



# **Digitale Transformation mit SAP Leonardo in der Energiewirtschaft**

Bachelorarbeit

Erstprüfer: Prof. Dr. Hergen Pargmann  
Zweitprüfer: Prof. Dr. Harald Schallner

Vorgelegt von: Kübra Tokuc  
Scharnhorststraße 54  
26131 Oldeburg  
+49 1577 266 1219  
kuebra.tokuc@student.jade-hs.de

Abgabetermin: 20. Januar 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>Akronyme</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Quelltextverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Problemstellung . . . . .	2
1.3. Lösungsansatz . . . . .	2
1.4. Aufbau der Arbeit . . . . .	2
<b>2. Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1. Industrie 4.0 . . . . .	4
2.1.1. Definition . . . . .	4
2.1.2. Historischer Kontext . . . . .	5
2.1.3. Technologische Treiber . . . . .	7
2.1.4. Kommunikationssysteme . . . . .	10
2.2. Digitale Transformation mit Internet of Things . . . . .	11
2.2.1. Der Wandel im Energiesektor . . . . .	11
2.2.2. Allgemeine Anforderungen zur Umsetzung von Industrie 4.0 . . . . .	16
2.2.3. Referenzarchitektur . . . . .	17
2.2.4. Das neue Paradigma: Cloud Computing . . . . .	19
2.3. Toolset/Innovationsplattformen/Werkzeuge . . . . .	21
2.3.1. SAP Cloud Platform . . . . .	22
2.3.2. SAP Leonardo . . . . .	23
2.3.3. AWS Cloud . . . . .	23
2.3.4. Git . . . . .	24
<b>3. Umsetzungskonzept für die digitale Transformation</b>	<b>25</b>
3.1. Repräsentativer Anwendungsfall für die Energiewirtschaft . . . . .	25
3.1.1. Geschäftsprozess . . . . .	25
3.1.2. Anforderungen . . . . .	25
3.2. Systementwurf und -analyse . . . . .	27
3.2.1. Systemarchitektur . . . . .	27
3.2.2. REST API . . . . .	28
3.2.3. Edge-Processing . . . . .	28
3.2.4. Destinations . . . . .	28

---

3.2.5.	Message Processing . . . . .	28
3.2.6.	Sicherheit . . . . .	28
3.3.	Prototypische Implementierung des Anwendungsfalls . . . . .	29
3.3.1.	Anbindung der Sensoren an das Edge-Gerät . . . . .	29
3.3.2.	Geräteverwaltung . . . . .	29
3.3.3.	Einrichtung der Gateway-Edge . . . . .	29
3.3.4.	Senden der Daten an die Cloud . . . . .	29
3.3.5.	Erstellen des digitalen Zwillings . . . . .	29
3.3.6.	Visualisierung mit einer UI5-Applikation . . . . .	29
3.3.7.	Benachrichtigung mit AWS SNS-Server . . . . .	29
3.3.8.	Events generieren mit NodeJs . . . . .	29
<b>4.</b>	<b>Evaluation</b>	<b>30</b>
4.1.	Experteninterview . . . . .	30
4.2.	Technischer Benchmark . . . . .	30
<b>5.</b>	<b>Fazit</b>	<b>31</b>
	<b>Literatur</b>	<b>V</b>
<b>A.</b>	<b>Anhang 1</b>	<b>IX</b>
<b>B.</b>	<b>Anhang 2</b>	<b>IX</b>
<b>C.</b>	<b>Notizen, die ich später noch gebrauchen könnte</b>	<b>X</b>

## Akronyme

<b>IOT</b>	Internet of Things .....	1
<b>REST</b>	Representational State Transfer .....	10
<b>MQTT</b>	Message Queuing Telemetry Transport .....	10
<b>OPC UA</b>	Open Platform Communications Unified Architecture.....	18
<b>URI</b>	Unified Resource Identifier .....	11
<b>SOA</b>	service-orientierte Architektur .....	18
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol.....	10
<b>SAP IS-U</b>	SAP Industry Solutions for Utilities .....	1
<b>AWS</b>	Amazon Web Services .....	2
<b>SNS</b>	Simple Notification Service .....	2
<b>CPS</b>	Cyber-physische Systeme .....	5
<b>IPv4</b>	Internet Protocol Version 4 .....	7
<b>IPv6</b>	Internet Protocol Version 6 .....	7
<b>RFID</b>	radio-frequency identification .....	7
<b>IaaS</b>	Infrastructure as a service .....	19
<b>PaaS</b>	Platform as a service .....	19
<b>SaaS</b>	Software as a service .....	20
<b>AWS</b>	Amazon Web Services .....	2

## Abbildungsverzeichnis

1.	Die vier Stufen Industrieller Revolutionen . . . . .	6
2.	CPS in der Industrie 4.0 . . . . .	8
3.	Prognose zur Anzahl der vernetzten Geräte im Internet of TThings weltweit . . . . .	9
4.	Dimensionen der Digitalisierung . . . . .	13
5.	Die Cloud-Service-Modelle . . . . .	20
6.	Transformation vom Versorgungswerk zum digitalen Energiedienstleister . . . . .	22
7.	Digitale Welt als Katalysator für Utility 4.0 . . . . .	23
8.	Referenzarchitektur von SAP . . . . .	28
9.	Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 . . . . .	XI

## Tabellenverzeichnis

## Listings

# 1. Einleitung

Internet of Things (IOT)

## 1.1. Motivation

*„Wenn Technologien und Gesellschaft sich schneller ändern, als Unternehmen in der Lage sind sich anzupassen, dann kommt es ganz nach den Regeln der Evolution zum Austerben bestimmter Unternehmenstypen.“*

Roth (2016, S. 3, zitiert nach Land, K.-H. 2015)

Wie das obige Zitat andeutet, erweist sich die Fähigkeit zur Adaption an neue Technologien durch Digitalisierung als Schlüssel für den Unternehmenserfolg. Diese Fähigkeit ermöglicht Unternehmen, durch die erlangene Schnelligkeit, Flexibilität und Produktivität ihre Effizienz zu steigern (Roth, 2016).

4. Industrielle Revolution und das ihr zugeschriebene Potenzial beschreiben. Viele Branchen profitieren aber es gibt eine Branche, ohne die die Revolution zu einem nicht möglich wäre und die zum anderen auf sie angewiesen ist. Die Energiebranche ist aufgrund der steigenden Nachfrage, durch immens zunehmende Vernetzung und Digitalisierung, mehr als je zuvor auf intelligente und effiziente Prozesse angewiesen. Digitalisierung und Dezentralisierung in der Energiewirtschaft und so. In Energiewirtschaft wird außerdem SAP Industry Solutions for Utilities (SAP IS-U) ausschließlich benutzt. Es findet ein Sprung in das Zeitalter des „Utility 4.0“ statt (Doleski, 2017). Umstieg auf erneuerbare Energien durch Energiewende, Ausstieg aus Kernkraft mit 2022. Der Markt bringt intelligente Messsysteme für dezentrale Energieerzeugung wie die Smart Meter Technologie als Enabler für die Digitalisierung auf den Markt. Dennoch gibt es viele alte Technologien. Hier bisschen weitläufiger die Digitalisierung in Energiewirtschaft beschreiben mit Bezugnahme auf den Vertrieb, die Verfügbarkeit, Erfüllen von Kundenwünschen, digitale Multi-Channeling Plattformen

Der Bedarf an Rechenleistung nimmt weiter zu Viele Anwendungen von IKT sind in den vergangenen Jahren komplexer geworden und erfordern mehr Rechenleistung. Dieser Trend wird sich künftig im Zuge der weiteren Digitalisierung fortsetzen. Um

mehr Rechenleistung bereitzustellen und den Anstieg des Energie- und Ressourcenbedarfs der Rechenzentren zu begrenzen, muss deren Effizienz erheblich steigen.

- <https://www.bdew.de/energie/digitalisierung/was-bedeutet-der-trend-der-digitalisierung-fuer-die-energiwirtschaft/>

## 1.2. Problemstellung

Monitoring der Sensorwerte einer Windenergieanlage mit SAP-Technologien mit geschlossenem Kreis -> Sensorwerte lösen Aktion wie SMS aus

Da in der Energiewirtschaft langfristige und teure Investitionsgüter bestehen, können Sie nicht einfach durch neue digitalisierte Güter ersetzt werden. Umso mehr besteht die Herausforderung, alte Techniken mit neuen Technologien auf die Digitalisierung vorzubereiten. Wir haben zum Beispiel eine alte Windenergieanlage, die nicht mit den notwendigen Sensoren ausgestattet sind. Es soll trotzdem ermöglicht werden, Konditionen der Anlage und dessen Umgebung zu überwachen, um z.B. Wartungsmaßnahmen auszulösen.

## 1.3. Lösungsansatz

Da Energiebranche ausschließlich mit SAP Industry Solutions for Utilities (SAP IS-U) ihre Geschäftsprozesse verwaltet, liegt eine digitale Transformation mit SAP-Produkten nahe. Dazu wurde ein Raspberry Pi 3 mit entsprechender Sensorik für die Simulation einer Windenergieanlage ausgestattet. Die gemessenen Werte wurden an den Internet of Things Service der SAP Cloud Platform gesendet und anschließend einem digitalen Zwilling übergeben. Um den Zwilling mit entsprechenden Messwerten und Grenzüberschreitungen sichtbar zu machen, wurde eine SAP UI5-Anwendung entwickelt. Um aus den gemessenen Werten einen Mehrwert zu gewinnen, wurde ein Amazon Web Services (AWS) Simple Notification Service (SNS) angebunden, der bei Grenzüberschreitung bestimmter Messwerte eine SMS-Benachrichtigung versendet. All diese Maßnahmen werden prototypisch implementiert.

