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Dokumentationen und Tutorials • Bereitstellung von APIs: "REST APIs are available for the application, device model, device resource, and messages components of the Oracle Internet of Things Cloud Service. Requests to these REST APIs are protected through OAuth 2.0 protocol."
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Externe Daten lassen sich verwenden (Analyse in der Oracle Cloud) • Oracle IoT Cloud Service verwendet native Spark Java APIs zu Analysezwecken. Entwickler können die Batch and Streaming Spark APIs nutzen, um eigene Analyselogiken zu erstellen.
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Die complex event processing (CEP) engine in der Oracle IoT Cloud bietet Schnittstellen. • Oracle IoT Cloud Service verwendet native Spark Java APIs zu Analysezwecken. Entwickler können die Batch and Streaming Spark APIs nutzen, um eigene Analyselogiken zu erstellen.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Kunden können die bereitgestellten Applikationen anpassen.
- Kunden können sehr einfach umfangreiche „Anweisungen“ für die bereitgestellten Dienste (Analyse, Event handling) erstellen.

T15. Ökosystembildung

a) „Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Bedingt, eine Vernetzung mit anderen IIoT-Plattformen scheint nicht direkt vorgesehen zu sein. • Es besteht die Möglichkeit der Bildung von „Oracle internen“ Ökosystemen durch das „Oracle Ecosystem“: <i>“Oracle IoT solutions are supported by a large ecosystem of device OEMs, device integrators, network service providers, and system integrators. Our device ecosystem includes large companies that produce hundreds of device types that are used across many different industries, as well as specialized device manufacturers. We partner with network service providers operating in cellular, LoRa, and narrowband IoT.”</i>
b) Offen gegenüber Drittanbietern	Oracle Internet of Things Cloud hat ein sehr großes Netz von Hardware und Softwareherstellern die in die „Oracle IoT Cloud“ direkt mit einbezogen sind, allerdings scheint es eine Abgrenzung zu geben, dass nur diese Partner (deren Hardware, Software) „nahtlos“ in die Plattform eingebunden werden können, so dass eine Einbindung von Inhalten „wirklicher“ Drittanbietern eher nicht vorgesehen ist.
c) Bezug auf RAMI 4.0	KPI-Unterstützung

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

Digital Twin Simulator: Oracle IoT digital twin Simulator

T17. Quellen

- Oracle IoT Plattform Überblick:
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things>
 - <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/iot-cloud/index.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/saas-applications.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/iot-asset-monitoring-cloud.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/iot-fleet-monitoring-cloud.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/iot-service-monitoring-for-connected-assets-cloud.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/iot-production-monitoring-cloud.html>
 - <https://www.oracle.com/internet-of-things/iot-connected-worker-cloud.html>
- Oracle Partnernetzwerk:
<https://www.oracle.com/internet-of-things/tech-partners>
- API Dokumentationen:
 - <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/iot-cloud/iotrq/index.html>
 - <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/iot-cloud/client-software-api-references.html>
- Oracle Paper “Developing Applications with Oracle Internet of Things Cloud Service”
<https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/iot-cloud/iotgs/developing-applications-oracle-internet-things-cloud-service.pdf>

3.15 PTC - ThingWorx

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	ThingWorx
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Parametric Technology GmbH, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<p>„Damit das Industrial Internet of Things (IIoT) auch hält, was es verspricht, benötigen Sie eine Spezialplattform für die Industrie. Dank des umfangreichen Fachwissens aus fast 20 Jahren Innovationsarbeit im Bereich IoT ist PTC ThingWorx eine IIoT-Plattform mit der Funktionalität und Flexibilität, die für rasche Rentabilität notwendig sind. Zugleich bietet die Lösung die nötige Sicherheit und Skalierbarkeit, um IIoT-Lösungen auf das gesamte Unternehmen auszudehnen.</p> <p>ThingWorx ist insofern einzigartig unter den IIoT-Plattformen, als es die umfassendsten kritischen IIoT-Funktionen abdeckt, und zwar sowohl nativ als auch über zuverlässige Integrationen für Partner wie Microsoft und Rockwell. Entdecken Sie die unverzichtbaren IIoT-Funktionen für Ihre digitale Transformation.</p> <p>ThingWorx Manufacturing Apps und ThingWorx Service Apps beschleunigen nicht nur Pilotprojekte und Implementierungen, sondern ermöglichen auch einen skalierten betriebswirtschaftlichen Nutzen.“</p>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Application Enablement Platform (AEP), “a design and runtime engine for IoT applications” • Thing Worx Manufacturing <ul style="list-style-type: none"> ○ Asset Advisor (Gerätemanagement und Überwachung) ○ Software Content Management • ThingWorx Service Apps <ul style="list-style-type: none"> ○ Controls Advisor (Datensammlung und Analyse) ○ Operator Advisor (Operatorunterstützung durch digitale Anweisungen, on-premise)
e)	Online-Marktplatz-plattform	Keine Informationen verfügbar
f)	Mobilitätsplattform	Keine Informationen verfügbar
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus liegt auf B2B
h)	B2C Kontext	Nein
i)	Plattformnutzer	IIoT-Unternehmenskunden zur Erstellung und Erweiterung der Software/Dienste innerhalb ihrer IIoT-Umgebungen.
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung, Anpassung und Betrieb von Software für Edge- und Cloud-basierte IIoT Unternehmensanwendungen. • Neben der Neuentwicklung von Software für IIoT auch die Einbindung bestehender IIoT Assets und Softwareassets in Weiterentwicklungen durch ThingWorx Software.
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von IIoT-Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

- Nutzung von Open Source Software in Teilen (zum Beispiel Apache Tomcat) mit den entsprechenden Open Source Lizenzen
- Proprietäre Lizenzen des Anbieters

T3. Protokolle

- HTTPs
- Ältere (legacy) und andere Protokolle werden über Schnittstellen integriert, die von der ThingWorx Software bereitgestellt werden.

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick

ThingWorx Edge Extensions und Edge Microserver (EMS) Komponenten werden zur Einbindung und Programmierung von Edge-Geräten in die ThingWorx Plattform genutzt:

“ThingWorx Edge Extensions provide building blocks for the C SDK that allow you to create reusable components for application development. These components are intended to simplify the complex tasks required to interface with the hardware used for data acquisition and control in IoT environments. These blocks of modular functionality can be assembled in different combinations, based on the needs of your IoT environment, into a single Thing that represents your device in ThingWorx.

Edge SDK: The ThingWorx Edge C SDK is a lightweight, but fully functional implementation of the ThingWorx AlwaysOn protocol. It is designed to minimize memory footprint while making it easy to integrate applications into the ThingWorx distributed computing environment of the Internet of Things (IoT). The goal of the C SDK is to make creating applications that use it simple, but to also give developers enough flexibility to create very sophisticated applications. For example, the SDK contains a simple “tasker” framework that you can use to call functions repeatedly at a set interval. You can use the tasker framework to drive not only the connectivity layer of your application, but also the functionality of your application. However, it is not required to use the tasker at all.

Edge SDK functions:

- *Establish and manage a secure AlwaysOn connection with an instance of ThingWorx Platform. This includes SSL/TLS negotiation, duty-cycle modulation, and connection maintenance such as re-establishing a connection after network connectivity is lost and restored.*
- *Enable easy programmatic interaction with the properties, services, and events that are exposed by entities on ThingWorx Platform.*

Implement a callback infrastructure that makes it easy to expose a set of properties and services to ThingWorx Platform. These properties and services can be surfaced from multiple entities. When a request is made from ThingWorx Platform for a registered property or service, a callback is made to a function that you supply during the registration process.”

b) Kommunikation

- ThingsWorx bietet eigene „Wrapper“ für Industrial Connectivity von älteren (legacy) IoT-Geräten an.

T4. Edge-Unterstützung

		<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Verwaltung einer sicheren AlwaysOn-Verbindung mit einer Instanz der ThingWorx Plattform. Dies umfasst die SSL/TLS-Aushandlung, die Duty-Cycle-Modulation und die Aufrechterhaltung der Verbindung, z. B. die Wiederherstellung einer Verbindung nach dem Verlust und der Wiederherstellung der Netzwerkkonnektivität. • Bidirektionale Kommunikation mit Edge-Geräten ist möglich (Data sending, Comand (Event triggered) receiving).
c)	Speichernutzung	Edge- und Fog-basierte Speicherung wird realisiert über ThingWorx Edge Extensions.
d)	Besondere Fähigkeiten	ThingWorx Edge Extensions und das entsprechende SDK können verwendet werden, um benötigte Fähigkeiten auf Edge-Geräten zu implementieren.

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette gängiger Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Fokus auf der Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices • Fokus auf die Einbindung einer größtmöglichen Zahl von Konnektoren <ul style="list-style-type: none"> ○ Machine to Machine ○ „Gerät zu Cloud“ Adaptoren ○ ThingsWorx eigene „Wrapper“ für Industrial Connectivity ○ Integration Framework Connectors: Anbindung von Geräten an Unternehmens-frameworks wie etwa PLM, ERP, CRM, SCM • Device Discovery: Automatische Erkennung von neuen Geräten
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Edge-Computing und Fog-Computing, realisiert über ThingWorx Edge Extensions • Kontinuierliches Geräte-Monitoring • (Automatische) Registrierung, Organisation, Überwachung und Fernverwaltung von verbundenen IoT-Geräten • Unterstützung des gesamten Lebenszyklus von IoT-Geräten
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Softwarebereitstellung und Entwicklung für IIoT sind die zentralen Geschäftsfelder von ThingWorx. • Breites Angebot an Diensten die von IIoT-Plattformen genutzt werden können. • Sehr großes Angebot von Apps für administrative Aufgaben • Da es Kunden möglich ist ihre eigene Software zu erstellen ist jede Form von heterogenem/dynamischen Deployment von KI-Komponenten bzw. deren Einbindung in Software, die mit ThingWorx erstellt wird, möglich.

T6. Sicherheit

	Edge Sicherheit / Edge Verbindungssicherheit: Unterstützt OpenSSL v.1.1.1 und außerdem die Standard-Cipher Suites von Apache Tomcat bis einschließlich Tomcat 8.0.33.
	Server-Authentifizierung: Ein Client (Gerät) kann die Identität eines Servers vor dem Senden von Daten bestätigen. Es werden kryptographische Standardtechniken mit öffentlichem Schlüssel verwendet, um zu überprüfen, ob das Zertifikat und die Identität

T6. Sicherheit

einer ThingWorx-Plattform gültig sind und von einer bekannten Zertifizierungsstelle (CA) ausgestellt wurden, die in der Liste der vertrauenswürdigen Zertifizierungsstellen des Geräts aufgeführt ist.

Verschlüsselte Verbindung: Erfordert, dass alle zwischen einem Client und einem Server gesendeten Informationen von der sendenden Software verschlüsselt und von der empfangenden Software entschlüsselt werden, wodurch ein hohes Maß an Vertraulichkeit gewährleistet wird. Neben der Vertraulichkeit der Daten gewährleistet SSL / TLS die Integrität der übertragenen Daten. Das heißt, es bietet einen Mechanismus zur Bestimmung darüber, ob die Daten während der Übertragung geändert wurden (Nachrichtenauthentifizierung).

Client-Authentifizierung: Ermöglicht einem Server, die Identität eines Clients (Geräts) zu bestätigen. Mit den gleichen Techniken wie bei der Server-Authentifizierung überprüft die Serversoftware, ob das Zertifikat und die Identität des Geräts gültig sind und von einer bekannten Zertifizierungsstelle ausgestellt wurden, die in der Liste der vertrauenswürdigen Zertifizierungsstellen des Servers aufgeführt ist. Die Client-Authentifizierung ist optional.

T7. Datenschutz

Teilt einige Aspekte mit der Sicherheit. Zusätzlich bietet die Plattform:

Verbesserte Sicherheit mithilfe des KeyScaler von Device Authority

- KeyScaler ThingWorx Authentifizierungserweiterung: Die Überprüfung der Geräteidentität für ThingWorx erhöht das Vertrauen erheblich und verbessert die „appKey“-Lösung. Außerdem wird eine Automatisierung bereitgestellt, um dies im IoT-Maßstab zu verwalten.
- KeyScaler ThingWorx Krypto-Erweiterung: Unterstützt das Ver- und Entschlüsseln von Daten direkt innerhalb der ThingWorx-Plattform für Daten während der Übertragung und in Ruhe.
- KeyScaler ThingWorx Always-On-Agent: Ein Krypto-Agent für das ThingWorx Always-On-Protokoll bietet eine transparente, richtlinienbasierte Verschlüsselung für Geräteanwendungen, die mit ThingWorx verbunden sind.

Erweiterungen für eine sichere Lösung:

- Eine sichere und skalierbare Methode zur Registrierung, Authentifizierung und laufenden Validierung von Geräten über das aktuelle „appKey“-Modell.
- Vertrauen und Autorisierung für verbundene Geräte und die zugehörigen Datenströme
- Datenschutz für vertrauliche Informationen.

T8. Cloud Nutzung

- Cloudbasiert mit Einbindung von Microsoft Azure
- Lokale/Hybride Speicherung

T9. Skalierbarkeit

Die angebotenen Softwarelösungen sind auf Skalierbarkeit ausgelegt, zum Beispiel durch die Unterstützung des gesamten Lebenszyklus von IoT-Geräten sowie der Nutzung des Modell-View-Controller (MVC) Ansatzes.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a) Digitale Zwillinge	Die Plattform ermöglicht das Erstellen und Nutzen von Digital Twins, zum Beispiel zur Simulation von Geräten und Geräteverbänden.
b) AAS verwendet für IoT-Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Der Kernansatz von ThingWorx Entitäten als „Things“ zu modellieren und die Erstellung von Software auf den modellierten

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

„Things“, dem Modell-View-Controller (MVC) Ansatz folgend, aufzubauen, ähnelt dem Konzept der Verwaltungsschale.

- Die ThingWorx Plattform beschreibt den Ansatz der Modellierung von „Things“ wie folgt: *“Things are representations of physical devices, assets, products, systems, people, or processes that have properties and business logic. All Things are based on Thing Templates (inheritance) and can implement one or more Thing Shapes (composition). It is a best practice to create a Thing Template to describe a Thing, and then create an instance of that Thing Template as a Thing. This practice leverages inheritance in your model and lowers the amount of time you spend maintaining and updating your model.”*
- Things können analog zur Verwaltungsschale Hierarchien bilden.
- Things und deren Events sind vergleichbar zu aktiven Verwaltungsschalen: *„A Thing can have its own properties, services, events, and subscriptions and it can inherit other properties, services, events, and subscriptions from its Thing Template and Thing Shapes. How you model the interconnected Things, Thing Templates, and Thing Shapes is key to making your solution easy to develop and maintain in the future as the physical assets change. End users will interface with Things for information in applications and for reading/writing data.*

Once you have defined the types of Things your model will contain (using Thing Shapes and Thing Templates), you can start to create specific Thing instances. In a truck example, you might define a truck Thing instance for every truck in your fleet. Each instance would track the information about itself and share that information for use in your applications, reports, and mashups. For a manufacturer, you might create a Thing instance for every machine, work center, or manufacturing unit, depending on your use cases. The granularity of asset management, product tracking, and data collection will influence how you model your equipment. ThingWorx is a rapid, model-based application development platform. By employing modeling instead of coding, the content developer is able to focus on agility and application composition rather than debugging, maintaining, and updating code. The model artifacts become a set of reusable building blocks to assemble new applications.

After you have your model in place, you can assemble the data, services, and capabilities of the model into a Web application via the drag-and-drop Mashup Builder.

Imagine a set of machines in a production line. An individual machine is a Thing. The production line may also be a Thing that consists of individual machines. Although it is not a requirement to include the production line as a Thing in your model, it may be useful if there is important production line level data within your application requirements. In this scenario, you would model production line data as properties within the production line Thing, allowing you to effortlessly include those objects in dashboards and mashups. Additionally, you could represent a plant as a Thing to use as a roll up for production data across an entire plant.”

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

	<p><i>“Events are interesting or critical property states that the Thing publishes to subscribers. Events are initiators to kick off some functionality in a subscription, which is basically a triggered service. Within a service definition, if you double click the event, the script necessary to fire the event will be stubbed out in the service for you. Triggers are well-defined changes of state (for example, Motor is overheating) of an asset or system (a Thing). Triggers often require an action to respond to the change (for example, Display warning light to show that the tractor is overheating). Complex predictions from analytical algorithms can fire events and allow the application developer to react to those events with business logic. Business logic and actions in a ThingWorx application are driven by events.”</i></p>
c) AAS verwendet in Edge-Geräten	Siehe T10b.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Möglichkeiten zum Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in Echtzeit, unterstützt durch die dezidierte Datenanalyse-Komponente ThingWorx Analytics. • Visualisierung von Daten und Datenanalysen
--	---

T12. Angebotene KI-Techniken

	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Datenanalysefähigkeiten • Prediction (Geräteverhalten, Ausfall, Maintenance) mit Maschinellem Lernen • Lernen von „Normalverhalten“ von Geräten mittels Maschinellem Lernen • Konfigurationsoptimierung von Geräten durch Simulation (vor Deployment) • Einbindung von Simulationsdiensten anderer Anbieter
--	--

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	Der „PTC Marketplace“ bietet sowohl alle Softwarelösungen und Dienste von PTC an als auch einen Onlinemarktplatz für Lösungen von Drittanbietern, zum Beispiel von Partnern aus dem PTC-Partnernetzwerk.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung von APIs und SDKs • Umfangreiche Dokumentationen und Tutorials zu APIs, SDKs für alle angebotenen Entwicklungswerkzeuge und Applikationen
c) Externe Algorithmen oder Daten	Die SDKs der verschiedenen Softwarelösungen von ThingWorx unterstützen die Verwendung von kundeneigenen Algorithmen sowie die Einbindung von Diensten von Drittanbietern, z.B. Microsoft Azure IoT.
d) KI-Schnittstellen	Siehe T13c.

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung von IIoT Umgebungen und Abläufen mit ThingWorx AEP • Digitale Modellierung von Geräten, Mitarbeitern, Organisationseinheiten und Arbeitsabläufen als „Things“. • „Next Generation Composer“ Werkzeug zur Modellierung von Applikationen in einer Browserumgebung.
--	--

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- „Mashup-Builder“ als Drag-and-Drop-Entwicklungswerkzeug zur Erstellung von interaktiven Applikationen, Dashboards, kollaborativen Apps und Mobile Apps, in einer „No Code“ Umgebung.
- Die angebotenen Dienste und Applikationen können weitestgehend kundenspezifisch konfiguriert werden bzw. speziell für bzw. vom Kunden von Grund auf neu erstellt werden.

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Die ThingWorx IoT Plattform unterstützt die Vernetzung von IoT Geräten mit IoT-Plattformen von Drittanbietern unterstützt. Ein Schwerpunkt bildet hier MS Azure IoT. • PTC bietet ein Partnernetzwerk für Industriepartner an.
b) Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Weitgehende Offenheit für die Einbindung von Software und Diensten (Dienste, Speicher) von Drittanbietern • Fokus auf der Einbindung und „Erhaltung“ von in einem IIoT Unternehmen bereits vorhandenen Assets, Strukturen, Software und Speicherdiensten (Clouds, etc.)
c) Bezug auf RAMI 4.0	Expliziter Bezug zu Industrie 4.0 und RAMI 4.0

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Grafische Integrationsentwicklung
- MVC-Ansatz

T17. Quellen

Umfangreiche Informationen auf den ThingWorx und PTC Webseiten und den Webseiten zu den einzelnen ThingWorx Komponenten/Diensten verfügbar. Datenblätter als Pdfs verfügbar.

- Plattformübersicht:
 - http://support.ptc.com/help/thingworx_hc/thingworx_8_hc/en/
 - <https://www.ptc.com/de/products/iiot/thingworx-platform/thingworx-service-apps>
 - http://support.ptc.com/help/thingworx_hc/thingworx_8_hc/en/index.html#page/ThingWorx%2FWelcome.html%23
 - <https://www.ptc.com/de/products/iiot/thingworx-platform>
 - <https://developer.thingworx.com/en/resources/guides>
 - <https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/IoT/ThingWorx-Build-Product-Brief.pdf>
 - <https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/IoT/ThingWorx-Manage-Product-Brief.pdf>
 - <https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/IoT/ThingWorx-Connect-Product-Brief.pdf>
- Plattform im Kontext von Industrie 4.0/RAMI:
 - <https://www.ptc.com/de/thingworx-applications/manufacturing>
 - <https://www.ptc.com/en/solutions/digital-manufacturing/industry-4-0>
- Übersichten zu ThingWorx Controls- und Advisor-Applikationen:
 - <https://www.ptc.com/de/thingworx-applications/controls-advisor>
 - <https://www.ptc.com/de/thingworx-applications/operator-advisor>
 - https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/Manufacturing/ThingWorx-Controls-Advisor_DS.pdf
 - https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/Manufacturing/Operator-Advisor_Data-Sheet.pdf

T17. Quellen

- Übersicht zur Einbindung/Verwendung von Edge-Geräten in ThingsWorx:
http://support.ptc.com/help/edge_sdk_c/r2.2.2/en/
- Übersichten zum PTC Marketplace, Lösungsangeboten und zu Industriepartnerschaften:
 - <https://www.ptc.com/marketplace>
 - <https://www.ptc.com/de/products/all>
 - <https://www.ptc.com/de/partners>

3.16 Recognizer Analytics - Recognizer Analytics IoT Platform

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Recognizer Analytics IoT Platform
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Recognizer Analytics GmbH, Bonn, Deutschland
c) Zusammenfassung des Anbieters	<p><i>“Die Recognizer IoT-Plattform bietet die ideale Grundlage, um einzigartige Analytics-Applikationen aufzusetzen. Steuern Sie Ihre Produktion vorausschauend oder digitalisieren Sie Ihr Geschäftsmodell mit Machine-as-a-Service.</i></p> <p><i>Durch ihre hohe Skalierbarkeit, basierend auf modernster IoT-Analytics-Plattform-Architektur, hält die Plattform bei wechselnden Datenmengen und Geschäftsanforderungen automatisch mit. Fortgeschrittenes maschinelles Lernen sichert effiziente Prognosen.“</i></p>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalieerkennung • Machine Learning • Predictive Control • Predictive Analytics • Ingestion Streaming • Stream Processing • Dashboards, Berichte, Ereignisse • Persistence, Storage, Operations • Data Pipelines, Qualitätskontrolle • Graphix Engine¹⁷
e) Online-Marktplatz-plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
f) Mobilitätsplattform	Unterstützt Indoor-Maps, die zur Navigation innerhalb von Gebäuden verwendet werden können.
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i) Plattformnutzer	Entwickler, Industrie 4.0-Benutzer wie Maschinenführer oder Anlagenbetreuer
j) Einsatzgebiete	Produktion, Intelligente Gebäude (smart buildings), KI für Druckluft/Kompression
k) Verbreitung	Vodafone

T2. Lizenzinformationen

Kommerziell, „Sprechen Sie uns an“

T3. Protokolle

- Beliebige Geräte und Sensoren können über verschiedenste Schnittstellen eingebunden werden. Diverse Integrationsmöglichkeiten für Feldgeräte und Gateways (Konnektoren).
- BACnet, Modbus/TCP, OPC-UA, Ether-S-Bus, https (REST API), WebSocket, MQTT
- 2G/3G/LTE, https/ http2, Lora, NB-IoT, VPN, Kommunikation providerunabhängig
- „Grundsätzlich machen wir jede andere Anbindung möglich.“

T4. Edge-Unterstützung

Keine Informationen verfügbar

¹⁷ Die Bezüge zu Graphix.ai blieben bei der Datenerfassung unklar.

