

Hochschule Merseburg (University of Applied Science)

Fachbereich Wirtschaftswissenschaften und Informationswissenschaften

Lehrgebiet Allgemeine BWL und Wirtschaftsinformatik

Masterarbeit:

**IoT -Plattformen branchenspezifisch evaluieren –
Handlungsempfehlungen zur Auswahl
geeigneter IoT-Plattformen**

Vorgelegt von: Konrad Wagner
26661

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Huch

Zweitgutachter: Prof. Dr. Christian Schmeißer

Kurzfassung

In dieser Arbeit werden Handlungsempfehlungen für die Auswahl von Internet of Things-Plattformen gegeben, welche in verschiedenen Branchen zum Einsatz kommen können. Dazu werden in den zehn Branchen: Wearables, Smart Health, Smart Home, Smart Energy, Smart Farming, Smart Vehicle, Umwelt, Logistik und Smart City typische IoT-Anwendungsfälle durch eine Literaturanalyse ermittelt. Weiterhin werden unter anderem aus diesen IoT-Anwendungsfällen Anforderungen abgeleitet, aus denen benötigte Kernfunktionen bestimmt werden können. Zur einheitlichen Bezeichnung der Kernfunktionen, wird die Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalitäten von IoT-Software-Plattformen nach Lempert und Pflaum verwendet.

Anhand der ermittelten Kernfunktionen werden Handlungsempfehlungen für die unterschiedlichen Branchen formuliert. Zusätzlich wird auf sonstige Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen eingegangen. Zur Evaluierung der Ergebnisse werden Interviews mit Fachexperten im Bereich des IoT geführt.

Abstract

In this paper guidance for the selection of Internet of Things-Platforms are given, regarding the various industries, in which they could be deployed. To achieve this, typical IoT-use cases in the ten industries: Wearables, Smart Health, Smart Home, Smart Energy, Smart Farming, Smart Vehicle, Environment, Logistics and Smart City will be determined by a literature research. Furthermore, based on these determined IoT-use cases requirements will be derived, by which needed core functions can be defined. For a unified terminology of the core functions the reference architecture for a description of functionalities of IoT-Software-Platforms by Lempert and Pflaum will be used.

By reference to the determined core functions guidance will be given for the various industries. In addition to this, other factors for the selection of an IoT-Platform will be mentioned. To evaluate the results, experts in the area of the IoT will be interviewed.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Anhangsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1. Einleitung	1
2. Stand der Wissenschaft	4
2.1 Internet of Things.....	4
2.1.1 Objekte im IoT	4
2.1.2 IoT-Referenzmodell nach Kaufmann und Servatius	6
2.1.3 Anwendungsgebiete von IoT	9
2.1.3.1 Wearables	9
2.1.3.2 Smart Health	10
2.1.3.3 Smart Home	10
2.1.3.4 Smart Energy	11
2.1.3.5 Smart Farming	11
2.1.3.6 Smart Vehicle	12
2.1.3.7 Umwelt	12
2.1.3.8 Produktion	13
2.1.3.9 Logistik	13
2.1.3.10 Smart City	14
2.2 IoT-Plattform	14
2.2.1 Funktionen von IoT-Plattformen	18
2.2.1.1 Business Integration	18
2.2.1.2 Application development	19
2.2.1.3 Data Modeling	19
2.2.1.4 Data Visualization	20
2.2.1.5 Data Analytics	20
2.2.1.6 Data and Storage Management	21
2.2.1.7 Event Management	21
2.2.1.8 Data Transformation	21
2.2.1.9 Device Management	22

2.2.1.10	Device Connectivity	22
2.2.1.11	Information Security	23
2.2.1.12	Operations, Administration and Maintenance.....	23
3.	Methodik.....	24
3.1	Forschungsfragen.....	24
3.2	Aufbau der Literaturanalyse	25
3.3	Ableitung der Handlungsempfehlungen	26
3.4	Vorgehen bei der Expertenbefragung	27
4.	Branchenspezifische Anwendungsfälle und Handlungsempfehlungen zur technischen Funktionsauswahl	28
4.1	Handlungsempfehlungen für das Anwendungsgebiet Wearables	28
4.2	Handlungsempfehlungen für das Anwendungsgebiet Smart Health	30
4.3	Smart Home	33
4.4	Smart Energy	36
4.5	Smart Farming	39
4.6	Smart Vehicle	42
4.7	Umwelt.....	45
4.8	Produktion.....	48
4.9	Logistik	50
4.10	Smart City.....	53
5.	Handlungsempfehlungen im Hinblick auf sonstige Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen	57
5.1	Kosten	57
5.2	Skalierbarkeit	58
5.3	Cloud- oder On Premise-Lösung	58
6.	Experteninterviews zur Beurteilung der Ergebnisse.....	59
7.	Diskussion und Fazit.....	63
Anhang.....		IX

Literaturverzeichnis	XIX
Eidesstattliche Versicherung	XXX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der weltweit vernetzten Geräte bis 2025	1
Abbildung 2: IoT-Referenzmodell mit 8 Ebenen	6
Abbildung 3: Schematische Repräsentation wichtiger Plattformebenen in der Entwicklung des IoT	16
Abbildung 4: Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalität von IoT-Software	18
Abbildung 5: methodisches Vorgehen.....	24
Abbildung 6: Verteilung der verschiedenen Literaturarten nach Veröffentlichungsjahr	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Wearables	29
Tabelle 2: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Health	31
Tabelle 3: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Home	34
Tabelle 4: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Energy	37
Tabelle 5: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Farming	40
Tabelle 6: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Vehicle	43
Tabelle 7: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Umwelt	46
Tabelle 8: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Produktion.....	49
Tabelle 9: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Logistik.....	51
Tabelle 10: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart City.....	54
Tabelle 11: Auswahl der Kernfunktionsschwerpunkte je Anwendungsgebiet.....	64

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Transkription der Experteninterviews	IX
---	-----------

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Services
B2B	Business-to-Business
BPMN	Business Process Model and Notation
CRM	Customer-Relationship-Management
EIS	Enterprise Information Systems
ERP	Enterprise Resource Planning
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
IIoT	Industrial Internet of Things
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KI	Künstliche Intelligenz
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
NFC	Near Field Communication
QR	Quick Response
RFID	Radio-frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
V2V	Vehicle-to-Vehicle

1. Einleitung

„Mens agitat molem“ – der Geist bewegt die Materie.¹ In unserer heutigen Welt werden immer häufiger Gegenstände durch intelligente bzw. smarte Varianten ersetzt und können somit in eine digitale Welt bewegt werden. Diese Verbindung wird als Internet of Things bezeichnet, welches von smarten Uhren, Stromzählern, Gewächshäusern, Produktionsanlagen bis hin zu ganzen Städten reicht. Laut Statista wird es allein in diesem Jahr auf dem gesamten Planeten ca. 35,82 Milliarden verbundene Geräte geben (siehe Abbildung 1: Anzahl der weltweit vernetzten Geräte). Die immer weiterwachsende Anzahl an smarten Geräten, genauso wie die Flut an daraus gewonnenen Daten werden für viele Nutzer zur Herausforderung.

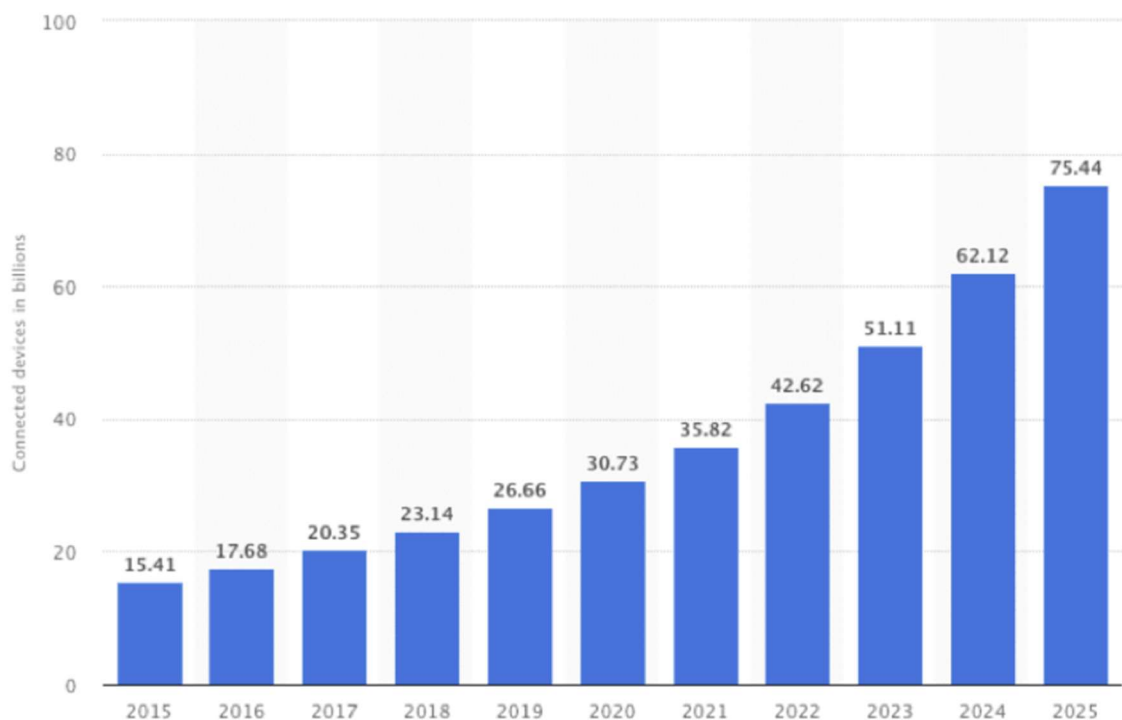


Abbildung 1: Anzahl der weltweit vernetzten Geräte bis 2025²

Um dieser Herausforderung zu begegnen, wurden IoT-Plattformen entwickelt, welche verschiedene Aufgaben, wie z.B. die Geräteanbindung, Datenanalyse und Anwendungsentwicklung, für mehrere Anwendungsfälle übernehmen können. IoT-Plattformen bieten einen Mehrwert für andere Themenbereiche. Die große Anzahl an gewonnenen Daten kann eine gute Basis für Big Data oder die Verwendung von künstlicher Intelligenz darstellen. Ebenso

¹ Vergil, Aeneis, 6, 727

² Statista, Anzahl der weltweit vernetzten Geräte bis 2025, 2019, über <https://news.sap.com/germany/2019/10/iot-chance-moeglichkeiten/>, abgerufen am 20.07.2021

unterstützen IoT-Plattformen das Thema Industrie 4.0, indem sie viele verschiedene Möglichkeiten zur Datenermittlung in den unterschiedlichsten Industriebereichen aufzeigen.