## 1.4. Aufbau der Arbeit

- Zunächst Industrie 4.0 und treibende Faktoren allgemein

- Was ist der Mehrwert von Kommunikationssystemen und welche Protokolle sind Grundlage für die Vernetzung?
- Welche Referenzarchitektur vereinheitlicht industrielle Standards und Anforderungen an die Systeme?
- Was ist Cloud Computing und welche Rolle spielen dessen Technologien für Industrie 4.0?
- Welche Toolsets sind für die Lösung vorhanden?
- Use Case: Für welchen Anwendungsfall in der Energiebranche wird ein Prototyp entwickelt?
- Was sind die Anforderungen an den Prototypen? Näherer Bezug auf Energiebranche.
- Welche Komponenten besitzt das entworfene System bzw. sind notwendig?
- Wie sieht die Implementierung im Detail aus?
- Evaluierung des Vorgehens
- Fazit



## 2. Grundlagen

### 2.1. Industrie 4.0

Dieses Kapitel soll die Relevanz der Thematik verdeutlichen, indem sie in einen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen sowie in einen technischen Kontext gebracht wird. Zunächst wird erläutert, was hinter dem Begriff *Industrie 4.0* steckt. Dem Ausdruck wird mehr Sinn verliehen, wenn die historische Entwicklung bekannt ist. Anschließend werden die treibenden Technologien kurz erläutert. Da die Vernetzung für Industrie 4.0 eine tragende Rolle spielt, werden zuletzt Theorien und Technologien zu Kommunikationssystemen aufgegriffen.

#### 2.1.1. Definition

Laut der Fraunhofer-Gesellschaft (2016) habe die *Industrie 4.0* einen revolutionären Einfluss auf die Wertschöpfung in der Industrie und somit auf die Volkswirtschaft. Dieser Marketingbegriff prägt heute die Agenda vieler Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Doch was genau hinter dem Begriff zu verstehen ist, bleibt aufgrund des Fehlens einer „wissenschaftlichen Präzision“ uneindeutig (Bendel, 2019b). Für die Gestaltung der digitalen Transformation entstand das Netzwerk *Plattform Industrie 4.0* zwischen der Bundesregierung, Forschungseinrichtungen und Wirtschaft. Dieses hat zum Ziel, die Produktion mittels modernster Informations- und Kommunikationstechnologien entlang der Wertschöpfungskette „flexibler, individueller und effizienter“ gestalten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019). In der Umsetzungsstrategie der Bitkom e.V (2015, S. 8) wird der Begriff wie folgt definiert:

*„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.“*

Darüber, auf welcher Basis die digitale Transformation in der Industrie stattfinden wird, scheinen sich jedoch alle einig: durch die *intelligente Vernetzung aller*

am Produktlebenszyklus beteiligten Menschen, Objekte und Systeme (Roth, 2016). Das Wesentliche der Vernetzung bilden dezentrale Cyber-physische Systeme (CPS) (Bendel, 2019a). Die tatsächliche Wertschöpfung ergibt sich aus den in Echtzeit verfügbaren quantitativen Informationen, aus welchen man durch Analysen qualitative Erkenntnisse schließen und optimierte Aktionen auslösen kann (Hänisch, 2017). Nach Sendler (2016) gibt es für den Erfolg von *Industrie 4.0* entscheidende Faktoren: Mittlerweile sind digitale Komponenten wie Sensoren, Aktoren oder Kameras so günstig und klein, dass sie in allen möglichen Bereichen eingebaut werden und Umgebungsdaten messen und aufnehmen können. Dank dem Internetprotokoll IPv6 und dem dadurch verfügbaren Adressraum können diese Komponenten ihren Platz im Internet finden. Dass die Informatik sich damit zur wichtigsten Ingenieursdisziplin entwickle, sei unterlässlich, da sie für die Vernetzung der Welt gebraucht werde.

### 2.1.2. Historischer Kontext

Um den aktuellen Stellenwert von Industrie 4.0 zu beschreiben, wird oft von der vierten industriellen *Revolution* gesprochen. Revolutioniert wurde die Industrie erstmalig im 18. Jahrhundert mit der Erfindung der Dampfmaschine durch Thomas Newcomon und James Watt - die **erste industrielle Revolution** (Roth, 2016). Mit Errungenschaften wie dem dampfgetriebenen Webstuhl ging eine **Mechanisierung** der Produktion einher. Schon damals förderte eine Erfindung, die Lokomotive, eine Vernetzung, die einen regen Warenaustausch ermöglichte (Barthelmäs et al., 2017).

Durch die **Elektrifizierung** in der Industrie und der Zerlegung von Produktionsschritten in einzelne Einheiten konnten ab 1870 die Waren auf Fließ- und Förderbändern in Massen produziert werden. Angestoßen wurde die **zweite industrielle Revolution** von Erfindungen wie der Verbrennungskraftmaschine und dem Elektromotor sowie der Herstellung von Syntheseprodukten. Neben fossilen Energieträgern wie Kohle und Öl kam auch die Kernkraft hinzu (Barthelmäs et al., 2017).

Die **dritte industrielle Revolution** ab den 1970er Jahren, in der wir uns noch heute befinden, brachte die **Automatisierung** der Produktion durch die **Digitalisierung** (Voigt, 2018). Getrieben wurde die Revolution durch das Wirtschaftswunder der 1960er Jahre (Roth, 2016) und ermöglicht durch den Ausbau von Informations- und Kommunikationstechnologien. Entscheidende Technologien waren vielfältig. 1941

entwickelte der Bauingenieur Konrad Zuse den ersten programmgesteuerten und vollautomatischen Computer und setzte den Grundstein für eine rasante Entwicklung der nachfolgenden Technologien. Mit der Verbreitung von Mikroprozessoren, der Miniatisierung der Elektronik sowie der nach dem Mooreschen Gesetz vorausgesagten Zunahme der Prozessorstärke nahm die Welt ein neues Tempo an (Sendler, 2016). Einen nicht unwesentlichen Beitrag leistet die Raumfahrttechnik, ohne deren Satellitentechnik eine globale Kommunikation nicht möglich wäre. Da der energieintensive Einsatz dieser Technologien ein Bewusstsein über die Endlichkeit der fossilen Ressourcen schuf, kamen auch erneuerbare Energien hinzu (Barthelmäs et al., 2017).

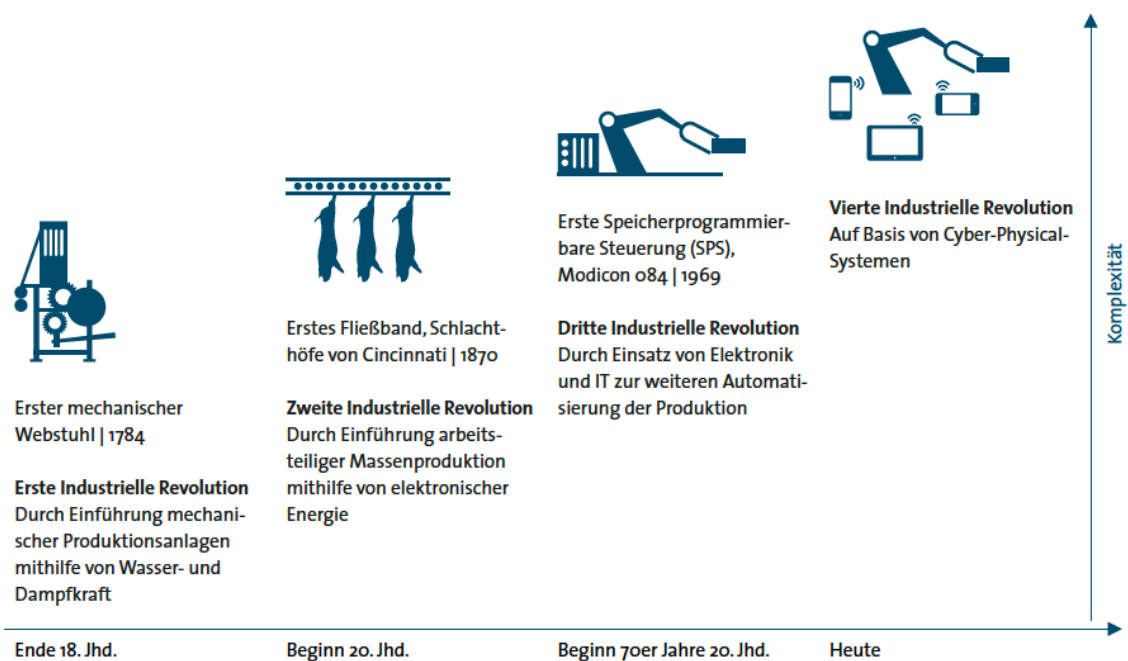


Abbildung 1: Die vier Stufen Industrieller Revolutionen (Bauer et al., 2014, S. 9)

Die Industrie 4.0 tatsächlich als **vierte Industrielle Revolution** zu bezeichnen wird kritisiert, da sie u.a. keine neuen technologischen Innovationen hervorbringe, sondern sich lediglich an den Technologien der dritten Revolution bediene (Barthelmäs et al., 2017). Auch wenn die Technologien nicht unbedingt als revolutionär zu bezeichnen sind, durchlaufen sie eine Evolution und stoßen einen Wandel durch Industrie 4.0 an (Roth, 2016). Es entstehen eine Vielzahl neuer Geschäftsmodelle und Produktionsprozesse, die zu Effizienzsteigerungen führen (Bitkom e.V., 2015).

### 2.1.3. Technologische Treiber

Industrie 4.0 zeichnet sich durch das Zusammenwachsen der realen und physischen Welt zu mit Sensorik und Aktorik ausgestatteten Objekten aus, die per Internet miteinander verbunden sind (Bitkom e.V., 2015). Dieses Phänomen ist geprägt von Trendtechnologien wie *Big Data*, *Internet of Things*, *Blockchain*, *Cloud Computing* und *Machine Learning*, die in kombinierter Nutzung einen Mehrwert erzeugen.

**Cyber-physische Systeme (CPS)** sind physische Objekte mit einem Datenobjekt als virtuelle Präsenz im Netz und bilden die Grundlage von Industrie 4.0 (Drath, 2016). Das Hauptmerkmal eines CPS ist das mit dem Internet verbundene *eingebettete System*, welches über Sensoren Daten aus der Umwelt aufnimmt, über Aktoren wieder mit ihr interagiert und sich somit an sie anpasst. Diese Fähigkeit, die Informationen zu verarbeiten und zu versenden, wird dem CPS durch *Ubiquitous Computing* verliehen. Entscheidend für die implizite und allgegenwärtige Nutzung von IT ist neben der Ausstattung mit Sensoren und Aktoren die Verfügbarkeit von Kommunikationsmodulen und Rechenleistung (Roth, 2016). Somit wird den Systemen die Fähigkeit verliehen, sich untereinander *dezentral und autonom* zu vernetzen (Bauernhansl, 2014). Zudem besitzen CPS die Eigenschaft, auch mit Menschen zu interagieren: zum einen über direkte Kommunikation wie Monitoring und Befehle und zum anderen, um komplexe Aufgaben gemeinsam zu lösen (Lüth, 2016).