T5. IIoT-Geräte	
a)	Geräte-Verbindungen Beliebige Geräte und Sensoren können über verschiedene Schnittstellen eingebunden werden. Diverse Integrationsmöglichkeiten für Feldgeräte und Gateways über Konnektoren.
b)	Geräte-Management <ul style="list-style-type: none"> • Provisionierung, Registrierung, Authentifizierung, Überwachung und Verwaltung von Geräten • Replikation, Partitionierung, Streaming • Zentrale Verwaltung vernetzter Geräte und Sensoren, online und in Echtzeit. Alle Kommunikationspunkte werden nahtlos vernetzt. • Außerbetriebnahme von Geräten durch Fernzugriff • Überwachung von Datenverkehr und Fehlerraten
c)	Deployment / Softwarebereitstellung <ul style="list-style-type: none"> • Automatisierung der Softwarebereitstellung • Firmware-over-the-Air (FOTA)
T6. Sicherheit	
	Ende-zu-Ende Integration und -Sicherheit: Die Lösung kommt aus einer Hand. Moderne Standards sorgen für die Sicherheit.
	Geräte: Rollen und Rechte, Signaturen/Datenverfolgung Verschlüsselung
	<ul style="list-style-type: none"> • Provisioning, Verbindung und Authentifizierung • Geräteüberwachung und Diagnose • Integrierbar in bestehende Landschaft, z. B. LDAP, SSO • Freigabe
T7. Datenschutz	
	Siehe Sicherheit (T6)
T8. Cloud Nutzung	
	<ul style="list-style-type: none"> • Hosting in zertifizierten Rechenzentren in Deutschland • „Nachdem ein Gerät in der Plattform registriert ist, kann [es Daten] in die Cloud übertragen.“ • Zeitreihen werden hochverfügbar vorgehalten und weiterverarbeitet. • 99,9% Verfügbarkeit nach SLA • Mandantenfähigkeit (multi-tenancy) und Mandamentrennung
T9. Skalierbarkeit	
	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen	
a)	Digitale Zwillinge Unter Verwendung von graphicx.io können Digitaler Zwillinge zum Anlernen von Modellen verwendet werden.
b)	AAS verwendet für IoT-Geräte <i>Keine Informationen verfügbar</i>
c)	AAS verwendet in Edge-Geräten <i>Keine Informationen verfügbar</i>

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Aufzeichnung, Überwachung, Vorverarbeitung und Analyse von eingehenden Datenströmen sowie Ereignissen
- Strukturierung von Daten und Meta-Daten nach Organisation und Assets (Geschäftslogik)
- Berechnung von Kennzahlen (KPIs, virtuelle Datenpunkte)
- Datenflussorientiert: Informationen in finalen Datenfluss-Elementen werden automatisch abgespeichert.
- Automatisiertes Qualitätsmanagement eingehender Datenströme (vs. Datenhoheit) und Vorverarbeitung der Datenströme

T12. Angebotene KI-Techniken

- Predictive Analytics & Control mithilfe maschineller Lernverfahren unter Berücksichtigung von fachspezifischem Domänenwissen.
- Mit graphicx.ai: Prozessverbesserung, Reinforcement Learning, Anomalieerkennung.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b) Unterstützung des Apps-Managements	Über APIs
c) Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • „Machine Learning-Komponenten einfach integrieren“ • „Hochentwickeltes Analytics-Framework mit vordefinierten Verfahren, die aufeinander abgestimmt sind.“ • „Von Experten entwickelt, an den Bedarf adaptierbar. Man kann die APIs der Plattform nutzen, um bestehende Systeme zu integrieren und eigene IoT-Applikationen zu realisieren.“
d) KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Eigene Analysen UI/Visualisierungsebene definierbar
- KPI-Manager für eigene Leistungskennzahlen
- Dashboards anpassen über wiederverwendbare Dashboard-Komponenten
- Verwaltung von Alarmen und Ereignissen
- Die IoT-Plattform-Module lassen sich je nach Umfang der angestrebten Projekte und Bedarf zusammenstellen.
- Die Konfiguration ist versionierbar
- Mit graphicx.ai: Vordefinierte Lösungspakete HVAC Control und process Control.

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	Fremdplattformen können flexibel über Konnektoren eingebunden werden. Diverse Integrationsmöglichkeiten für Drittanbieterplattformen werden angeboten.
b) Offen gegenüber Drittanbietern	Via APIs, Konnektoren und Integrationsmöglichkeiten.
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Visualisierung von Daten, Ereignissen, Prognosen und Erkenntnissen
- Bietet Indoor-Maps, die zur Navigation verwendet werden können
- Regelmäßiges Reporting
- Backup- und Recovery-Unterstützung
- Softwarewartung und Aktualisierung
- KPI-Unterstützung

T17. Quellen

<https://recogizer-analytics.com/iot-plattform>

3.17 SAP – Leonardo

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	SAP Leonardo
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	SAP AG, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	„SAP Leonardo versteht sich als ein ganzheitliches System, das Unternehmen die Umsetzung digitaler Innovationsstrategien mit modernen Technologien wie maschinellem Lernen, IoT, Blockchains oder Big Data ermöglicht. Die Basis für das System bilden die Cloud-Services von SAP. SAP Leonardo darf nicht als einzelne Software oder einzelnes Produkt verstanden werden. Vielmehr verbirgt sich hinter dem Namen ein Portfolio verschiedener Services und Produkte, mit dem ein ganzheitliches digitales Innovationssystem für Unternehmen bereitgestellt wird. Unter anderem beinhaltet SAP Leonardo Anwendungen, Microservices und Cloud-Dienstleistungen für moderne digitale Technologien und Methoden wie maschinelles Lernen, das Internet der Dinge (Internet of Things - IoT), Blockchains, Analytics oder Big Data.“
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • SAP Internet of Things Gateway Cloud • SAP Internet of Things Edge Platform • SAP Thing Modeller • SAP IoT Application Enablement • SAP IoT Gateway Edge cloud • SAP-Leonardo-Accelerator-Pakete • Internet of Things Edge Platform SDK • Internet of Things Service Cockpit
e)	Online-Marktplatz-plattform	Ja, anwendbar für den Einzelhandel, Konsumgüterbranche, Reisebranche
f)	Mobilitätsplattform	Ja, anwendbar im Automotive-Bereich
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus auf B2B
h)	B2C Kontext	Kein Fokus auf Endverbraucher (Konsumenten), mögliche Anwendung als Backend in endverbraucherorientierten Apps.
i)	Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Plattformen und Branchenapplikationen für Unternehmen, hauptsächlich „out of the Box“ für Unternehmenskunden aber auch für Unternehmen mit eingeschränkten eigenen Entwicklungsabsichten (Customising der erhältlichen Anwendungen) • Einfache Entwicklung, Bereitstellung und Test-Möglichkeiten mit vorkonfigurierten Lösungen • Angebot von „SAP-Leonardo-Accelerator-Paketen“, die spezialisierte Anwendungspakete für die folgenden Branchen anbieten: <ul style="list-style-type: none"> ○ Einzelhandel ○ Fertigung ○ Sport- und Entertainment ○ Konsumgüterbranche ○ Transportwesen ○ Automotive-Bereich ○ Reisebranche ○ Versorgungswirtschaft ○ Telekommunikationsbranche

T1. Übersicht

j) Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Administrationsumgebung für das Verwalten und Überwachen von Sensordaten, die von technischen Objekten aus dem Internet of Things generiert werden. • Entwicklung, Anpassung und Betrieb von cloudbasierten IoT Geschäftsanwendungen.
k) Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden

T2. Lizenzinformationen

Verwendet in verschiedenen Teilbereichen Open Source Software (z.B. Kyma), ansonsten proprietäre Lizenzen.

T3. Protokolle

- HTTPS, MQTT, SNMP, Modbus, CoAP, OPC UA, Sigfox
- File transfer

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick	<p>In SAP Leonardo werden physische Geräte als „Things“ modelliert. Edge-Geräte und deren angeschlossenen (IoT-)Geräte sind daher auch „Things“ und als solche aufzufassen. SAP Leonardo verwendet eine SAP IoT Gateway Edge Cloud mit optionaler Verbindung zu Dynamic Edge (Dynamic Edge Services) die Dynamic Edge Applications auf lokalen Edge-Geräten ausführen können. Weiterhin können über die cloudbasierten SAP IoT Gateway Edges Datenströme aus verbundenen Edge-Geräten gebündelt und zur weiteren Bearbeitung/Auswertung an die SAP Cloud gesendet werden.</p> <p>Eine Möglichkeit der Auswertung solcher lokalen Datenströme ist die Anwendung von Regeln auf diese Daten (Zeitreihen) mittels einer in der SAP IoT Gateway Edge cloud integrierten Regel Engine. Weiterhin können über die SAP IoT Gateway Edge Cloud alle Geräte über die IoT-Dienste auf alle Services der Plattform zugreifen, unter anderem diverse ML-Dienste, speziell auf IoT ausgerichtet, sowie umfangreiche Analysefunktionen.</p> <p>Grundlegender Ansatz zur Überwachung und Steuerung von (End-)Geräten ist der Austausch von „Messures“ (Messungen von Sensordaten, Zeitreihen, etc.) und „Commands“, also die Auslösung von Aktionen auf den (End-)Geräten. Dieser Austausch erfolgt zwischen den (End-)Geräten und der Internet of Things Gateway Cloud oder der Internet of Things Edge Plattform. Messures können einzelne Eigenschaften oder Zusammenfassungen von mehreren Eigenschaften eines Gerätes beinhalten. Meassures werden immer in einer „Meassure“ Nachricht gekapselt, die zusätzliche Metainformationen beinhalten kann, wie etwa Sensor-Identifikationen oder alternative Sensoren, die zur Validierung der Messungen genutzt werden. Commands sind Daten, zumeist Anweisungen, die von der Internet of Things Gateway Cloud oder der Internet of Things Edge Plattform an ein (End-)Gerät gesendet werden, etwas nach einer Auswertung von Meassures eines Gerätes die eine in der Regel Engine hinterlegte Regel ausgelöst hat. Analog</p>
---------------------	---

T4. Edge-Unterstützung

		<p>zu den Measure Nachrichten werden auch die Command Nachrichten gekapselt und um Metainformationen angereichert.</p> <p>Das Onboarding von Geräten (bzw. deren „Thing Model“) kann sowohl manuell, als auch automatisch erfolgen, wobei die Aktivierung eines Onboarding immer erst nach der erfolgreichen Vergabe und Validierung eines Zertifikats durch die SAP Cloud erfolgt. Basierend auf den genannten Adaptern und Softwarekomponenten unterstützt SAP Leonardo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine breite Palette von allen gängigen Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices über z.B. anpassbare HTTP Endpoints • Integration verschiedener Protokolle und Systeme über <ul style="list-style-type: none"> ○ IoT Edge Platform Adapters ○ Eclipse Plug-Ins (IoT Edge Platform Adapter/Interceptor SDKs) <p>Über die plattformweit verfügbaren IoT-Dienste können grundsätzlich auch alle Edge-Geräte über die SAP IoT Edge Gateways auf die kompletten Features/Funktionen der SAP Leonardo Cloud zugreifen. Diese Verfügbarkeit der IoT-Dienste ermöglicht die Umsetzung einer Vielzahl von Funktionen für Edge-Geräte über die Softwarekomponente der SAP IoT Gateway Edge Cloud, durch die Anforderung von Cloud-Dienste aus der SAP Cloud:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoring von Assets über IoT Edge Gateways (Softwarekomponente) • Visualisierung von Asset-Daten • Verhaltens-Monitoring und Analyse von Assets • Vorhersagende Diagnostik (Predictive) für Assets • Verwenden von Regel-Engines zur regelbasierten Steuerung von Geräten • Automatische Benachrichtigungen bei Regelverletzungen • Bildung von Zeitreihen aus Sensordaten zur weiteren Analyse und Nutzung in Regel Engine <p>Sensordaten von Things können zusammengefasst und auf Basis von individuell festgelegten Zeiträumen analysiert werden. Hiermit lassen sich Trendbeobachtungen sowie Prognosen zu verschiedenen Anwendungsfällen machen, beispielsweise bei der Instandhaltung von Geräten oder Maschine. SAP Leonardo stellt weiterhin das Werkzeug „Query Modeler“ für die Analyse von Zeitreihendaten, die von Sensoren in unterschiedlichen Dimensionen erzeugt werden, zur Verfügung.</p>
b)	Kommunikation	<p>Die Kommunikation mit (End)Geräten erfolgt über die genannten Messages und Commands (Nachrichten) in gekapselter Form und, unterstützt durch Software Adapter auf der Ebene der SAP IoT Gateway Edge Cloud, unterstützt die Protokolle in T3.</p>
c)	Speichernutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Hauptsächlich cloudbasiert: Sensordaten, die von auf der Plattform vorhandenen Things generiert wurden, werden in einem leistungsfähigen, aus mehreren Komponenten bestehenden Datenbanksystem gespeichert, das mithilfe der In-Memory-Datenbank von SAP, SAP HANA, entwickelt wurde. • Speicherung in der lokalen IoT Gateway Edge Cloud ist möglich.

T4. Edge-Unterstützung

d)	Besondere Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung von Zeitreihen aus Sensordaten • Möglichkeit zur Erstellung von Regeln die auf definierte Muster/Ergebnisse in den Zeitreihen reagieren • Bereitstellung einer App „Rule Modeller“ zur Definition von: <ul style="list-style-type: none"> ○ Regeln ○ Aktionen, die durch benutzerdefinierte Ereignisse ausgelöst werden ○ Vorlagen für Benachrichtigungen <p>SAP Leonardo hat einen Fokus auf natürlichsprachlichen Applikationen und bietet diese, bzw. die Möglichkeit zur Entwicklung dieser natural language processing (NLP) Applikationen, seinen Kunden an. Diese Spezialisierung von SAP Leonardo lässt sich auch auf die Steuerung von Edge-Geräten sowie zur Repräsentation von deren Daten und weiterhin eventuell auch zur natürlichsprachlichen Erklärung von Systementscheidungen verwenden.</p>
----	------------------------------	---

T5. IIoT-Geräte

a)	Geräte-Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette gängiger Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Möglichkeit zur Integration von 3rd Party Devices über z.B. anpassbare HTTP Endpoints • Integration verschiedener Protokolle und Systeme über: <ul style="list-style-type: none"> ○ IoT Edge Platform Adapters ○ Eclipse Plug-Ins (IoT Edge Platform Adapter/Interceptor SDKs)
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Sicheres On- und Offboarding (Einfügen, Entfernen) von Geräten verschiedenster Art • Automatisches on-boarding möglich
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Breites Angebot an Microservices zum Zugriff auf SAP IoT Applications • Angebot von Apps für administrative Aufgaben • Angebot von Apps zur Definition von „Thing-Typen“ (Gerätemodellierung), Verbindung von Geräten mit ihrem „Digital Twin“ über diese „Thing-Typ“ Modellierung • Apps für die regelbasierte Verarbeitung von Ereignissen

T6. Sicherheit

Geräte-Autorisierung und -Authentifikation:

- a. Überprüfung von Metadaten eines zu verbindenden Gerätes über ein Zertifikat zur Freigabe der Ressourcen die ein Gerät anfordert.
- b. Für jede neue Verbindung werden die folgenden Autorisierungsprüfungen durchgeführt:
 - i. Die im Zertifikat enthaltene *instanceID* muss mit der ID der Instanz übereinstimmen, zu der das Internet of Things Gateway gehört.
 - ii. Die im Zertifikat enthaltene *deviceAlternateID* muss mit der ID der Instanz übereinstimmen, zu der das Internet of Things Gateway gehört.
 - iii. Die im Zertifikat enthaltene *deviceAlternateID* muss mit der MQTT-Client-ID übereinstimmen, die aus den MQTT-Metadaten abgerufen wurde

T6. Sicherheit

- iv. Wenn ein MQTT-Client versucht, Messdaten zur Aufnahme zu buchen, werden die folgenden Berechtigungsprüfungen durchgeführt:
 - Das Thema, zu dem die Messdaten veröffentlicht werden, muss mit der Struktur übereinstimmen, die für das Thema Datenaufnahme definiert ist.
 - Die im Zertifikat enthaltene *deviceAlternateID* muss mit dem Wert für die alternative ID übereinstimmen, der im Thema zur Erfassung von Kennzahlen angegeben ist.
- c. Wenn ein MQTT-Client versucht, das Befehlsthema zu abonnieren, werden die folgenden Berechtigungsprüfungen durchgeführt:
 - i. Das Zielthema muss mit der Struktur übereinstimmen, die für das Befehlsthema definiert ist.
 - ii. Die im Zertifikat enthaltene *deviceAlternateID* muss mit dem im Befehlsthema angegebenen Wert für die alternative ID übereinstimmen.

Softwaresicherheit:

- a. Verschlüsselte interne Kommunikation und Datenspeicherung
- b. Trennung von SP Leonardo von kundeneigener Software: Als generische Plattform ist SAP Leonardo IoT nicht mit dem SAP Cloud Platform Retention Management verbunden. Dies liegt daran, dass SAP möglicherweise nicht wissen kann, welche Art von Anwendungen kundenbasierend auf SAP Leonardo IoT erstellt wurden. Daher müssen Anwendungen, die ein Kunde auf der Basis von SAP Leonardo IoT erstellt, das SAP Cloud Platform Retention Management individuell abonnieren.
- c. Unterscheidung in Customer Zone und Cloud Zone
 - i. Customer Zone: Auf einem Gerät ausgeführte Software, die direkten Zugriff auf die Gerätedaten hat und Vorgänge einschließlich der Kommunikation auf dem Gerät steuert. Diese Zone enthält auch das Gerätezertifikat einschließlich seines privaten Schlüssels für das jeweilige Gerät, das sicher auf dem Gerät gespeichert werden soll. Da eine bidirektionale Kommunikation zwischen den Kerndiensten und dem Gerät stattfinden kann, umfasst diese Zone auch die sichere Verarbeitung von Nachrichten, die von den Kerndiensten auf dem Gerät empfangen werden.
 - ii. Cloud Zone: Die Kernfunktionen des Internet of Things Service, die von den Komponenten angeboten werden, die in einer SAP-gesteuerten Cloud-Umgebung, der SAP Cloud Platform für die Cloud Foundry-Umgebung, gehostet werden.

Netzwerk- und Kommunikationssicherheit:

- a. Die Internet of Things Edge Plattform verwendet Standardmechanismen zur Gewährleistung von sicheren Verbindungen zwischen ihren Komponenten:
 - i. Anwendungen können Daten aus der Nachrichtenverarbeitung im Internet of Things verwenden, wenn eine BASIC-Authentifizierung über TLS erfolgt. Auf die REST-API-Endpunkte des Kerns kann über die BASIC-Authentifizierung zugegriffen werden.
 - ii. Die Edge of Platform-Komponenten des Internet of Things stellen über eine verschlüsselte Verbindung eine Verbindung zum Internet of Things her, bei der eine gegenseitige Authentifizierung auf der Grundlage von X.509-Zertifikaten erfolgt. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt Secure Device Onboarding.
 - iii. Geräte können über ein sicheres TLS, in dem die Clientzertifikat-Authentifizierung vorhanden ist, eine Verbindung zur Internet of Things Gateway Cloud (MQTT oder REST) herstellen. Hier erzwingen wir die aktuelle Version von Transport Layer Security, Version 1.2.
 - iv. Die Sicherheit zwischen Geräten und der Internet of Things Edge-Plattform hängt vom von den Geräten implementierten Protokoll ab. Die spezifische Implementierung der Internet of Things Edge-Plattform ist für die Nutzung des Protokollsicherheitsmechanismus verantwortlich, um die Ende-zu-Ende-Sicherheit

T6. Sicherheit

- von Geräten bis hin zu Anwendungen zu gewährleisten, die eine Verbindung zum Internet of Things-Dienst für die Cloud Foundry-Umgebung herstellen.
- b. Kommunikationssicherung: Die SAP Cloud Platform verwendet verschlüsselte Kommunikationskanäle, die auf HTTPS / TLS basieren.
- c. Kommunikation über die Protokolle in T3.

Nutzerrechte-Management (Roles), Identity Management:

- a. Die Plattform von SAP Leonardo IoT verfügt über ein zweidimensionales Berechtigungskonzept mit objektinstanzbasierten Berechtigungen sowie funktionalen Berechtigungen.
 - i. Mit objektinstanzbasierten Berechtigungen (auch Zugriffsberechtigungen oder "Capabilities" genannt) können man eine Beziehung zwischen einzelnen Mitgliedern der Organisation und den Objekten herstellen, auf die die Mitglieder zugreifen dürfen.
 - ii. Mit funktionalen Berechtigungen (auch "Scopes" genannt) kann man steuern, welche Zugriffsarten ein Benutzer den für ihn/sie zugreifbaren Objekte durchführen darf.
- b. Benutzeridentitätsverwaltung und Ressourcenzugriffsrichtlinien im Internet of Things-Dienst werden über eine Reihe von APIs und das Internet of Things-Service-Cockpit bereitgestellt.
 - i. Der Internet of Things-Dienst ist auf die gegenseitige Authentifizierung angewiesen, um die Kommunikation mit Benutzern zu sichern, wobei ein Benutzer eine Software, eine Einzelperson oder eine juristische Person ist, die in der Identitätsverwaltungskomponente des Internet of Things-Dienstes registriert ist und die verfügbaren Dienste nutzt.
 - ii. Um eine sichere Verwaltung der Benutzeridentität zu gewährleisten, wird den Benutzern über alle Systemkomponenten hinweg eine eindeutige digitale Identität zugewiesen. Darüber hinaus können Benutzern Benutzerrollen zugewiesen werden
- c. Verwendung der Principal Propagation für den Austausch von Benutzer-ID-Informationen zwischen Systemen oder Umgebungen in der SAP Cloud Platform:
 - i. Principal Propagation von der Cloud Foundry in die Neo-Umgebung
 - ii. Principal Propagation von der Neo- zur Cloud Foundry-Umgebung
 - iii. On-Premise User Store
 - iv. Principal Propagation auf OAuth-geschützte Anwendungen
 - v. Konnektivität in der Cloud Foundry-Umgebung: Principal Propagation
 - vi. Konnektivität in der Neo-Umgebung: Principal Propagation
- d. Nutzerautorisierung:
 - i. Anwendungen und ihre Benutzer benötigen unterschiedliche Berechtigungen, damit sie sich nahtlos in die SAP Cloud Platform integrieren lassen.
 - ii. Entwickler konfigurieren diese Berechtigungen auf der Ebene der Anwendungsdeskriptordateien, sodass Sicherheitsartefakte im Cockpit verfügbar sind.
 - iii. Administratoren verwenden die Sicherheitsartefakte, um Rollen zu erstellen und sie zu Rollensammlungen zusammenzufassen (Berechtigungssätze, die für bestimmte Benutzergruppen geeignet sind).
 - iv. Mit Sicherheitsartefakten können Anwendungen mit anderen Anwendungen kommunizieren, z. B. Anrufe tätigen oder empfangen.
- e. Identitäts- / Vertrauensverwaltung
- f. In der SAP Cloud Platform stellen Identitätsanbieter die Benutzer bereit. Sie können für jedes Unterkonto, das sie besitzen, einen anderen Identitätsanbieter haben. Über das Cockpit stellen Administratoren die Vertrauensbeziehung zwischen externen Identitätsanbietern und den Unterkonten her.

T6. Sicherheit

- i. Damit die SAP Cloud Platform-Anwendungen nahtlos in vorhandene lokale Identitätsverwaltungsinfrastrukturen integrieren können, bietet SAP Cloud Platform Single Sign-On- (SSO) und Identitätsverbundfunktionen.
- ii. In der SAP Cloud Platform werden Identitätsinformationen von Identitätsanbietern (IdP) bereitgestellt und nicht auf der SAP Cloud Platform selbst gespeichert.
- iii. Identitätsverbund ist das Konzept der Verknüpfung und Wiederverwendung elektronischer Identitäten eines Benutzers über mehrere Identitätsanbieter hinweg.
- iv. Dadurch können Authentifizierungs- und Autorisierungsfunktionen entkoppelt und zentralisiert werden. Es wurden mehrere wichtige Protokolle entwickelt, um das Konzept des Identitätsverbundes zu unterstützen:
 - SAML 2.0
 - OAuth 2.0
 - Weitere Protokolle

T7. Datenschutz

Teilt viele Aspekte mit der Sicherheit (T6).

SAP bietet in keiner Form Rechtsberatung an. Die SAP-Software unterstützt die Einhaltung des Datenschutzes durch Bereitstellung von Sicherheitsfunktionen und spezifischen datenschutzrelevanten Funktionen, z.B. vereinfachtes Sperren und Löschen personenbezogener Daten. In vielen Fällen wird die Einhaltung der geltenden Datenschutz- und Datenschutzgesetze nicht durch eine Produktfunktion abgedeckt. Definitionen und andere in diesem Dokument verwendete Begriffe stammen nicht aus einer bestimmten Rechtsquelle.

Inwieweit der Datenschutz durch technische Mittel unterstützt wird, hängt vom sicheren Systembetrieb ab. Netzwerksicherheit, Implementierung von Sicherheitshinweisen, angemessene Protokollierung von Systemänderungen und angemessene Nutzung des Systems sind die grundlegenden technischen Anforderungen für die Einhaltung der Datenschutzgesetze und anderer Gesetze.