Viele Plattformanbieter haben die Möglichkeit erkannt und sich bereits auf dem Markt positioniert. Dabei haben nicht nur große Konzerne wie Amazon, Google, Microsoft, Cisco oder SAP eigene IoT-Plattformen entwickelt, sondern auch kleinere Anbieter wie z.B. Belena, KaaIoT Technologies oder Devra sind am Markt vertreten. Viele Anbieter versuchen die jeweilige Plattform langfristig in vielen Bereichen am Markt zu etablieren, um vom wachsenden Gebrauch des IoT zu profitieren. Die Plattformanbieter sind durch den hohen Konkurrenzdruck³ darauf angewiesen, immer neue Funktionen für das IoT anzubieten, um sich von anderen Lösungen abzusetzen. Dadurch gibt es am Markt viele Plattformlösungen, welche sehr unterschiedliche funktionale Ausprägungen haben. Die große Anzahl an IoT-Plattformlösungen mit unterschiedlichen Funktionen, macht es den potenziellen Nutzern dieser schwer, eine geeignete Plattformlösung zu finden, welche den eigenen Anforderungen entspricht.

In dieser Arbeit sollen branchenspezifische Handlungsempfehlungen zur Auswahl geeigneter IoT-Plattformen gegeben werden. Durch diese Handlungsempfehlungen können IoT-Plattformlösungen anhand der vorhandenen Funktionen evaluiert werden. Bei den untersuchten Branchen handelt es sich um den Einsatz von IoT in Bezug auf Wearables, Smart Health, Smart Home, Smart Energy, Smart Farming, Smart Vehicle, Umwelt, Produktion, Logistik und Smart City.

Ein Ziel dieser Arbeit ist hierbei die Ermittlung der Anforderungen, welche die jeweilige Branche an eine IoT-Plattform hat. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit soll die Ableitung der benötigten Funktionen von IoT-Plattformen, basierend auf den vorher ermittelten Anforderungen sein. Der Anspruch auf Vollständigkeit der benötigten Funktionen wird dabei der Ermittlung der wichtigsten Kernfunktionen untergeordnet. Weiterhin sollen zusätzliche Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen benannt werden. Diese zusätzlichen Faktoren können im weitesten Sinne als nichtfunktionale Anforderungen gesehen werden und sollen helfen, IoT-Plattformen nicht nur anhand ihrer Funktionen zu beurteilen.

Um die Anforderungen der Branchen zu ermitteln, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Zu den zehn unterschiedlichen Branchen wurden 94 Quellen, in Form von Fachbüchern, Studien und wissenschaftlichen Artikeln ausgewählt und ausgewertet. In den

³ Vgl. Meinhardt, Stefan / Wortmann, Felix: IoT Best Practices, 2021, S. 50

einzelnen Quellen konnten insgesamt 87 Anwendungsfälle von IoT identifiziert werden, welche eine konkrete Umsetzung in der Branche beschreiben. Die am häufigsten erwähnten Anwendungsfälle unterzog man einer genaueren Betrachtung, ausgehend von der Annahme, dass die Verbreitung innerhalb der Branche mit der Anzahl der Erwähnungen in der Fachliteratur korreliert. Auf Basis dieser ausgewählten Anwendungsfälle wurden funktionale Anforderungen abgeleitet. Um eine einheitliche Betrachtung der Funktionen zu gewährleisten, wurde die Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalität von IoT-Software-Plattformen nach Lempert und Pflaum verwendet. Deren Kategorisierung von Kernfunktionen, welche mehrere Funktionen beinhalten, dient der vorliegenden Arbeit als Grundlage.

Die Erstellung der Handlungsempfehlungen basiert auf den funktionalen Anforderungen der Anwendungsfälle. In den jeweiligen Branchen sollen die drei wichtigsten Kernfunktionen einer IoT-Plattform, durch Betrachtung dieser IoT-Anwendungsfälle, ermittelt werden. Auf diese Weise kann bei der Auswahl einer Plattform darauf geachtet werden, ob diese eine besondere Ausprägung im Hinblick auf die benötigten Kernfunktionen besitzt und somit für die Nutzung in Frage kommt.

Zur Beurteilung der Ergebnisse wurden nach der Literaturanalyse Experteninterviews abgehalten. Es konnten zwei Fachexperten aus den Bereichen Produktion und Logistik zu IoT-Anwendungsfällen und den Anforderungen an eine IoT-Plattform befragt werden. Durch diese Interviews konnte eine Betrachtung abseits der Literatur erfolgen und zusätzliche Informationen zu den eingesetzten IoT-Anwendungsfällen wurden erworben.

Im zweiten Kapitel der Arbeit wird genauer auf den derzeitigen Stand der Wissenschaft zum Thema IoT eingegangen. Das IoT wird dabei aus physischer und digitaler Sicht erklärt und in Verbindung mit den bereits beschriebenen Anwendungsgebieten bzw. Branchen gebracht. Zum Schluss des Kapitels wird genauer auf IoT-Plattformen und die möglichen Funktionen eingegangen. Im dritten Kapitel wird die Methodik dieser Arbeit vorgestellt, welche das Vorgehen in der Literaturrecherche und den Experteninterviews beschreibt. Im vierten Kapitel werden die ermittelten branchenspezifischen Anwendungsfälle aufgelistet und erläutert. Im Anschluss werden funktionale Anforderungen für IoT-Plattformen abgeleitet und Handlungsempfehlungen zur technischen Funktionsauswahl gegeben. Um auch nichtfunktionale Anforderungen zu berücksichtigen, wurden im fünften Kapitel Handlungsempfehlungen im Hinblick auf sonstige Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen gegeben. Anschließend werden im sechsten Kapitel die Experteninterviews zur Beurteilung der Ergebnisse zusammengefasst und im siebten Kapitel folgt ein Fazit zur gesamten Arbeit.

2. Stand der Wissenschaft

In diesem Kapitel sollen grundlegende Sachverhalte dargestellt werden, um ein besseres Verständnis für die nachfolgenden Kapitel zu erlangen. Zu Beginn soll das Thema „Internet of Things“ aufgegriffen werden. Ausgangspunkt für dieses weite Thema sind Objekte im IoT, da diese einen verständlichen Einstieg in das Thema bieten. Um die digitalen Abläufe hinter einem IoT-Objekt besser verstehen zu können, wurde das IoT-Referenzmodell nach Kaufmann und Servatius genutzt. Es folgt die Eingrenzung der betrachteten Branchen, für welche die Handlungsempfehlungen gegeben werden sollen. Es wurden insgesamt zehn Branchen aus der Fachliteratur ausgewählt, die Anwendungsgebiete für das IoT darstellen.

Als Nächstes soll der Begriff der IoT-Plattform genauer definiert werden. Dies wird zum einen aus der technischen und zum anderen aus der wirtschaftlichen Sicht erfolgen. Zusätzlich wird auf die unterschiedlichen Kategorisierungen der Plattformen eingegangen und auf Initiatoren zur Entwicklung bzw. Etablierung dieser. Daraufhin werden die Funktionen von IoT-Plattformen betrachtet, welche in der vorliegenden Arbeit eine große Rolle spielen. Hierbei wird die Referenzarchitektur zur Beschreibung von Funktionalitäten von IoT-Software nach Lempert und Pflaum genutzt.

2.1 Internet of Things

Eine einheitliche Definition für den Begriff des „Internet of Things“ (deutsch: Internet der Dinge) lässt sich unter Zuhilfenahme der Fachliteratur nur schwer finden. Der Begriff Internet of Things ist nicht unbedingt eindeutig zu sehen.⁴ Ein Grund hierfür kann sein, dass die Abläufe bei einem IoT-Anwendungsfall in der physischen sowie in der digitalen Welt stattfinden.⁵ Die genaue Eingrenzung der Bestandteile des IoT gestaltet sich daher schwierig.

2.1.1 Objekte im IoT

Manche Autoren betrachten nur die „Things“, also die intelligenten bzw. smarten Objekte selbst, als IoT.⁶ Diese Auffassung ist für viele nachvollziehbarer, da es sich hierbei um rein physische Objekte handelt und eine Betrachtung der digitalen Abläufe nur nebensächlich erscheint. Ein Objekt wird in das Internet of Things integriert, indem es zumindest einen Mikrochip, Sensoren bzw. Aktuatoren erhält und mit einem Netzwerk verbunden wird.