**Das Internet of Things (IoT)** ist das Verbindungsstück zwischen dem Internet und dem Objekt des *Ubiquitous Computing* (Roth, 2016). Das Gerät bzw. das *Thing* ist in der Lage dazu, selbstständig den eigenen Zustand zu erfassen und zu kommunizieren (Kenn, 2016). Dafür muss das Gerät allerdings eindeutig mit z.B. IP-Adressen oder radio-frequency identification (RFID) identifizierbar sein. Während das Internet Protocol Version 4 (IPv4) mit seinen rund 4,3 Milliarden Adressen noch nicht einmal die in 2016 verbundenen 6 Milliarden Geräte (siehe Abbildung 3) platzieren kann, schafft das Internet Protocol Version 6 (IPv6) mit 340 Sextillionen ( $2^{128}$ ) Adressen genügend Platz für 20 Milliarden prognostizierte Geräte in 2020. Das Entscheidende für das *Internet der Dinge* ist, dass die Daten nicht lokal auf dem Gerät gespeichert werden, sondern über das Dienste im Internet bestimmten Personen oder Parteien zur Verfügung gestellt werden: **das Internet der Dinge und Dienste**



Abbildung 2: CPS in der Industrie 4.0 (Roth, 2016, S. 30)

(Hänisch, 2017). Einen Mehrwert bilden die Daten durch die zentrale Aggregation und Analyse, auf deren Grundlage Entscheidungen getroffen werden können. Diese Eigenschaften lassen sich in der für IOT-Projekte typische Grundarchitektur wiederfinden: *Datentransport, Datenhaltung und Analyse* (Kenn, 2016). Der Kreis schließt sich durch die Weitergabe der verarbeiteten Daten als Steuerungsdaten an die Maschine, sodass sich der Fokus von einer Mensch-Maschinen-Interaktion auf eine Maschine-zu-Maschine-Interaktion verschiebt (s. Abbildung 2).

**Cloud Computing** stellt die IT-Infrastruktur, die ein Industrie 4.0-fähiges CPS benötigt. Der *Datentransport* vom Gerät hat oftmals eine Cloud-Plattform als Ziel, auf der die *Datenhaltung* stattfindet (Elsner et al., 2018). Die in die Cloud ausgelagerten Dienste wie Big Data oder Analytics ermöglichen *Analysen* durch Aggregationen und Auswertungen (Roth, 2016). Der Nutzen der Cloud steigert sich durch das Kombinieren der Angebote der Cloud-Dienstleister wie Amazon, SAP oder Microsoft (Hänisch, 2017). Diese Anbieter stellen weltweit Rechenzentren, auf denen für Industrie 4.0 ausschlaggebende Services bereitgestellt werden:



Abbildung 3: Prognose zur Anzahl der vernetzten Geräte im IOT weltweit (Gartner, 2017)

**Big-Data-Technologien** dienen der Verarbeitung der massiven gesammelten Datenmengen und ermöglichen damit die Nutzung, Verwertung, Vermarktung und vor allem Analyse der digitalen Daten (Radtke und Litzel, 2019). Die Datenmengen können z.B. aus Maschine-zu-Maschine Interaktionen, Transaktionen, Verbraucherdaten oder sozialen Medien stammen (Elsner et al., 2018). **Wird oft für predictive Maintenance genutzt.**

**Machine Learning** beruht sich ähnlich wie Big Data auf die *Extraktion von Wissen aus Daten* und ermöglicht dem Computer die selbstständige Ausführung bestimmter Aufgaben, ohne dass sie explizit programmiert werden müssen (Hänisch, 2017). Mittels Algorithmen können die Programme aus den Daten lernen und Muster erkennen, aus denen sie Schlussfolgerungen ziehen können (Elsner et al., 2018). Somit könne Aussagen über das wahrscheinlich zukünftige Verhalten des Systems

getroffen werden (*Predictive Analytics*), aus denen in Zukunft auch Handlungsoptionen vorgeschlagen werden sollen (*Prescriptive Analytics*) (Hübschle, 2017).

**Blockchain** ist die Technologie, auf der die erste Kryptowährung Bitcoin basiert. Die Haupteigenschaften der digitalen Währung sind die Dezentralität sowie die Unveränderbarkeit und Transparenz der Transaktionshistorie. Auf Grundlage dieser Eigenschaften eines Peer-to-Peer-Systems entwickeln sich neue Geschäftsmodellmuster in verschiedensten Branchen wie Finanzen, Logistik und Transport, aber auch neue Sicherheitskonzepte (Elsner et al., 2018).

- in diesem Kapitel sieht man die Evolution besonders gut

#### 2.1.4. Kommunikationssysteme

Die Vernetzung ist der Schlüssel zur Dezentralität und Autonomie der CPS - und somit zum Erfolg - in der Industrie 4.0 (Bauernhansl, 2014). 1980 stellte der Erfinder des Ethernets Robert Metcalfe eine Theorie zum Nutzen eines Netzwerks auf, die mit dem sog. *Netzwerkeffekt* in vielen wissenschaftlichen Disziplinen Anwendungen findet (Lea, 2018). Bauernhansl (2014, S. 18) beschreibt das Konzept, „[...] dass der Nutzen eines Kommunikationssystems mit dem Quadrat der Anzahl seiner Teilnehmer wächst.“ Angewandt auf das Internet of Things (IOT) stellen die Sensoren und Edge-Geräte die Nutzer dar und steigern den Wert der CPS, welche die Kommunikationssysteme bilden (Lea, 2018). Dem rasanten Anstieg der miteinander vernetzten Geräte (s. Abbildung 3) liegt außerdem das nach wie vor geltende Moore'sche Gesetz zugrunde (Barthelmäs et al., 2017). Demnach verdoppelt sich die Rechner- bzw. Chipleistung alle zwei Monate bei gleichbleibenden Preisen. Folglich können Technologien, die aktuelle noch zu hohe Preise aufweisen, in Zukunft günstiger betrieben werden (Bauernhansl, 2014). Dieser Zusammenhang fördert die Fähigkeiten zur autonomen und intelligenten Vernetzung der dezentralen Systeme und führt zur Effizienzsteigerung (Barthelmäs et al., 2017).

Flexibilität in der Vernetzung bieten standardisierte und simple Protokolle wie Representational State Transfer (REST) und Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) zum Datenaustausch im Internet (Hänisch, 2017).

**REST** ist ein Architekturstil, der auf dem Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

basiert und zum Lesen, Erstellen und Bearbeiten von Ressourcen dient. Der Ansatz ist, einheitliche Anfragen an die Ressourcen-Schnittstellen per Unified Resource Identifier (URI) zu adressieren und HTTP-kodiert zu versenden (Sendler, 2016).

**MQTT** ist ein offenes Kommunikationsprotokoll, welches zur Übertragung von Telemetriedaten zwischen Maschinen bei niedriger Bandbreite geeignet ist und basiert auf dem Publisher-Subscriber-Prinzip (Lea, 2018).

- OPCUA

## 2.2. Digitale Transformation mit Internet of Things

Eine Umsetzung von Industrie-4.0-Lösungen setzt technische, organisatorische und normative Bedingungen voraus. Während einige Anforderungen für alle Bereiche in der Industrie gelten, unterscheiden sich explizite Anforderungen und Lösungen je nach individuellen Ausgangssituationen von Branchen und Unternehmen (Bauer et al., 2014). Dementsprechend werden im Folgenden zunächst allgemeine Anforderungen zur Umsetzung einer Lösung für die digitale Transformation näher beschrieben. Einen wesentlichen Stellenwert für die digitale Transformation hat das Cloud Computing als technische Voraussetzung, sodass es einer detaillierteren Erläuterung als in 2.1.3 bedarf. Als Grundlage für die anwendungsfallbasierte Anforderungsanalyse in 3.1 wird zuletzt ein Branchenbezug für die Energiewirtschaft hergestellt.

### 2.2.1. Der Wandel im Energiesektor

Der Wandel in der gesamten Industrielandschaft von der Mechanisierung und Automatisierung zur Digitalisierung betrifft auf ähnliche Weise auch den Energiesektor. Es gibt in Deutschland kaum eine Branche, die sich innerhalb von zwanzig Jahren so rasant geändert hat wie die Energiewirtschaft (Doleski, 2016a). Treiber dieser schnellen Entwicklungen sind in erster Linie politisch-regulatorische Faktoren, welche für darauffolgende Anforderungen die Parameter darstellen.

Bis 1998 unterlag die Energieproduktion in Deutschland monopolistischen Strukturen. Einige wenige Versorgungsunternehmen produzierten in zentralen Werken wie Kernkraftanlagen oder Kohlekraftwerke und schleusten die gewonnene Energie in die Netze ein (Utecht und Zierau, 2018). Die Konsumenten hatten bei der Auswahl



ihres Energielieferanten kaum Entscheidungsfreiheit. Mit der Liberalisierung und Privatisierung der Strommärkte öffnete sich jedoch der Binnenmarkt für den Wettbewerb (Doleski, 2017). Vor allem durch das *Unbundling*, also der Trennung von Erzeugung und Vertrieb, betraten mehrere Dienstleister für unterstützende Tätigkeiten den Markt. Auch in der Produktion stieg wegen des Wegfalls von Gebietsmonopolen der Trend von zentralen Produktionswerken zu lokalen Erzeugern in der Nähe des Verbrauchers an (Utecht und Zierau, 2018). Grundlegende Veränderungen und Innovationen kamen mit dem Ausbau von erneuerbaren Energiequellen. Nach der Nuklearkatastrophe 2011 in Fukushima wurde im Rahmen der Energiewende das Erneuerbare-Energien-Gesetz zur systematischen Förderung von regenerativen Energiequellen verabschiedet (Doleski, 2016a). Der geplante Ausstieg aus Atomkraft und Kohle zwang die Branchen, sich strukturell in der Wertschöpfungskette zu verändern. Die Herausforderung bestand vor allem darin, innerhalb der strengen gesetzlichen Regularien und eines angespannten Finanzrahmens neue Geschäftsfelder zu erschließen (Doleski, 2016a). So veränderte sich der Produktionstrend von zentraler Erzeugung zu dezentraler Erzeugung mit z.B. Windkraft und Solarenergie. Die neuen Produktionsmechanismen bedeuten technisch gesehen einen enormen Anstieg der Steuerungskomplexität und eine Belastung der Netzinfrastruktur. Während die Produktion nun vielmehr von schwankenden Umweltbedingungen abhängig ist, bleiben die Anforderungen im Verbrauch wie die ständige Verfügbarkeit oder die 50-Hz-Netzfrequenz unverändert (Utecht und Zierau, 2018).