T8. Cloud Nutzung

- Cloudbasiert, nutzt die Cloud-Dienste von SAP (Cloud-Foundry-Umgebung)
- Wird in der SAP Cloud Platform gehostet
- Speicherung von Daten in der In-Memory-Datenbank SAP HANA

T9. Skalierbarkeit

Innerhalb der Internet of Things Edge Platform-Komponente von SAP Leonardo wird der Aspekt der Skalierbarkeit durch den Scale-Out Modus unterstützt. Die Plattform kann so konfiguriert werden, dass sie in einem Scale-Out-Modus läuft, in welchem multiple Instanzen in einem föderierten Cluster laufen, um die Rechenlast zu verteilen. Alle Instanzen im Cluster sind der gleichen plattformspezifischen ID zugeordnet und daher verhalten sich alle Instanzen aus Benutzerperspektive wie eine einzige Plattform. Alle Instanzen müssen das gleiche Protokoll (z.B. REST oder MQTT) implementieren, wobei jede Instanz einen eigenen Protokoll-Endpunkt zur Verfügung stellt. Ein IoT-Gerät sieht den Cluster, nicht aber die einzelnen Instanzen. Die Instanzen teilen sich die Eingangslast (uplink flow) der von den Geräten produziert wird. Geräte-Kommandos werden pro Zeiteinheit nur von genau einer Instanz verarbeitet, auch wenn jede Instanz alle Kommandos ausführen kann (downlink flow). Gerätemodell-Instanzen (siehe auch T4a) müssen allen Instanzen bekannt sein. Dies wird dadurch ermöglicht, dass alle Instanzen die gleiche beschreibende Topologie-Informationen teilen.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen	
a) Digitale Zwillinge	Die Plattform erlaubt Digitale Zwillinge z.B. für closed loop development von Geräten.
b) AAS verwendet für IoT-Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung von Geräten als „Things“ entspricht dem Konzept der Verwaltungsschale. • Kapselung von (IoT-)Geräten und Edge-Geräten durch die Modellierung als „Things“. • Kapselung von Nachrichten (Messures, Comands) in Wrappern die zusätzliche Metainformationen zu den Nachrichten und austauschenden Entitäten enthalten.
c) AAS verwendet in Edge-Geräten	<ul style="list-style-type: none"> • Kapselung von verwalteten IoT-Geräten in einer Repräsentation als „Thing“. Diese Repräsentation lässt sich auch auf weitere Entitäten, etwa Geräteverbände, Gateways, bis hin zu Unternehmensabteilungen anwenden. • Design und Modellierung der Kapselung erfolgt über Middleware „SAP Leonardo Thing Modeller“.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse	
	<ul style="list-style-type: none"> • Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten ist in Echtzeit möglich • Visualisierung von Daten und Datenanalysen • Zeitreihenanalyse von Daten aus „Things“ (Geräten) • Trendbeobachtung und Prognose auf Basis der Datenanalyse • „Query Modeler“ zur Erstellung stark anpassbaren Zeitreihenanalysen

T12. Angebotene KI-Techniken	
	<ul style="list-style-type: none"> • Mustererkennung aus Sensordaten • Muster/regelbasiertes Auslösen von Ereignisreaktionen • Erstellung von dialogorientierten (Chat) Apps, basierend auf SAP Leonardo Conversational AI Foundation • Extensive Möglichkeiten im Bereich der der Analyse von Gerätedaten

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit	
a) Store	<ul style="list-style-type: none"> • SAP Leonardo bietet keinen direkten Store an über den Kunden und Entwickler ihre eigenen Applikationen und Dienste anbieten können. • SAP Leonardo bietet eine sehr weite Palette an (Micro-) Services im Kontext von IIoT und IoT an.
b) Unterstützung des Apps-Managements	<p>Umfangreiche Unterstützung von Entwicklern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Cloud Foundry Umgebung ermöglicht die Erstellung mehrsprachiger Applikationen (basierend auf der Cloud Foundry Application Runtime), z.B., mit SAP Java, Python und Node.js (oder kundenspezifischen Sprachen basierend auf „community buildpacks for PHP, Ruby, Go.“). • Die SAP Cloud Platform Cloud Foundry Umgebung ist eine PaaS-Umgebung, die Microservice-Entwicklung und –Orchestrierung ermöglicht. • Verwaltung des Applikations-Lebenszyklus: Starten, stoppen, verteilen, skalieren über standardisierte Coud Foundry Werkzeuge, das Cockpit und DevOps-Funktionalitäten. • Bibliotheksfunktionen wie SAP Cloud Platform Cloud Foundry services für Nachrichtenaustausch, Datenspeicherung (Persistenz), usw.

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

		<ul style="list-style-type: none"> • ABAP kann innerhalb der Cloud Foundry Umgebung genutzt werden. • Native Kubernetes-Erweiterungen können durch die Kyma Umgebung eingebracht werden. • Unterstützte Features: Diego runtime, SSH, Custom Domains, Docker, Running Tasks, Zipkin Tracing, Websockets, Space-Scoped Service Brokers, Route Services (only user-provided and fully-brokered services) • SAP stellt weiterhin ein SDK für die Internet of Things Edge Platform bereit: <i>“The Internet of Things Edge Platform SDK enables developers to extend the Internet of Things Service(s).”</i> <i>“The Internet of Things Edge Platform SDK provides Eclipse-based tools, which enable you to extend the Internet of Things Edge Platform with new adapters and interceptors.”</i>
c)	Externe Algorithmen oder Daten	Die Plattform erlaubt und unterstützt die Entwicklung kundeneigener Applikationen. Sie stellt dazu eine Reihe von Modellen, APIs und Dienste zur Verfügung.
d)	KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung von Zeitreihen aus Sensordaten • Möglichkeit zur Erstellung von Regeln die auf definierte Muster/Ergebnisse in den Zeitreihen reagieren

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Kunden können keine eigenen Plattformkonfigurationen erstellen, aber angepasste „Pakete“ verwenden, die sich an den Anwendungsbereichen der Kunden orientieren.

T15. Ökosystembildung

a)	“Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Ja, die Plattform erlaubt die Einbindung anderer Plattformen • Die (weitere) Vernetzung mit anderen Clouddienstleistern (Azure, AWS, Alibaba) ist möglich. • SAP Leonardo unterstützt die Entwicklung von kundeneigenen Applikationen und Diensten durch die Bereitstellung einer Reihe von Softwarekomponenten, APIs und SDKs. • Die Integration von bestehenden Kundensystemen ist durch die starke Kapselung von Kommunikation und Geräte-Repräsentation sowie Software-Adaptoren relativ einfach möglich. • Die Vernetzung von Kunden untereinander wird nicht aktiv gefördert/unterstützt. • Kundeneigene Applikationen müssen den Sicherheits- und Qualitätsstandards der SAP Leonardo Plattform entsprechen.
b)	Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkt, die Plattform erlaubt die Entwicklung von eignen Applikationskonfigurationen, basierend auf den zur Verfügung gestellten Applikations-Bausteinen. • Stellt eine Reihe von APIs für die Entwicklung von angepassten Applikation zur Verfügung (keine freie Entwicklung eigener Apps). • Es können allerdings Cloud Foundry Sprachen sowie Kubernetes-Erweiterungen eingebracht werden.
c)	Bezug auf RAMI 4.0	Keine Informationen verfügbar

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Ein Fokus von SAP Leonardo liegt auf dem Angebot von natürlich sprachlichen Applikationen für Unternehmen (Natural Language Processing (NLP) Applikationen).
- Microservice-Unterstützung

T17. Quellen

- Plattformübersicht:
 - https://help.sap.com/viewer/product/SAP_Leonardo_IoT/1904a/de-DE
 - https://help.sap.com/viewer/product/SAP_CP_IOT_CF/Cloud/en-US
 - <https://www.sap.com/germany/products/leonardo.html>
 - <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-sap-leonardo-a-824039/>
 - <https://www.sap.com/germany/products/intelligent-technologies.html>
- Security Platform:
 - <https://help.sap.com/viewer/7f425dfcbb474a28b9d07829f524665c/1904a/en-US>
- Security Query Modeller:
 - <https://help.sap.com/viewer/e7dae2e1ffa44f70a2959d69f75686d5/1904a/en-US>
- Conversational Apps:
 - <https://www.sap.com/documents/2017/09/3898957e-d57c-0010-82c7-eda71af511fa.html>
- Komplettbeschreibung der API der "Things" Plattform (Services):
 - https://help.sap.com/doc/a48fdbd924724b378d6f71c54c9f35b5/1904a/de-DE/leoAPI_de.pdf
- Feature Scope Description der Plattform:
 - https://help.sap.com/doc/f7254d7f9e0d4dc9b54a3f5f95987a2b/1904a/de-DE/leonardo_iot_fsd_de.pdf
- Regelbasierte IoT Datenverwaltung:
 - https://help.sap.com/doc/75c2de67861a40bfbcb830eea4b58489c/1904a/de-DE/iot_rules_de.pdf
- Cloud Platform Security:
 - <https://help.sap.com/viewer/65de2977205c403bbc107264b8eccf4b/Cloud/en-US/e129aa20c78c4a9fb379b9803b02e5f6.html>
- Internet of Things Edge Platform SDK documentation:
 - <https://help.sap.com/viewer/c4945853cc164aa385973d5938b385ac/Cloud/en-US>

3.18 Siemens – MindSphere

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	MindSphere
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Siemens AG, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	<p>„MindSphere bietet eine breite Palette von Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen, Branchenanwendungen, umfangreiche Analysen und eine innovative Entwicklungsumgebung, die sowohl die offenen PaaS-Funktionen (Open Platform-as-a-Service) von Siemens nutzt, als auch den Zugriff auf Cloud-Dienste von Amazon Web Services (AWS) und Microsoft Azure und Alibaba bietet.“</p> <p>„MindSphere ermöglicht durch offene PaaS-Funktionen die Entwicklung und Bereitstellung neuer Branchenanwendungen in einem vielfältigen Partner Ecosystem. Profitieren Sie von den Erfahrungen und Erkenntnissen unserer Partner. Um Ihre IoT-Strategie voranzubringen, ist keine Entwicklung Ihrerseits erforderlich.“</p>
d)	Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • MindConnect • MindConnect Edge Analytics • MindConnect IOT Extensions • MindConnect Integration Services • MindSphere Connect and Monitor Solution Package • MindSphere Digitalize and Transform Solution Package • MindSphere Connect and Monitor Solution Package • Common Remote Service Platform Services • Fleet Manager
e)	Online-Marktplatz-plattform	Anwendbar im Kontext des Managements von IoT Daten kommerzieller IoT-Geräte („Smart-Geräte“)
f)	Mobilitätsplattform	Anwendbar auf begrenzte Mobilitätsszenarien
g)	B2B Kontext	Ja, Fokus auf B2B
h)	B2C Kontext	Begrenzte Anwendung für Endverbraucher, eher als Aggregator von Daten von Endverbraucher-Geräten.
i)	Plattformnutzer	<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Plattformen und Branchenanwendungen für Unternehmen, sowohl für Unternehmen mit eigenen Entwicklungsabsichten als auch „out of the Box“ für Unternehmenskunden • Einfache Entwicklung, Bereitstellung und Test-Möglichkeiten mit vorkonfigurierten Lösungen
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung und Betrieb von kleinen bis zu sehr großen IoT-Plattformen (Anwendungen) • Zusammenführung von physischen Webbasierten- und Unternehmenssystemen
k)	Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Anwendung durch ein breites Spektrum von Anwendern • Verbreitete Anwendung durch Großkunden (DAX 100 etc.)
T2. Lizenzinformationen		
		<ul style="list-style-type: none"> • Siemens arbeitet mit OpenPaaS. • Open Source Software kann, mit den entsprechenden Lizenzen, in die Entwicklung von Applikationen und Dienste durch Drittanbieter integriert werden.

T3. Protokolle

u. A. S7, Open Platform Communication Unified Architecture (OPC UA), LoRaWAN, Modbus, CoAP, XMPP, 6LowPan, LWM2M, AMQP

T4. Edge-Unterstützung

a) Überblick

Kombination von Edge-Geräten und Cloud Services/Cloud Storage, umgesetzt durch die Komponente MindConnect und deren Libraries und API zum Deployment von Software auf Edge-Geräten. Die Komponente MindConnect Edge Analytics stellt ein Condition Monitoring System (CMS) dar, das zur Ausführung von Analyseaufgaben auf Edge-Geräten eingesetzt wird.

Die Bearbeitung von Aufgaben auf Edge-Geräten ist in MindSphere durch einen zweigleisigen Ansatz realisiert: Die Bereitstellung von Edge-Diensten über eine Cloud (MindSphere Cloud) sowie die Bereitstellung einer modularen Edge-Geräte Laufzeitumgebung (runtime), die auf Edge-Geräten direkt implementiert wird. Ein Fokus der Laufzeitumgebung ist deren Kompatibilität mit einer größtmöglichen Zahl an Hardware und Protokollen. Ein weiterer Fokus der Laufzeitumgebung ist deren einfache Erweiterbarkeit/Anwendung zur Erstellung neuer Anwendungen für Edge-Geräte durch Drittanbieter.

Kernansatz der Edge-Geräte Verwendung in MindSphere ist die Verbindung von Cloud-Diensten, die von Edge-Geräten abgerufen werden können, mit Edge-Anwendungen, die lokal auf den Edge-Geräten ausgeführt werden.

- Monitoring von Assets über Edge-Geräte
- Visualisierung von Asset-Daten (Zuständen) über stark anpassbare, bzw. frei entwickelbare Dashboard(-Templates)
- Direkte Diagnostik von Assets durch Edge-Geräte
- Verhaltens-Monitoring und Analyse von Assets
- Vorhersagende Diagnostik (Predictive) für Assets
- Prescriptive Diagnose für Assets, etwa Füllstände etc.
- Root-Cause Analyse von Asset-Defekten
- Management von Software Updates für Edge-Geräte
- Umsetzung der Analyseaufgaben in der Edge-Laufzeitumgebung möglich als auch durch die Anforderung von Cloud-Diensten durch die Edge-Geräte
- Sammlung, Aggregation, Analyse, Kompression und Speicherung von Asset-daten direkt auf den Edge-Geräten möglich.
- Zyklische Datenerhebung bis zu einer Erhebungsfrequenz von 192 kHz durch Edge-Geräte möglich
- Präprozessierte Daten können von den Edge-Geräten an die MindSphere Cloud gesendet werden

b) Kommunikation

Die Kommunikation von Edge-Geräten wird in MindSphere (hauptsächlich) über die Komponente „MindConnect“ realisiert. MindConnect stellt Dienste zur Verfügung die die Konnektivität zwischen Edge-Geräten, IoT-Diensten und Speicherorten (lokal, Cloud) herstellen.

MindConnect stellt für die Dienste ebenfalls eine API zur Verfügung die es erlaubt Edge-Geräten kunden-individuell mit der MindSphere Plattform zu verbinden.

Sicherheitseigenschaften:

T4. Edge-Unterstützung	
	<ul style="list-style-type: none"> • Standards <ul style="list-style-type: none"> ○ ISO 27001 Information Security Management System Framework ○ IEC 62443-4-1, sicherer Entwicklungs-Lebenszyklus • Hardware <ul style="list-style-type: none"> ○ Onboarding nur mit gültiger, eindeutiger ID und Sicherheits-Token ○ Trennung von externem und internem (Fabrik-)Netzwerk ○ Verschlüsselte Konfigurationsdateien ○ Reiner Lese-Zugriff auf Automatisierungs-Protokolle ○ Proxy-Unterstützung ○ Sicheres Offboarding • Software: Verschlüsselte interne Kommunikation und Datenspeicherung • Kommunikation: TLS v. 1.2 für die Kommunikation zwischen Client und MindSphere über öffentliche Netze
c)	<p>Speichernutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sowohl lokale Speicherung auf Edge-Geräten als auch Nutzung von Cloud-Speicher • Möglichkeit des Austausches von Daten mit anderen Plattformen ist gegeben und wird aktiv durch Middleware unterstützt.
d)	<p>Besondere Fähigkeiten</p> <p>Hier ist im Grunde „Alles“ möglich, da für Edge-Geräte annähernd frei neue Applikationen zur Ausführung auf den Edge-Geräten selbst, als auch die Entwicklung und Bereitstellung von Cloud-Dienste für Edge-Geräte möglich ist.</p>
T5. IIoT-Geräte	
a)	<p>Geräte-Verbindungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breite Palette aller gängiger Protokolloptionen für Geräte- und Unternehmensanwendungen • Integration verschiedenster Protokolle und Systeme
b)	<p>Geräte-Management</p> <p>Sicheres On- und Offboarding (Einfügen, Entfernen) von Geräten verschiedenster Art</p>
c)	<p>Deployment / Softwarebereitstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • REST • Software as a Service (SaaS) • Möglichkeit kundeneigene Apps zu entwickeln und in die Plattform einzubinden • MindSphere Store zum Kauf und Verkauf von MindSphere Applikationen
T6. Sicherheit	
	<p>Zertifizierung und Standards</p> <ul style="list-style-type: none"> • MindSphere folgt dem ISO 27001 Information Security Management System Framework • MindSphere ist nach IEC 62443-4-1 zertifiziert, sicherer Entwicklungslebenszyklus
	<p>Architektur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identitätsmanagement und Zugangskontrolle <ul style="list-style-type: none"> ○ RBAC ○ Grobgranulare Autorisierung - Multifaktor-Authentifizierung • Kommunikation: TLS v. 1.2 für die Kommunikation vom Client zu MindSphere über öffentliche Endpunkte
	<p>Konnektivität</p>

T6. Sicherheit

- Hardware
 - Nur mit gültiger, eindeutiger ID und Sicherheits-Token an Bord
 - Trennung von externen und Automatisierungsnetzwerken
 - Verschlüsselte Konfigurationsdateien
 - Schreibgeschützter Zugriff auf Automatisierungsprotokolle
 - Proxy-Unterstützung - Sicheres Onboarding
- Software: Verschlüsselte interne Kommunikation und Datenspeicherung
- Antrags- und Mandantenverwaltung: Isolierung und Trennung von Mandanten durch API-Gateway-Unterstützung, Validierungsprüfungen und Richtlinien zur Inhaltssicherheit
- Verfügbarkeits- und Sicherheitskontrollen und Überwachung
 - Datenklassifizierung und Verschlüsselung
 - HTTP über TLS v1.2 zur Kommunikation mit MindSphere über ein externes Netzwerk
 - MindSphere-Daten werden während der Übertragung mit TLS-Algorithmen verschlüsselt
 - Daten bleiben im gesammelten Bereich
 - Sicherung und Wiederherstellung
 - Nutzungstransparenzdienst von Siemens
 - Die Daten werden täglich gesichert und 30 Tage lang aufbewahrt
 - Dienste zum Schutz von Datenspeichern werden redundant in mindestens zwei Verfügbarkeitszonen ausgeführt
 - Steuerung und Überwachung
 - Penetrationstests
 - Prozess zur Analyse des Bedrohungsrisikos
 - Überwachungsprotokolle (Audit Logs)

T7. Datenschutz

Teilt viele Aspekte mit der Sicherheit (T6).

T8. Cloud Nutzung

- Cloudbasiert
- Wird durch Clouddienste, Azure, AWS und Alibaba realisiert

T9. Skalierbarkeit

MindSphere unterstützt die nahtlose Erweiterung von bestehenden Edge-Geräte-Verbänden. Unterstützte Devices (Auswahl):

- Siemens SIMATIC IT automation controls
- SINUMERIK machine controls
- SIPROTEC smart grid components
- Climatix HVAC controllers

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

a)	Digitale Zwillinge	Die Plattform bietet Digitale Zwillinge für closed loop development von Geräten und Geräteverbänden sowie für umfangreiche weitere Simulations-, Monitoring, Analyse- und Entwicklungsprozesse.
b)	AAS verwendet für IoT-Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Kapselung von verwalteten IoT-Geräten, allerdings keine explizite Erwähnung von AAS • Kapselung erfolgt zum Teil über Middleware • Der Demonstrator „Industrie 4.0-Komponente live erleben“ ist ein realistischer Aufbau einer Fertigungszelle, der gemeinsam

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

		von verschiedenen Firmen unter der Leitung von Siemens konzipiert und umgesetzt wurde.
c)	AAS verwendet in Edge-Geräten	Verwendung in Demonstrator aber (zurzeit) nicht explizit genannt für die tatsächliche Verwendung mit Edge-Geräten.

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

		<ul style="list-style-type: none"> • Sammeln, Monitoring und Analyse von Daten in Echtzeit ist möglich. • Visualisierung von Daten und Datenanalysen
--	--	--

T12. Angebotene KI-Techniken

		<ul style="list-style-type: none"> • Explizite KI-Techniken werden nicht näher spezifiziert. • Extensive Möglichkeiten im Bereich der „Product Intelligence“, hinsichtlich der Analyse und Vorhersage von Produkten und Geräteverhalten.
--	--	--

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a)	Store	<p>Siemens bietet mit dem MindSphere Store einen zentralen Marktplatz für Industrieanwendungen und Dienste an, die in der MindSphere Cloud gehostet werden. Applikationen und Dienste können von Entwicklern als Trial-Versionen oder als direkt bezahlbarer Dienst angeboten werden.</p> <p>Applikationen und Dienste im MindSphere Store können von einer Vielzahl von Anbietern stammen (Anbieter-neutral):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siemens-eigene Applikationen und Dienste • Siemens-Partner (ISV, OEM) • Angebote von Siemens-Partnern werden von Siemens, analog zu anderen App-Stores, hinsichtlich ihrer Sicherheit getestet. • Angebote von Drittanbietern unterliegen einer Lizenzvereinbarung mit Siemens, die separate Nutzungsberechtigungen und Bedingungen der Drittanbieter enthalten kann. Drittanbieter bleiben haftbar für die von ihnen bereitgestellten Applikationen und Dienste. • Drittanbieter müssen einen ausreichenden technischen Support für ihre Angebote bereitstellen. • Partnern und Drittanbieter können ihre Angebote im MindSphere Store aktiv bewerben. <p>Der MindSphere Store ist Anbieter-neutral.</p>
b)	Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Registrierung, Testen, Konfiguration, Veröffentlichung und Deployment von Applikationen wird durch von Siemens bereitgestellte „Cockpits“ (Managementsoftware) unterstützt. • Direktes Deployment von Applikationen bei Kunden oder Bereitstellung von Applikationen über die MindSphere Cloud. • Unterstützung von gängigen Entwicklungsumgebungen und Plattformen: Cloud Foundry PaaS und AWS Cloud Services • Entwickler von Angeboten des Stores werden von Siemens wie folgt unterstützt: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lokale Entwicklung von IoT-Applikationen in jeder gängigen Sprache und gängigen Entwicklungsumgebung möglich. ○ Direkter Upload von entwickelten Applikationen in die MindSphere Cloud
c)	Externe Algorithmen oder Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützt die Entwicklung von eigenen Edge-Applikationen durch Kunden und Drittanbieter

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützt die die Entwicklung von Edge-(Micro-)Services durch Kunden und Drittanbieter • Stellt eine Reihe von APIs für die Entwicklung zur Verfügung • Erlaubt native Cloudentwicklung • Unterstützt Austausch von Daten (Siemens, Non-Siemens) durch die Komponente MindConnect • Unterstützt die Entwicklung von Edge-Applikationen durch modulare Edge-Laufzeitumgebung • Unterstützt „kundeneigenem“ Management von Edge-Geräten durch integrierte Supportfunktionen • Deployment von kundeneigener Software und Software von Drittanbietern durch die Komponente MindConnect
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen von kundeneigenen Apps möglich • Als plattformspezifische Fähigkeit nicht erwähnt

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

	Kunden können eigene Plattformkonfigurationen erstellen.
--	--

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	<ul style="list-style-type: none"> • Siemens unterstützt aktiv die Bildung eines Ökosystems für MindSphere. • Das MindSphere Ökosystem ist zentraler Bestandteil des MindSphere Geschäftsmodells. • Das Ökosystem wird durch Einbindung von Partnern aus dem Hardware- (OEM) sowie Software-Entwicklern gebildet. • Die Einbindung von Partnern erfolgt unabhängig von der Größe der Partner und hat somit auch einen Fokus auf KMUs. • Die Einbindung von Industriepartnern erfolgt unabhängig von der (Produktions-)Domäne der Industriepartner. • Das MindSphere-Ökosystem umfasst derzeit bereits mehrere Millionen Devices bei Partnern sowie ein umfangreiches Angebot an Software einer Vielzahl von Anbietern die über den MindSphere-Store angeboten werden. • Der Ansatz des Ökosystems in MindSphere ist der Betrieb von Edge-orientierten Anwendungen auf der Produktionsebene der durch Dienste, Speicherkapazitäten sowie Applikationen auf der MindSphere-Ebene unterstützt wird. • Siemens verfolgt im MindSphere-Ökosystem die Strategie der transparenten Integration von Cloud-Dienste mit beliebigen Geräten, Assets oder Produktionseinrichtungen, um eine nahtlose Erweiterbarkeit des heterogenen MindSphere Geräte und Asset-Ökosystems zu ermöglichen. • MindSphere unterstützt weiterhin den Ansatz der „Open-edge-Strategie“, die es Anbietern erlaubt cloud-fähige Edge- und Geräte-Managementfähigkeiten in Hardware zu integrieren. • Zur Unterstützung des Wachstums des Ökosystems bietet Siemens eine Vielzahl von APIs an, um die Entwicklung neuer Applikationen durch Partner und Drittanbieter zu fördern. • Siemens unterstützt Partner im Ökosystem durch vielfältige Ressourcen, wie etwa Schulungen und Beratung, um Partner in der Entwicklung ihrer eigenen Software zu unterstützen.
-----------------------------------	---