⁴ Vgl. Bök, Patrick-Benjamin et al.: Computernetze und Internet of Things, 2020, S. 321

⁵ Vgl. Wendzel, Steffen: IT-Sicherheit für TCP/IP- und IoT-Netzwerke, 2018, S. 296

⁶ Vgl. Cunningham, James / Whalley, Jason: The Internet of Things Entrepreneurial Ecosystems, 2020, S. 2

Sensoren dienen dazu, die Umwelt des Objekts oder eine Zustandsänderung des Objekts selbst zu erfassen. Hierbei wird ein Zustand der realen Welt aufgenommen, welcher in die digitale Welt übertragen wird. Dabei gibt es eine Vielzahl an Sensoren, die zum Beispiel Änderungen bei Lichtverhältnissen, Klima, Volumen, Kraftmessungen, Magnetismus, Akustik, Geschwindigkeit und auch der Lage wahrnehmen können.⁷ Zahlreiche IoT-Anwendungsfälle basieren auf der Verwendung von Sensoren.

Im Gegensatz dazu können Aktuatoren (auch Aktoren genannt) den Zustand des Objektes selbst oder den der Umwelt, durch Bewegung, Konvertierung und Schaltung verändern.⁸ Somit kann durch ein digitales Signal ein Eingriff in die reale Welt stattfinden. Aktuatoren können zum Beispiel Antriebe und Ventile sein, welche elektronisch steuerbar sind.⁹ Aktuatoren sind in Bezug auf IoT-Anwendungsfällen eher seltener vertreten und bei weitem nicht so verbreitet wie Sensoren.

Eine weitere Möglichkeit ein Objekt intelligent zu machen, kann ein so genanntes „tag“ (deutsch: Etikett) sein. Dieses „tag“ dient der Identifizierung eines physischen Objektes, was die Verbindung zur digitalen Welt darstellt.¹⁰ Das Lesen des „tags“ kann optisch oder über elektromagnetische Signale durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine optische Identifizierung ist das Abscannen eines QR-Codes von einem Paket. Die Identifikation über elektromagnetische Signale erlaubt grundsätzlich alle Frequenzbereiche, solange die Sender nur geringe Stromstärken benötigen. Dies ist nötig, da die Lebensdauer des Senders sonst, bei zu großem Stromverbrauch, schnell abnimmt.

Dennoch sind die IoT-Geräte, trotz der vielen verbauten, technischen Komponenten, nur wenige Zentimeter groß. Durch diese geringe Größe entstehen viele unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten. Ein Beispiel hierfür sind IoT-Geräte, welche als Accessoires oder als Teil eines Kleidungsstücks von Personen getragen werden, um unter anderem die Vitalwerte der Nutzer zu ermitteln. Diese werden auch als Wearables bezeichnet. An diesem Punkte ist die physische Betrachtung von IoT beendet und es folgt der Übergang in eine digitale Sichtweise.

Die Möglichkeit Geräte intelligent zu machen ist dabei keine Neuentwicklungen aus den letzten Jahren, sondern bestand schon seit Jahrzehnten. Warum kam es also nicht früher zu

⁷ Vgl. <https://www.robotic.com/de/blog/posts/sensorik-die-technologie-die-iot-moeglich-macht/>; abgerufen am 09.06.2021

⁸ Vgl. Bassi, Alessandro et al.: *Enabling Things to Talk*, 2013, S. 123

⁹ Vgl. Bök et al., 2020, S. 353

¹⁰ Vgl. Bassi et al., 2013, S. 123

einer Entwicklung des Internet of Things? Eine Ursache sind die immer kleineren Sensoren und Aktuatoren, welche verfügbar sind.¹¹ Eine weitere Ursache ist die Massenfertigung dieser Bauteile und die damit einhergehende enorme Preissenkung.

2.1.2 IoT-Referenzmodell nach Kaufmann und Servatius

Diese soeben beschriebenen IoT-Geräte sind zwar der Kern des Internet of Things, bilden aber nur einen Teil eines Anwendungsfalles ab. Durch diese einseitige Betrachtung bleibt meistens unklar, was genau mit den Daten nach der Erzeugung und ab der Übermittlung in das Netzwerk geschieht. Genau genommen hat ein Nutzer in diesem Fall auch noch keinen Mehrwert durch den Gebrauch von IoT-Geräten selbst erhalten. Es fehlt eine tiefere Betrachtung auf digitaler Seite, wie sie beispielsweise im IoT-Referenzmodell nach Kaufmann und Servatius (Abbildung 2: IoT-Referenzmodell mit 8 Ebenen) anzutreffen ist.

8-Ebenen-Modell	Erläuterung	Technologien
8. Business Model	Bausteine eines IoT-Geschäftsmodells	IoT-Plattformen
7. Collaboration and Processes	Menschliche Interaktion und Integration der IoT-Daten in Geschäftsprozesse	API-Management
6. Application	Anwendungen (mobil und stationär), Auswertungen und Reporting sowie Steuerungsanwendungen	App-Technologien
5. Data Abstraction	Datenverarbeitung, Zusammenfassung von Datenströmen, Aggregation und Vorverarbeitung	Big Data, KI und Cloud Computing
4. Data Storage	Speicherung von großen Datenmengen	Big Data und Cloud Computing
3. Edge	Lokale Datenspeicherung und -verarbeitung	Edge Computing
2. Connectivity	Anschlussfähigkeit von Geräten und Kommunikation	Netzwerktechnologien
1. Perception	Objekte (Things) und Datenaufnahme	Sensorik und Aktorik

Abbildung 2: IoT-Referenzmodell mit 8 Ebenen¹²

Bei diesem Referenzmodell sind auf Ebene 1 „Perception“ die physischen Objekte eingeordnet, welche wie bereits im Unterkapitel 2.1.1 beschrieben, durch die Ausstattung mit Sensoren, Aktuatoren und „tags“ digitale Funktionen erhalten. Die zweite Ebene „Connectivity“ stellt das bereits erwähnte Netzwerk dar, wobei hier nach Kaufmann und Servatius

¹¹ Vgl. Hüning, Felix: Embedded Systems für IoT, 2019, S. 1

¹² Kaufmann, Timothy / Servatius, Hans-Gerd: Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz als Game-changer, 2020, S. 6

vorrangig kabellose Netzwerktechnologien, wie W-LAN, Narrowband, IoT und 5G, aufgeführt werden.¹³ Viele IoT-Objekte sollen nicht nur an einem Ort stationär aktiv sein, sondern auch ihren Standort wechseln können bzw. mobil betrieben werden. Diese kabellosen Netzwerktechnologien erlauben eine schnelle und einfache Erweiterung des Netzwerks mit neuen IoT-Objekten. Darüber hinaus erhalten diese dadurch auch eine gewisse Flexibilität in Bezug auf den Einsatzort, da sie auf keinen räumlichen Anwendungsbereich begrenzt werden. An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass es hierbei große Unterschiede in Bezug auf die Reichweite zwischen den unterschiedlichen Netzwerktypen gibt. Die genutzten Netzwerktypen im IoT sind zum Beispiel¹⁴:

1. BAN: Body Area Network
2. PAN: Personal Area Network
3. HAN: Home Area Network
4. LAN: Local Area Network
5. NAN: Neighborhood Area network
6. WAN: Wide Area Network

Die gewählte Reihenfolge entspricht hierbei der Reichweite des jeweiligen Netzwerktyps, wobei das Body Area Network die geringste und das Wide Area Network die größte Reichweite besitzt. Diese Reichweiten selbst ergeben sich aus der genutzten Übertragungsart, bzw. den genutzten Netzwerkprotokollen.

Auf der dritten Ebene „Edge“ ist das so genannte Edge-Computing zu sehen. Ein Problem von IoT ist die große Anzahl an Objekten und den aus ihnen resultierenden enormen Mengen an Daten, welche an einen zentralen Punkt zur weiteren Verarbeitung gesendet werden. Edge Computing bietet hier eine Lösung für dieses Problem, da gesammelte Daten bereits vor der Übersendung aufbereitet und gefiltert werden. Dies geschieht durch in Richtung IoT-Objekt vorgelagerte Rechenknoten, in welchen diese Bearbeitungsschritte durchgeführt werden.¹⁵ Auf diese Weise wird das Netzwerk entlastet und die zur Datenbearbeitung benötigte Rechenleistung auf mehrere Geräte verteilt. Dabei ist die Edge-Ebene als eine Erweiterung zu den anderen Ebenen zu betrachten, die selbst nicht unbedingt benötigt wird.¹⁶

¹³ Vgl. Kaufmann / Servatius, 2020, S. 5

¹⁴ Vgl. Alliance for Internet of Things Innovation: Internet of Things Applications, 2015, S. 18

¹⁵ Vgl. Jayashree / Selvakumar: Getting Started With the Enterprise Internet of Things: Design Approaches and Software Architecture Models, 2020, S. 53

¹⁶ Vgl. Kaufmann / Servatius, 2020, S. 6

Die vierte Ebene „Data Storage“ beschäftigt sich mit der dauerhaften Speicherung der auf den vorherigen Ebenen ermittelten Daten. In welchen Zyklen diese Speicherung durchgeführt wird, hängt von der Speichergröße der Geräte auf den unteren Ebenen ab, bzw. mit dem Speicherverhalten der vorgeschalteten Edge-Computing-Knoten. Die Daten werden in vielen Fällen in die Cloud geladen und sind von da an bereit zur weiteren Verarbeitung. Diese weitere Verarbeitung geschieht auf der fünften Ebene „Data Abstraction“. Auf dieser Ebene findet die eigentliche Datenverarbeitung, sowie deren Aggregation, Vorverarbeitung und die Zusammenfassung von Datenströmen statt.¹⁷ An dieser Stelle kann eine Schnittstelle zu Big Data gesehen werden, da durch die massenhaft anfallenden Daten aus dem IoT sehr viele Daten für andere Geschäftsmodelle zur Verfügung gestellt werden können.