Es sind zwar politisch-regulatorische und ökologische Faktoren, die Umwälzungen in der Energiewirtschaft erzwingen, aber die dezentrale und fluktuierende Energieerzeugung erfordert digitale Lösungen (Doleski, 2017). Der Digitalisierung wird eine Schlüsselrolle bei der Lösungsfindung für Dezentralisierung, Flexibilisierung sowie für die effiziente Nutzung von Ressourcen und Energie zugewiesen (Fraunhofer ISE, 2019). **hier weiter mit fraunhofer txt!** Die Digitalisierung führt zu einer Konvergenz zwischen energiewirtschaftlicher Leistungserstellung und der Informations- und Kommunikationsindustrie (Doleski, 2016a). Schlüsselrolle bei Lösungsfindung für Dezentralisierung und Flexibilisierung sowie für die effiziente Nutzung von Energie und Ressourcen (Fraunhofer ISE, 2019) Es ändern sich Geschäftsmodelle im Vertrieb -> Erzeuger und Dienstleister Prädiktive Instandhaltung Datenschutz und

### Sicherheit

Die rasanten Entwicklungen in den letzten 20 Jahren zeigen, wie schnell sich die Branche verändern kann. Um in Zukunft auf dem Markt zu überleben, müssen sich Energieproduzenten und Dienstleister in einem ständigen Anpassungsprozess befinden.

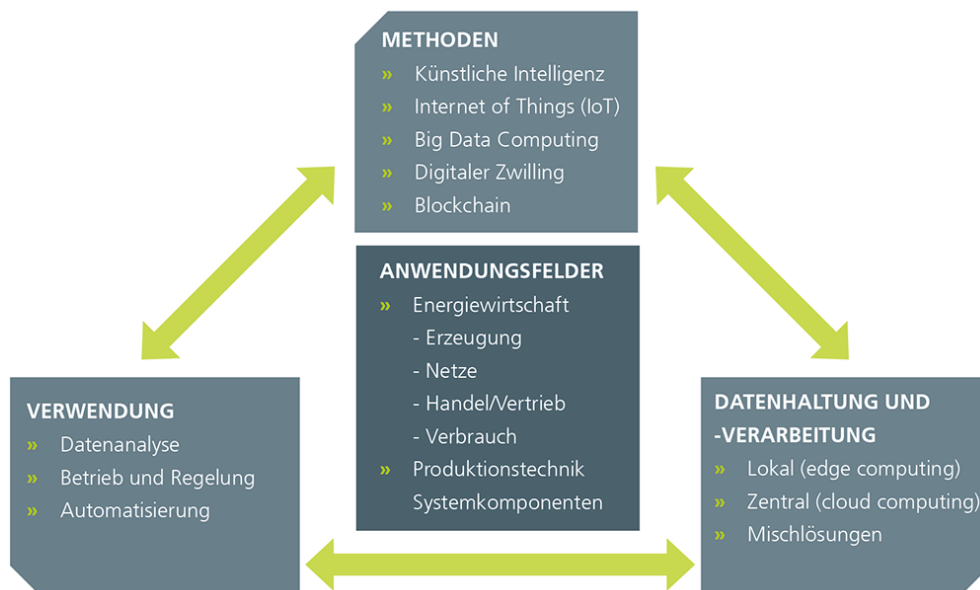


Abbildung 4: Dimensionen der Digitalisierung (Fraunhofer ISE, 2019)

- Einleitung ins Thema: rasanter Fortschritt in IT-Industrie, regulatorische Anforderungen inkl. Datenschutz und Sicherheit, Kostenoptimierung innerhalb Unternehmensbereich, Erschließen neuer Geschäftsfelder aber angespannter Finanzrahmen
- Prozesse auf Einsparung hin durchleuchten
- Anfang: Wandel im Energiesektor -> Aufgrund der Historie sich ändernde Rahmenbedingungen, die heute noch Einwirkungen haben
- politische und strukturelle Entwicklungen sind Parameter für darauffolgende Anforderungen

- Rahmenbedingungen für Veränderungen in der Energiewirtschaft (Utility 4.0 essentials s. 5): politisch-regulatorische Umwelt, ökonomische und energiewirtschaftliche Umwelt, gesellschaftliche Umwelt, technologische Umwelt, ökologische Umwelt,
- politisch-regulatorisch auch angetrieben von ökologischen Zielen: In knapp 20 Jahren hat sich kein Sektor so radikal verändert wie der Energiesektor- Ende der 90er Jahre hat die Liberalisierung der Energiebranche die monopolistischen Strukturen der Versorgungsunternehmen vertrieben. 2000 schon wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz verabschiedet uir systematischen Förderung regenerativer Energiequellen -> Energiewende(nach Fukushima 2011) zwang dann die Branchen sich strukturell in der Wertschöpfungskette zu verändern. Auch in Zukukunft wird die Branche sich rasant ändern! UND ANPASSUNGS-FÄHIGKEIT IST A und O in DIGITALER QWELT
- von zentraler Erzeugung zu dezentraler Erzeugung und Verteilung
- ökonomische Faktoren: von monopolistisch in liberalisierten Energiemarkt -> Wettbewerbsförderung daraus resultierende Innovationen schaffen neue Marktmechanismen. Durch Einsatz von IT verschwimmen Grenzen zwischen energiewirtschaftlicher Leistungserstellung und der Informations- und Kommunikationsindustrie -> *KOnvergenz* unter Branchen, dezentrale Geschäftsmodelle und hoher Investitionsbedarf im Zuge der rechtlichen Regularien
- Energiewirtschaftlich: nach Energiewende viele lokale kleine Erzeugungsanlagen. Die dezentralen Einspeisungs und Versorgungsanlagen erfordern bessere Koordination der zu beherrschenden Datenmengen. -> Anstieg Steuerungskomplexität und Belastung der Netzinfrastruktur. Produktion ist schwankend bei dezentraler Erzeugung, dennoch muss die 50Hz-Frequenz im Gleichgewicht gehalten werden. Die Erzeugung muss digital überwacht werden, Paradigmenwechsel von verbrauchsorientierter Erzeugung hin zu erzeugungsorientierten Verbrauch
- gesellschaftlich: Stromanbieterwechsel ist sehr einfach geworden durch erhöhtes Angebot, daher müssen Anbieter sich stärker an Kundenwünschen orientieren.

Kunden werden zum aktiven Teil der Wertschöpfung

- technologische Faktoren und Treiber beeinflussen Entwicklung in Energiewirtschaft nachhaltig. Innovationsdruck. Stabile Steuerung dezentraler Stromerzeugung und Aufbau großvolumiger, virtueller Erzeugungsstrukturen

Hier könnte man Bezug auf Energiesektor (kurz) nehmen und einführen, mit welchen Anforderungen und Technologien generell so ein Wandel/Transformation stattfinden kann.

- Disruption bestehender Geschäftsmodelle, vom Produzenten zum Dienstleister (Doleski, 2017)
- dezentrale und fluktuierende Energieerzeugung erfordert digitale Lösungen
- wichtige Rolle kommunaler Unternehmen als Bereitsteller von Infrastrukturen wie Strom, Gas, Wärme, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft, Stadtreinigung, Breitband (Doleski, 2017)
- Beitrag zu funktionierendem Gemeinwesen, sozialer Teilhabe und Versorgungssicherheit -> Partner erster Wahl beim Gelingen der digitalen Transformation
- Wichtig für Gelingen: Erfahrungsaustausch, Kooperationen, richtige politische Rahmenbedingungen -> Katherine Reiche
- auf Unternehmensseite: Aufbau und Umsetzung einer unternehmensspezifischen Digitalisierungsstrategie: RAMI 4.0 als Referenz möglich
- Drei Revolutionen in der Energiewirtschaft (Doleski, 2017)
  1. Ab 1998: Liberalisierung und Privatisierung der Strommärkte fördert Wettbewerb, stellt aber eine Herausforderung Digitalisierungsstrategie
  2. Ab 2011: Energiewende und Ausstieg aus Kernenergie fördert neue Technologien für erneuerbare Energien, aber die Berechenbarkeit der Kapazitäten verändert sich
  3. Digitalisierung: Potenzial für neue Revolution, Strom kann zwar nicht digitalisiert werden, aber die Vertriebsmodelle

- Datenschutz und Sicherheit gewinnen an Bedeutung
- Trend: Energieversorgungsunternehmen wandeln sich Richtung Dienstleistungsunternehmen
- „Mit der Zunahme dezentraler Einspeisungs- und Eigenversorgungsanlagen innerhalb der bestehenden Strom- und Gasnetze steigen synchron auch die Koordinationsanforderungen und die zu beherrschenden Datenmengen “ (Doleski, 2016b, S. 7)
- „Bedarf einer branchenweiten Veränderung - einer Transformation - in allen Sektoren und Phasen entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfung“ (Doleski, 2016b, S. 11)
- Utility 4.0: Digitale Enegergiedienstleistungsunternehmen
- Während nach Dampfmaschine, Massenproduktion und Automation nunmehr die Digitalisierung die vierte industrielle Revolution einläutet, unterliegt die Energiewirtschaft ähnlichen Entwicklungsprozessen.

### 2.2.2. Allgemeine Anforderungen zur Umsetzung von Industrie 4.0

Im Rahmen der Industrie 4.0, die eine Spezialisierung des Internet der Dinge und Dienste darstellt, wachsen die virtuelle und reale Welt zusammen. Daraus ergibt sich die Herausforderung, die Anforderungen der IT, der Elektrotechnik sowie des Maschinenbaus miteinander zu vereinen (Hübner, 2017).