T15. Ökosystembildung

b) Offen gegenüber Drittanbietern	<ul style="list-style-type: none"> • Die MindSphere Plattform ist offen gegenüber Softwareerweiterungen sowie gänzlich neuen Applikationen von Drittanbietern, die sich in das Ökosystem der Plattform integrieren lassen. • Austausch von Daten (Siemens, Non-Siemens) ausdrücklich unterstützt durch die Komponente MindConnect • Deployment von kundeneigener Software und Software von Drittanbietern durch die Komponente MindConnect
c) Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

Umfangreiche stark anpassbare Fähigkeiten in verschiedenen Aufgabengebieten in IIoT über die Anwendung von spezifischen Produktpaketen:

- MindSphere Connect and Monitor Solution Package
- MindSphere Digitalize and Transform Solution Package
- MindSphere Connect and Monitor Solution Package

T17. Quellen

- Übersicht über die Plattform:
 - <https://siemens.mindsphere.io/en>
 - <https://new.siemens.com/global/de/produkte/software/mindsphere.html>
- Whitepaper „MindSphere security model Version 1.0“, Siemens AG
- Whitepaper „MindSphere“, Siemens AG
<https://mindsphereworld.de>
- Informationen zum Partnernetzwerk und Überblick für Entwickler und Betreiber:
 - <https://siemens.mindsphere.io/en/partner>
 - <https://siemens.mindsphere.io/en/about/for-developers>
 - <https://siemens.mindsphere.io/en/about/for-operators>
 - <https://siemens.mindsphere.io/en/community>
- MindSphere Store:
<https://siemens.mindsphere.io/en/store>
- Produktpakete der Plattform:
 - <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/iot/connect-monitor-capabilities.html>
 - <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/iot/digitalize-transform-capabilities.html>
 - <https://www.dex.siemens.com/mindsphere/mindsphere-packages/analyze-and-predict>

T17. Quellen

- Dokumentationen zur Plattform für Entwickler:
 - <https://documentation.mindsphere.io/resources/html/release-notes/en-US/135643676683.html>
 - <https://documentation.mindsphere.io/resources/html/release-notes-hardware/en-US/133001948043.html>
 - <https://developer.mindsphere.io/concepts/concept-architecture.html>
 - <https://developer.mindsphere.io/resources/mindsphere-webcomponents/index.html>
 - <https://developer.mindsphere.io/apis/index.html>
 - <https://developer.mindsphere.io/apis/advanced-assetmanagement/api-assetmanagement-overview.html>
 - <https://developer.mindsphere.io/howto/howto-app-mendix-development.html>
 - <https://design.mindsphere.io/>
 - <https://design.mindsphere.io/patterns/introduction.html>
- Security Model:
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6b876b5e-5594-4da4-90e0-e9e0c6f1f1e1/version:1557483304/siemens-plm-mindsphere-security-model-wp-75966-a7.pdf>
- GitHub Repository zu MindSphere:
<https://github.com/mindsphere>

3.19 Software AG – Cumolocity

T1. Übersicht		
a)	Plattformname	Cumulocity IoT Plattform
b)	Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Software AG, Darmstadt, Deutschland
c)	Zusammenfassung des Anbieters	„Cumulocity IoT is the #1 low-code, self-service IoT platform—the only one that comes pre-integrated with the tools you need for fast results: device connectivity and management, application enablement and integration, as well as streaming and predictive analytics.“
d)	Plattformbestandteile	Cumulocity IoT
e)	Online-Marktplatz-plattform	Keine Informationen verfügbar
f)	Mobilitätsplattform	Wurde in Bereich Treibstoffverbrauch (fuel consumption optimization) eingesetzt
g)	B2B Kontext	Ja
h)	B2C Kontext	Keine Informationen verfügbar
i)	Plattformnutzer	Anlagenverwalter, Applikationsnutzer
j)	Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Ausfallzeiten • Telematik / Treibstoffverbrauch • Condition Monitoring • Echtzeitanalytik, z.B., Fehlererkennung (real-time fault detection) • Geräte- und Datenmanagement, Fernkonfiguration
k)	Verbreitung	Deutsche Telekom, Trillar, Gardner Denver
T2. Lizenzinformationen		
		Cloudbasierte Abonnement-Lizensierung (Cloud-based subscription model)
T3. Protokolle		
		<ul style="list-style-type: none"> • Modbus, CAN bus und OPC-UA, MQTT, REST, SmartREST, SmartREST2 etc. • Keine Entwicklung erforderlich
T4. Edge-Unterstützung		
		<ul style="list-style-type: none"> • Microservices überall hin verteilen, auch in die Cloud • System kann virtualisiert bzw. auf Edge-Geräten/Edge-Server installiert werden.
T5. IIoT-Geräte		
a)	Geräte-Verbindungen	Siehe Protokolle (T3)
b)	Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Geräte von einem einheitlichen Werkzeug aus verwalten. • Beliebig vielen Geräte registrieren und updaten. • Fehlerzustände, Hardware-Informationen Alarme und Leistung bzw. Gerätestatistiken zentral verwalten.
c)	Deployment / Softwarebereitstellung	Software/Firmware sowie Software (Geräte-)Konfigurationen zentral verwalten
T6. Sicherheit		
		„Branchenstarke Sicherheit“, kein VPN erforderlich.

T7. Datenschutz

- Lokal-autonome Hochleistungs-Edge-Verarbeitung: Autonome Kontrolle und anspruchsvolle Datenverarbeitung auf einem hohen Volumen in der Nähe der Datenquelle ist möglich.
- Beschränkung des Zugriffs auf verwaltete Objekte
- Verwaltung von Rollen und Zuweisung von Berechtigungen

T8. Cloud Nutzung

- Kann on-premise bzw. auf Edge-Geräten installiert werden
- Mandantenfähig (multi-tenancy)
- Microservices können in die Cloud verteilt werden

T9. Skalierbarkeit

Kann dynamisch (nach Bedarf) wachsen und sich auch verkleinern.

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

Keine Informationen verfügbar

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

- Erweiterbares Datenmodell
- Echtzeit Daten-Verarbeitung unter Verwendung der Apama Streaming Engine
- Programmierbar via Apama Event Processing Language (EPL)

T12. Angebotene KI-Techniken

Keine Informationen verfügbar

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei Arten von Apps werden unterstützt: Web-based user interface applications und Server-side business logic in Form von Microservices • Zertifizierte Software Bibliotheken • APIs um Cumulocity zu erweitern • Verwendung der gleichen APIs bzw. der gleichen Interface Technologie für alle Anwendungsfälle (HTTP, HTTPS, REST)
c) Externe Algorithmen oder Daten	Apama EPL, erweiterbares Datenmodell
d) KI-Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • https://cumulocity.com/guides/device-sdk/device-sdk-introduction • https://cumulocity.com/guides/microservice-sdk

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Re-branding
- Plattform-Konfiguration (Benutzer, Sicherheit, Datenhaltungsregeln)

T15. Ökosystembildung

a) “Multi-Sided“ Plattform	Duzende Konnektoren bzw. mehr als 170 integrierte Enterprise/Cloud-Apps zu/mit SAP®, Salesforce®, ServiceNow®, Microsoft® Dynamics®, Zendesk®, Zuora®, Marketo® and Microsoft® Office 365®
-----------------------------------	--

T15. Ökosystembildung

b)	Offen gegenüber Drittanbietern	„ <i>The only completely open platform</i> “, verschiedenste APIs um Cumulocity zu erweitern, z.B. IoT agents
c)	Bezug auf RAMI 4.0	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Microservice-Architektur (deploy it anywhere)
- Virtualisierungs-Unterstützung durch Docker Container

T17. Quellen

- https://www.softwareag.com/en_corporate/platform/iot.html
- <https://cumulocity.com/guides/reference/applications>
- <https://cumulocity.com/guides/concepts/domain-model>
- <https://cumulocity.com/guides/concepts/realtime#using-epl>
- <https://cumulocity.com/guides/apama/introduction>
- <https://cumulocity.com/guides/reference/device-management>
- <https://cumulocity.com/guides/reference/sensor-library>
- <https://cumulocity.com/guides/concepts/interfacing-devices>
- <https://cumulocity.com/guides/concepts/security>
- <https://cumulocity.com/guides/edge/installation>
- Cumulocity Web Book: Dream IoT. Achieve IoT.

3.20 S&T – SUSiEtec

T1. Übersicht	
a) Plattformname	SUSiEtec
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Kontron Technologies, S&T group, Linz, Österreich
c) Zusammenfassung des Anbieters	<i>“SUSiEtec bietet... umfassende Möglichkeiten, um genau diesen Herausforderungen im Industrial-IoT Netzwerk gerecht zu werden. Im Fokus steht bei uns der Anwender. Schneller, sicherer und einfacher Zugang zu benötigten Informationen hat hierbei unser besonderes Augenmerk.”</i>
d) Plattformbestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • SusieTech Framework • SusieTech IoT
e) Online-Marktplatz-plattform	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
f) Mobilitätsplattform	Unterstützt mobile Geräte in der Produktion
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
i) Plattformnutzer	Industrie 4.0 Personal (Maschinenbediener, Anlagenüberwacher)
j) Einsatzgebiete	IoT, Industrie 4.0
k) Verbreitung	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
T2. Lizenzinformationen	
	Abonnement-Lizenzen (“Optimized pricing using subscription model”)
T3. Protokolle	
	Konfigurierbare Konnektoren, keine Detailinformationen gefunden
T4. Edge-Unterstützung	
a) Überblick	„Edge analytics“ um zeitkritische Prozesse vor zu Ort steuern
b) Kommunikation	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
c) Speichernutzung	Daten zwischenspeichern, komprimieren und weiterreichen
d) Besondere Fähigkeiten	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
T5. IIoT-Geräte	
a) Geräte-Verbindungen	Gesicherte Authentifikation und Kommunikation
b) Geräte-Management	<ul style="list-style-type: none"> • Data/asset registry, life-long device management • Bulk tasks • Telemetrie-Reporting • Real-time data monitoring and evaluation
c) Deployment / Softwarebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Yocto-basiertes Betriebssystem (SUSiEtec OS) • Konfigurierbares Roll-out • Software- bzw. Komponenten-Treiber und Software können auf den Geräten bereitgestellt werden • Unterstützung für Docker Swarm Management • REST-interface
T6. Sicherheit	
	<ul style="list-style-type: none"> • Zertifikate, Verschlüsselung • Sicheres Interface für Remote-updates/Deployment • Firewalls (einstellbar über gesichertes Webinterface)

T6. Sicherheit

- Yocto-basiertes SUSiEtec Secure-Betriebssystem, Penetrationstest
- 1 Woche Update-Zyklus bei kritischen Schwachstellen

T7. Datenschutz

Teilt viele Aspekte mit der Sicherheit (T6):

- Stellt sicher, dass jeder Zugriff authentifiziert und autorisiert ist
- Alle Kommunikationen werden verschlüsselt
- Alle Software und Firmware werden regelmäßig aktualisiert
- Datenschutz am Rande und in der Cloud
- Watchdog-Funktionalität
- Notfallbehandlung kritischer Schwachstellen
- Kundenspezifische Updates
- Benachrichtigungen über Updates und Schwachstellen

T8. Cloud Nutzung

- On-premise, in der Cloud (MS Azure) und hybrid
- Software kann dediziert in der Cloud ausgeführt werden (Cloudlets).

T9. Skalierbarkeit

„Skalierbar auf Millionen paralleler Geräte“

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

Keine Informationen verfügbar

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

Keine Informationen verfügbar

T12. Angebotene KI-Techniken

„Machine learning: Die Verschmelzung von IT und OT ermöglicht ein autonomes Handeln und Anpassen der eingesetzten Maschinen an neue Gegebenheiten. Das heißt selbständiges Verwerten von Sensordaten in Echtzeit.“

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

a) Store	<i>Keine Informationen verfügbar</i>
b) Unterstützung des Apps-Managements	<ul style="list-style-type: none"> • Universal Plattform Apps (UPA) • Endbenutzerprogramme ggf. nur auf Mobilgeräten
c) Externe Algorithmen oder Daten	Scheinbar Kunden-Apps möglich, keine Detailinformationen verfügbar
d) KI-Schnittstellen	<i>Keine Informationen verfügbar</i>

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

- Unterstützung für Funktionalität auf verschiedenen Geräte
- *“SUSiEtec can be configured flexibly and adapts to existing automation solutions to collect and analyze telemetry”*

T15. Ökosystembildung

Keine Informationen verfügbar

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

- Basiert auf Windows 10 IoT
- Basiert auf Docker bzw. isolierten Containern

T17. Quellen

- <https://www.kontron.com/products/iot/iot-industry-4.0/iot-software-and-services/susietec/>
- <https://susietec.com/>
- <https://www.kontron.de/iot/iot-software-and-services>
- SUSiEtec - The Application Ready - IoT Framework, Brochure

3.21 Weidmüller - Industrial Analytics

T1. Übersicht	
a) Plattformname	Industrial Analytics
b) Plattformanbieter bzw. Plattformbetreiber	Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Detmold, Deutschland
c) Zusammenfassung des Anbieters	<i>“Das Industrial Analytics-Angebot von Weidmüller steht für anwendungsorientierte KI-Applikationen, mit deren Hilfe Sie Anomalien erkennen und klassifizieren, um so Stillstandszeiten effektiv zu reduzieren. Mit vorausschauender Wartung (Predictive Maintenance) planen Sie Serviceintervalle gezielt und nach Bedarf. Auf Basis lückenloser Aufzeichnungen von Sensor-, Zustands- und Prozessdaten treffen Sie darüber hinaus verlässliche Vorhersagen über die Qualität Ihrer Erzeugnisse (Predictive Quality).”</i>
d) Plattformbestandteile	Model builder (ML-Laufzeitumgebung)
e) Online-Marktplatz-plattform	Keine Informationen verfügbar
f) Mobilitätsplattform	Keine Informationen verfügbar
g) B2B Kontext	Ja
h) B2C Kontext	Keine Informationen verfügbar
i) Plattformnutzer	Anlagenbetreuer, ggf. auch Maschinenbediener (wegen ML-Ansatz)
j) Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> • Predictive Quality • Condition Monitoring • Predictive Maintenance
k) Verbreitung	Referenzprojekte mit Borge (Luft, Kompressoren), Grenzebach
T2. Lizenzinformationen	
	Keine Informationen verfügbar
T3. Protokolle	
	Keine Informationen verfügbar
T4. Edge-Unterstützung	
	Keine Informationen verfügbar
T5. IIoT-Geräte	
	Keine Informationen verfügbar
T6. Sicherheit	
	Keine Informationen verfügbar
T7. Datenschutz	
	Keine Informationen verfügbar
T8. Cloud-Nutzung	
	<ul style="list-style-type: none"> • Cloud-Verwendung ist optional, die ML-Laufzeitumgebung kann auch Laufzeitumgebung für ML-Modelle installiert werden. • Cloud-Unterstützung beispielsweise für Azure, AWS oder IBM Cloud.
T9. Skalierbarkeit	
	Keine Informationen verfügbar

T10. Digitale Zwillinge / Verwaltungsschalen

Keine Informationen verfügbar

T11. Datenmanagement und Datenanalyse

Keine Informationen verfügbar

T12. Angebotene KI-Techniken

- Model Builder: Eigene ML-Modelle ohne Vorkenntnisse durch automatisierte Modellerzeugung erstellen.
- Erkennen von Fehlverhalten bei Maschinen
- Predictive Quality

T13. Offenheit und Erweiterbarkeit

Keine Informationen verfügbar

T14. Systematische Konfigurierbarkeit

Keine Informationen verfügbar

T15. Ökosystembildung

Keine Informationen verfügbar

T16. Sonstige technische Fähigkeiten

Keine Informationen verfügbar

T17. Quellen

- https://www.weidmueller.de/de/loesungen/industrial_analytics/automated_machine_learning.jsp
- https://www.weidmueller.com/int/solutions/industrial_analytics/index.jsp
- Die digitale Transformation in der Industrie - Predictive Maintenance mit Industrial Analytics (Whitepaper)

4 Evaluation der Plattformen

Wir analysieren nun die in Kapitel 3 präsentierten Plattformen anhand der Analysethemen aus Kapitel 2.1, d.h., wir bieten einen Überblick über die Antworten pro Analysethema über alle Plattformen hinweg und decken dabei Querverbindungen auf. Jedem Analysethema ist ein eigenes Unterkapitel gewidmet. Die Unterkapitel werden gemäß der Reihenfolge aus Kapitel 2.1 besprochen, wobei wir aus zur Vereinfachung der Argumentation einige verwandte Analysethemen thematisch in gemeinsame Unterkapitel gruppieren, z.B., Cloud-Nutzung (T8) und Skalierbarkeit (T9) oder Datenmanagement/Datenanalyse (T11) und KI-Fähigkeiten (T12).

Bei der Benennung von Plattformen verwenden wir in der Regel sowohl den Hersteller als auch den Plattformnamen um Verwechslungen zu vermeiden. Auch wenn „Adamos Adamos“ diesbezüglich korrekt wäre, sieht die Dopplung eher wie ein Schreibfehler aus. Hier verwenden wir nur den kürzeren Hersteller bzw. Plattformnamen. Bei langen Namen verwenden wir insbesondere in Abbildungen ggf. nur den Herstellernamen, z.B., bei „Recognizer Analytics“, oder Kurzformen für den Herstellernamen, wie z.B., „E&H“ für „Endress + Hauser“.

4.1 Übersichtsinformationen

In diesem Abschnitt bieten wir eine aggregierte Übersicht der analysierten Plattformen basierend auf den jeweiligen Übersichtsinformationen (T1). In diesem Analyse-Thema diskutieren wir die Herkunftsländer (T1.b), die von den Herstellern genannten Einsatzgebiete (T1.j), den B2B-Kontext (T1.g) und den B2C-Kontext (T1.h) sowie eine Nutzung als Mobilitätsplattform (T1.f)

Hersteller - Länderverteilung

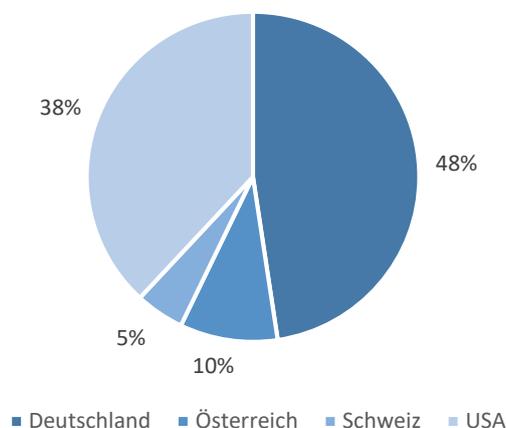


Abbildung 1: Länderverteilung der Plattformhersteller bzw. -anbieter.

Abbildung 1 stellt die Verteilung der **Herkunftsländer** für die untersuchten Plattformen dar. Die meisten Plattformhersteller sind dabei (mit Hauptsitz) Deutschland (48%) bzw. Europa (63%) vertreten. Diese Auswahl von Herstellern ist teilweise durch einen Fokus auf „Industrie 4.0“, ein eher im deutschsprachigen Raum beheimatetes Konzept, zu erklären. Allerdings hat sich die Verteilung signifikant durch die Hinzunahme weiterer Plattformhersteller aufgrund von Partnernvorschlägen in IIP-Ecosphere verändert (siehe auch Kapitel 2.2). Die ursprüngliche Auswahl in der Wettbewerbsphase von IIP-Ecosphere, die auf den Umsatzstärken der Hersteller beruhte, beinhaltete 57% Hersteller aus USA und 43% aus Deutschland. Sowohl zur Wettbewerbsphase als auch in diesem Whitepaper ist die HerstellerAuswahl international, allerdings zum großen Teil mit Herstellern aus Europa bzw. Deutschland.

Die identifizierten **Einsatzgebiete** sind relativ divers und überdecken sowohl Branchen als auch Anwendungsfelder. Es wurden 16 verschiedene Branchen genannt, insbesondere Smart Home/Building/City (5), Produktion (4), (Intra-)Logistik (3) und Verkehrssysteme (2). Bei den Anwendungen werden insbesondere die Verwaltung von Geräten/Maschinen und deren Daten (9), (Cloudbasierte) Anwendungsentwicklung (8), Condition Monitoring (5), sowie Ausfallsicherheit (3), Predictive Maintenance (3) und Energiemanagement (3) benannt.

Es ist wenig überraschend, dass wir zu allen untersuchten Plattformen einen **B2B-Kontext** gefunden haben. Bei einer Plattform (IBM Watson IoT Suite, 5%) haben wir einen **B2C-Kontext** identifiziert, bei Google Cloud IoT Core sowie Siemens MindSphere (zusammen 10%) sind mögliche Hinweise auf einen B2C-Kontext vorhanden, während bei 24% der Plattformen ein B2C-Kontext ausgeschlossen und bei den restlichen 62% ein B2C-Kontext unklar ist.

Mehr als die Hälfte der Plattformen (57%) können als **Mobilitätsplattform** genutzt werden bzw. bieten entsprechende Dienste an, bei weiteren 29% sind mögliche Hinweise auf Mobilitätsunterstützung identifizierbar. Bei einer Plattform (PTC ThingWorx) konnte aufgrund der vorliegenden Informationen Mobilitätsunterstützung ausgeschlossen werden, während diese bei den restlichen 10% unklar ist.

4.2 Lizenzen

Zwei Plattformhersteller geben keine Auskunft über ihr Lizenzmodell. Die restlichen 90% sind als kommerziell zu klassifizieren. Eine Plattform (E&H Netilion) bietet eine freie Einstiegslizenz. 19% aller untersuchter Plattformen bieten Einstiegspakete. 5 Plattformanbieter (23%) bieten ein pay-per-use/pay-as-you-go Lizenzmodell, davon setzen drei Plattformanbieter ausschließlich auf ein derartiges Lizenzmodell. 33% der Plattformanbieter erwähnen, dass ihre Plattform OpenSource-Bibliotheken verwendet.

4.3 Protokolle

Zurzeit existiert eine Vielfalt von Kommunikationsprotokollen im Bereich Industrie 4.0, insbesondere auch durch die Anbindung von (Legacy-)Maschinen, die zu verschiedenen Zeiten beschafft wurden. Erst in letzter Zeit wird hier versucht eine durchgängige Standardisierung zu erzielen. Daher ist es kein Wunder, dass nahezu alle Plattformanbieter (17) verschiedenartigste Erweiterungsmöglichkeiten geschaffen haben, die entweder Hersteller, Dienstleister oder sogar Kunden nutzen können, um ihre jeweiligen Protokolle zu integrieren. Während einige Plattformen mit mehr als hundert Protokollen werben (Adamos, Emerson Plantweb, GE Predix) bietet Siemens MindSphere eine „größtmögliche Zahl von Geräten und Protokollen“ an. Bei Software AG Cumulocity ist für die Verwendung von Protokollen keine Programmierung erforderlich während Recogizer Analytics erwähnt, dass grundsätzlich jede Anbindung möglich gemacht wird.

In den individuellen Plattformbeschreibungen in Kapitel 3 haben wir 37 verschiedene Protokollfamilien identifiziert. Eine Auswahl davon ist in Abbildung 2 dargestellt. Wir geben hier nur die meist genannten bzw. für IIP-Ecosphere relevantesten Protokollfamilien wieder, auch da offensichtlich ist, dass einige Hersteller nicht alle realisierten Protokolle und andere Hersteller sogar gar kein konkretes Protokoll angeben. Die am Häufigsten genannten Protokollfamilien sind: http/REST/JSON (15), MQTT (15), MODBUS (10), OPC-UA (10), AMQP (4). Aus den Aussagen der Hersteller ist weiterhin abzuleiten, dass es einen Trend zu wenigen vereinheitlichten Protokollen gibt. Hier sind insbesondere OPC-UA und MQTT (neben dem allgegenwärtigen REST für API-Zugriffe) zu nennen.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceHsight	Centersight	Emerson Plantweb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSI/Etec	Weidmüller Ind. Analytics	
AMQP	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Canbus	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fieldbus	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
HTTP/REST	●	●	●	○	○	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
LPWAN	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
MODBUS	●	○	○	○	○	●	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
MQTT	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
OPC-UA	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Profibus	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SNMP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 2: Zusammenfassung der genannten (relevanten) Protokolle pro Plattform.

4.4 Edge

Die Verwendung von Edge-Geräten wird von den meisten der betrachteten Plattformen unterstützt. Lediglich 3 Plattformen wiesen hierzu keine Angaben auf. Allerdings variiert der Grad der Unterstützung bzw. der Verwendung von Edge-Geräten zwischen den Plattformen signifikant. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die verschiedenen Fähigkeiten und Anwendungsmöglichkeiten von Edge-Geräten und deren Unterstützung durch die jeweilige Plattform sowie von dedizierten Komponenten der Plattformen zur Unterstützung von Edge-Geräten, wie etwa spezialisierte Betriebssysteme oder Komponenten innerhalb einer Plattform.