Die Nutzung der Daten erfolgt in Anwendungen bzw. Programmen, welche auf der sechsten Ebene „Application“ abgebildet werden. In Bezug auf die aufgenommenen Daten der Sensoren, können diese für Nutzer grafisch aufbereitet und dadurch besser ausgewertet werden. Die in den intelligenten Objekten verbauten Aktuatoren hingegen, können durch Anwendungen ebenfalls gesteuert werden.¹⁸ Dabei ist natürlich der zukünftige Einsatzort der Anwendung von Bedeutung. Viele Anwendungen für IoT werden in Form von Apps für mobile Geräte, wie z.B. Wearables, entwickelt.¹⁹ Im industriellen Umfeld hingegen kommen solche Anwendungen auch auf herkömmlichen Computern zu Einsatz.

Auf der Ebene „Collaboration and Processes“ wird auf die Verknüpfung von IoT mit Geschäftsprozessen eingegangen. An dieser Stelle werden auch Schnittstellen zu anderen Informationssystemen²⁰, wie z.B. im industriellen Sinne zu MES- oder ERP-Systemen gesehen. Auf dieser Ebene wird ebenfalls die menschliche Interaktion mit dem IoT betrachtet. Es handelt sich also nicht nur um rein technische Maschine-zu-Maschine-Schnittstellen, sondern auch um Maschine-zu-Person-Schnittstellen.

Die achte und letzte Ebene „Business Model“ beschäftigt sich damit, wie sich aus IoT-Anwendungsfällen ein Geschäftsmodell ableiten lässt.²¹ Es handelt sich hierbei um eine rein wirtschaftliche Betrachtung von IoT über die sieben untergeordneten Ebenen. Auf dieser Ebene werden von Kaufmann und Servatius auch IoT-Plattformen²² eingeordnet, was jedoch

¹⁷ Vgl. Ebenda

¹⁸ Vgl. Ebenda

¹⁹ Vgl. Ebenda

²⁰ Vgl. Ebenda

²¹ Vgl. Ebenda

²² Vgl. Kaufmann / Servatius, 2020, S. 6

kritisch gesehen werden kann, da IoT-Plattformen mehrere Ebenen des IoT-Referenzmodells in sich vereinen.

2.1.3 Anwendungsgebiete von IoT

Die neuen Möglichkeiten, die sich durch das Internet of Things eröffnen, werden in Zukunft in vielen Branchen eine disruptive Wirkung haben.²³ Bisherige Prozesse und Abläufe können durch die digitale Verknüpfung und Erweiterung neu gestaltet werden. Dabei reichen die möglichen Anwendungsfälle von Smart Watches, welche die eigenen Vitaldaten überwachen und auswerten, bis hin zu Smart Cities, in welchen ganze Stadtgebiete mit Sensoren ausgestattet werden. Eine Kategorisierung nach IoT-Anwendungsgebieten, also die Branchen in welchen IoT eingesetzt wird, wurde hierbei von der AIOTI (Alliance for Internet of Things Innovation) vorgenommen. Die Mitglieder dieser von der EU gegründeten Forschungsorganisation sind Großunternehmen, Start-ups, Forschungszentren, Universitäten und Fachexperten. Es wurden die folgenden zehn Anwendungsgebiete identifiziert, wobei das Anwendungsgebiet Smart Building²⁴ durch Logistik ersetzt wurde^{25, 26}:

1. Wearables
2. Smart Health
3. Smart Home
4. Smart Energy
5. Smart Farming
6. Smart Vehicle
7. Umwelt
8. Produktion
9. Logistik
10. Smart City

2.1.3.1 Wearables

Im Anwendungsgebiet „Wearables“ werden Accessoires, bzw. Kleidungsstücke in IoT-Objekte umgewandelt. Die momentan verbreiteteren Wearables sind dabei Accessoires wie Smart Watches, Smart Bracelets oder Smart Glasses. Diese können durch eingebaute Sensoren Informationen über den Nutzer selbst bzw. seine Umwelt erlangen. Im Fokus stehen

²³ Vgl. Meinhardt, Stefan / Wortmann, Felix: IoT – Best Practices, 2021, S. 3

²⁴ Smart Building ist Teil der Anwendungsgebiete Smart Home und Smart City

²⁵ Vgl. Alliance for Internet of Things Innovation, 2015, S. 20 ff

²⁶ Vgl. Kaufmann / Servatius, 2020, S. 9

hier vor allem die Vitaldaten des Nutzers, aus welchen Rückschlüsse auf dessen Gesundheitszustand und Fitness gezogen werden können. In einem noch eher frühen Entwicklungsstadium befinden sich hingegen Wearables, welche direkt in die Kleidung eingearbeitet werden. Im Bereich der Sportbekleidung werden solche smarten Textilien genutzt, um Muskelbewegungen in Echtzeit zu analysieren.²⁷

2.1.3.2 Smart Health

Unter Smart Health werden medizinische Anwendungsfälle verstanden. Der Mittelpunkt der Betrachtung ist zwar der zu behandelnde Patient, es können aber auch organisatorische Abläufe im medizinischen Bereich durch das IoT verbessert werden. Die Patienten, sowie die angeschlossenen medizinischen Geräte werden mit Sensoren ausgestattet, die den Zustand des Patienten überwachen. Auf diese Weise kann das medizinische Personal entlastet werden, sowie Zustandsänderungen auch in der Krankenakte des Patienten dokumentiert werden. Bei einigen Anwendungsfällen werden sogar smarte Objekte dauerhaft ein Teil des Patienten. Dies kann zum Beispiel durch den Einsatz von Robotik verbaut in Prothesen oder Implantaten geschehen.²⁸ Die Digitalisierung aller Abläufe einer medizinischen Einrichtung bietet darüber hinaus Vorteile wie z.B. Kostenreduzierungen, höhere Patientenzufriedenheit, Entlastung des Personals sowie Verbesserungen der Behandlungsqualität.²⁹

2.1.3.3 Smart Home

Die Bezeichnung Smart Home umfasst die Digitalisierung von Wohnungen und Häusern und beinhaltet einige der bekanntesten Einsatzszenarien für das IoT. Dabei werden vom Smart Home vor allem die Erhöhung des Komforts und der Sicherheit, sowie eine Reduzierung der Ressourcennutzung als Ziele verfolgt.³⁰ Zum einen geht es darum, den Bewohnern die im Haushalt anfallenden Aufgaben abzunehmen, bzw. die Bewohner bei der Bewältigung dieser zu unterstützen. So können neben dem oft genannten Beispiel, dem Smarten Kühlschrank, auch Beleuchtung, Jalousien, Zahnbürsten, Rasenmäroboter oder andere Haushaltsgeräte den Komfort der Bewohner steigern. Bestimmte Geräte können sogar in Verbindung mit einem Smart Speaker, wie z.B. Amazon Echo oder Google Home, durch die eigenen Sprachbefehle gesteuert werden. Zum anderen geht es um die Erhöhung der Sicherheit für die Bewohner und die Sachwerte. Diese lässt sich besonders gut mit den im Haus verteilten Sensoren realisieren, welche zum Beispiel auf Veränderungen der

²⁷ Vgl. Andelfinger, Volker / Hänisch, Till: Internet der Dinge, 2015, S. 39

²⁸ Vgl. Andelfinger / Hänisch, 2015, S. 8

²⁹ Vgl. Jayashree / Selvakumar, 2020, S. 80

³⁰ Vgl. Bassi et al., 2013, S. 3

Lichtverhältnisse oder der Raumtemperatur auf einen möglichen Einbruch hinweisen können. Die Reduzierung der Ressourcennutzung ist das dritte Ziel und gerade in der heutigen Zeit des verstärkt wahrgenommenen Klimawandels sehr interessant. Der Einsatz von Lichtmitteln oder auch Heiz- und Klimaanlageanlagen, kann an die Nutzungsphasen der Bewohner angepasst werden und somit zu enormen Einsparungen führen.³¹

2.1.3.4 Smart Energy

Mit dem Begriff Smart Energy ist die Integration von IoT in die Prozesse der Energieversorgung gemeint. Diese reichen von der Erzeugung des Stroms, über die Verteilung über intelligente Stromnetze bis hin zur Abnahme durch den Endverbraucher. In Bezug auf die Stromerzeugung bietet das IoT die Möglichkeiten der verbesserten, verteilten Energieerzeugung, die Nutzung von verteilten Energieressourcen und eine schnellere Reaktion auf Nachfrageänderungen.³² Gerade im Hinblick auf die in Deutschland immer häufiger genutzten regenerativen Energien spielt es eine große Rolle, diese Vorteile zu nutzen. Zum Beispiel können Solaranlagen, ob nun im kommerziellen oder privaten Bereich, durch eine Überwachung und Management der Solarmodule in Echtzeit und einem automatischen Lastenausgleich zwischen den Komponenten die produktive Zeit erhöhen, wodurch auch die Energieproduktion steigt.³³

2.1.3.5 Smart Farming

Der Einsatz von IoT in der Landwirtschaft wird als Smart Farming bezeichnet. Viele Maschinen in diesem Bereich verfügen schon über einen hohen Grad an Automatisierung, was in diesem Anwendungsgebiet, in Bezug auf die Anzahl von vorhandenen Schnittstellen, für gute Voraussetzungen zur Vernetzung sorgt. Dem gegenüber steht eine Beschränkung der Netzwerktechnologien, da viele Geräte während des Betriebs über einen großen Bereich verteilt arbeiten. Ein Ziel von Smart Farming ist es, diese Beschränkung zu überwinden und dadurch die unterschiedlichen Maschinen in ein Netz zu integrieren.³⁴ Die eigentlich übergeordneten Ziele sind die Ertragserhöhung und die Reduzierung des Ressourcenbedarfs.³⁵ Dies wird durch die Verwendung von Sensoren auf und in der landwirtschaftlich genutzten Fläche erreicht, welche z.B. Werte für Bodenfeuchtigkeit und Dauer der Sonneneinstrahlung ermitteln. Durch die Auswertung solcher Daten kann eine individuellere und genauere

³¹ Vgl. Bök et al., 2020, S. 324

³² Vgl. Muhanji, Steffi / Flint, Alison / Farid, Amro: eIoT, 2019, S. 12

³³ Vgl. Bassi et al., 2020, S. 81

³⁴ Vgl. Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 77

³⁵ Vgl. Akhilesh, K. B. / Möller, Dietmar: Smart Technologies, 2020, S. 376

Behandlung der einzelnen Feldabschnitte erfolgen, was zu einem geringeren Ressourceneinsatz bzw. besseren Wachstumsbedingungen für die Pflanzen führt.