Aufgrund der heterogenen Landschaften und Ausgangssituationen der Unternehmen sei eine Standardisierung der Technologien laut Bauer et al. (2014) unerlässlich. Des weiteren ist die Weiterentwicklung von Breitbandnetzwerken für eine echtzeitfähige Kommunikation von Systemen eine Grundvoraussetzung. Notwendig sind außerdem qualitätsgesicherte Dienste im Internet, die robust gegen Störungen sind. Der Begriff *Internet der Dinge und Dienste* bezieht auf vernetzte Komponenten wie physische Systeme, aber auch auf virtuelle Anwendungen. Da sich die Anzahl und die Beschaffenheit der Applikationen ebenso rasant ändern kann wie die der Geräte, sind eine standardisierte Laufzeitumgebung und Kommunikation für diese von großer Bedeutung. Nicht zu vernachlässigen sind dabei die Sicherheitsaspekte. Die

IOT-Anwendungen bilden eine große Angriffsfläche für Hacker, die durch Sabotage und Manipulation der Systeme eine große Gefahr darstellen. Ein historisches Beispiel für solch eine Gefahr sind die Stuxnet-Angriffe von 2010 auf iranische Atomfabriken (Bauer et al., 2014).

Allgemein können die Anforderungen und Voraussetzungen für eine IOT-Lösung auf folgende Begriffe projiziert werden (Acharya et al., 2019):

- Skalierbarkeit und Flexibilität
- Schnelligkeit
- (Ausfall-)Sicherheit
- Qualität

### 2.2.3. Referenzarchitektur

Für die Bewältigung der oben aufgeführten Herausforderungen veröffentlichte die Plattform Industrie 4.0 das „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0“ (RAMI 4.0) sowie das Konzept zur „Industrie-4.0-Komponente“. Beide Modelle wurden 2016 nach DIN SPEC 91345 der Standardisierung zugeführt (Beuth publishing DIN, 2016).

**RAMI 4.0** ist ein branchenübergreifendes Rahmenwerk, in dem Aufgaben und Abläufe der gesamten Wertschöpfung in überschaubare Teile zerlegt und entsprechenden Normen und Standards zugeordnet werden. Das dreidimensionale Modell ist in Anlehnung auf das Smart Grid Modell erstellt und kapselt die wichtigsten Funktionalitäten aus den verschiedenen Disziplinen in Schichten. Dies schafft Flexibilität für die Konzeptionisierung und Realisierung von Industrie-4.0-Lösungen (Hübner, 2017).

Für die Migration von Produktionsgegenständen von der heutigen in die Industrie-4.0-Welt soll der gesamte Produktlebenszyklus in Daten erfasst und IT-seitig einheitlich und durchgängig abgebildet werden. Die senkrechte Achse behandelt die IT-Sicht, die die vertikale Integration der Assets in die Geschäftslogik und deren echtzeitfähige Vernetzung im Produktionsprozess beschreibt. Zu den Assets werden sowohl alle in der Anlage verbauten physischen Komponenten als auch andere

Vermögensgegenstände wie Software oder Patente, aber auch Menschen, gezählt (Adolphs, 2017). Mit der Ergänzung des Assets um eine *Verwaltungsschale* entsteht die *Industrie-4.0-Komponente*. Die Verwaltungsschale ist das Bindeglied zwischen der realen und der virtuellen Welt. Mit dessen Hilfe wird ein virtuelles Abbild des Assets samt der dazugehörigen Funktionen und Daten erzeugt. Die IT-technische Beschreibung ermöglicht die eindeutige Identifizierung des Assets z.B. durch die URI-Adresse im gesamten Wertschöpfungsprozess. Die Aktivitäten für den Übergang in die virtuelle Welt sind in der Integrations- und Kommunikationsschicht enthalten. Die Dienste zur Steuerung der Integration werden von der Kommunikationsschicht bereitgestellt. Sie dient außerdem der Vereinheitlichung der Kommunikation mit einem einheitlichen Datenformat (Bitkom e.V, 2015). Für die Datenkommunikation wird der Standard für industrielle Kommunikation Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) empfohlen. Ursache dafür ist zum einen die plattformunabhängige, service-orientierte Architektur (SOA) und zum anderen die Fähigkeit, die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation semantisch zu beschreiben. Anschließend werden die übertragenen Daten in der Informationsschicht gehalten, wo sie in einer Laufzeitumgebung in einen Regelkontext gebracht werden. Hier werden Regeln für Ereignisse und den Zugriff auf Daten definiert, die in der Funktionsschicht verarbeitet werden. Die tatsächlichen Funktionen eines Assets werden in der Funktionsschicht formal beschrieben. In der funktionalen Schicht befinden sich die Daten in einer Laufzeit- und Modellierungsumgebung für Dienste, die unter anderem Geschäftsprozesse unterstützen. Mit dieser Plattform können die Funktionen horizontal in die Wertschöpfung integriert werden (Hübner, 2017). Zusätzlich kann in der Funktionssicht auf ERP-Funktionen zugegriffen werden. Diese entstehen in der Geschäftssicht, in der die Modellierung der Regeln für die Geschäftsprozessabwicklung stattfindet. Letztendlich werden die Assets und deren Funktionen hier in die Organisation und Geschäftsprozesse integriert.

Jede dieser IT-Schichten liegt an zwei wagerechten Achsen an, welche die horizontale Integration der Produktionsgegenstände in den gesamten Produktionsprozess beschreiben. Die linke Achse soll den gesamten Lebenszyklus von Assets abbilden, während die rechte Achse diese in Hierarchiestufen der Produktions- und Automatisierungstechnik anordnet. Somit können externe Akteure wie Lieferanten oder Kun-

den, aber auch das erzeugte Produkt in das Industrie-4.0-Netzwerk aufgenommen werden (Bitkom e.V, 2015).

#### 2.2.4. Das neue Paradigma: Cloud Computing

Flexibilität, Skalierbarkeit, Schnelligkeit, Sicherheit und Qualität präsentieren sich als die wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche digitale Transformation eines Unternehmens (Acharya et al., 2019). Für die Erzielung dieser Ziele spielt die in 2.1.3 bereits kurz erläuterte Cloud eine Schlüsselrolle. Denn die Technologien in der Industrie 4.0 sind zwar nicht neu, aber sie müssen in verschiedenen Kombinationen bei niedrigen Preisen und unabhängig vom Ort stets verfügbar sein. Bei alledem wird dem Nutzer je nach Bedarf das Errichten von IT-Infrastruktur und IT-Ressourcen von dem Cloud-Dienstleister abgenommen (Dzombeta et al., 2017). Entsprechend können die Cloud-Dienste aus folgenden Varianten nach nutzungsbasierten Abrechnungsmodellen wie z.B. dem Pay-Per-Use-Prinzip erworben werden:

**Infrastructure as a service (IaaS)** Bei dieser Variante stellt das Dienstleistungsunternehmen die notwendige Hardware in virtueller Form zur Verfügung. Es können je nach benötigter Menge Speicherplatz, Prozessorleistung oder Netzkapazitäten bestellt oder wieder abbestellt werden (Dzombeta et al., 2017). Kostentechnisch bietet das einen großen Vorteil, da die Server von den Anbietern angeschafft, betrieben und gewartet werden, sodass nur die verbrauchte oder vereinbarte Kapazität in Rechnung gestellt wird. Zu den global dominierenden Anbietern gehören Amazon, Microsoft und Google, die in Nordamerika, Europa und Ostasien eine hohe Dichte an Rechenzentren aufweisen (Acharya et al., 2019).

**Platform as a service (PaaS)** Das Dienstleistungsangebot dieser Variante beläuft sich auf die Bereitstellung von Middleware, Laufzeit- und Entwicklungsumgebungen zur Erstellung von Anwendungen, Datenbanken und Webservices. Über definierte Schnittstellen (APIs) kann auf die Entwicklungsumgebung zugegriffen werden (Dzombeta et al., 2017). Da die Plattform auf IaaS basiert, fällt die Administration von Servern weg (Acharya et al., 2019).



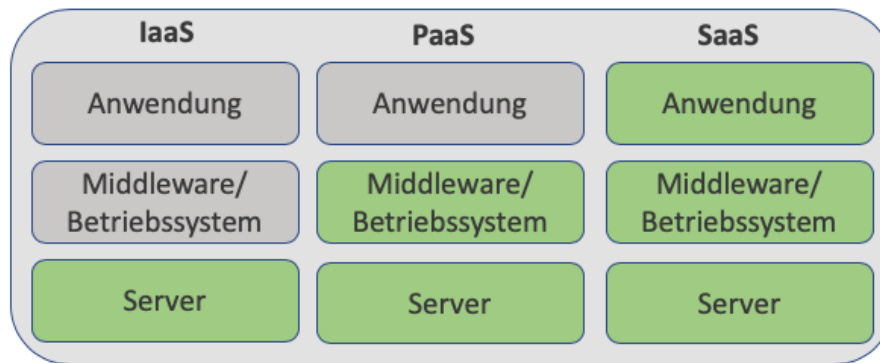


Abbildung 5: Die Cloud-Service-Modelle (In Anlehnung an Utecht und Zierau (2018, S. 88))

**Software as a service (SaaS)** Kunden können bei dieser Form meist über Webbrowser auf Software(-pakete) zugreifen, die auf der Infrastruktur des Anbieters gehostet sind. Dabei übernimmt der Anbieter Aufgaben wie Installation, Wartung und Aktualisierung der Software (Utecht und Zierau, 2018). Dieses Prinzip ermöglicht einen schnellen Einsatz sowie eine einfache Austauschbarkeit der Software bei niedrigen Kosten. Aufgrund der Unabhängigkeit von lokalen Installationen kann die Software ortsunabhängig bei verfügbarer Internetverbindung genutzt werden (Dzombeta et al., 2017).

Die verschiedenen Modelle könnten auch in Kombination mit dem On-Premise-System genutzt werden.

Mit diesen Modellen bietet die Cloud einen Raum für die verschiedenen Teilsysteme, die im Industrie-4.0-Netzwerk miteinander kommunizieren und Dienste anbieten. Eine service-orientierte Architektur (SOA) ermöglicht die Interoperabilität der Akteure wie Komponentenhersteller, Automatisierer, Maschinenbauer und Softwarefirmen ohne Master-Slave-Beziehungen. In der SOA-Welt wird nicht mehr zwischen Hard- und Software unterschieden, sodass maschinelle Komponenten ihre Daten genau so als Service zur Verfügung stellen können wie eine Software ihre Funktionen bereitstellt (Adolphs, 2017). Entwicklungen wie diese verändern die grundsätzliche Denkweise in der Softwareentwicklung. Alte Architekturen werden von neuen Architekturen wie die *Microservice-Architektur* vertrieben (Acharya et al., 2019).