Hinsichtlich der Speichernutzung von Edge-Geräten unterstützen 52% der Plattformen die Nutzung von Cloudspeicher, während 67% sowohl die Nutzung von Cloudspeicher als auch die teilweise persistente Nutzung des lokalen Speichers von Edge-Geräten unterstützen. Die Unterstützung von Fogpeicher wird lediglich von 2 Plattformen explizit genannt.

Die bidirektionale Kommunikation von Edge-Geräten, also das wechselseitige Senden von Gerätedaten der von den Edge-Geräten kontrollierten IoT-Geräte an die Plattform und das Weitergeben von Steueranweisungen und Updates aus der Plattform an die kontrollierten IoT-Geräte wird von 52% der Plattformen genannt. Die Anzahl der Plattformen, die die Ausführung von kundeneigenen Applikationen (29%) sowie Applikationen von Drittanbietern (14%) auf Edge-Geräten direkt unterstützen ist relativ gering. Diese geringe Anzahl kann durch den Trend zur Verwendung von Web-Services bzw. cloudbasierten Diensten (57% der Plattformen) teilweise erklärt werden. Ebenfalls unterstützen nur 33% der Plattformen die Ausführung von KI- bzw. ML-Verfahren direkt auf Edge-Geräten und nur 38% die Langzeitspeicherung von Daten auf Edge-Geräten. Auch dies kann durch die ausgeprägte Verwendung von Cloud-Diensten erklärt werden. Auffällig hier ist das die vorgenannten Funktionen zur Ausführung von Anwendungen, KI/ML-Verfahren sowie die Langzeitspeicherung von Daten auf Edge-Geräten oft von Plattformen unterstützt werden, die eine dedizierte Edge-Management-Komponente innerhalb der Plattform bereitstellen (33%). Das Angebot eines dedizierten Edge-Betriebssystems erfolgt nur in den Plattformen GE Predix und AWS IoT. Ähnlich selten ist das Angebot einer dedizierten Edge-Middleware, die nur von den Plattformen Bosch IoT Suite, PTC ThingWorx, SAP Leonardo und Siemens MindSphere angeboten wird. Analog zur bereits in Abschnitt 4.3 festgestellten Unterstützung einer Vielzahl von Protokollen bieten 52% der Plattformen hierfür

Gateway-Software für Edge-Umgebungen an. Neben diesen Gateways, zur Unterstützung unterschiedlichster Protokolle, bieten 62% der Plattformen MQTT-Unterstützung für Edge-Geräte an.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson Plantweb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSIETec	Weidmüller Ind. Analytics
ED Cloudspeicher	○	●	○	○	●	○	○	●	●	○	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○
ED Foggspeicher	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
ED Lokalspeicher	○	●	●	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Bidirektionale Kom.	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 rd Party Apps auf ED	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Kunden-Apps auf ED	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
KI/ML für ED	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Langzeitspeicher ED	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ded. Edge PF-Komp.	○	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge OS	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Middleware	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Gateway Support	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Man. SW Updates	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ED Cloudservices	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Analytics	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Präprozess.	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Lifecycle Manag.	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 3: Unterstützung von Edge-Geräten (Edge Devices, ED) durch die Plattformen.

Die Präprozessierung von Daten auf Edge-Geräte wird durch 48% der Plattformen unterstützt. Die Unterstützung von Edge-Analytics wird von 52% der Plattformen angegeben.

Das Management von Software-Updates für Edge-Geräte, die Unterstützung des Lifecycle-Managements von Edge-Geräten, sowie der mit Ihnen verbundenen IoT-Geräte, bieten lediglich 4 Plattformen an. Auch hier korreliert die Unterstützung der beiden genannten Funktionen.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson Plantweb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSIETec	Weidmüller Ind. Analytics
Edge Container	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Digital Twin	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Visualisierung	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Komplexe Edge Proz.	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Regelsätze	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Historian	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Semantische Modelle	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
NLP Applikationen	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge to Cloud Kom.	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge Gateways Prot.	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 4: Besondere Edge-Funktionalitäten in den Plattformen.

In der allgemeinen Übersicht in Abbildung 3 zeigt sich, dass 7 der betrachteten Plattformen eine starke Unterstützung von Edge-Geräten anbieten. Diese Plattformen sind: Amazon AWS IoT, Bosch IoT Suite, Cisco Kinetic, GE Predix, Microsoft Azure IoT Suite, SAP Leonardo und Siemens MindSphere.

Hinsichtlich der Unterstützung besonderer Fähigkeiten von Edge-Geräten (siehe Abbildung 4) konnten wir die folgenden Fähigkeiten identifizieren:

- Die Ausführung von Anwendungen direkt auf Edge-Geräten in containerisierter Form, zumeist über Docker-Container implementiert, wird von 4 der betrachteten Plattformen explizit unterstützt. Es ist möglich das hier noch weitere Plattformen, die das Deployment in Containern generell unterstützen, hinzugezählt werden können, die das container-basierte Deployment auf Edge-Geräte eventuell nicht explizit angegeben haben aber generell containerisiertes Deployment unterstützen.
- Die Verwendung von Digitaler Zwillinge (Digital Twins), spezifisch mit Bezug zu Edge-Geräten, etwa zu deren Simulation bzw. zur Realisierung von Geräte-Schatten, wird lediglich von 4 der betrachteten Plattformen unterstützt, nämlich Amazon AWS IoT, Bosch IoT Suite und SAP Leonardo.
- Die Visualisierung von Edge-Verbänden, also von Edge-Geräten und der von ihnen kontrollierten IoT-Geräte als Geräteverbund wird ebenfalls nur von lediglich 5 Plattformen (24%) unterstützt.
- Auffällig verbreitet, für eine besondere Edge-Fähigkeit, ist die Unterstützung der Prozessierung von Daten, also über einfache Datenaufbereitung hinausgehende komplexe Verarbeitung von Daten, wie etwa Analysefähigkeiten, direkt auf Edge-Geräten. 48% der betrachteten Plattformen unterstützen diese Funktionalität für Edge-Geräte.
- Die Anwendung von Regelsätzen auf Edge-Geräten, etwa für einfache Steuerentscheidungen, wird von 24% der betrachteten Plattformen unterstützt.
- Eine seltene Funktionalität stellt die Unterstützung von Historian Datenbanken auf Edge-Geräten dar. Lediglich 2 Plattformen unterstützen Historian Datenbanken für Edge-Geräte. Dies ist wahrscheinlich eine Auswirkung der Präferenz der Speicherung von größeren Datenmengen, wie sie üblicherweise für Historian Datenbanken notwendig sind, in cloudbasierten Lösungen.
- Die semantische Modellierung von Geräten, Geräteverbänden und Prozessen für Edge-Geräte wird lediglich von 2 Plattformen, nämlich Amazon AWS IoT und Oracle Cloud IoT angeboten. Beide Plattformen nutzen diese Unterstützung zur weiteren Unterstützung von graphischen Modellierungswerkzeugen, etwa zur Prozessmodellierung für Edge-Geräten.
- Die Erstellung und Verwendung von natürlichsprachlichen (NLP) Applikationen auf Edge-Geräten wird ebenfalls nur von 2 Plattformen, wiederum Amazon AWS IoT sowie SAP Leonardo unterstützt.
- Die Möglichkeit der direkten Kommunikation von Edge-Geräten mit Cloud-Diensten wird von 38% der Plattformen unterstützt. Diese Kommunikation kann von Edge-Geräten genutzt werden, um etwa proaktiv Web-Services mit Nachrichten, zum Beispiel Warnmeldungen, anzusprechen, anstatt auf eine Abfrage durch Web-Services lediglich passiv zu reagieren.
- Die Bereitstellung von Edge-Gateways um eine Vielzahl von Protokollen für Edge-Geräte anzubieten erfolgt bei 62% der Plattformen. Dieser vergleichsweise hohe Grad der Unterstützung dient der unproblematischen Einbindung einer größtmöglichen Anzahl an Protokollen und verbundenen IoT-Geräte, die diese Protokolle verwenden, insbesondere Legacy-Strukturen in bereits vorhandenen IIoT- und IoT-Umgebungen.

Zwei der betrachteten Plattformen, Amazon AWS IoT und SAP Leonardo fallen durch einen hohen Grad an Unterstützung von besonderen Edge-Funktionalität auf, was sich auch in Ihrer generell breiten Unterstützung von Edge-Geräten widerspiegelt.

4.5 IIoT-Geräte

Die meisten Plattform-Beschreibungen (95%) geben Hinweise auf die jeweilige Unterstützung für IIoT-Geräte. Abbildung 5 stellt die individuelle Unterstützung pro Plattform dar.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R Inapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson Plantweb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUS/Etec	Weidmüller Ind. Analytics
Drittanb. Geräte	○	○	●	○	●	○	○	○	●	○	○	●	●	●	○	○	●	○	○	○	○
On/off-boarding	●	●	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Autom. Zuordnung	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fernzugriff/konfig.	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Monitoring	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Lebenszyklus	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Backup/Restore	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
REST-API	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
OTA update	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Bulk update	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 5: Unterstützung für IIoT-Geräte pro Plattform.

Wir fassen nun die benannten Fähigkeiten nach Unterthemen zusammen:

- Geräteverbindungen (Abbildung 5, erste Zeile):
 - 29% der Plattformen detaillieren die verwendete bzw. benötigte Technologie zur Anbindung von IIoT-Geräten, z.B. das Amazon Greengrass Framework, das Bosch IoT Gateway, die speziellen Dienste bzw. Geräte von B&R (GateManager, Machine Pool Management System, KeySwitch) oder die Gateways bei Kinetic.
 - Mit Ausnahme von Harting MICA unterstützen wahrscheinlich alle Plattformen Geräte von Drittherstellern bzw. Dritthersteller-Protokolle. Explizit wird dies aber nur bei 43% der Plattformen genannt.
- Geräte-Management (Abbildung 5, Zeilen 2-7):
 - 42% der Plattformen nennen eine (spezifische) Form von On- und Offboarding von IIoT-Geräten. Davon bieten 7 Plattformen (33% aller Plattformen) Techniken zur automatisierten Zuordnung von IIoT-Geräten zu einer Verwaltungsstruktur an, z.B. über Geräte-Templates.
 - 43% der Plattformen benennen eine Unterstützung von Fernwartung (remote control) oder Fernzugriff (remote access) auf IIoT-Geräte.
 - 43% der Plattformen nennen eine Form von (Laufzeit-)Monitoring für IIoT-Geräte. Google Cloud IoT Core spricht von Echtzeit-Monitoring.
 - Fünf Plattformen (24%) bieten eine Form von Lifecycle-Management für IIoT-Geräte.
 - Zwei Plattformen (10%) unterstützen Backup-, Restore, oder Rollback-Operationen für IIoT-Software bzw. -Konfigurationen.
- Deployment (Abbildung 5, Zeilen 8-10):
 - 38% der Plattformen unterstützen OTA Updates für IIoT-Geräte.
 - 33% bieten zum Deployment eine REST-Schnittstelle an, die Meisten davon in Verbindung mit einem Cloud-Dienst (SaaS).
 - Drei Plattformen (14%) erlauben Bulk-Operationen beim Deployment.
 - 19% der Plattformen unterstützen ein container-basiertes Deployment, unter Verwendung von Docker oder zum Deployment einzelner Funktionen (Amazon AWS

- IoT), von Microservices (Deviceinsight Centersight) oder von Machine Learning Modellen (Google Cloud IoT Core)
- 14% der Plattformen verwenden spezifische Bibliotheken oder Betriebssysteme auf den IIoT-Geräten, z.B., FreeRTOS (Amazon AWS IoT), automation runtime kernel (B&R mapp Technology) oder Yocto Linux (S&T SUSiEtec).

Amazon AWS IoT und Google Cloud IoT Core unterstützen einen transparenten Zugriff auf Geräte(-Zwillinge) an, die zeitweilig offline sind. Weiterhin bietet Amazon AWS IoT eine Sprachintegration mit Alexa und SAP Leonardo spezifische Chat-Funktionalitäten an.

4.6 Sicherheit

In diesem Abschnitt diskutieren wir die Ergebnisse für das Analyse-Thema „Sicherheit“. Wir beleuchten hier die folgenden drei Aspekte: 1) Schutz der Integrität von Software und Informationen, 2) Verhindern des unbefugten Zugriffs auf Netzwerkdienste sowie 3) Schutz der Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen durch kryptografische Mechanismen. Diese drei Aspekte sind ausdrücklich in dem Verzeichnis der Maßnahmen aus Anhang A des ISO/IEC 27001 Standards erwähnt und von den thematischen Fragen zu T6 in Abschnitt 2.1 abgedeckt.

Integrität ist als „Verhinderung unautorisierter Modifikation von Informationen“ ein wichtiger Bestandteil der Software-Sicherheit. Wie in Abbildung 6 dargestellt, benennen nahezu zwei Drittel der Plattformen (62%) Funktionen zum Schutz der Integrität von Software und Informationen. Nur 14% der Plattformen bieten keine Unterstützung, wenn es darum geht, der Integrität von Software und Informationen zu schützen.

Schutz der Integrität von Software und Informationen

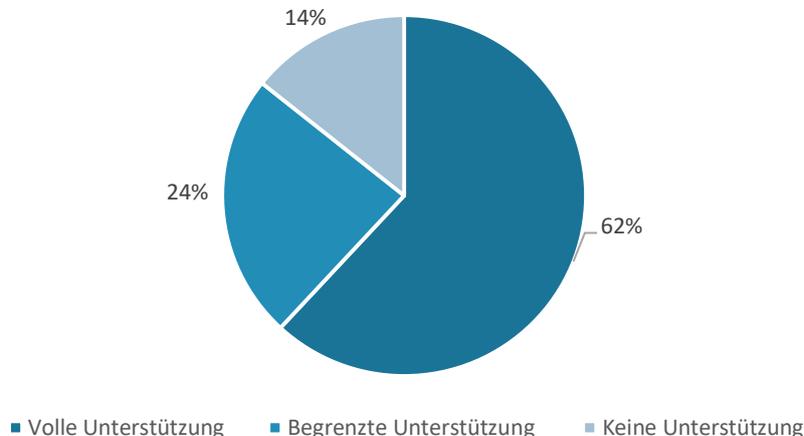


Abbildung 6: Schutz der Integrität von Software und Information.

Abbildung 7 ist ein Beleg dafür, dass ein Großteil der Plattformen (86%) geeignete Mechanismen bietet um unbefugte Zugriffe auf Netzwerkdienste zu verhindern. Im Rahmen unserer Analyse, es hat sich herausgestellt, dass nur 14% der IIoT-Plattformen keine Mechanismen benennen um unbefugte Zugriffe auf Netzwerkdienste zu verhindern.

Verhindern des unbefugten Zugriffs auf Netzwerkdienste

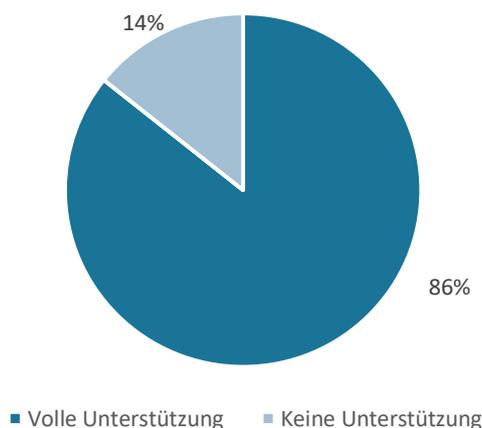


Abbildung 7: Unbefugter Zugriff auf Netzwerkdienste.

Oft kann ein kryptographisches Verfahren für verschiedene Zwecke eingesetzt werden, z.B. um Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen zu schützen. Basierend auf unserer Analyse benennen nur zwei Plattformen (10%, DeviceInsight Centersight und Weidmüller Analytics) keine Mechanismen zum Schutz der Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen durch kryptografische Mechanismen. 90% der Plattformen benennen hingegen entsprechende Unterstützung.

Schutz der Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen durch kryptografische Mechanismen

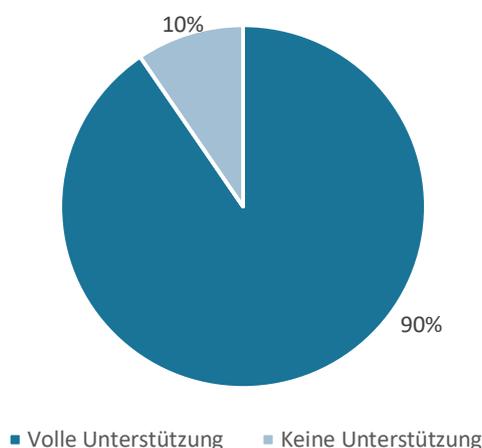


Abbildung 8: Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen durch kryptografische Mechanismen.

4.7 Datenschutz

In diesem Abschnitt diskutieren wir die Ergebnisse zum Datenschutz der untersuchten Plattformen. Aus der DSGVO ergibt sich eine Reihe von Anforderungen für die Verarbeitung personenbezogener Daten. Nicht alle dieser Anforderungen sind durch rein technische Maßnahmen auszugestalten; viele benötigen jedoch effektive technische Unterstützung um sie zu erfüllen. Im Folgenden, werden drei Aspekte diskutiert: 1) die Möglichkeit personenbezogene Daten zu erkennen (um die Anwendbarkeit der DSGVO zu verstehen), 2) begrenzte Speicherung und Aufbewahrungsfrist sowie 3) Datenschutz durch Technikgestaltung und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen.

Nur ein Viertel (28%) der untersuchten Plattformen bieten geeignete Mechanismen um die Verarbeitung der personenbezogenen Daten zu erkennen. Fast die Hälfte der Plattformen bieten begrenzte Unterstützung. 24% der Plattformen bieten keine Möglichkeit um die Verbreitung von personenbezogenen Daten zu erkennen.

Personenbezogene Daten erkennen um Anwendbarkeit der DSGVO zu verstehen

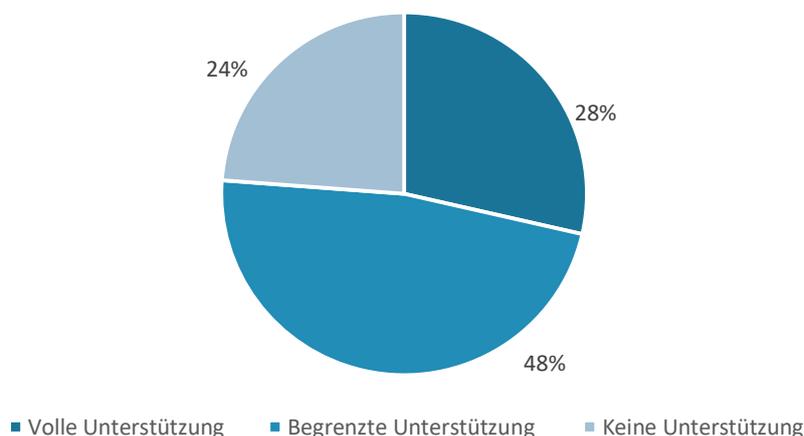


Abbildung 9: Die Erkennung von Personenbezogene Daten.

In Anbetracht der Grundsätze für die Verarbeitung personenbezogener Daten, müssen personenbezogener Daten in einer Form gespeichert werden, die die Identifizierung der betroffenen Personen nur so lange ermöglicht, wie es für die Zwecke, für die die Daten verarbeitet werden, erforderlich ist (Artikel 5, DSGVO). Danach müssen die gelöscht bzw. ihre Speicherung begrenzt werden. Ein Großteil der untersuchten Plattformen (71%) benennen geeignete Mechanismen um begrenzte Speicherung, Aufbewahrungsfrist und begrenzte Verarbeitung personenbezogener Daten zu unterstützen. Nur vier Plattformen bieten keine Unterstützung (B&R mapp Technology, Deviceinsight Centersight, S&T SUSiEtec und Weidmüller Analytics).

Begrenzte Speicherung, Aufbewahrungsfrist und begrenzte Verarbeitung personenbezogener Daten

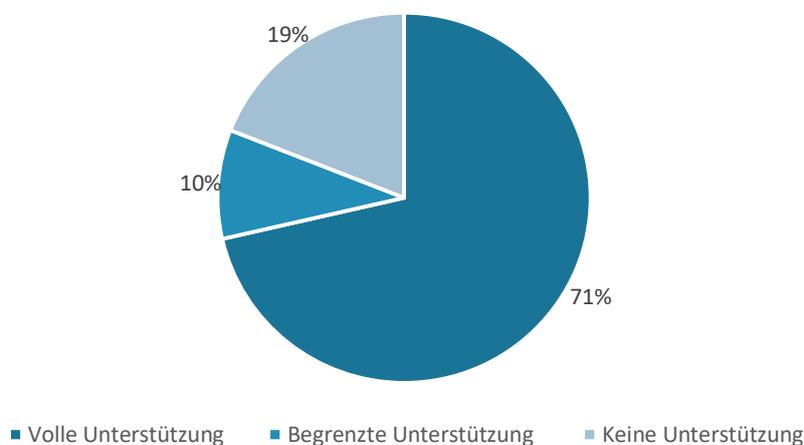


Abbildung 10: Begrenzte Daten-Speicherung und –Verarbeitung.

Datenschutz durch Technikgestaltung ist kein neues Prinzip. Mit der gesetzlichen Verpflichtung der DSGVO besteht jedoch eine rechtliche Motivation (Artikel 25), Datenschutz durch Technikgestaltung und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen zu verwirklichen. Nur zwei Plattformen (10%) benennen hier geeignete Mechanismen. 38% der Plattformen bieten keine Unterstützung.

Datenschutz durch Technikgestaltung und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen

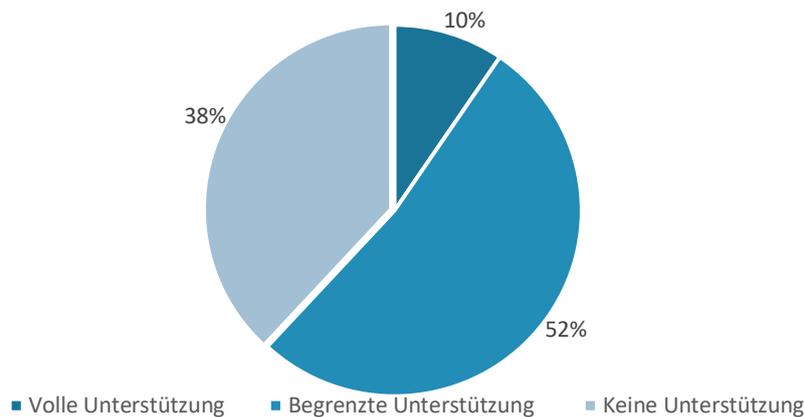


Abbildung 11: Artikel 25 DSGVO - Datenschutz durch Technikgestaltung und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen.

4.8 Cloud-Nutzung und Skalierbarkeit

Wir diskutieren nun die Ergebnisse für Cloud-Nutzung und Skalierbarkeit der Plattformen. Wir haben diese zwei Analyse-Themen hier zusammengefasst, da Skalierbarkeit oft über Cloud-Technologie argumentiert bzw. realisiert wird.

	Adamos	Anazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson Plantweb	E&H Nexilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSIEtec	Weidmüller Ind. Analytics	
Cloud-basiert	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cloud optional	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
On premise	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
Mandantenfähig	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○
Ist Skalierbar	●	●	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●
Via On-Offboarding	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○
Via Cloud	○	●	○	○	○	●	○	○	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Zur Laufzeit	●	○	○	○	○	●	○	○	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 12: Cloud-Nutzung und Skalierbarkeit pro Plattform.

95% der Plattformen bieten eine Integration mit Cloud-Technologie. Bei Harting MICA war das nicht eindeutig festzustellen („MICA verbindet Maschinen mit Cloud-Diensten“). Bei 19% der Plattformen (Adamos, B&R mapp Technology, S&T SUSIEtec, Weidmüller Industrial Analytics) wird diese als optional genannt. Bei den anderen Plattformen ist davon auszugehen, dass die jeweilige Plattform verpflichtend in einer (Hersteller-)Cloud läuft. 24% der Plattformen erlauben eine on-premise Installation, wobei nur für Adamos sowohl optionale Cloud-Integration als auch on-premise Installation

genannt wird. 15% der Plattformen nennen sich explizit mandantenfähig. Nur B&R mapp Technology benötigt ein spezielles (optionales) Gerät zur Cloud-Anbindung, die „Orange Box“. Die oberen vier Zeilen in Abbildung 12 stellen die genannten Cloud-Fähigkeiten pro Plattform dar.

Viele Plattformen nennen die unterstützten Cloud-Anbieter, einige allerdings auch nicht alle, z.B. Adamos benennt sein Cloud Connector Framework, das Integrationen für 30 Cloud-Anbieter bereitstellt. Oft benennen hier Plattformhersteller, die selbst Cloud-Anbieter sind, ihre eigene Cloud. Abbildung 13 stellt die Häufigkeiten der Nennung verschiedener Cloud-Anbieter dar. Besonders häufig wird Microsoft Azure genannt.