2.1.3.6 Smart Vehicle

Im Kontext des IoT steht Smart Vehicle für die Ausstattung und Vernetzung von Fahrzeugen und deren Umfeld mit Sensoren und Aktuatoren. Im Fahrzeug selbst können Echtzeitdaten generiert werden, welche die Reaktionszeit verkürzen und somit geringere Abstände zu anderen Fahrzeugen und höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten zulassen, was zu einer effizienteren Nutzung der Infrastruktur führt.³⁶ Dabei bietet das Smart Vehicle abgesehen von den Anwendungsfällen für einzelne Fahrzeuge viele weitere Möglichkeiten. Durch die Vernetzung der Fahrzeuge und Sensoren in den Straßen selbst, können noch mehr Informationen über das aktuelle Verkehrsgeschehen gesammelt und ausgewertet werden.³⁷ Diese Informationen können z.B. die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer erhöhen oder für eine optimierte Verkehrssteuerung genutzt werden.

2.1.3.7 Umwelt

Auch in Bezug auf die Umwelt bietet das IoT Anwendungsfälle, um diese zu verstehen und zu schützen. Sensoren werden hierbei über die zu überwachenden Gebiete verteilt und geben Aufschluss darüber, welche Grenzwerte eingehalten, überschritten oder unterschritten werden. Die häufigsten Arten der Umweltverschmutzung sind in der Luft, dem Wasser und der Lärmverschmutzung zu sehen.³⁸ Abgesehen von den verheerenden Auswirkungen auf die Umwelt selbst, wird auch die Gesundheit des Menschen beeinflusst. Atemluftverunreinigungen können zu verschiedensten Krankheiten führen und der Anteil an Mikroplaste in unserer Nahrung steigt von Jahr zu Jahr. Luftverschmutzung kann beispielweise durch internetfähige Feinstaubsensoren in urbanen Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen nachgewiesen werden. Diese Daten können in Echtzeit erhoben und ausgewertet werden, wodurch schnellere Rückschlüsse auf die Ursachen möglich sind. Ein weiterer Anwendungsfall im Zusammenhang mit Umweltdaten sind Frühwarnsysteme für Umweltkatastrophen wie Erdbeben oder Tsunamis.³⁹

³⁶ Vgl. Unger, Herwig: Echtzeit 2020, 2021, S. 61

³⁷ Vgl. Akhilesh / Möller, 2020, S. 18

³⁸ Vgl. Malche, Timothy / Maheshwary, Priti / Kumar, Rakesh: Environmental Monitoring System for Smart City Based on Secure Internet of Things (IoT) Architecture, 2019, S. 2143

³⁹ Vgl. Alliance for Internet of Things Innovation, 2015, S. 37

2.1.3.8 Produktion

Eines der am frühesten und am weitesten verbreiteten Anwendungsfelder von IoT ist die Nutzung in der Produktion. In diesem Zusammenhang wird speziell der Begriff des Industrial Internet of Things (IIoT) gebraucht. Die Ziele sind hierbei ein höherer Automatisierungsgrad, eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs und der Produktionskosten sowie die Optimierung der Prozessabläufe. Darüber hinaus können zusätzliche digitale Services für die erzeugten Produkte angeboten und somit ein Wettbewerbsvorteil durch die hybride Wertschöpfung erlangt werden.⁴⁰ „Große Anlagen weisen hunderte oder gar tausende von verbauten Sensoren auf, die in kurzen Zeitabständen Daten über aktuelle Zustände einzelner Maschinenkomponenten sowie Produktionsprozessen erzeugen“.⁴¹ Durch die große Anzahl an bereits verwendeten Sensoren, bietet sich ein ideales Einsatzgebiet für das IoT. Gerade in der Vernetzung dieser Sensoren und dem gegenseitigen Abstimmen dieser, liegt viel Verbesserungspotenzial. Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, ältere Maschinen, welche über noch keine ausgeprägte Sensorik verfügen, kostengünstig nachzurüsten.⁴² Auf diese Weise können viele produzierende Unternehmen diese Technik schnell integrieren und nutzen. Ein besonderer Fokus sollte hier auf die Anbindung des IoT an die vorhandenen Informationssysteme, wie z.B. einem Enterprise Resource Planning-System, gelegt werden. Da besonders im industriellen Bereich bereits viele Informationssysteme vorhanden sind, müssen diese mit den IoT-Komponenten harmonisiert werden, um eine weitreichende Optimierung der Produktionsprozesse zu gewährleisten.

2.1.3.9 Logistik

In der Logistik gibt es durch das Supply Chain Management (SCM) bereits viele teilweise digitalisierte Prozesse und Abläufe, welche durch das IoT weiterentwickelt werden können. Die zu transportierenden Güter können, durch digitale „tags“, jeweils zu einzeln IoT-Objekten gemacht werden. Im weitesten Sinne sind Pakete, welche mit RFID-Sendern ausgestattet wurden, bereits heute Teil des IoT. Die Ziele sind hierbei, die gesamte Supply Chain transparenter, nutzerfreundlicher und steuerbarer zu machen.⁴³ Ein Anwendungsfall in diesem Bereich ist der intelligente Ladungsträger, bei welchem die Lokalisierung ohne das Passieren eines Erfassungsbereichs durchgeführt werden kann.⁴⁴ Ein solcher Ladungsträger kann

⁴⁰ Vgl. Meinhardt, Stefan / Pflaum, Alexander: Digitale Geschäftsmodelle - Band 2, 2019, S. 167

⁴¹ Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 195

⁴² Vgl. Bök et al., 2020, S. 357

⁴³ Vgl. Bassi et al., 2013, S. 3

⁴⁴ Vgl. Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 209

wiederholt auf den aktuellen Standort geprüft werden, wodurch das SCM aktuellere Informationen erhält und eine bessere Planungsgrundlage liefert.

2.1.3.10 Smart City

Das Anwendungsgebiet der Smart City beinhaltet mehrere andere Anwendungsgebiete des IoT, wie z.B. Smart Governance, Smart Citizen, Smart Education, Smart Living, Smart Mobility, Smart Environment und Smart Economy.⁴⁵ Es ist also nachvollziehbar, dass eine Smart City in vielen Bereichen einen recht hohen Digitalisierungsstand haben muss, um alle Anwendungsgebiete ausreichend bedienen zu können. Dabei sind die Ziele des Konzepts einer Smart City „die Arbeit von Stadtplanung und -regierung einerseits ökonomisch wettbewerbsfähig und effizient gestalten, andererseits die Lebensqualität der BürgerInnen und die Responsivität der Politik und Verwaltung ihnen gegenüber erhöhen und drittens ökologische Nachhaltigkeit im urbanen Raum verwirklichen helfen“⁴⁶. Ein gutes Beispiel für einen Anwendungsfall, der diese Ziele erfüllt, ist die Nutzung von smarten Mülltonnen. Hierbei werden die Füllstände der Tonnen über einen Sensor gemessen und an die zuständige Abteilung der Stadtverwaltung gesendet. Ist die Tonne voll, wird für das Müllfahrzeug eine Route errechnet, bei der es alle vollen Mülltonnen zu diesem Zeitpunkt einsammeln kann. Auf diese Weise beziehen die Nutzer den Service sobald dieser benötigt wird und die Stadtverwaltung kann auf die Standardrouten der Müllfahrzeuge verzichten, was ebenfalls Ressourcen spart.

2.2 IoT-Plattform

Durch die steigende Anzahl an IoT-Plattformlösungen kam es dazu, dass der Begriff selbst nicht mehr eindeutig gesehen wird.⁴⁷ Viele Anbieter stellen Lösungen zur Verfügung, die ihre bereits vorhandenen Infrastruktur erweitern und für eine massenhafte Integration von IoT-Objekten genutzt werden können. Dieser Ansatz ist jedoch für eine vollumfängliche IoT-Plattform zu kurzgefasst und stellt außerdem ein wirtschaftliches Risiko dar.