**Cloud-native Anwendungen und Microservices** Die Eigenschaft cloud-nativ besitzen jene Anwendungen, welche in der Cloud „geboren“ sind und durch Ausschöpfung des Cloud-Potenzials die Flexibilität, Agilität und Skalierbarkeit von Cloud-Lösungen unterstützen (Acharya et al., 2019). Besonders ist dabei der agile und schnelle Entwicklungsprozess der Software. Eine cloud-native Anwendung besteht aus mehreren isolierten Services, die unabhängig voneinander entwickelt werden können. Konventionelle Anwendungen sind im Gegensatz dazu monolithischer Natur und basieren meist auf der 3-Tier-Architektur. Mit den Bestandteilen Benutzeroberfläche, Datenbank und Anwendungsserver bilden sie ein geschlossenes System. Kleinste Änderungen an einem der Bestandteile führen zu aufwendigen Maßnahmen zur Anpassung des Gesamtsystems (Utecht und Zierau, 2018). Anders als monolithische Architekturen zeichnet sich die Microservice-Architektur durch ihre einfache und schnelle Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit aus. Ein Microservice ist eine spezielle Funktion, oft Geschäftsfunktion, welche in Containern in einer isolierten Umgebung ausgeliefert wird und meist an eine eigene Datenbank angebunden ist. In einer Anwendung kommunizieren diese Microservices über APIs oder Messaging-Protokolle miteinander und bilden ein Gesamtsystem mit heterogenen Datenquellen. Sollte eine Funktion ein Update erfordern, muss lediglich der Microservice gewartet werden. Wenn das System eine neue Funktion erfordert, kann ein neuer Microservice einfach hinzugefügt werden, ohne Abhängigkeiten im Gesamtsystem zu stören. Infrastrukturressourcen können bei Bedarf dynamisch zu- oder abgewiesen werden (Acharya et al., 2019).

### 2.3. Toolset/Innovationsplattformen/Werkzeuge

In den letzten 45 Jahren haben sich die SAP-Technologien durch kontinuierliche Veränderungen an die Anforderungen der digitalen Welt angepasst. Die Anfänge der Datenverarbeitung von SAP basierte in den 1960er Jahren auf lokalen PCs und der Mainframe-Architektur. Mit der Client-Server-Architektur und dem darauf basierenden R/3-System konnte die Software ab den 1990er Jahren eine größere Vernetzung und somit einen größeren Informationsaustausch ermöglichen. Mit der Verbreitung des Internets und dem Ausbau des mobilen Breitbandnetzes begann zwischen 2000 und 2010 mit den Technologien wie Cloud, Mobile und Big Data

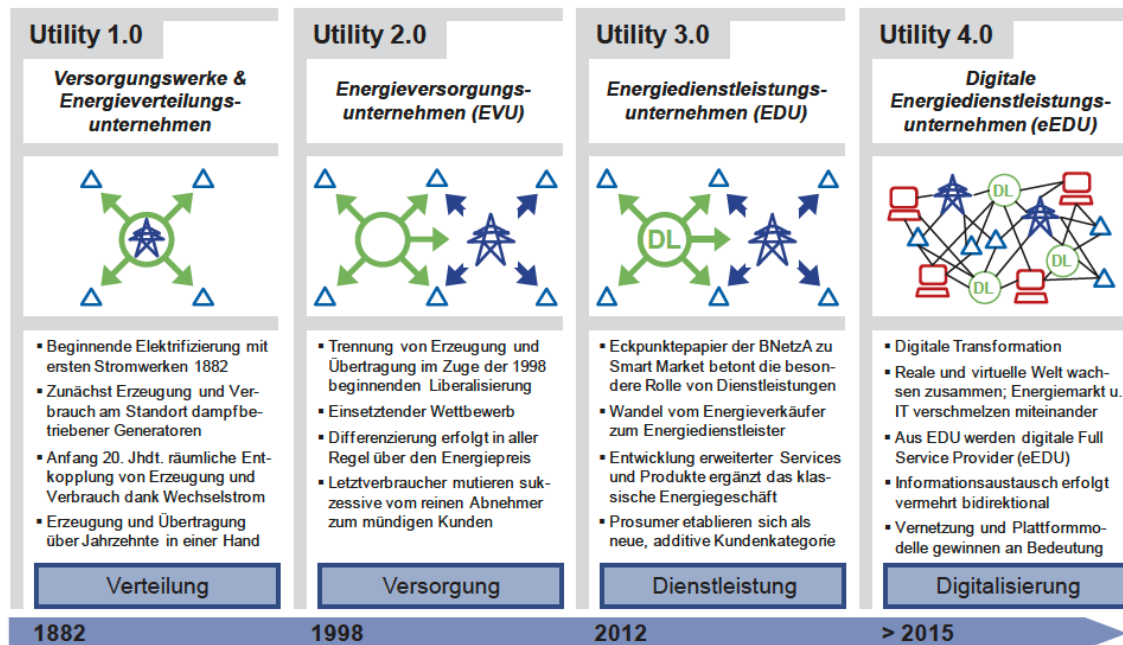


Abbildung 6: Transformation vom Versorgungswerk zum digitalen Energiedienstleister (Doleski, 2016b, S. 13)

eine digitale Transformation (Elsner et al., 2018, S. 44). Mit der rasant wachsenden Datenmenge entstanden Möglichkeiten, diese intelligent zu vernetzen und einen Mehrwert daraus zu schöpfen.

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Plattformen und deren Eigenschaften beschrieben.

### 2.3.1. SAP Cloud Platform

Die SAP Cloud Platform ist eine offene PaaS, die auch SaaS für Kunden bereitstellt.

SAP Cloud Platform und AWS Microservices und APIs Programmiersprachen und Laufzeitumgebungen alle gängigen IaaS können zum deployen genutzt werden CF, NEO, ABAP Destinationss Innovationsplattform Functional Services und Business Services

cf push - and your app is alive -> in die Systemanalyse

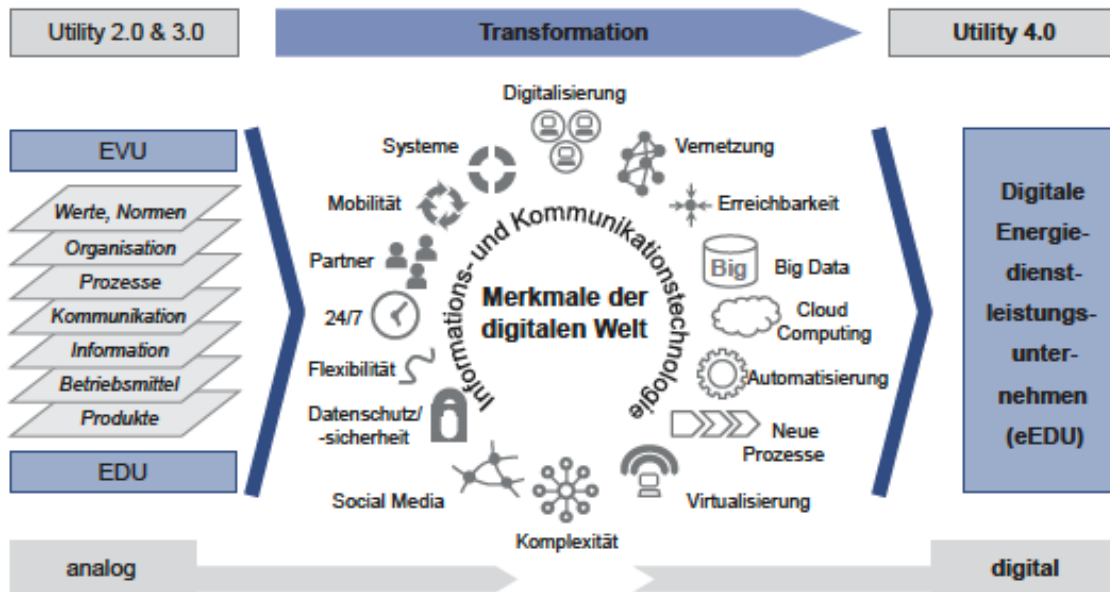


Abbildung 7: Digitale Welt als Katalysator für Utility 4.0 (Doleski, 2016b, S. 17)

### 2.3.2. SAP Leonardo

Die SAP Cloud Platform bildet die technologische Grundlage für die digitale Transformation mit SAP. Diese Technologien werden um die *SAP-Leonardo-Technologien* ergänzt. Der Begriff lehnt sich an den Innovationsgeist Leonardo da Vincis an und soll die *digitale Renaissance* mit SAP darstellen (Howells, 2017). SAP Leonardo ist nicht als Plattform oder Produkt zu verstehen. Es handelt sich vielmehr um eine Sammlung von Functional Services (s. 2.2.3 Cloud Computing), die als zukunfts-gestaltende Technologien gesehen werden (Elsner et al., 2018). Zu diesen Technologien gehören neben dem Internet der Dinge (Internet of Things (IOT)) auch Machine Learning, Big Data, Blockchain und Advanced Analytics. Auch hierbei gilt das Prinzip des **Netzwerkeffekts** (s. 2.1.4): der Mehrwert besteht in der integrierten Anwendung in einem Kernsystem (Elsner et al., 2018).

GUI, API, SDKs

### 2.3.3. AWS Cloud

SNS-Server Außerdem basiert SCP auf AWS

#### **2.3.4. Git**

### 3. Umsetzungskonzept für die digitale Transformation

Hier sag ich was ich machen werde

#### 3.1. Repräsentativer Anwendungsfall für die Energiewirtschaft

Die verschiedenen Werttreiber und Anforderungen für ein Digitalisierungskonzept unterscheiden sich je nach Unternehmen und Branche. Für eine erfolgreiche Transformation müssen daher individuelle Anwendungsfälle identifiziert werden. In Anbetracht der Dynamik und des rasanten Tempos, in der neue Technologien entstehen, ermöglicht ein anwendungsfallbasierter Ansatz eine flexible und agile Anpassung. (Acharya et al., 2019, S. 31)

Aus diesen Gründen wird im Folgenden ein repräsentativer Geschäftsprozess für die Energiebranche und den damit entstehenden Anforderungen dargestellt.

(Hier Bezug auf Motivation für Energiebranche nehmen und anschließend den Geschäftsprozess erläutern.)