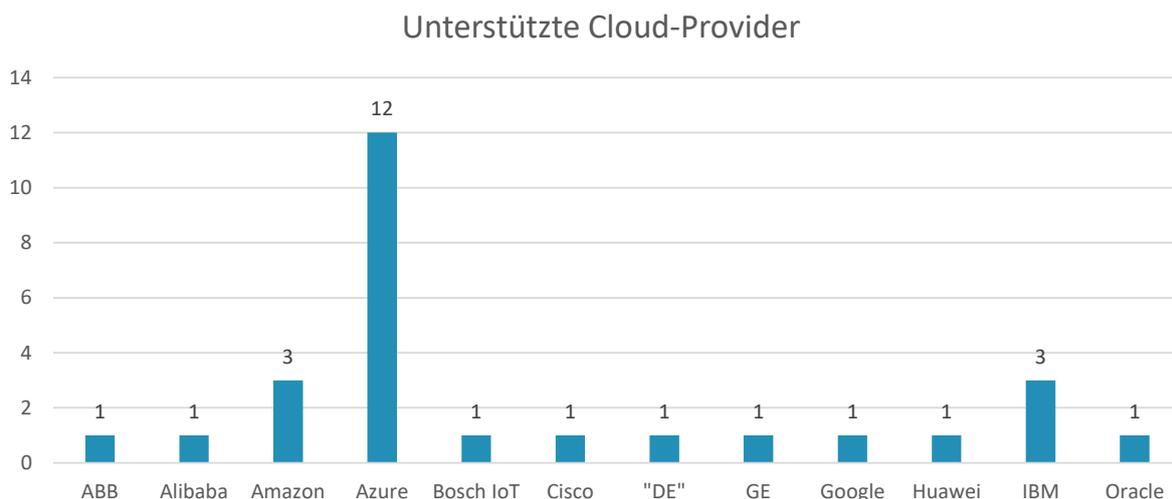


Abbildung 13: Explizit benannte Unterstützung von Cloud-Anbietern („DE“ bezeichnet nicht näher benannte Cloud-Infrastrukturen in Deutschland).

81% der Plattformen machen Aussagen zur Skalierbarkeit. 29% der Anbieter beziehen dies Aussage auf das Hinzufügen bzw. Entfernen von IIoT-Geräten, vier davon nennen exklusiv die IIoT-Geräte als Grund für Skalierbarkeit. 38% der Hersteller benennen auch eine Laufzeit-Skalierbarkeit, wie beispielsweise Load-Balancing. 33% beziehen ihre Skalierbarkeit aus Cloud-Funktionen. Die unteren vier Zeilen in Abbildung 12 stellen die genannten Skalierungs-Fähigkeiten pro Plattform dar.

4.9 Digitale Zwillinge / Verwaltungsschale

Die Verwendung von digitalen Zwillingen (Digital Twins) zur digitalen Repräsentation einer Entität, etwa einer Maschine, eines IoT-Geräts oder auch eines Prozesses, schafft die Möglichkeit zur Simulation der repräsentierten Entität [15]. Die Möglichkeit der Simulation wiederum kann dazu genutzt werden, Neu- oder Weiterentwicklungen einer Entität anhand ihres digitalen Zwillings zu konzipieren und zu testen, bevor diese Entwicklung in den aktiven Produktivprozess integriert wird. Somit können mittels der Nutzung von digitalen Zwillingen in der Entwicklung und Simulation eventuell kostspielige Ausfälle, die bei direkter Entwicklung auf einem Produktivsystem auftreten können, vermieden werden. Weiterhin erlaubt es die Verwendung von digitalen Zwillingen sogenannte Digitale Schatten („Digital Shadowing“) anzuwenden. Digitale Schatten stellen eine parallele Repräsentation einer Entität in einem Produktivsystem durch ihren digitalen Zwilling dar, die es erlaubt den aktuellen Zustand dieser Entität parallel zum Produktivsystem zu repräsentieren. Diese Repräsentation erlaubt das rasche Wiederherstellen von Zuständen von Entitäten im Produktivsystem, sollten diese Störungen oder Ausfälle erleiden, anhand des letzten korrekten Zustandes des digitalen Zwillings der betroffenen Entität.

- 7 der betrachteten Plattformen machen keine Angaben zur Verwendung von digitalen Zwillingen oder verwandter Ansätze. 4 Plattformen nennen digitalen Zwillinge direkt als

unterstütze Funktionalität der Plattform, während in der weiteren Betrachtung noch deutlich wird, dass das Konzept des digitalen Zwillings, wenn auch in abgewandelten Formen, von 12 der Plattformen (57%) unterstützt wird, was die Wichtigkeit einer solchen Möglichkeit, zumindest zur Simulation von Geräten, unterstreicht.

- 12 Plattformen nennen die Verwendung von digitalen Zwillingen bzw. einer Form der digitalen Repräsentation von Entitäten, zumeist Geräten, zur Simulation dieser Entitäten. Die Plattformen Google Cloud IoT Core und IBM Watson IoT Suite nennen hier jeweils nur die Möglichkeit eines „Device Simulators“, dieser ist aber als Variante eines digitalen Zwillings aufzufassen.
- Die Neu- und Weiterentwicklung von Geräten, Gerätekonfigurationen bis hin zu Geschäftsprozessen anhand ihres digitalen Zwillings wird von 8 Plattformen (38%) unterstützt.
- Digitale Schatten von Entitäten, wiederum zumeist Geräten, wird explizit von 6 Plattformen (27%) unterstützt. Bosch IoT Suite benennt digitale Schatten nicht explizit, weist aber implizit auf die Möglichkeit der Unterstützung von digitalen Schatten hin.

Verschiedene Plattformen weisen auf besondere Anwendungsfälle und Fähigkeiten der Verwendung von digitalen Zwillingen hin, die sie unterstützen. So bietet B&R mapp Technology eine 3D Simulation von Geräten, sowie Mockup Interfaces (u.A. Benutzeroberflächen) basierend auf deren digitalen Zwillingen an. GE Predix und Microsoft Azure IoT bieten die Möglichkeit Verbünde von digitalen Zwillingen zu erstellen, was die Simulation von Geräteverbänden bis hin zu Produktionslinien ermöglicht. Diese Möglichkeit wird in der Plattform Microsoft Azure IoT noch weiter durch die Bereitstellung eines „Spatial Intelligence Graph“ sowie einer eignen Modellierungssprache (DTD) für digitale Zwillinge unterstützt. Oracle Cloud IoT bietet explizit die Unterstützung von prädiktiven digitalen Zwillingen (predictive digital twins) an, also der vorrausschauenden Simulation auf digitalen Zwillingen zur Realisierung von z.B. von predictive Maintenance. SAP Leonardo und Siemens MindSphere bieten jeweils eine eigene Middleware zur Modellierung und zum Einsatz von digitalen Zwillingen an.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight	Centersight	Emerson Plantweb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harding MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSIEtec	Weidmüller Ind. Analytics
Digital Twin	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VWS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VWS ähnlich	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge VWS ähnlich	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DT Simulation	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DT Entwicklung	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DT Shadowing	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DT bes. Anwendung	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 14: Digital Twin (DT) Unterstützung und Verwendung der Verwaltungsschale (VWS) in den Plattformen.

Eine zur Realisierung von digitalen Zwillingen bzw. ähnlicher Ansätze zur digitalen Repräsentation von Entitäten grundlegende Voraussetzung ist eine plattformweite, einheitliche, Repräsentation der Informationen, die zu den Entitäten innerhalb der Plattform verfügbar sind. Idealerweise ist die Repräsentation eine solche Repräsentationsform der Informationen zu einer Entität (oder weiter gefasst zu einem „Ding“ bzw. „Thing“) auch plattformübergreifend vereinheitlicht und somit standardisiert [23]. Ein solcher Ansatz einer plattformübergreifenden, standardisierten,

Repräsentation von Informationen zu Entitäten wird zurzeit im Rahmen der Initiative Industrie 4.0 in Form der Erstellung des Standards der Verwaltungsschale verfolgt [1, 24].

Im Rahmen dieser Plattformanalyse wurde daher auch evaluiert, inwiefern die betrachteten Plattformen entweder bereits die Repräsentationsform Verwaltungsschale einsetzen oder aber der Verwaltungsschale ähnliche Formen der Informationsrepräsentation von Entitäten verwenden. Die direkte Verwendung des Standards der Verwaltungsschale wurde explizit von keiner der betrachteten Plattformen genannt, lediglich Siemens MindSphere hat implizit, durch die Verwendung der Verwaltungsschale in einem Demonstrator gezeigt, dass eine Integration der Verwaltungsschale möglich ist.

Die Verwendung von Informationsrepräsentationen, die vom Konzept her der Verwaltungsschale ähneln, zum Teil sogar fast entsprechen, wird von 7 Plattformen explizit genannt. Ein hier häufig anzutreffender Begriff ist das „Things Modelling“. Dieser Ansatz verfolgt die plattformweit einheitliche Modellierung der Informationsrepräsentation eines „Thing“, also einer Entität. Dieses entspricht dem Konzept der Verwaltungsschale, wird aber von den einzelnen Plattformen in unterschiedlichen Varianten umgesetzt. So verwenden Amazon AWS IoT, Bosch IoT Suite, PTC ThingWorx und SAP Leonardo explizit die Formulierung „Things Modelling“ und einen entsprechend ähnlichen Ansatz in der plattformweit einheitlichen Repräsentation von Informationen zu Entitäten. Microsoft Azure IoT nennt hier die von ihr verwendete Digital Twin Definition Language (DTDL) als grundlegendes Konzept der Informationsrepräsentation. Oracle Cloud IoT, GE Predix sowie Siemens MindSphere geben keinen expliziten Hinweis auf die Verwendung eines „Things Modelling“, weisen aber ebenfalls Ähnlichkeiten in ihren Ansätzen zur Modellierung von Entitäten innerhalb der Plattformen zum Ansatz der Verwaltungsschale auf. So nennt zum Beispiel Siemens MindSphere die Kapselung von verwalteten IoT-Geräten unter der Verwendung einer Middleware und die Plattformen Oracle Cloud IoT und GE Predix verfolgen jeweils in ihren Ansätzen zur Nutzung von Digitalen Zwillingen ebenfalls einen zur Verwaltungsschale ähnlichen Ansatz.

Eine Anwendung der Verwaltungsschale bzw. eines ähnlichen Ansatzes der Informationsrepräsentation auf Edge-Geräten wird von den eben genannten 8 Plattformen unterstützt, d.h., die Edge-Geräte und ihre Eigenschaften sind in Form der jeweiligen Informationsmodelle repräsentiert.

Der Grad der Flexibilität dieser Repräsentation bzw. des „Thing Model“ und damit deren Flexibilität (auch im Sinne von systematischer Konfigurierbarkeit, T14), lässt sich aus den vorliegenden Unterlagen zur Zeit nur eingeschränkt ableiten. Daher ist es interessant, dass zwei Plattformen explizit die Anpassbarkeit ihres Datenmodells für die Datenanalyse erwähnen. Falls hier vereinheitlichte Modelle verwendet würden, könnte dies ebenfalls auf das „Things Modelling“ zutreffen.

4.10 Datenmanagement, Datenanalyse und KI-Fähigkeiten

In diesem Abschnitt fassen wir die Ergebnisse für die Fähigkeiten zu 1) Datenmanagement und Datenanalyse sowie 2) (darauf aufbauender) Künstlicher Intelligenz zusammen. Abbildung 15 stellt die Ergebnisse pro Plattform für diese zwei Aspekte dar.

In Bezug auf Datenmanagement und Datenanalyse (die oberen 8 Zeilen in Abbildung 15) haben wir die folgenden Fähigkeiten identifiziert:

57% der Plattformen bezeichnet sich als echtzeitfähig bezüglich Datensammlung und Datenanalyse. Davon verwenden 5 Plattformen (insgesamt 23%) Begriffe, die auf weiche Echtzeit hindeuten, wie „nahezu Echtzeit“ oder „fast in Echtzeit“. Die restlichen 2 Plattformen sprechen nur von „Echtzeit“. 33% der Plattformen beschreiben ihre Datenverarbeitung als strombasiert, d.h., sie wenden einen

Ansatz an, mit dem man Datenanalysen (typischerweise in weicher) Echtzeit bzw. verteilbar realisieren kann.

38% der Plattformen benennen Techniken zur Konfiguration bzw. zur Anpassung der Datenanalyse¹⁸ (siehe auch T14 in Abschnitt 4.12). Zwei Plattformen (Adamos, Software AG Cumulocity) beschreiben, dass hierbei das unterliegende Datenmodell anpassbar bzw. erweiterbar ist. Eine Sonderform der Anpassung der Datenanalyse ist die Anpassbarkeit der Datenflüsse, insbesondere bei Plattformen, die strombasierte Datenanalysen anbieten. Diese Fähigkeit wurde von zwei Plattformen (Cisco Kinetic und Recogizer Analytics) benannt.

Weitere zwei Plattformen (Adamos, Google Cloud IoT Core) benennen anpassbare Datenaufbewahrungsregeln als technische Fähigkeit (jenseits der Datenschutzbestimmungen der jeweiligen Plattform). 19% der Plattformen unterstützen die Sammlung bzw. Analyse von Zeitreihen. Besondere Fähigkeiten sind zeitbasierte (temporale) Datenanalyse (Azure IoT) oder das Management und die Analyse von Meta-Daten (Recogizer Analytics). Bei vier Plattformen (19%) konnten wir keine Hinweise auf die Datenmanagement- bzw. Datenanalysefähigkeiten identifizieren.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson Plantweb	E&H Neilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT Suite	PTC ThingWorx	Recogizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSI/Elec	Weidmüller Ind. Analytics
Echtzeit	●	○	○	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	●	○	○	○
Weiche Echtzeit	○	●	●	○	○	○	○	○	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Streaming	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Anp. Analyse	●	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Anp. Datenflüsse	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
Regeln Datenaufbew.	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Offenes Datenmodell	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Zeitreihen	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Regelbasiert	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Anomalieerkennung	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ausfallvorhersage	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Externe KI	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
KI-Bausteine	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 15: Datenmanagement- und analysefähigkeiten (oben) sowie KI-Unterstützung (unten) pro Plattform.

In Bezug auf KI-Fähigkeiten bzw. KI-Techniken (die unteren 7 Zeilen in Abbildung 15) haben wir die folgenden Fähigkeiten festgestellt:

Sieben der Plattformen (33%) machen keine Aussage zu den KI-Fähigkeiten bzw. geben Hinweise darauf, dass KI-Verfahren als Zukunftsentwicklungen angedacht sind. 33% der Plattformen setzen regelbasierte Verfahren ein. Nicht in Abbildung 15 dargestellt sind weitere KI-Verfahren, da diese nur selten explizit genannt werden. Beispiele hierfür sind wie strom-basiertes ML (Adamos), empfehlungs-basierte Verfahren (GE Predix), Sentiment-basierte Verfahren (Microsoft Azure IoT Suite), neuronale Netzwerke (Microsoft Azure IoT Suite) oder selbstverstärkendes Lernen (Recogizer Analytics). Google Cloud IoT Core bietet so viele verschiedene Frameworks bzw. Bibliotheken an, dass die Extraktion der tatsächlichen Fähigkeiten schwierig ist, aber es wahrscheinlich ist, dass die aktuellen Standardtechniken wie beispielsweise neuronale Netzwerke geeignet unterstützt werden.

¹⁸ In Abbildung 15 als „Anp. Analyse“, d.h., anpassbare Analyse bezeichnet.

33% der Plattformen integrieren Verfahren zur Anomalie-Erkennung, 19% zur Verhaltens-Prädiktion und ThingWorx bietet Verfahren zum Lernen des Normalverhaltens. 14% der Plattform unterstützen die Verwendung externer KI-Verfahren, weitere 14% (Überlappung bei Predix und Google Cloud IoT Core) unterstützen die Anwendung von KI durch spezielle (teilweise fest vorgegebene) KI-Komponenten bzw. KI-Bausteine. Weitere, nicht in Abbildung 15 dargestellte Eigenschaften sind: Konfigurationsmöglichkeiten für einzelne (eingebaute) KI-Verfahren (Bosch IoT Suite und Google Cloud IoT Core), Ausführung von KI-Verfahren auf Edge-Geräten oder als Container (siehe auch Abschnitt 4.4).

4.11 Offenheit / Erweiterbarkeit

Dieser Abschnitt betrachtet die Offenheit der untersuchten Plattformen, zum Beispiel hinsichtlich der Möglichkeit der Einbindung von externen Applikationen oder Daten, sowie die Erweiterbarkeit der Plattformen, beispielsweise durch neue Komponenten, die Unterstützung von Entwicklern bei der Erstellung oder Vermarktung eigener Applikationen in einem Online-Marktplatz.

Einen ersten Schwerpunkt der hinsichtlich der Offenheit und Erweiterbarkeit der untersuchten Plattformen betrachtet wurde bildet die Bereitstellung eines Stores, also eines Online-Marktplatzes, durch die Plattformen. 48% der Plattformen bieten eine solchen Store, in unterschiedlichen Ausprägungen, an. Die Plattformen Adamos, Amazon AWS IoT, Google Cloud IoT Core, Harting MICA, IBM Watson IoT Suite, Microsoft Azure IoT, PTC ThingWorx und Siemens MindSphere bieten entweder direkt in der Plattform einen Store an oder aber bieten Plattformdienste und Applikationen über den Store ihres jeweiligen, übergeordneten, Unternehmens an, wie etwa AWS Marketplace, Google Cloud Marketplace oder den IBM Product Store. Bosch IoT Suite nutzt den AWS Marketplace, um ihre Dienste anzubieten während GE Predix ihren Store in die Entwicklungsumgebung für Applikationen und Dienste integriert.

38% der Plattformen bieten ihre Plattformdienste über ihren Store an. Hierbei bietet Bosch IoT Suite ausschließlich Dienste an, während Adamos keine Dienste (nur Applikationen) anbietet. Ebenfalls 38% der Plattformen bieten Applikationen bzw. fertige Softwarelösungen in ihren Stores an. Hierbei bietet die Bosch IoT Suite keine Applikationen an (nur Dienste) und die Plattform Adamos ausschließlich Applikationen. 6 Plattformen (29%) erlauben die Vermarktung von Diensten und Applikationen von Drittanbietern über ihre Stores.

Wie Eingangs dieses Abschnittes genannt bildet die Unterstützung der Entwicklung von Diensten und Applikationen innerhalb einer Plattform ein wesentliches Merkmal der Erweiterbarkeit einer Plattform, weshalb im Folgendem verschiedene Formen dieser Unterstützung durch die untersuchten Plattformen betrachtet wird. Die Möglichkeit der Integration von Plattformdiensten anderer Plattformen in eine Plattform wird im Abschnitt 4.13 zur Ökosystembildung gesondert betrachtet.

3 Plattformen haben keine Angaben zu einer eventuellen Unterstützung von Entwicklern bei der Entwicklung neuer Dienste und Applikationen für die Plattform gemacht. 17 Plattformen, also 81% die zu diesem Punkt Angaben machen, mit der Ausnahme von Harting MICA, die diese Angabe zumindest nicht explizit gemacht haben, stellen SDKs und APIs der jeweiligen Plattform für Entwickler bereit. Diese starke Unterstützung von Entwicklern ist erfreulich aber auch nicht überraschend, da die Plattformen ja direkt von Weiterentwicklung und einem möglichst stark wachsenden Portfolio an Diensten und Applikationen und letztlich auch Ökosystem (siehe hierzu Abschnitt 4.12) und den damit verbundenen wachsenden Nutzerzahlen direkt profitieren. 52% der Plattformen stellen neben SDKs und APIs weiterhin Templates zu Diensten, Prozessen und Applikationen für Entwickler bereit. 48% der Plattformen unterstützen Entwickler durch die Bereitstellung von Tutorials. Diese Tutorials werden in verschiedenen Formen, von Webseiten mit Walkthroughs von Entwicklungsprozessen über Videotutorials bis hin zu direkten Schulungen durch die Plattformbetreiber angeboten. Ebenfalls 48%

der Plattformen benennen explizit die Bereitstellung umfangreicher Dokumentationen zur Plattformtechnologie, den verwendeten Standards und zu weiteren Aspekten der Plattform für Entwickler. 3 Plattformen, Bosch IoT Suite, GE Predix und Harting MICA, nennen explizit die Unterstützung plattformeigener Communities von Entwicklern. 5 Plattformen bieten Entwicklern plattformspezifische Code Repositories an, etwa Git-Repositories. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass die Plattform IBM Watson IoT Suite das angebotene Git-Repository zurzeit nur als archiviert anbietet. Aus den genannten Zahlen geht deutlich hervor, dass die Unterstützung von Entwicklern ein Kernanliegen der deutlichen Mehrheit der betrachteten Plattform bildet.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight CenterInsight	Emerson PlantWeb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSI/etec	Weidmüller Ind. Analytics
Store	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●	○	●	○	○	●	○	○	○	○
Store Dienste	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●	○	●	○	○	●	○	○	○
Store Lösungen	●	●	○	○	○	○	○	○	●	○	●	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○
Store 3 rd Parties	●	●	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	●	○	○	○
Dev.Sup. SDK/API	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Dev.Sup. Templates	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●	○	○	○
Dev.Sup. Tutorials	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	●	●	○	○	○
Dev.Sup. Doku.	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	●	●	○	○	○
Dev. Communities	○	○	●	○	○	○	○	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Dev. Repositories	○	●	●	○	○	○	○	○	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Ext. Algorithmen	●	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●	○	○	●	○	○	●	●	●	●	○
Ext. Daten	●	●	●	○	●	●	○	○	●	○	●	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○
SSt. zur PF-KI	●	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	○	○	○
Kundeneigene KI	○	●	●	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Open Source SW	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Progr. Unterstützung	○	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 16: Offenheit und Erweiterbarkeit der Plattformen.

Weitere wesentliche Aspekte hinsichtlich der Offenheit und Erweiterbarkeit einer Plattform bilden die Möglichkeit der Verwendung von externen Algorithmen bzw. externer Softwarelösungen sowie die Möglichkeit der Einbindung von externen Daten in Dienste und Applikationen, die für die Anwendung entwickelt werden, bzw. in bestehende Dienste und Anwendungen auf einer Plattform. 13 der betrachteten Plattformen (62% aller Plattformen) erlauben die Einbindung von externen Algorithmen bzw. Softwarelösungen, wobei B&R mapp Technology dieses nur implizit durch die Angabe der Verwendung einer „Open Architecture“ angibt. 67% aller Plattformen erlauben die Einbindung externer Daten in Dienste und Applikationen der Plattform.

Die Offenheit einer Plattform zeigt sich ebenfalls in der Bereitstellung von Schnittstellen zu den Diensten und Applikationen der Plattform. Hier wurden im Rahmen der Analyse (aufgrund des besonderen Blickwinkels des IIP-Ecosphere Projekts) insbesondere die Bereitstellung von Schnittstellen zu KI-Diensten und KI-Applikationen der Plattformen betrachtet. 52% der betrachteten Plattformen bieten Schnittstellen zu ihren jeweiligen KI-Diensten und Applikationen an. Die Offenheit im Kontext der Verwendung von KI in den Plattformen zeigt sich auch darin, dass 48 % der Plattformen die Verwendung entweder in der Form von plattformeigenen KI-Verfahren, die durch den Kunden angepasst werden können oder sogar (14%) die Verwendung von externen, plattformfremden KI-Anwendungen erlauben.

Ein weiterer betrachteter Aspekt der Offenheit einer Plattform stellt die Verwendung von Open Source Software innerhalb einer Plattform dar. 3 Plattformen, Amazon AWS IoT, Bosch IoT Suite und Google Cloud IoT Core geben hier an Open Source Software, zumindest in Teilen, innerhalb der Plattform zu verwenden. Die Plattform Amazon AWS IoT verwendet hier sogar ein Open Source Betriebssystem, „Free RTOS“, in Teilen der Plattform.

Eine abschließende Möglichkeit der Unterstützung von Entwicklern die in dieser Analyse betrachtet wurde bildet die Bereitstellung von speziellen Programmierunterstützungen. 3 Plattformen, Amazon AWS IoT, Cisco Kinetic und PTC ThingWorx, bieten hier „No-Code“ und „Low-Code“ Unterstützung bei der Entwicklung von Diensten und Applikationen für die Plattform. DeviceInsight Centersight bietet eine starke Unterstützung der Wiederverwendung von Quelltext (Code reuse) an und Siemens MindSphere bietet eine starke Unterstützung der Programmierung von Applikationen an.

4.12 Systematische Konfigurierbarkeit

Wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, gibt diverse Möglichkeiten um systematische Konfigurierbarkeit zu realisieren, von „einfachen“ Konfigurationsdateien bis hin zu (komplexen) Konfigurationsmodellen. Durch diese Breite aber auch durch die nicht einheitliche Terminologie, kann eine „Konfiguration“ beispielsweise im einen Extrem eine Konfigurationsdatei und im anderen Extrem eine validierte Modellinstanz sein. Daher ist es nicht einfach, die Fähigkeiten in diesem Bereich zu erfassen und zu vergleichen. Dennoch interessieren uns aufgrund des Blickwinkels von IIP-Ecosphere Hinweise auf die verwendeten Techniken und Ansätze. Bei der Datenanalyse haben wir darauf geachtet, dass die jeweilige Plattform dem Benutzer geeignete Mechanismen bereitstellt, die jenseits reiner Programmierung via APIs oder dem Aufspielen von Software auf Geräte liegen.