IoT-Plattformen verbinden die in Abschnitt 2.1.2 genannten Ebenen des IoT-Referenzmodells nach Kaufmann und Servatius. Dies beginnt auf der Ebene zwei „Connectivity“ bzw., falls diese Schicht vorhanden ist, Ebene 3 „Edge“. Laut Goumagias gibt es zum einen technische Plattformen, welche sich auf die Vernetzung und Kommunikation zwischen den IoT-

⁴⁵ Vgl. Meier, Andreas / Portmann, Edy: Smart City, 2016, S. 6

⁴⁶ Klenk, Tanja / Nullmeier, Frank / Wewer, Götrik: Handbuch Digitalisierung in Staat und Verwaltung, 2020, S. 508

⁴⁷ Vgl. Meinhardt, Stefan / Pflaum, Alexander: Digitale Geschäftsmodelle Band 1, 2019, S. 15

Objekten konzentrieren.⁴⁸ Dies ist nötig, da es eine Vielzahl an IoT-Anwendungsfälle gibt, in welchen viele verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Kommunikationstechnologien und -protokollen verwendet werden.⁴⁹ In diesem Fall würde eine IoT-Plattform nur Funktionen bis zur Ebene 5 „Data Abstraction“ zur Verfügung stellen. Die Anwendungsentwicklung und das spätere Geschäftsmodell blieben in diesem Fall irrelevant für die Plattform selbst und müssten zusätzlich erarbeitet werden. Eine weitere von Goumagias genannte Kategorie von IoT-Plattformen beinhaltet zusätzliche service- bzw. anwendungsorientierte Funktionen, wobei die untergeordneten technischen Ebenen ebenfalls berücksichtigt werden.⁵⁰ IoT-Plattformen dieser Kategorie beinhalten also Funktionen, welche ebenso die Ebenen 6 „Application“, 7 „Collaboration and Processes“ und 8 „Business-Model“ unterstützen.

Eine andere Kategorisierung wird von Cheruvu et al. vorgenommen. Die erste Kategorie umfasst die eingeschränkten IoT-Plattformen, die recht unterschiedliche Spezialisierungen auf z.B. Konnektivität, Signallaufzeit oder eine geringe Paketgröße besitzen.⁵¹ Die zweite Kategorie umfasst weniger eingeschränkte Plattformen, welche den Fokus auf die Leistungsfähigkeit pro IoT-Objekt und der Verbindung unterschiedlicher Kontrolldomänen legt.⁵² Als dritte Kategorie wurden Plattformen genannt, die ihren Service über die Cloud anbieten und dadurch Vorteile bei der Skalierung sowie Analyse von Daten aufweisen.⁵³ Es ist zu beachten, dass IoT-Plattformen der ersten und zweiten Kategorie, wenn sie über eine Cloud betrieben werden können, ebenfalls zur dritten Kategorie gezählt werden.

Dabei ist zu beachten das IoT-Plattformen der ersten und zweiten Kategorie auch über die Cloud betrieben werden können und damit ebenfalls zur dritten Kategorie zählen.

Ein Grund für die unterschiedlichen Schwerpunkte in Bezug auf den Funktionsumfang der einzelnen IoT-Plattformlösungen ist dabei auf die Entwicklung für eine spezielle Branche bzw. ein Anwendungsgebiet zurückzuführen.⁵⁴ Die verschiedenen Anwendungsgebiete haben unterschiedliche funktionale Anforderungen, also Anforderungen, die beschreiben welche Funktionen ein System besitzen sollte.⁵⁵ Zum Beispiel benötigen IoT-Plattformen für die Produktion durch die hohe Anzahl an Schnittstellen zu anderen Informationssystemen

⁴⁸ Vgl. Cunningham / Whalley, 2020, S. 52

⁴⁹ Vgl. Jayashree / Selvakumar, 2020, S. 83

⁵⁰ Vgl. Ebenda

⁵¹ Vgl. Cheruvu, Sunil et al.: Demystifying Intgernet of Things, 2020, S. 30

⁵² Vgl. Ebenda, S. 31

⁵³ Vgl. Ebenda

⁵⁴ Vgl. Ebenda, S. 30

⁵⁵ Vgl. Koelsch, George: Requirements Writing for Systems Engineering, 2016, S. 83

ein breite Schnittstellenkompatibilität. Dem gegenüber brauchen IoT-Plattformen im Smart Farming-Bereich vorzugsweise Möglichkeiten zur Datenauswertung und der Visualisierung. Weiterhin werden an IoT-Plattformen auch nichtfunktionale Anforderungen gestellt, welche das Verhalten des Systems beschreiben sollen.⁵⁶

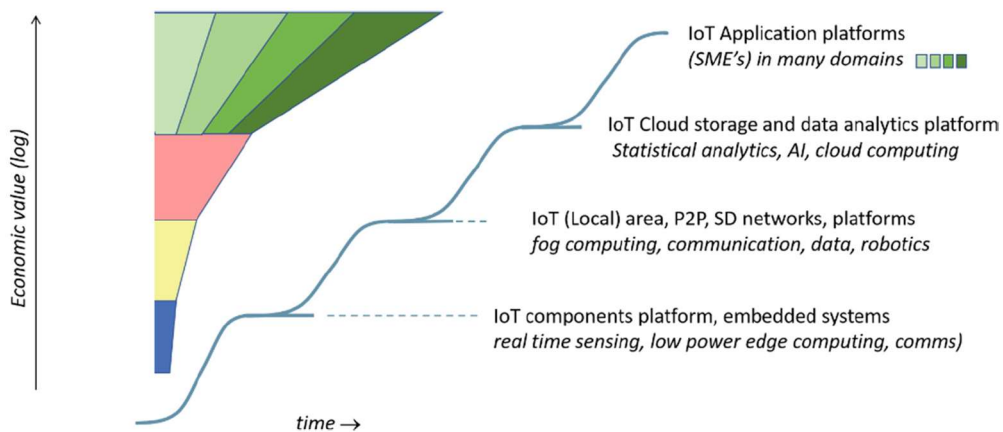


Abbildung 3: Schematische Repräsentation wichtiger Plattformebenen in der Entwicklung des IoT⁵⁷

In der Abbildung (Abbildung 3: Schematische Repräsentation wichtiger Plattformebenen in der Entwicklung des IoT) ist zu sehen, wie der ökonomische Wert einer Plattform erst mit der Entwicklungsstufe anwächst. Dieser Wert kann jedoch nur erreicht werden, wenn auf Nutzerseite mehrere Anwendungsfälle profitabel umgesetzt wurden und einen Erlös erzielen.⁵⁸ Zwar weisen Plattformen auf der unteren Ebenen eine kürzere Entwicklungszeit auf, aber erst die höheren Ebenen gewährleisten eine Nutzung und Auswertung der Daten. Es sollte ebenfalls erwähnt werden, dass sich die Reichweite mit jeder Ebene erhöht. Auf den beiden unteren Ebenen spielen sich die Anwendungsfälle an einem festen Ort ab, während die Nutzung der Cloud-Technologie ein weltweites Einsatzgebiet ermöglicht. Die oberste Ebene stellt die Anwendungen in den einzelnen Fachbereichen dar, welche nur mit ausgeprägtem Fachwissen in der jeweiligen Branche umzusetzen sind.⁵⁹

Dem gegenüber stehen die enormen Kosten für die Entwicklung und den Betrieb einer IoT-Plattform. Einige Beispiele hierfür sind Kosten für Infrastruktur, Datenhaltung und -management, Anwendungsentwicklung und -integration, Sicherheitsmaßnahmen und Wartungen. Diese Kosten müssen langfristig durch Gewinne, in Form von möglichst vielen und effektiven Anwendungsfällen, gedeckt werden. Andernfalls droht die jeweilige IoT-

⁵⁶ Vgl. Koelsch, 2016, S. 83

⁵⁷ Strous, Leon / Cerf, Vinton: Internet of Things, 2019, S. 41

⁵⁸ Vgl. Strous / Cerf, 2019, S. 42

⁵⁹ Vgl. Strous / Cerf, 2019, S. 41

Plattformlösung vom Markt zu verschwinden. Kees von der Klauw sieht drei mögliche Initiatoren, welche eine IoT-Plattform dauerhaft am Markt etablieren können.⁶⁰

Durch die Nutzungsmöglichkeiten in den Anwendungsfeldern Smart City, Umwelt und Produktion könnten Regierungen ein großes Interesse an der Entwicklung von IoT-Plattformen haben.⁶¹ Es würden hier nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische Ziele verfolgt werden.⁶² Viele Regierungen, wie z.B. China⁶³ oder die EU⁶⁴, haben das Potenzial des IoT bereits realisiert und Initiativen für dessen direkte oder indirekte Nutzung erarbeitet und verabschiedet. Die Erstellung eigener IoT-Plattformen oder die Unterstützung einer bereits vorhandenen Lösung scheint hier der nächste logische Schritt zu sein.

Weitere möglicher Initiatoren sind einzelne Großunternehmen, welche über genügend Ressourcen verfügen um solch eine Plattform zu entwickeln und zu betreiben.⁶⁵ Zum Beispiel hatte Amazon mit seinem Cloud-Dienst AWS bereits eine Basis für eine IoT-Plattform geschaffen und auf diese AWS IoT aufgebaut.⁶⁶ Ein ähnliches Beispiel ist Alphabets Google IoT Cloud, welche auf die Google-Cloud aufgesetzt wurde.⁶⁷ Beide Lösungen von Amazon und Alphabet sind sehr stark datengetrieben und konzentrieren sich eher auf Datenauswertungen und Analysen als auf spezifische Anwendungsfälle.