##### 3.1.1. Geschäftsprozess

##### 3.1.2. Anforderungen

- Aus Requirements Engineering S. 10: Simulation vor Inbetriebnahme, um Fehler in Anforderungsanalyse festzustellen, damit Change Requests gemacht werden können
- Bei Anlagen, die mehrere Millionen Euro kosten, sind anders als in Software Mechanik und Elektronik eingebaut. Ein Change Request wäre viel zu teuer
- Anforderungsanalyse der Simulation beseitigt die Risiken nicht vollständig, da die Simulation nur so gut ist, wie man sich vorher Gedanken gemacht hat
- Welche Anforderungen ergeben sich aus dem Wandel?
- Anforderungen wie predictive Maintenance und Bezug auf RAMI 4.0.
- SAP als Tool, da Energiesektor hauptsächlich SAP Industry Solutions for Utilities (SAP IS-U)

- Industrie 4.0-Komponente (Bitkom s. 52) mit verschiedenen Ebenen

**Anforderungen an Versorgungsunternehmen im Energiesystem der Zukunft (Doleski, 2016b, S. 19)**

**Merkmale von Akteuren in der digitalen Welt**

- Allgegenwärtige Informationsverfügbarkeit
- Soziale Visualisierung
- Absolute Mobilität
- Permanente Erreichbarkeit
- Lokalisierung
- Leistungsfähige Technologien

**Wesentliche Herausforderungen für Energieunternehmen (Doleski, 2016b, S. 21)**

1. **Informationsflut:** zunehmendes Informationsangebot kann nicht oder nur bedingt aufgenommen werden
2. **Informationsverarbeitung:** zunehmendes Informationsangebot kann nicht zu Wissen verarbeitet werden
3. **Informationssysteme:** bestehende Informationssysteme liefern oftmals keine relevanten Informationen für die Unternehmensführung

**Einige Anforderungen an Versorgungsunternehmen** Die Anforderungen sollen sich nur auf die Befähiger/Enabler sowie die Prozesse der Energieunternehmen beziehen

1. Im Wettbewerb um geeignete Fachkräfte und Digital Natives bestehen [*Enabler*]
2. Aufbau eines leistungsfähigen Informationsmanagements zur Speicherung, Verarbeitung und Auswertung sehr großer Datenmengen in Echtzeit [*Enabler*]

3. Big Data beherrschen und innovative technische Lösungen anbieten [*Enabler*]
4. Image eines verantwortungsbewusst handelnden Unternehmens schaffen und glaubhaft leben [*Enabler*]
5. Kosteneffizient und professionell handeln [*Prozesse*]
6. Veränderung von Organisation und Betriebsprozessen zügig vorantreiben [*Prozesse*]
7. Alle Abläufe müssen modernen Datensicherheitsanforderungen entsprechen [*Prozesse*]
8. uvm

### 3.2. Systementwurf und -analyse

Systementwurf: Hier mein angepasstes Architekturmodell -> konkretes Architekturmodell mit Sensoren, Edge Device (RPI), SCP (CF) mit Leo IoT Services; AWS SNS mit API-Schnittstellen

Hier irgendwo auch anmerken in Bezug auf 2.3.3 SAP Leonardo und in der Evaluation ausführlicher vllt, dass zwar der Mehrwert in kombinierter Anwendung besteht, man hier aufgrund einer prototypischen Implementierung und es Bezugs auf IoT nur auf ein Leo-Produkt bezogen wird

#### 3.2.1. Systemarchitektur

SOA - Service Orientierte Architektur



## 3.2 SYSTEMISIERUNGSKONZEPT FÜR DIE DIGITALE TRANSFORMATION

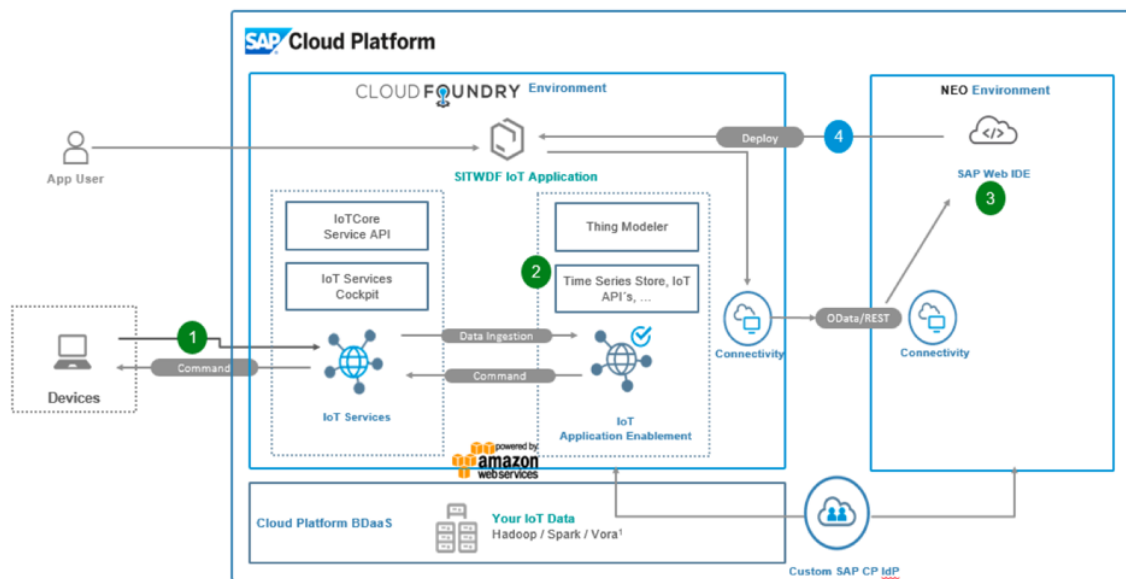


Abbildung 8: Architektur von SAP (Ganz, 2019)

### 3.2.2. REST API

### 3.2.3. Edge-Processing

### 3.2.4. Destinations

Destinations: Warum braucht man Destinations und welche man benötigt (SNS), wenn man kommunizieren will mit Externe Services wie AWS SNS Interne Kommunikation der SCP CF und NEO Communication zwischen Cloud Services AWS SNS und SAP Leonardo

### 3.2.5. Message Processing

Leonardo IoT, SQL Kafka: Ich hab Leonardo IoT benutzt (in prototype erwähnen)

### 3.2.6. Sicherheit

OAuth, SSL/TLS, SAML 2.0: erklären, was SAP und AWS auch eventuell haben

### 3.3. Prototypische Implementierung des Anwendungsfalls

Angewandtes/angepasstes System-Modell pro Schritt benutztes Sicherheitstechnologie erklären/erwähnen

im Modell auch Schnittstellen, z.B. für SAP Integration, HANA, Leonardo Blockchain und Machine Learning, um zu verdeutlichen, dass die Anforderungen zur sowohl vertikalen (SAP Integration) und horizontalen (Blockchain) erfüllt werden können

### 3.3.1. Anbindung der Sensoren an das Edge-Gerät

### 3.3.2. Geräteverwaltung

mit SAP Cloud Platform Internet of Things und Device Model hier erstellen und als Bild einfügen und außerdem zunächst auf Tenants und User eingehen und Einrichtung des Services generell erklären mit eventuell den Message Processings und Gateways etc

### 3.3.3. Einrichtung der Gateway-Edge

### 3.3.4. Senden der Daten an die Cloud

### 3.3.5. Erstellen des digitalen Zwillings

### 3.3.6. Visualisierung mit einer UI5-Applikation

### 3.3.7. Benachrichtigung mit AWS SNS-Server

### 3.3.8. Events generieren mit NodeJs

## **4. Evaluation**

### **4.1. Experteninterview**

Mit Menschen sprechen

### **4.2. Technischer Benchmark**

z.B. mit Log Dateien der SCP, Kibana technische Evaluation, Request Responses

## 5. Fazit

Reflexion: Was hab ich gemacht? (Selbst-Kritisch) z.B.scheiß-Edge und SAP sehr BETA und schlecht dokumentiert blabla

Ausblick: Ausblick/Weitere Möglichkeiten Integration mit SAP Backend HANA DB APIs/SDK für Leonardo Edge Processing mit Interceptors and Adapters, echtes Gerät mit echten Sensorwerten statt RPI und teilweise simulierte Werte

Beantwortung der Frage:, wie gut man mit SAP Leonardo digital transformieren kann auch nach RAMI 4.0

## Literatur

- Acharya, G., Bajaj, G., Dhar, A., Ghosh, A., und Lahiri, A. (2019). *SAP Cloud Platform: Cloud-Native Development*. Rheinwerk Verlag GmbH.
- Adolphs, P. (2017). Smart Products / Innovative Produktentwicklung. In Schulz, T., Herausgeber, *Industrie 4.0: Potenziale umsetzen und erkennen*. Vogel Business Media.
- Barthelmäs, N., Flad, D., Haußmann, T., Kupke, T., Schneider, S., und Selbach, K. (2017). Industrie 4.0 – Eine industrielle Revolution? In *Industrie 4.0*, Seiten 33–56. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., und Ganschar, O. (2014). Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland.
- Bauernhansl, T. (2014). *Die Vierte Industrielle Revolution - Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma*, Seiten 5–35. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Bendel, O. (2019a). Cyber-physische Systeme. Abgerufen 20. November 2019, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/cyber-physische-systeme-54077/version-369944>.
- Bendel, O. (2019b). Industrie 4.0. Abgerufen am 19. November 2019, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/industrie-40-54032/version-368841>.
- Beuth publishing DIN (2016). DIN SPEC 91345:2016-04. Beuth Verlag Berlin. Abgerufen 2. November, von <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>.
- Bitkom e.V (2015). Umsetzungsstrategie Industrie 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Abgerufen 19. November 2019, von <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>.