Im Vergleich der Plattformen fällt auf, dass 19% keine (identifizierbaren) Aussagen zur systematischen Konfiguration machen, d.h., 81% der Plattformen realisieren aus unserer Sicht eine oder mehrere Konfigurationstechniken. Die folgenden Techniken bzw. Ansätze wurden identifiziert:

- 8 Plattformen (38%) erlauben eine Anpassung der jeweiligen Funktionen, seien es Applikationen, Datenanalysen, Regeln, Ausführungs-Zeitpläne oder KPIs durch spezielle Editoren. PTC ThingWorx (5%) erlaubt hierbei das Modellieren der IoT-Umgebung (z.B. inklusive Mitarbeiter-Objekte oder Organisationseinheiten). Adamos (5%) ermöglicht es dem Benutzer die Zugriffe auf APIs zu definieren bzw. einzuschränken. B&R mapp Technology und Oracle Cloud IoT (10%) stellen Konfigurationsmöglichkeiten für die Eigenschaften von Plattform-Komponenten bzw. –Diensten bereit.
- 9 Plattformen (42%) stellen vorkonfigurierte Pakete bzw. Lösungen bereit, die es dem Anwender erlauben, einfacher eine bereits gelöste IoT-Aufgabe umzusetzen. Davon erlauben es 7 Plattformen, diese Pakete bzw. Lösungen weiter zu konfigurieren und damit anzupassen.
- Eine einfache Anpassung bereits existierender Lösungen kann durch eine Konfiguration der Präsentation der Daten erfolgen, z.B. durch wiederverwendbare Dashboard-Widgets, zu ermöglichen. Dies wurde in den Dokumenten von 4 Plattformen (19%) identifiziert, nämlich bei Adamos, Cisco Kinetic, PTC ThingWorx und Recognizer Analytics IoT Platform. Bei Cisco Kinetic und PTC ThingWorx scheint sich diese Anpassung auf vorkonfigurierte Pakete bzw. Lösungen anwenden zu lassen.
- Bei 6 Plattformen (29%) haben wir Hinweise auf eine „Plattformkonfiguration“ gefunden. Allerdings lassen die Hinweise keinen Rückschluss zu, was genau dabei konfiguriert wird. Dabei könnte es sich um Grundeinstellungen wie beispielsweise Netzwerkprotokolle oder -Adressen handeln. Bei derartigen Grundeinstellungen würden wir davon ausgehen, dass jede Plattform entsprechende Einstellmöglichkeiten bietet, z.B. in Form von Konfigurationsdateien, dies aber nicht explizit in den verfügbaren Materialien (eher in Benutzerhandbüchern) erwähnt wird. Es könnte sich aber auch um das Re-branding des Erscheinungsbildes der Plattform (Software AG

Cumulocity) oder komplexere Zusammenhänge wie das Vorhandensein von Plattform-Komponenten oder –Dienste handeln (bei Recognizer Analytics IoT Plattform erwähnt).

- Eine Plattform (B&R mapp Technology) bietet Werkzeuge zum Testen der Konfiguration an.
- Recognizer Analytics erlaubt es die (Plattform-)Konfiguration zu versionieren.
- Weitere mögliche Mechanismen die auf systematische Konfigurationsfähigkeiten hindeuten wurden bereits bei anderen Analyse-Themen erwähnt, wie beispielsweise „No Code“ bzw. „Low Code“-Programmierung, Konfiguration von Datenflüssen, Anpassung von Datenmodellen oder Modellierung digitaler Zwillinge.

Aufgrund der identifizierten Fähigkeiten schließen wir, dass eine relativ große Bandbreite von Mechanismen und Techniken zur Anpassung von Plattformen eingesetzt wird. Abbildung 17 fasst die Fähigkeiten pro Plattform zusammen. Wie systematisch diese Mechanismen angewendet werden und wie konsistent die daraus entstehende (Gesamt-)Konfiguration einer Plattform ist, lässt sich aus den vorhandenen Informationen nicht ableiten. Positiv im Sinne von Konfigurations-Analyse und – Konsistenz ist, dass zumindest eine Plattform Werkzeuge zum Testen von Konfigurationen erwähnt.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centerisight	Emerson PlantWeb	E&H Metilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSItec	Wierchmüller Ind. Analytics
Apps, Pakete, Lsg.	○	●	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	○	●	○	○	○	○
Dashboard, UI	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○
Dienste, Komponenten	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
Dienst-Kombination	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
Funktion, Aggregation	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○
Funktion (Sicherheit)	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IoT-Modell	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
Plattform	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	●	●	○	○
Re-branding	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
Vorkonf. Pakete, Lsg.	○	●	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○
Konfigurationstest	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Versionierung	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○

Abbildung 17: Übersicht der Konfigurationsfähigkeiten pro Plattform.

Weiterhin kann man nur indirekt schließen, zu welchen Zeitpunkten im Software-Lebenszyklus Konfigurationen zulässig sind bzw. wie sich diese auf eine installierte und lauffähige Plattform auswirken. Dabei wäre zu erwarten, dass Funktions- und Dashboard-Änderungen sowohl vor dem eigentlichen Betrieb als auch während des Betriebes (ggf. zu festgelegten Zeitpunkten) möglich sind. Inwieweit Laufzeitänderungen tatsächlich unterstützt werden und ob das ggf. sogar zu (manuellen) Laufzeit-Adaptionen der Plattform (oder aber zu Inkonsistenzen oder Laufzeitproblemen) führen kann, ist aufgrund des vorliegenden Materials nicht abzulesen.

4.13 Ökosystembildung

Ein Plattform-Ökosystem, sei es plattformzentrisch oder plattformübergreifend, basiert auf den von einer Plattform angebotenen Erweiterungsmechanismen wie sie in Abschnitt 4.10 betrachtet wurden sowie auf den Möglichkeiten zur Integration von Diensten anderer Plattformen und Drittanbietern. Die Bildung von Ökosystemen basierend auf einer einzelnen Plattform aber insbesondere auch plattformübergreifend verschafft einer Plattform eine Reihe von Vorteilen da, wie in Abschnitt 4.10 bereits angesprochen, die Ausbildung eines Ökosystems die Neu- und Weiterentwicklung von Diensten

und Anwendungen in und um eine Plattform fördert, was wiederum die Nutzerzahlen, sowie den Grad der Verbreitung der Plattform steigert.

Die Bezeichnung „Multisided Plattform“ steht für eine Plattform, die die Möglichkeit der Vernetzung der Plattform bzw. deren Anwendungen und Dienste mit anderen Plattformen und deren Anwendungen und Diensten bietet. 67% der Plattformen können, zu unterschiedlichen Graden, als „Multisided Plattform“ bezeichnet werden. Der Grad der Möglichkeit zur Vernetzung mit anderen Plattformen ist stark vom Fokus der Ökosystembildung einer Plattform abhängig. Hier haben wir festgestellt, dass es eine klare Unterscheidung gibt, zwischen Plattformen die ein Ökosystem für die eigene Plattform bilden, mit begrenzter Möglichkeit zur Vernetzung mit anderen Plattformen und Plattformen die klar auf eine Ökosystembildung durch starke Vernetzung mit anderen Plattformen abzielen. Die 4 Plattformen Amazon AWS IoT, Harting MICA, IBM Watson IoT Suite und Oracle Cloud IoT fokussieren sich auf ein eigenes Ökosystem. 12 Plattformen bieten die Möglichkeit zur Bildung von Ökosystemen mit einem Fokus auf der Vernetzung mit anderen Plattformen.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	DeviceInsight Centersight	Emerson PlantWeb	E&H Netilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSI/Etec	Weidmüller Ind. Analytics	
Multi-Sided	●	●	●	○	●	●	●	○	●	○	●	○	●	○	●	●	●	●	○	○	○	
Fokus auf Plattform	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Int. 3 rd PF-Dienste	○	○	●	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	●	●	○	○	
Customizing	○	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	
3 rd Party Lösungen	●	●	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	○	○	○	
3 rd Party Dienste	●	●	●	○	●	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	
3 rd Party Daten	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Bezug RAMI 4.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Nur Schnittstellen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Partnernetzwerk	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

Abbildung 18: Möglichkeiten zur Bildung von Ökosystemen pro Plattform (PF).

Über die Möglichkeiten der offenen Erweiterung von Plattformdiensten und Anwendungen innerhalb einer einzelnen Plattform, die in Abschnitt 4.11 betrachtet wurden, hinaus, variiert der Grad der Möglichkeit der Vernetzung und Integration von Diensten anderer Plattformen in eine Plattform selbst. 38% der Plattformen integrieren Dienste anderer Plattformen. Die häufigste Form der Integration stellt hier die Einbindung von Clouddiensten anderer Plattformen dar. So integrieren die Plattformen Bosch IoT Suite, Cisco Kinetic, Emerson PlantWeb, PTC ThingWorx und SAP Leonardo verschiedene Clouddienste von Anbietern wie Amazon AWS, Microsoft Azure, IBM Watson und Alibaba (siehe auch Abschnitt 4.8). Die Plattformen Harting MICA, Siemens MindSphere und Software AG Cumulocity nennen in diesem Punkt lediglich die Einbindung von generellen Clouddiensten, ohne nähere Angaben zu spezifischen Anbietern.

43% der Plattformen erlauben das kundenseitige Anpassen (Customizing) von Plattformanwendungen und darüber hinaus die Integration von kundeneigenen Anwendungen in die Plattform. Eine detaillierte Betrachtung der Möglichkeit zur Entwicklung und Integration von Anwendungen, Diensten und Daten von Drittanbietern (3rd Party) in die Plattformen ergab das folgende Bild:

67% der Plattformen erlauben die Entwicklung und Integration von Anwendungen und Diensten durch Drittanbietern. Eine Einschränkung die hierzu deutlich wurde ist die Begrenzung von Drittanbietern in einer Plattform auf (Industrie) Partner der Plattform. 4 Plattformen, Harting MICA, IBM Watson IoT

Suite, Microsoft Azure IoT Suite und Oracle Cloud IoT begrenzen die Möglichkeit zur Integration von Anwendungen von Drittanbietern auf Anwendungen, die von Plattform-Partnern erstellt werden. Zum Teil ist diese Einschränkung an Validierungs- und Zertifizierungsmechanismen der Partneranwendungen durch die Plattform gebunden, vergleichbar zu den Mechanismen in App-Stores, wie etwa Google Play.

Die Einbindung von Diensten von Drittanbietern in die Plattform wird von 71% der Plattformen erlaubt. Auch hier gelten dieselben Beschränkungen auf Diensten von Plattform-Partnern wie im vorherigen Abschnitt dargestellt.

Ein signifikant geringere Anzahl an Plattformen erlaubt die Integration von Daten von Drittanbietern in die Plattform. Lediglich 9 Plattformen (43%) lassen die Verwendung von Daten von Drittanbietern zu. Auch hier gelten für die Plattformen Microsoft Azure IoT Suite und Oracle Cloud IoT, dass nur dann Daten von Drittanbietern in die Plattform integriert werden können, wenn diese Drittanbieter Plattform-Partner sind.

Neben der engen Partnerbindung der oben genannten 4 Plattformen, die Anwendungen und Dienste von Drittanbietern nur von ihren jeweiligen Plattform-Partnern zulassen, bieten insgesamt 8 Plattformen (38%) Partnernetzwerke für Unternehmen an. Vorteile einer solchen Partnerschaft sind die enge Zusammenarbeit zwischen Partnerunternehmen und Plattform bei der Integration von Angeboten der Partner sowie die partnerspezifische Anpassung von Diensten der Plattform an die Bedürfnisse der Plattform-Partner. Die langfristige Bindung von Plattform-Partnern an die jeweilige Plattform kann hier auch als Ansatz der Bildung eines Ökosystems nicht nur zwischen der Plattform und deren Partnern, sondern auch zwischen den Plattform-Partnern selbst gesehen werden.

Deviceinsight Centersight und Google Cloud IoT Core beschränken ihre Angaben zur Möglichkeit der Integration mit anderen Plattform auf die Angabe, dass sie Schnittstellen zu weiten Bereichen der jeweiligen Plattform zur Verfügung stellen.

Einen Bezug zur RAMI 4.0 Architektur, eine relevante Grundlage für Industrie 4.0 Konzepte und für IIP-Ecosphere, wird nur von der Plattform PTC ThingWorx genannt. Es ist anzunehmen, dass dies durch die relative Neuheit dieser Architektur bedingt ist, da Architekturreferenzen von anderen Plattformen, ähnlich wie Referenzen zur Verwaltungsschale, durchaus zur RAMI 4.0 verwandte Architekturen aufführen, wie etwa die Unterstützung von KPI in der Plattform Oracle Cloud IoT.

4.14 Sonstige Technische Fähigkeiten

Für die sonstigen technischen Fähigkeiten (T16) wurden bei der Sammlung der Rohdaten Plattformeigenschaften aufgezeichnet, die nicht explizit in den anderen Themen behandelt wurden. Damit sollen besondere Eigenschaften von Plattformen identifiziert werden, die entweder die untersuchten Plattformen weiter voneinander unterscheiden oder die für die Arbeiten in IIP-Ecosphere interessant sein könnten. Aufgrund dieser (teilweise subjektiven) Vorgehensweise die mehr zur Abrundung der Übersicht dient, ist insbesondere bei diesem Analyse-Thema nicht von einer vollständigen Abdeckung auszugehen. Die folgenden Fähigkeiten (siehe auch Abbildung 19) wurden identifiziert:

- 8 Plattformen (38%) verwenden Container-basierte Virtualisierungstechniken: Adamos, Amazon AWS IoT, Cisco Kinetic, GE Predix, Harting MICA, Microsoft Azure IoT Suite, Software AG Cumocity und S&T SUSiEtec. Von diesen 8 Plattformen setzen 5 auf Docker. Zwei dieser 8 Plattformen Kubernetes zum Container-Management einsetzen.
- 38% der Plattformen setzen Microservices ein, entweder um Plattformfunktionen zu realisieren oder als API für Erweiterungen. Auf den ersten Blick könnte man vermuten, dass es sich dabei genau die Plattformen handelt, die auch Container als Virtualisierungstechnik

verwenden. Das scheint auch zwei Ausnahmen zu stimmen: Deviceinsight Centersight verwendet Microservices, nennt aber keine Virtualisierungstechnik und S&T SUSIEtec verwendet Container ohne Microservices.

- Die meisten Plattformen erlauben den Kunden, eigene Programme zu erstellen, z.B., um Analysen zu definieren. Zwei der Plattformen (Adamos und Amazon AWS IoT) verwalten dabei den Anwendungslebenszyklus. Fünf Plattformen (24%) stellen grafische Programmieransätze bereit, B&R mapp Technology erlaubt direktes (visuelles) Programmieren am Maschinen-HMI und Cisco Kinetic integriert einen (expliziten) NoCode-Entwicklungsansatz.
- Drei Plattformen (Deviceinsight Centersight, Oracle Cloud IoT, Recognizer Analytics IoT Platform) bieten spezielle Unterstützung zur Definition oder Analyse von KPIs an.
- Google Cloud IoT Core, Harting MICA und Recognizer Analytics unterstützen ortsbasierte Dienste.
- Zur Einbindung von Edge- bzw. IoT-Geräten kann es erforderlich sein, dass eine bestimmte Hersteller-Software oder sogar ein bestimmtes IoT-Betriebssystem installiert werden müssen. Amazon AWS IoT und GE Predix sprechen von einem eigenen bzw. eigens zusammengestellten IoT-Betriebssystem während SUSIEtec Windows 10 IoT voraussetzt.
- Zwei Plattformen (Amazon AWS IoT, SAP Leonardo) bieten eine Form der Sprachverarbeitung.
- Centersight und PlantWeb integrieren Funktionalitäten der Virtuellen Realität mit Hinweis auf die Unterstützung von Wartungsarbeiten.
- Auch wenn Adamos das Schlagwort „adaptiv“ im Namen trägt, spricht B&R mapp Technology als einzige Plattform von einer adaptiven Fähigkeit, nämlich von selbst-optimierenden Controllern.
- Google Cloud IoT Core und Amazon AWS IoT erlauben es, IoT-Geräte anzusprechen, die eigentlich offline sind (transparenter Geräte-Schatten).
- Harting MICA bietet spezielle Funktionalität für Radio-Frequency Identification (RFID).
- Adamos beschützt seine APIs durch einen speziellen Sicherheits-Mechanismus.

	Adamos	Amazon AWS IoT	Bosch IoT Suite	B&R mapp Technology	Cisco Kinetic	Deviceinsight Centersight	Emerson PlantWeb	E&H Neilion	GE Predix	Google Cloud IoT Core	Harting MICA	IBM Watson IoT Suite	Microsoft Azure IoT Suite	Oracle Cloud IoT	PTC ThingWorx	Recognizer Analytics	SAP Leonardo	Siemens MindSphere	Software AG Cumulocity	S&T SUSIEtec	Weidmüller Ind. Analytics
Container	●	●	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Docker	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Kubernetes	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Microservices	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
API-Schutz	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Anw.lebenszyklus	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Grafisches Prog.	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
KPI Support	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sprachunterstützung	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Selbstoptimierung	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Augmented Reality	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge-OS	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Edge-Offline	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ortsbasiert	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
RFID	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Blockchain	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 19: Sonstige technische Fähigkeiten pro Plattform.

Es ist zudem interessant zu erwähnen, dass IBM zunächst in Watson IoT Suite Blockchain-Funktionalität eingebaut, diese aber inzwischen wieder abgekündigt hat. SAP Leonardo bietet weiterhin Blockchains-Funktionalität an.

5 Gültigkeitsbetrachtung (Threats to Validity)

Übersichts-Analysen wie die vorliegende Arbeit unterliegen möglicherweise Einflüssen, die die Gültigkeit der präsentierten Daten beeinflussen. An verschiedenen Stellen in dieser Arbeit haben wir diese Problematik bereits angesprochen. In diesem Abschnitt fassen wir die möglichen Probleme zusammen und diskutieren diese. Dabei verwenden wir die üblichen Kategorien, Konstruktions-Gültigkeit, interne Gültigkeit, Schlussfolgerungs-Gültigkeit und externe Gültigkeit.

Die **Konstruktions-Gültigkeit** (construct validity) bezieht sich auf die Auswahl von Ausprägungen und Faktoren zur Erfassung der Fragestellungen.

- Diese Übersicht basiert auf der Durchsicht einer repräsentativen Menge von Plattformen (als Konstrukt). Allerdings können dabei, wie eingangs erläutert, nicht alle möglichen IoT-Plattformen [7] analysiert werden. Dafür ist die Anzahl zu groß [13] und der Markt zu dynamisch [7]. Dies ist auch nicht erforderlich, da diese Übersicht nicht den Markt widerspiegeln soll, sondern die im Kontext des IIP-Ecosphere Projekts relevanten Plattformen untersuchen soll. Das ist geschehen, indem einerseits die ökonomisch relevanten und andererseits die von Partnern für praxisrelevant befundenen Plattformen einbezogen wurden.
- Es könnten die falschen Faktoren für die Fragestellung nach dem aktuellen Stand von IoT-Plattformen analysiert worden sein. Die hier beleuchteten Fragestellungen basieren auf Diskussionen der IIP-Ecosphere Partner zur Vision der im Projekt zu erstellenden Plattform. Die Analyse-Themen decken die angedachten Kern-Beiträge der Plattform ab und sind damit für das Projekt relevant. Es ist wahrscheinlich, dass die Analyse-Themen für andere Fragestellungen weniger geeignet sind, wobei andere Fragestellungen auch nicht durch diese Übersicht abgedeckt werden sollen.
- Die Plattform-Dokumente enthalten möglicherweise keine oder nicht genügend Informationen um die Analyse-Themen hinreichend oder umfänglich zu beantworten. Dies ist durchaus möglich, da wir in dieser Übersicht Webseiten und Werbematerial der Plattform-Hersteller zugrunde gelegt haben, d.h. öffentlich verfügbares Material zum Zeitpunkt der Durchsicht. Diese Entscheidung wurde bewusst getroffen. Alternativ könnten Interviews bzw. Gespräche wie in [7] eingesetzt werden. Beide Ansätze ermöglichen es den Herstellern die Ergebnisse zu beeinflussen, wobei wir davon ausgehen, dass Webseiten und Werbematerial zwar zur wirtschaftlichen Bewerbung der eigenen Produkte dienen und diese daher in realistischem (möglicherweise zu positivem) Licht darstellen, aber auch weniger Potential haben, die Gültigkeit einer derartigen Übersicht zu beeinflussen. Wir nehmen allerdings auch in Kauf, dass die verwendeten Materialien nicht für das Ziel einer Übersicht vorbereitet wurden und damit möglicherweise aus unserer Sicht unvollständig sind.
- Die verwendeten Plattform-Dokumente enthalten einen unterschiedlichen Grad an technischen Details. Einige Plattform-Dokument sind mehr aus Marketing-Perspektive geschrieben, andere hingegen beschreiben technische Anleitungen und Programmierschnittstellen. Dies kann zu einer Verzerrung der Darstellung der einzelnen Plattformen führen. Umgekehrt kann die Verwendung von Werbematerial zu einer anderen Verzerrung führen, da Hersteller ihre Arbeit tendenziell besser darstellen könnten, aber aus geschäftlichen Gründen natürlich auch versuchen, die jeweilige Plattform möglichst umfassend zu präsentieren. Dies wäre nur durch eine Analyse der tatsächlichen Plattformen zu umgehen, die oft aus Ressourcen, Lizenz- und Verfügbarkeitsgründen nicht möglich ist und auf ihre Weise ein Ergebnis verzerren könnte, da bei komplexen Plattformen sehr viel Detailwissen erforderlich ist, um die entsprechenden Funktionen zu finden und zu analysieren. Uns sind diese möglichen Verzerrungen bewusst und verweisen insbesondere in den Analysen auch auf die Nennung in den Materialien, nicht auf die tatsächlich realisierten Fähigkeiten der einzelnen Plattformen.

- Da die Dokumente nicht speziell auf diese Untersuchung vorbereitet wurden, ist die Struktur der Einzeldokumente teilweise sehr unterschiedlich. Damit ist es unter Umständen nicht einfach, die tatsächliche Funktionalität einer Plattform auf die gesuchten Analyse-Themen abzubilden, was zu einer Verzerrung der präsentierten Information führen kann. Daher sind wir möglichst allgemein an die Erfassung der Rohdaten herangegangen, d.h., auch wenn Information auf den ersten Blick zu einem Analyse-Thema passend erschienen, haben wir die Zuordnung während der Fortführung der Extraktion zu fortwährend überprüft und falls notwendig korrigiert. Daher sind wir überzeugt, dass wir durch diese agile Vorgehensweise im Regelfall eine geeignete Passung identifiziert haben.
- Es werden bei der Extraktion der Antworten zu den Analyse-Themen nicht alle zur Verfügung stehenden Materialien berücksichtigt. Wir kompensieren dieses Risiko durch die in Abschnitt 2.3 erläuterte Tiefensuch-Strategie, d.h., wir durchsuchen bewusst alle von den Hauptdokumenten erreichbaren Unterdokumente. Dennoch ist es denkbar, dass einzelne Dokumente nicht oder nicht korrekt verlinkt sind und sich durch eine Tiefensuche nicht finden lassen. Wir kompensieren dies durch eine zusätzliche Suche mit Google, die ggf. mehrere alternative Einstiegsdokumente identifiziert und berücksichtigt diese Dokumente in unserer Analyse.
- An einigen Stellen präsentieren Hersteller Entwicklungsvorhaben und Zukunftspläne, z.B., eine Integration von Methoden der Künstlichen Intelligenz. Es kann schwierig sein, diese Pläne von den tatsächlichen oder gerade in Entwicklung befindlichen Fähigkeiten zu trennen. In der Regel sind Zukunftsaussagen durch sprachliche Mittel und geringen Informationsinhalt gut identifizierbar und können daher bei der Zusammenstellung der Ergebnisse ausgenommen werden.

Die **interne Gültigkeit** (internal validity) stellt die Frage, ob das Ergebnis aufgrund kausaler Beziehungen mit den Ausprägungen und Faktoren entstanden ist.