Die dritte Möglichkeit IoT-Plattformen zu initiieren sind kollaborative Plattformen, welche sich aus einer Zusammenarbeit zwischen mehreren Unternehmen oder Communities entwickelt haben.⁶⁸ Diese IoT-Plattformlösungen verfolgen meistens einen Open Source-Ansatz und versuchen dadurch eine möglichst große Anzahl an Objekten zu vernetzen und somit viele Anwendungsfälle zu generieren. Einige Beispiele hierfür sind ThingsBoard⁶⁹, Open-Remote⁷⁰ und Kaa Cloud⁷¹.

⁶⁰ Vgl. Stous / Cerf, 2019, S. 42

⁶¹ Vgl. Ebenda

⁶² Vgl. Gil-Garcia, Ramon / Pardo, Theresa / Gasco-Hernandez, Mila: Beyond Smart and Connected Governments, 2020, S. 12

⁶³ <https://www.accenture.com/se-en/insight-how-the-internet-of-things-can-drive-growth-in-china-industries>, abgerufen am 16.06.2021

⁶⁴ <https://aioti.eu/about-us/organisation/>, abgerufen am 16.06.2021

⁶⁵ Vgl. Strous / Cerf, 2019, S. 42

⁶⁶ <https://aws.amazon.com/de/iot/?nc=sn&loc=0>, abgerufen am 16.06.2021

⁶⁷ <https://cloud.google.com/solutions/iot?hl=de>, abgerufen am 16.06.2021

⁶⁸ Vgl. Strous / Cerf, 2019, S. 42

⁶⁹ <https://thingsboard.io/>, abgerufen am 16.06.2021

⁷⁰ <https://openremote.io/about/>, abgerufen am 16.06.2021

⁷¹ <https://www.kaaproject.org/>, abgerufen am 16.06.2021

2.2.1 Funktionen von IoT-Plattformen

Um einen Überblick über die technischen Kernfunktionen einer IoT-Plattform zu erhalten, wurde die Referenzarchitektur zur Beschreibung von Funktionalitäten von IoT-Software nach Lempert und Pflaum verwendet (siehe Abbildung 4: Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalität von IoT-Software). Dieses Modell ist auf Grund seiner Aktualität und wissenschaftlichen Entstehung sehr geeignet für eine weiterführende Forschung.

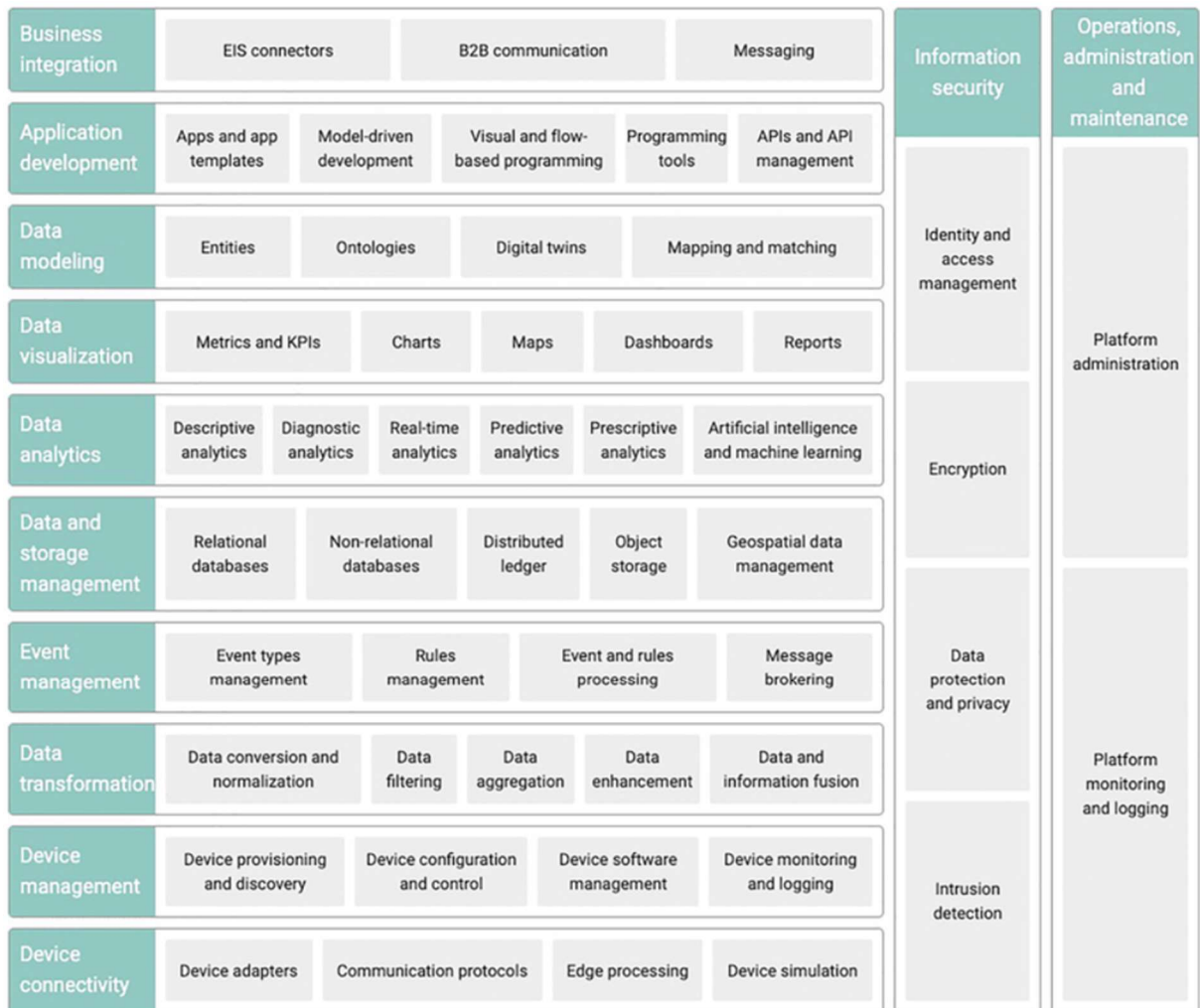


Abbildung 4: Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalität von IoT-Software⁷²

2.2.1.1 Business Integration

Diese Kernfunktion beinhaltet die Anbindung an Informationssystemen sowie die Nachrichtenübermittlung auf alternative Arten. Die Informationssysteme können sich dabei im Unternehmen selbst befinden. Diese Anbindung wird durch so genannte EIS connectors (enterprise information systems) zu Systemen, wie z.B. einem ERP oder CRM, erreicht. Die B2B-

⁷² Lempert, Sebastian / Pflaum, Alexander: Funktionalität und Standardunterstützung von IoT-Software-Plattformen, 2021, S. 23

communication meint die Verbindung zu Informationssystemen anderer Unternehmen. Die Nachrichtenübermittlung auf anderen Kommunikationswegen bedeutet eine Versendung von Informationen durch andere Kommunikationsarten.⁷³

2.2.1.2 Application development

Das Application development beschäftigt sich mit der Programmierung von IoT-Anwendungen und der Konfiguration der Anwendungsschnittstellen. Die Programmierung selbst kann dabei einem modelgetriebenen Ansatz folgen, in welchem die Anwendung in eine Modellierungssprache, wie z.B. BPMN⁷⁴, überführt wird. Wurde das Modell komplett in die Modellersprache überführt, kann aus diesem eine Anwendung, oder ein Teil dieser, erstellt werden. Zum anderen kann auch eine visuelle oder flussbasierte Programmierung erfolgen, bei der Codeteile in Form von optisch unterschiedlichen Feldern dargestellt werden. Durch die entsprechende Kombination dieser Felder kann der Programmierer schneller eine Anwendung erstellen und dies bei einer niedrigeren Syntaxfehlerquote. Der Programmierer benötigt in diesem Fall auch keine tieferen Kenntnisse der genutzten Programmiersprache. Um die Programmierung weiter zu unterstützen können auch diverse andere Programmierwerkzeuge, wie spezielle Entwicklungsumgebungen, angeboten werden. Zur Anbindung der neu erstellten oder bereits vorhandenen Anwendungen an andere Anwendungen werden APIs (application programming interface) verwendet. Gerade im IoT-Umfeld werden, durch die große Anzahl an unterschiedlichen Geräten, auch viele verschiedene APIs verwendet, was ein API-Management nötig macht. Um die zu entwickelnden Programme schneller zu nutzen, werden bestimmte App-Vorlagen bereitgestellt, welche bereits Standardfunktionen beinhalten.⁷⁵

2.2.1.3 Data Modeling

Die Kernfunktion Data Modeling beschäftigt sich mit der Modellierung der Daten und der Darstellung der Entitäten in diesen Modellen. Entitäten können alle für einen IoT-Anwendungsfall relevanten, real vorhandenen Objekte sein. Aus diesen Entitäten können digitale Zwillinge erstellt werden, welche die Eigenschaften ihrer realen Pendanten digital abbilden können. Um die Gesamtheit der Entitäten in eine Ordnung zu überführen, werden Ontologien genutzt. Es werden hierbei nicht nur Kategorien der Entitäten gebildet, sondern auch Relationen zwischen diesen geschaffen. Das mapping und matching, also die Zuordnung und der Abgleich der Daten zu den jeweiligen Entitäten, gewährleisten, dass alle Entitäten

⁷³ Lempert / Pflaum, 2021, S. 23 f

⁷⁴ BPMN = Business Process Modelling Notation, Modellierungssprache für Geschäftsprozesse

⁷⁵ Lempert / Pflaum, 2021, S. 24 f

richtig in die Ontologie eingeordnet werden. Des Weiteren werden bestehende und bestandene Relationen der Entitäten zueinander abgebildet.⁷⁶