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019). Digitale Transformation in der Industrie. Abgerufen 19. November 2019, von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html>.
- Doleski, O. D. (2016a). Handlungsdruck – Rahmenbedingungen beschleunigen die Veränderungen in der Energiewirtschaft. In *Utility 4.0*, Seiten 5–10. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Doleski, O. D. (2016b). *Utility 4.0: Transformation vom Versorgungs- zum digitalen Energiedienstleistungsunternehmen*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Doleski, O. D. (2017). *Herausforderung Utility 4.0: Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert*. Springer Fachmedien Wiesbaden. Hrsg.
- Drath, R. (2016). Technische Grundlagen. In Heinze, R., Herausgeber, *Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends*. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Dzombeta, S., Kalender, A., und Schmidt, S. (2017). Datensicherheit bei Smart Services und Cloud-Sicherheit und Datenschutz im Cloud-Computing. In Schulz, T., Herausgeber, *Industrie 4.0: Potenziale umsetzen und erkennen*. Vogel Business Media.
- Elsner, M., González, G., und Raben, M. (2018). *SAP Leonardo: Konzepte, Technologien, Best Practices*. Rheinwerk Verlag GmbH.
- Fraunhofer-Gesellschaft (2016). Trends für Industrie 4.0. Abgerufen 19. November 2019, von <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Produktion-Dienstleistung/Trends-fuer-Industrie-40.pdf>.
- Fraunhofer ISE (2019). Energiewende – Paradigmenwechsel und Digitalisierung. Abgerufen 15. November 2019, von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/energiewende-digital.html>. Fraunhofer ISE.
- Ganz, B. (2019). SAP Cloud Platform Solution Diagrams & Icons. Abgerufen 12. November 2019, von <https://d.dam.sap.com/a/JPUXye>.

- Gartner (2017). Prognose zur Anzahl der vernetzten Geräte im Internet der Dinge (IoT) weltweit in den Jahren 2016 bis 2020 (in Millionen Einheiten) [Graph]. In *Statista*. Abgerufen 22. November 2019, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/537093/umfrage/anzahl-der-vernetzten-geraete-im-internet-der-dinge-iot-weltweit/>.
- Hänisch, T. (2017). Grundlagen Industrie 4.0. In *Industrie 4.0*, Seiten 9–31. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Howells, R. (2017). Welcome to the Digital Renaissance. Abgerufen 18. November, von <https://news.sap.com/2017/07/welcome-to-the-digital-renaissance/>.
- Hänisch, T. (2017). Grundlagen Industrie 4.0. In *Industrie 4.0*, Seiten 9–31. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Hübner, I. (2017). Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0). In *Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends*. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Hübschle, K. (2017). Digitale Anwendungen / Datenverarbeitung in der Industrie. In Schulz, T., Herausgeber, *Industrie 4.0: Potenziale umsetzen und erkennen*. Vogel Business Media.
- Kenn, H. (2016). Architekturen für das Internet der Dinge. In Heinze, R., Herausgeber, *Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends*. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Lea, P. (2018). *Internet of Things for Architects*. Packt Publishing, Birmingham.
- Lüth, C. (2016). Funktion und Herausforderungen von Cyber-Physical Systems. In Heinze, R., Herausgeber, *Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends*. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Radtke, M. und Litzel, N. (2019). Was ist Big Data? Abgerufen 22. November 2019, von <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-big-data-a-562440/>.
- Roth, A. (2016). Industrie 4.0 - Hype oder Revolution? In *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*, Seiten 1–15. Springer Berlin Heidelberg.

- Sendler, U. (2016). Die Grundlagen. In *Industrie 4.0 grenzenlos*, Seiten 17–39. Springer Berlin Heidelberg.
- Utecht, M. und Zierau, T. (2018). *SAP fürr Energieversorger: Neue Perspektiven für die Zukunft der Versorgungswirtschaft*. SAP Press. Rheinwerk Verlag GmbH.
- Voigt, K.-I. (2018). Industrielle Revolution. Abgerufen 20. November, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/industrielle-revolution-38116/version-334867>.



**A. Anhang 1**

**B. Anhang 2**

## **Abschließende Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich meine Masterarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe, und dass ich alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlegenden Ausführungen meiner Arbeit besonders gekennzeichnet und die Quellen zitiert habe.

<ORT>, den 12. Dezember 2019

<AUTOR>

## **C. Notizen, die ich später noch gebrauchen könnte**

.....

regelt horizontale Integration aus Produktionssicht und vertikale Integration des Assets aus IT-Sicht. Dabei werden die Daten über den gesamten Lebenszyklus von Produktionsgegenständen/Komponenten gesammelt. Von typ zu Instanz. Die Vertikale Sicht ist der Fokus dieser Arbeit. Die vom Asset erzeugten Daten werden mit einer standardisierten Kommunikation (OPC UA) über den Kommunikationslayer an den funktional Player weitergegeben. Miaaaaaau

Die senkrechte Achse bezieht sich auf die vertikale Integration des realen Produktionsgegenstandes (Asset), dessen virtuelle Repräsentation über die Integrations-schicht erstellt wird. Zu den Assets werden sowohl alle in der Anlage verbauten physischen Komponenten als auch andere Vermögensgegenstände wie Software oder Patente, aber auch Menschen, gezählt (Adolphs, 2017). Über die Kommunikationsschicht

Durch die horizontale Integration können technische, administrative sowie kommerzielle Daten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg konsistent gehalten werden.

Grundlage für neue Produkte zur Cloud-basierten Kommunikation

Die beiden horizontalen Achsen beschreiben Anforderungen und Voraussetzungen

gen für eine Industrie-4.0-Architektur aus Produktionssicht. In dieser Arbeit wird der Fokus auf die IT-Sicht gelegt. Daher wird die vertikale Integration des Asstets genauer erläutert. Auf vertikaler Achse wird das Asset, also der Gegenstand behandelt. Ziel ist die komplette Integration und die Vernezung der Produktionssysteme in Echtzeit. Asset-Layer, Integration-Layer, Commucation Layer-Standardisierte Kommunikation, Information Layer Datenhaltung, Functional

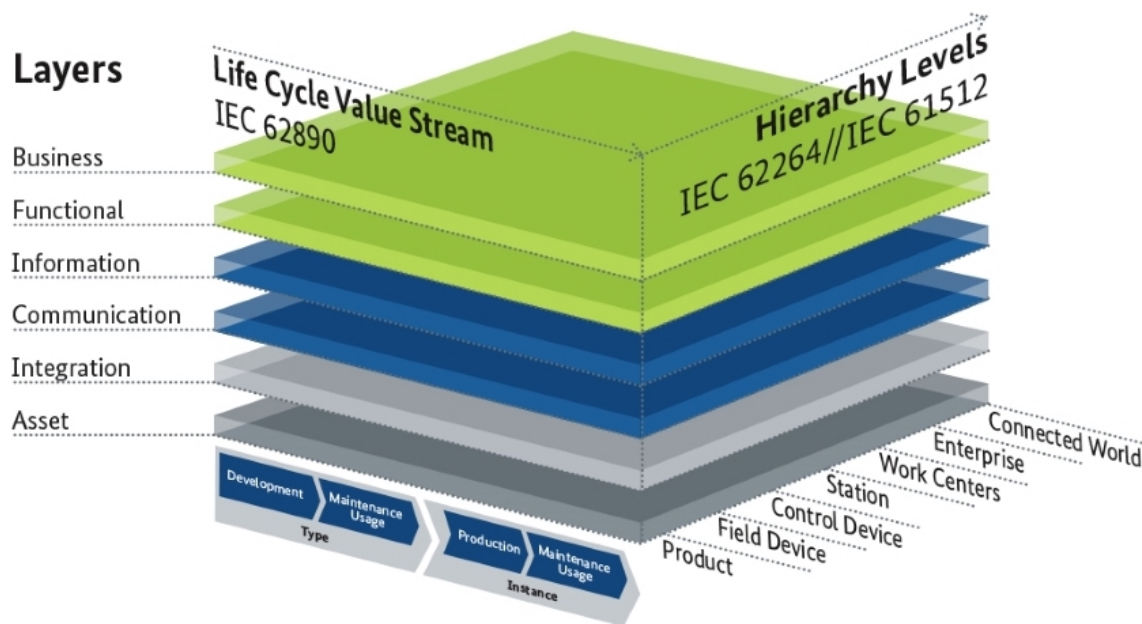


Abbildung 9: Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (Bitkom e.V., 2015)

### Die Industrie-4.0-Komponente

- Bitkom bzw. Plattform Industrie 4.0 stellt Referenzarchitektur
- RAMI bietet die Möglichkeit, Industrie 4.0 UseCases zu verorten, um die für den jeweiligen use case notwendigen Normen und Standards zu identifizieren
- horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke: Lieferanten, Unternehmen, Produzenten
- Durchgängigkeit des Engineerings: Systems Engineering, Modellierung, Simulation

- vertikale Integration und vernetzte Pproduktionssysteme mit Echtzeitanforderung
- neue soziale Infrastrukturen der Arbeit: Humane-Machine-Systeme und Usability
- kontinuierliche Entwicklung von Querschnittssystemen: Netzkommunikation, Breitband, Cloud, Data Analytics, Cyber security

(Industrie 4.0 Weltweit)

Das RAMI 4.0 basiert auf den Grundideen des Smart Grids, welches das Stromnetz von der Erzeugung bis zur Verteilung zum Endverbraucher behandelt. Das dreidimensionale Modell kapselt die wichtigsten Funktionalitäten in mehreren Schichten. Dies schafft Flexibilität für die Konzeptionisierung und Realisierung von Industrie 4.0-Lösungen.

- Aspekte Industrie 4.0 (Bitkom S. 40) -> Für diese Ziele muss eine Referenz geschaffen werden
- 1 - vertikale Integration innerhalb der Fabrik/der Produktion: Vernetzung von Produktionsmitteln wie Automatisierungsgeräte oder Dienste untereinander
- 2 - Einbeziehung der Produktes (in meinem Fall produzierte Energie)
- durchgängiges Engineering bedeutet: technische, administrative, kommerzielle Daten rund um das Produktionsmittel über Wertschöpfungskette hinweg konsistent halten und jederzeit über das Netzwerk zugreifbar machen
- 3 - horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke über den Fabrikstandort hinaus und dynamische Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken
- es gibt RAMI 4.0
- und Referenzmodell für die Industrie 4.0-Komponente (s. 45) mit Verwaltungsschale

Das Zusammenwachsen der physischen und realen Welt zu mit Sensorik und Aktorik ausgestatteten Objekten, die mit dem Internet der Dinge miteinander vernetzt werden, erfordert eine Standardisierung (Bitkom e.V, 2015).

Anforderung:Standardisierung

nach RAMI 4.0 RAMI (Referenzarchitekturmodell Industrie) 4.0: OPC-UA: Kommunikationsstandards (inkl. Sicherheit) Sensorik: Bedeutung und sehr oberflächlich Funktionsweisen beschreiben Gateways: Edge Processing Device Management Digital Twins