- Die zur Extraktion und Analyse verwendete Information könnte für die einzelnen Autoren unterschiedlich gewesen sein, da die Hersteller während der Durchführung der Untersuchung ggf. die Dokumente oder Webseiten geändert haben. Aufgrund des Zeitraums von knapp zweieinhalb Monaten für die Datenextraktion gehen wir davon aus, dass in dieser Zeit keine wesentlichen Webseiteninformationen geändert wurden und damit alle Autoren mit den gleichen Informationen arbeiteten. Um dies dennoch sicher zu stellen, wurden die Webseiten lokal gespeichert und den Autoren einheitlich zur Verfügung gestellt.
- Unterschiedliche persönliche Ansichten auf die Daten können zu unterschiedlichen Entscheidungen bei der Rohdatenerfassung oder bei der Datenzuordnung führen und damit die Analyseergebnisse beeinflussen. Wir gehen davon aus, dass dies durch Kommunikation der Autoren untereinander vermieden wurde. Eine Überkreuz-Validierung zwischen den Autoren wie es in systematischen Literaturanalysen üblich ist wurde hier aus Aufwandsgründen allerdings nicht durchgeführt. Die Ergebnisse sind für insbesondere IIP-Ecosphere auch ohne eine derartige Validierung sehr hilfreich.
- Mehrsprachige Webseiten können unterschiedlichen Inhalt für verschiedene Sprachen präsentieren. Wir haben uns hier auf die voreingestellte Browsersprache („Deutsch“, bzw. Englisch als Ersatz) verlassen, die entsprechenden Webseiten gesichert und allen Autoren zur Verfügung gestellt sowie davon abgesehen, mehrsprachige Webseiten auf deren Konsistenz zu prüfen. Original-Texte und wörtliche Zitate wurden (wo vorhanden) der Sprach-Variante der Materialien übernommen, die der Sprache der jeweiligen (ggf. übersetzten) Version dieses Dokuments entsprechen.

Die **Schlussfolgerungs-Gültigkeit** (Conclusion Validity) hinterfragt, ob Schlussfolgerungen gültig sind und nicht nur auf Zufallsergebnissen beruhen. Die in dieser Untersuchung durchgeführten Schlussfolgerungen beziehen sich im Wesentlichen auf die zusammenfassenden Analysen in Kapitel 4. Grundlage sind die extrahierten Roh-Informationen, deren Gültigkeit wir bereits oben diskutiert haben. Die Ableitung von Schlussfolgerungen in Kapitel 4 basiert im Wesentlichen auf einer zusammenfassenden Kategorisierung der Rohdaten. Bei der Kategorisierung kann es durchaus passieren, dass falsche Kategorien gewählt werden oder durch unterschiedliche Terminologie in den Herstellermaterialien Plattformfähigkeiten den falschen Kategorien zugeordnet wurden. Um dies zu vermeiden, haben wir die Klassifizierung offen durchgeführt, d.h., die Klassifizierung inkrementell während der Analyse aufgebaut, neue Fähigkeiten stückweise hinzugenommen und bereits analysierte Plattformen auf die neuen Kategorien erneut analysiert. Unklare Begriffe haben wir entsprechend überprüft, bzw. im Zweifelsfall neue Kategorien eingefügt um unbeabsichtigte Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Die **externe Gültigkeit** (external validity) befasst sich mit der Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit der abgeleiteten Resultate. Um eine weitreichende Verallgemeinerung zu ermöglichen, wäre es erforderlich, möglichst viele Plattformen zu analysieren. Wie bereits bei der internen Gültigkeit diskutiert, ist eine Analyse aller IIoT-Plattformen aus verschiedenen Gründen unrealistisch. Um dennoch die externe Gültigkeit (im Projektkontext) zu stärken, haben wir sowohl die umsatzstärksten Plattformen als auch die für IIP-Ecosphere relevanten Plattformen analysiert. Aus Sicht von IIP-Ecosphere zeichnet diese Untersuchung daher ein relevantes und umfassendes Bild aktueller Plattformen und hilft dadurch die nächsten Realisierungsschritte im Sinne industrieller Relevanz zu argumentieren und zu untermauern.

6 Zusammenfassung

Konzepte und Arbeiten rund um das Internet-of-Things (IoT), Industrial Internet-of-Things (IIoT) bzw. Industrie 4.0 beflügeln die nächste industrielle Revolution, die letztlich zu einer umfassenden Digitalisierung der industriellen Produktion führen soll, um die Industrie besser für die Zukunft zu rüsten. Cloud-Kapazitäten, Edge-Computing, digitale Zwillinge und umfassende, automatisierte (Echtzeit-)Datenanalysen sind technische Mittel, die als Voraussetzung für diese Revolution gesehen werden. Dies führt zunächst zu äußerst komplexen Plattformen, die geeignet eingerichtet, gewartet und aus Flexibilitätsgründen auch zur Laufzeit sicher und konsistent rekonfiguriert werden müssen. Weitaus revolutionärer ist allerdings der Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz, die selbständig lernen, bisher verborgene Muster erkennen und auch mit unvorhergesehen Situationen umgehen können. Die zuvor genannten technischen Mittel bilden die systematische Grundlage um KI einzusetzen, benötigen aber auch Ansätze zur Sicherheit und zum Datenschutz, um die dadurch entstehenden technischen Anlagen von verschiedenster (auch rechtlicher Seite) aus abzusichern und schließlich auch Ansätze zur Erklärbarkeit von Entscheidungen, die Maschinen in diesem Umfeld dann selbsttätig treffen. Die technischen Plattformen, die die nächste industrielle Revolution ermöglichen, müssen geeignete, integrierte Fähigkeiten in all diesen Bereichen bereitstellen. Aber nicht nur in diesen Bereichen, sondern auch darüber hinaus, denn Kooperation, Kollaboration und sogar der Austausch von (Produktions-)Daten oder Rechenzeiten sind Fähigkeiten, die Firmen jetzt bereits andenken und in Zukunft benötigen werden.

IIP-Ecosphere möchte einen Innovationssprung im Bereich der industriellen Produktion auf Basis vernetzter, intelligenter, autonomer Systeme erreichen. Ziel ist es, ein neuartiges Ökosystem – die „Next Level Ecosphere for Intelligent Industrial Production“ – aufzubauen, die eine „nächste Ebene“ der intelligenten Industrieproduktion ermöglicht. Eine Kernaktivität ist es, eine integrative, virtuelle Plattform aufzubauen, die es ermöglicht, zukünftige Konzepte im Bereich der intelligenten Produktion zu erforschen und zu demonstrieren. Dafür ist es unerlässlich, den aktuellen Stand von Vorhaben, Standards und industriellen Plattformen zu kennen und in die Arbeiten in IIP-Ecosphere geeignet einzubeziehen.

Dieses Whitepaper präsentiert eine Analyse von 21 industriellen IIoT-Plattformen in Bezug auf 16 für IIP-Ecosphere relevante Themengebiete. Die Auswahl der Plattformen erfolgte kooperativ, sowohl in Bezug auf Marktdurchdringung als auch auf Relevanz für die Projektpartner. Damit sind überwiegend 63% europäische Hersteller vertreten, während die restlichen Plattformen von US-amerikanischen Firmen angeboten werden.

Wir fassen die vielzähligen Detailergebnisse hier nur schlaglichtartig zusammen:

- Die Plattformen sind überwiegend kommerziell und decken in der Regel ein großes Spektrum von Protokollen wie MQTT, MODBUS, OPC-UA oder AMQP ab. Die meisten Plattformen beschreiben ihre Fähigkeiten zur Integration von IIoT-Geräten, wobei sich die einzelnen Fähigkeiten durchaus in den Bereichen (automatisches) On- und Offboarding, Monitoring, Lebenszyklus-Management oder Software-Deployment unterscheiden. 38% der Plattformen sind inzwischen (teilweise) mit Container-Technologie realisiert, wobei oftmals Docker zum Einsatz kommt. Neben fast allgegenwärtigen REST-Schnittstellen setzen 38% der Plattformen inzwischen auch auf Microservices bzw. Microservice-basierte Architekturen.
- 57% der Plattformen bezeichnen sich als echtzeitfähig, insbesondere bezüglich Datensammlung und Datenanalyse. Ein Drittel der Plattformen setzt hierbei auf strombasierte Verfahren und ermöglicht Anpassungen der Datenanalysen, zwei Plattformen sogar bis ins unterliegende Datenmodell. 19% der Plattformen beschreiben Fähigkeiten zur Verarbeitung von Zeitreihendaten.

- Um die Skalierbarkeit der eingesetzten Verfahren zu ermöglichen, werden die gesammelten Daten oft direkt in einer Cloud abgelegt. 95% der Plattformen bieten eine Integration mit Cloud-Technologie, allerdings wird bei nur 19% Cloud-Technologie als optional beschrieben. 24% der Plattformen ermöglichen eine on-premise Installation, also eine Installation vor Ort, wobei nur bei einer Plattform Hinweise darauf gegeben werden, dass eine ausschließliche on-premise-Installation ohne Cloud-Anbindung vorgesehen ist.
- Eine zentrale Sammlung und Analyse von Produktionsdaten ist oftmals nicht ausreichend. Vorverarbeitung nahe an der Produktion bis hin zu komplexen Analysen, Mustererkennungen oder KI-Entscheidungen in Echtzeit werden immer wichtiger. Konsequenterweise setzen mehr als 85% der Plattformen auf Edge-Geräte, d.h., industrie- und produktionstaugliche miniaturisierte IT-Lösungen. Allerdings ist das Spektrum der Edge-Fähigkeiten der Plattformen groß: 67% der Plattformen unterstützen direkte Datenspeicherung auf den Edge-Geräten, 57% erlauben der Plattform auch die Edge-Geräte zu steuern, 48% ermöglichen Datenverarbeitung auf den Edge-Geräten, 38% benennen KI-Verfahren auf den Edge-Geräten und 29% erlauben die Ausführung kundeneigener Funktionen auf Edge-Geräten. Oft sind die Edge-Fähigkeiten auch direkt mit Cloud-Technologie, z.B., zur Speicherung oder Weiterverarbeitung gekoppelt.
- Für (virtuelle) Neu- und Weiterentwicklungen von Produktionsanlagen wird gerne das Konzept des digitalen Zwillings angeführt. 57% der Plattformen kennen dieses Konzept, wobei dieses in der Realisierung durchaus unterschiedlich ausgelegt wird. 33% der Plattformen unterstützen darüber hinaus sogenannte digitale Schatten, d.h., eine parallele Ausführung des digitalen Zwillings. 38% der Plattformen wenden Technologien an, um die zugehörigen Informationsmodelle zu beschreiben. Die dabei verwendeten Konzepte ähneln der Industrie 4.0 Verwaltungsschale [1, 24]. Allerdings sehen wir zurzeit weder Trends zur Anwendung gemeinsamer Referenzarchitekturen wie RAMI 4.0, zur integralen Verwendung von Verwaltungsschalen noch (analog zu [23]) zur Standardisierung digitaler Zwillinge.
- KI-Verfahren werden inzwischen als zentraler Bestandteil zukünftiger Industrie 4.0 Plattformen verstanden. Allerdings beschreiben bislang nur 33% der Plattformen ihre KI-Fähigkeiten, wobei die tatsächlich angebotenen Verfahren oft nicht genannt oder hinter zahlreichen Frameworks verborgen sind. 48% der Plattformen lassen hier Einstellungen oder kundeneigene KI-Realisierungen zu, während (nicht vollständig überlappend) 14% der Plattformen Bestrebungen zeigen, KI-Verfahren so anzubieten, dass Kunden diese einfach auswählen, parametrieren und kombinieren können. Einheitliche plattformübergreifende Schnittstellen sind im Bereich der KI-Verfahren allerdings bislang nicht festzustellen.
- Auch ohne KI sind Mechanismen zur Sicherheit und zum Datenschutz innerhalb von Industrie 4.0 Plattformen unerlässlich. Nahezu zwei Drittel der Plattformen benennen Funktionen zum Schutz der Integrität von Software und Informationen, 86% beschreiben geeignete Mechanismen um unbefugte Zugriffe auf Netzwerkdienste zu verhindern und nur zwei Plattformen benennen keine Mechanismen zum Schutz der Vertraulichkeit, Authentizität oder Integrität von Informationen durch kryptografische Mechanismen. Nur 28% der Plattformen bieten geeignete Mechanismen um die Verarbeitung von personenbezogenen Daten zu erkennen, während 48% ausgewählte Mechanismen hierfür umsetzen. 71% der Plattformen bieten Verfahren um die Speicherdauer von Daten zu begrenzen. Nur zwei Plattformen scheinen Datenschutz durch Technikgestaltung und datenschutzfreundliche Voreinstellungen zu verwirklichen.
- Oft sind Industrie 4.0 Plattformen komplex, sowohl in ihrer Installation als auch in ihrer Wartung und Anpassung. Systematische Verfahren zur Konfiguration können hier Abhilfe schaffen. Betrachtet man Anpassungs-Techniken, so scheinen 81% der Plattformen anpassbar (customizable) zu sein. Allerdings lässt sich daraus nicht schließen, ob dabei auch die

Konsistenz komplexer, interagierender Anpassungen berücksichtigt wird. Immerhin beschreibt eine Plattform Werkzeuge zum Testen von Konfigurationen.

- Viele der untersuchten Plattformen zeigen sich in der einen oder anderen Weise offen für Erweiterungen oder sogar für Kollaboration mit anderen Plattformen. 48% der Plattformen bieten einen Store für Erweiterungen an, wobei teilweise nur Partner-Firmen Lösungen einstellen dürfen. 81% bieten verschiedene Formen der Entwicklungsunterstützung. Bei 62% der Plattformen wird benannt, dass externe Komponenten verwendet werden können und bei 67% sind externe Daten möglich. Allerdings ist es nicht immer der Fall das Plattformen, die ein Ökosystem aufspannen, auch versuchen, ökosystem- bzw. plattformübergreifend zusammenzuarbeiten.

Insgesamt können wir feststellen, dass die Grundfunktionen bei den Meisten der untersuchten Plattformen hinreichend abgedeckt sind. Dies trifft insbesondere für die Unterstützung verschiedenartigster Kommunikationsprotokolle im Industrie 4.0 Umfeld oder aber für Cloud-Integrationen zu. Selbst neuere Trends wie Künstliche Intelligenz haben sich bereits in den Plattformrealisierungen niedergeschlagen. Allerdings ist hervorzuheben, dass sich neuere standard-basierte Protokollfamilien wie OPC-UA oder UMATI noch nicht wirklich durchgesetzt haben. Oft scheint zudem die Offenheit bzw. Erweiterbarkeit der Plattformen insbesondere bezüglich neuer Komponenten, KI-Verfahren oder Kollaboration zwischen Plattformen eingeschränkt zu sein, was durchaus aus den erhöhten Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen im Produktionsumfeld heraus erklärbar sein kann. Dennoch sehen wir verschiedene weiterreichende Herausforderungen, die insbesondere weitere Arbeiten in IIP-Ecosphere motivieren.

- Aufbau eines offenen, Open-Source-basierten Ökosystems, das existierende Plattforminstallationen integriert und für diese (je nach Bedürfnis) plattformübergreifende Zusatzdienste bereitstellt. Dabei offene Integration einer Vielzahl von Akteuren, die dieses Ökosystem tragen.
- Entwicklung einer offenen und erweiterbaren (Micro-)Service und container-basierten Plattformarchitektur unter Anwendung von RAMI 4.0 sowie von standardisierten Schnittstellen-Beschreibungen (z.B. Industrie 4.0 Verwaltungsschale). Dabei sollten kritische Nutzerentscheidungen (wie beispielsweise eine verpflichtende Cloud-Integration) nicht vom Plattformhersteller vorweggenommen, sondern als mögliche Varianten gesehen werden.
- Unterstützung von parametrisierbaren, erweiterbaren und flexibel kombinierbaren KI-Verfahren, die dynamisch (auch zur Laufzeit und automatisiert) in einer Fabrikanlage verteilt und eingesetzt werden können. Dabei müssen die speziellen Anforderungen von KI-Verfahren wie ressourcenintensives Training aber auch von Datenanalysten, die flexibel auf Daten zuzugreifen möchten, um geeignete KI-Lösungen zu entwickeln, berücksichtigt werden. Erforderlich sind hier vereinheitlichte bzw. standardisierte Schnittstellen, die eine plattformübergreifende Verwendung der Verfahren ermöglichen.
- Standardisierung der Beschreibung und Verwendung von Rechenressourcen (Edge, on-premise, Cloud), so dass unterschiedliche Plattformen Ressourcen in vereinheitlichter und plattformübergreifender Weise nutzen können.
- Sicherer und einheitlicher Datenaustausch zwischen Plattformkomponenten und Plattformen, auch unter Berücksichtigung von Szenarien zur gemeinsamen Datennutzung (Data Sharing), gemeinsamen Ressourcennutzung (Ressource Sharing) jenseits der Cloud und Kontrolle über die Verwendung von (externen) Daten (Data Usage Control).
- Systematische Konfigurierbarkeit, insbesondere für komplexe Plattformaspekte, wie Datenbereitstellung und Speicherung, Datenkonversion, KI-Nutzung, Komponenten- oder Container-Verteilung. Dies benötigt geeignete Mechanismen zur Konsistenzprüfung und Konsistenzsicherung aber auch zur Umsetzung konsistenter Konfigurationsentscheidungen,

sei es zur Installations- oder zur Laufzeit. Konsistente Entscheidungen sollen dabei zum restlosen Entfernen nicht benötigter Komponenten wie z.B. Cloud-Konnektoren führen, insbesondere auch um das Nutzervertrauen in die Plattform zu erhöhen und um latente Sicherheitsprobleme zu vermeiden.

7 Referenzen

- [1] Plattform Industrie 4.0, Die Verwaltungsschale im Detail, 2019, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/verwaltungsschale-im-detail-pr%C3%A4sentation.html>
- [2] Adari S., Falk S., Sampson C., Germany's evolving platform landscape, Accenture / Working Group on Digital Business Models in Industrie 4.0, 2019
- [3] Bitkom, Welche Hemmnisse sehen Sie beim Einsatz von Industrie-4.0-Anwendungen in Ihrem Unternehmen?, 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/830813/umfrage/hemmnisse-beimeinsatz-von-industrie-40-anwendungen-in-deutschland/>
- [4] BMWi, Wachstumspfade bei der Digitalisierung von Geschäftsmodellen in Industrieunternehmen, 2019, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Wachstumspfade-Digitalisierung-Gesch%C3%A4ftsmodelle.pdf>
- [5] M. Bremmer, IIoT-Plattformen – ein unreifer Nischenmarkt, Computerwoche, 2018, <https://www.computerwoche.de/a/iiot-plattformen-ein-unreifer-nischenmarkt,3545047>
- [6] DIN e.V., Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0, Version 3, 2018
- [7] T. Krause, O. Strauß, G. Scheffler, H. Kett, K. Lehmann, T. Renner, IT-Plattformen für das Internet der Dinge (IoT), Fraunhofer IAO, 2017, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-470532.html>
- [8] Gabriel P., Potenziale der künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland, Institut für Innovation und Technik, 2018, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/potenzialekuenstlichen-intelligenz-im-produzierenden-gewerbe-in-deutschland.pdf>
- [9] Gartner, Reviews for Industrial IoT Platforms Market, <https://www.gartner.com/reviews/market/industrial-iiot-platforms>
- [10] E. Günthör, Sieben Industrie 4.0-Plattformen, die Sie kennen sollten, 2019, <https://factorynet.at/a/sieben-industrie-40-plattformen-die-sie-kennen-sollten>
- [11] H. Hejazi, H. Rajab, T. Cinkler, L. Lengyel, Survey of Platforms for Massive IoT, IEEE Intl. Conference on Future IoT Technologies, 2018
- [12] B. Henne, 5 Dinge die Plattformen für die Implementierung einer IIoT-Architektur können müssen, <https://industrie.de/industrie-4-0/fuenf-dinge-die-plattformen-fuer-die-implementierung-einer-iiot-architektur-koennen-muessen/>
- [13] I-Scoop, IIoT platforms and ecosystems: Industrial IoT platform evaluation, <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-iiot-platform-ecosystem/>
- [14] ITOperations, IT/OT convergence, <https://searchitoperations.techtarget.com/definition/IT-OT-convergence>
- [15] W. Kritzinger, , M. Karner, G. Traar, J. Henjes, W. Sin, Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification" IFAC-PapersOnLine 51.11 (2018): 1016-1022.
- [16] K. Lichtblau, Plattformen – Infrastruktur der Digitalisierung, Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2019
- [17] K. Lichtblau, T. Schleiermacher, H. Goecke, P. Schützdeller, Digitalisierung der KMU in Deutschland - Konzeption und empirische Befunde, https://www.iwconsult.de/fileadmin/user_upload/projekte/2018/Digital_Atlas/Digitalisierung_von_KMU.pdf

- [18] P. P. Ray, A survey of IoT cloud platforms, Future Computing and Informatics Journal, 1, Seiten 35-46, 2016
- [19] Reference Architecture Model Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.html>
- [20] K. Schmid, H. Eichelberger, C. Kröher, Domain-Oriented Customization of Service Platforms: Combining Product Line Engineering and Service-Oriented Computing, Journal of Universal Computing, 19 (2), 2013
- [21] F. van der Linden, K. Schmid, E. Rommes, Software Product Lines in Action, Springer, 2007
- [22] B. Ullrich, F. Klarstetter, Anbieter von IIoT-Plattformen im Überblick, Cloudcomputing Insider, 2018, <https://www.cloudcomputing-insider.de/anbieter-von-iiot-plattformen-im-ueberblick-a-767711/>
- [23] VDI Statusreport, Simulation und digitaler Zwilling im Anlagenlebenszyklus – Standpunkte und Thesen, Februar 2020
- [24] ZVEI, Beispiele zur Verwaltungsschale der Industrie 4.0-Komponente – Basisteil, 2016, https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/November/Beispiele_zur_Verwaltungsschale_der_Industrie_4.0-Komponente_-_Basisteil/Beispiele-Verwaltungsschale-Industrie-40-Komponente-White-Paper-Final.pdf

Über die Autoren



Dr. Christian Severin Sauer ist Postdoktorand in der Arbeitsgruppe Software Systems Engineering am Institut für Informatik der Universität Hildesheim. Sein Forschungsinteresse konzentriert sich auf die Erhebung und Modellierung von Domänenwissen für erklärungs-fähige und kontextsensitive KI-Anwendungen. Er studierte an der Universität Hildesheim und promovierte in Computer Science an der University of West London. Während seiner Promotion untersuchte und entwickelte er Verfahren zur Wissenserhebung und Wissensmodellierung für erklärungs-fähige und kontextsensitive KI-Anwendungen.



Dr. Holger Eichelberger ist stellvertretender Leiter der Arbeitsgruppe Software Systems Engineering am Institut für Informatik der Universität Hildesheim. Er forscht auf den Gebieten Software-Produktlinien, modellbasiertes Engineering, Performanz-Monitoring und Performanz-Analysen. Insbesondere interessiert er sich für die Integrationen dieser Gebiete um dadurch adaptive Software-Systeme zu erstellen. In IIP-Ecosphere leitet er den Think Tank „Plattformen“ sowie den KI-Accelerator. Er studierte Informatik an der Universität Würzburg und promovierte dort über das automatische Layout von UML-Diagrammen.

Fotograf: Daniel Kunzfeld



Dr. Amir Shayan Ahmadian ist Postdoktorand an der Fakultät für Informatik der Universität Koblenz-Landau. Sein Forschungsinteresse konzentriert sich auf die Herausforderungen beim Entwurf und der Umsetzung sicherer und datenschutzfreundlicher Softwaresysteme sowie auf die aktuellen Entwicklungen in Industrie 4.0. Er studierte Informatik an der Universität Paderborn und promovierte in Informatik an der Universität Koblenz-Landau. Während seiner Promotion entwickelte er eine Methodik um das Prinzip des „Datenschutz durch Technikgestaltung“ zu operationalisieren.



Dr. Andreas Dewes hat an der Sorbonne Universität Paris und der französischen Kernenergiebehörde (CEA) im experimentellen Quantencomputing promoviert. Er hat mehrere Software-Unternehmen gegründet und ist Geschäftsführer der KIProtect GmbH, die moderne technische Software-Lösungen für Datenschutz und Datensicherheit entwickelt. Im Rahmen von IIP-Ecosphere entwickelt KIProtect GmbH gemeinsam mit den Konsortialprojektpartnern und assoziierten Unternehmen eine Lösung für die sichere und datenschutzkonforme Nutzung von Industrie- & IoT Daten.



Prof. Dr. Jan Jürjens leitet als Professor für Software-Engineering das Institut für Softwaretechnik an der Universität Koblenz-Landau und ist Director Research Projects am Fraunhofer Institut für Software- und Systemtechnologie ISST. Er studierte Mathematik an den Universitäten Bremen und Cambridge, promovierte in Informatik an der Universität Oxford, war als Postdoc an der TU München tätig, sowie Royal Society Industrial Fellow bei Microsoft Research (Cambridge) sowie non-stipendiary Research Fellow am Robinson College (Universität Cambridge) und wurde dort 2009 zum Senior Member ernannt, und vor seiner Tätigkeit in Koblenz zuletzt Professor an der TU Dortmund. Er ist Autor des Buches "Secure Systems Development with UML".