2.2.1.4 Data Visualization

Die Aufbereitung der Daten zum Zweck der optischen Darstellung ist das Ziel der Data Visualization. Diese Kernfunktion bietet die Möglichkeit wichtige Metriken und key performance indicators aus einem IoT-Anwendungsfall abzuleiten und zum Beispiel für das Prozessmanagement, Controlling oder zur Erstellung von Reports zu verwenden. Zum Vergleich mit älteren Werten können die Leistungskennzahlen in Charts abgebildet werden. Eine weitere Möglichkeit zur optischen Darstellung sind Karten, auf denen die IoT-Geräte mit ihrer aktuellen Position und einem Status dargestellt werden. Um mehrere Leistungskennzahlen übersichtlich anzuzeigen, können diese in einem Dashboard dargestellt werden.⁷⁷

2.2.1.5 Data Analytics

Der Begriff Data Analytics steht für verschiedene Arten der Datenanalyse. Die descriptive analytics geben Aufschluss darüber, was bis zu einem gewissen Zeitpunkt passiert ist. In dieser Analyseart wird ausschließlich versucht zeitlich abgeschlossene Entwicklungen zu identifizieren. Auf der nächsthöheren Stufe beschäftigen sich die diagnostic analytics mit den Ursachen dieser Entwicklung. Mit diesen beiden Analysearten ist die Betrachtung der Vergangenheit abgeschlossen und die Ereignisse der Gegenwart rücken in den Fokus. Die real-time analytics zeigen die reale Situation in Echtzeit. Auf der zweithöchsten Stufe werden predictive analytics gesehen, bei welchen eine Vorhersage der zukünftigen Ereignisse aufgrund vergangener und derzeitiger Daten ermöglicht wird. Ein typischer Anwendungsfall ist hier die Wartungszyklen von Produktionsmaschinen vorherzusagen. Dabei kann selbstverständlich kein garantierter Eintritt eines Ereignisses vorhergesagt werden, aber die relative Wahrscheinlichkeit für dieses. Auf der höchsten Stufe kommen prescriptive analytics zum Einsatz. Mit diesen können Vorgaben für das weitere Vorgehen gemacht werden, um zum Beispiel eine möglichst effektive Produktion unter den aktuellen Gegebenheiten zu realisieren. Da die Komplexität der Analysearten mit jeder Stufe steigt, werden diese mit machine learning und KI unterstützt. Das Erkennen von Zusammenhängen zwischen den Daten kann auf diese Weise wesentlich schneller und teilweise automatisiert stattfinden.⁷⁸

⁷⁶ Lempert / Pflaum, 2021, S. 25 f

⁷⁷ Lempert / Pflaum, 2021, S. 26

⁷⁸ Lempert / Pflaum, 2021, S. 26 f

2.2.1.6 Data and Storage Management

Die Kernfunktion Data and Storage Management umfasst alle Abläufe, welche sich mit der Verwaltung von Daten und der Speicherung dieser beschäftigen. Hierunter fällt die Auswahl, ob relationale oder nicht-relationale Datenbanken verwendet werden. Bei weitreichenden IoT-Plattformen spielen Geodaten eine große Rolle. Diese werden mithilfe eines geospatial data managements verwaltet und in spezielle Geodatenbanken übertragen, mit welchen Positionsabfragen schneller beantwortet werden können. Ein Verfahren, welches ebenfalls in diesem Kontext wichtig ist, ist das so genannte distributed ledger. Dabei werden Transaktionen nicht an einem zentralen Speicherort gesichert, sondern auf mehrere Speicherorte verteilt. Da es keinen höhergestellten Speicherort gibt, sind alle Speicherorte gleich valide in Bezug auf die abgespeicherten Transaktionen. Dieses Verfahren bietet also eine sehr hohe Ausfallsicherheit bei einer akzeptablen Sicherheit. Ein weiteres wichtiges Verfahren der Daten- und Speicherverwaltung ist das object storage. Durch dieses werden Daten als Objekte behandelt, was gerade in Bezug auf Daten, welche in keinem Zusammenhang zueinander stehen, ein Vorteil ist.⁷⁹

2.2.1.7 Event Management

Eine weitere Kernfunktion ist der Eintritt von Ereignissen und der Umgang mit diesen. Das Ereignismanagement hat eine vorwiegend prozessorientierte Sicht auf IoT-Anwendungsfälle. Ereignisse können einen negativen Einfluss auf Prozesse haben, was bis hin zu einer Prozessunterbrechung führen kann. Zu Beginn werden sie im Falle ihres Eintritts einem Typen zugeordnet, wobei sich diese Kategorien hinsichtlich der Auswirkungen unterscheiden. Wurde der Ereignistyp ermittelt, können Maßnahmen anhand eines rules managements durchgeführt werden. Das event and rules processing kann aus Statusabfragen von IoT-Objekten Ereignisse ableiten. Um die Ereignisse an andere Personen und Informationssysteme zu übermitteln, werden Nachrichten über eine message brokering erstellt und versendet.⁸⁰

2.2.1.8 Data Transformation

Die Data Transformation beschäftigt sich mit der Aufnahme, Auswahl und Aufbereitung der Daten. Um ein einheitliches Datenformat zu erhalten, werden die Daten in einem ersten Schritt konvertiert und im nächsten Schritt normalisiert. Das data filtering gewährleistet, dass keine mehrfach vorhandenen oder fehlerhaften Daten weiterverarbeitet werden. Danach werden zusammengehörige Daten identifiziert und aggregiert. Um noch mehr relevante

⁷⁹ Lempert / Pflaum, 2021, S. 27 f

⁸⁰ Lempert / Pflaum, 2021, S. 28

Daten zu erlangen, werden Daten mit unterschiedlicher Relevanz durch data enhancement mit anderen Daten ergänzt. Daten mit einer gleich hohen Relevanz können durch die data and information fusion kombiniert werden, was ihre Datenqualität erhöht.⁸¹

2.2.1.9 Device Management

Das device management als Kernfunktion beinhaltet alle Abläufe, um IoT-Objekte in Bezug auf Soft- und Hardware zu verwalten. Die Identifikation der einzelnen Geräte findet dabei über die Funktion device provisioning and discovery statt. Diese Funktion beinhaltet ebenfalls Beschreibungen zu allen IoT-Geräten und die Möglichkeit, eine Gruppierung festzulegen, was die Administration erleichtert. Weiterhin werden die Konfiguration und Steuerung der IoT-Geräte als Teil dieser Kernfunktion gesehen. Da sehr viele IoT-Geräte im Einsatz sind, welche z.B. mit teilweise unterschiedlichen Firmwareversionen an das IoT angebunden werden, regelt das device software management die Aktualisierung der benötigten Software. Um einen aktuellen Status aller im Netzwerk verfügbaren IoT-Geräte zu erhalten, werden diese durch ein device monitoring überwacht. Die in der Vergangenheit ermittelten Status werden durch das device logging protokolliert und können zur späteren Problembehebung oder Dokumentation genutzt werden.⁸²

2.2.1.10 Device Connectivity

Im Gegensatz zum Device Management, welches eher auf die IoT-Geräte fokussiert ist, geht es bei der Device Connectivity vorrangig um die Kommunikation mit diesen. Zum einen ist es von Vorteil, möglichst viele unterschiedliche Kommunikationsprotokolle zu unterstützen. Da sich momentan noch kein Standard bei diesen Protokollen durchgesetzt hat, kann auf diese Weise eine gewisse Flexibilität bei der Aufnahme neuer IoT-Geräte geschaffen werden. In einem nächsten Schritt müssen die übermittelten Nachrichten durch einen device adapter normalisiert werden, um die Daten später leichter verarbeiten zu können. Um eine erste Datenverarbeitung möglichst frühzeitig zu beginnen, wird edge processing bereits an der Schnittstelle zu den IoT-Geräten eingesetzt. Die aufgenommenen Daten werden nach der ersten Bearbeitung an die nächsthöhere Instanz weitergeschickt. Eine weitere Funktion ist die device simulation, bei der ein IoT-Objekt in Form von Software emuliert wird. Dabei ist es nicht nötig Hardware zu verwenden, da nur die digitale Anbindung getestet werden soll.⁸³

⁸¹ Lempert / Pflaum, 2021, S. 29

⁸² Lempert / Pflaum, 2021, S. 29 f

⁸³ Lempert / Pflaum, 2021, S. 30

2.2.1.11 Information Security

Die Information Security stellt eine Querschnittsfunktion dar, da die Informationssicherheit in allen Bereichen relevant ist. Gerade da es im IoT, durch die Kombination unterschiedlicher Hard- und Softwarelösungen, sehr viele Angriffspunkte gibt, ist dieses Thema sehr wichtig. Im Rahmen der Informationssicherheit wird durch das identity and access management geregelt, ob eine Person berechtigt ist, einen Zugriff auf Systeme zu haben und wie viele weitere Berechtigungen eine Person erhält. Um sensible Daten im System selbst zu schützen, kommen data protection and privacy zum Einsatz. Durch den so erzeugten Datenschutz werden die Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Daten sichergestellt. Mögliche unberechtigte Zugriffe auf das System können durch ein intrusion detection system erkannt werden und es können Gegenmaßnahmen ergriffen werden.⁸⁴

2.2.1.12 Operations, Administration and Maintenance

Die Querschnittsfunktion Operations, Administration and Maintenance umfasst alle Funktionen, welche für Vertrieb, Verwaltung und Wartung einer IoT-Plattform nötig sind. Die Konfiguration und Administration der Plattform wird durch die Funktion platform administration realisiert. Hier können verschiedene Einstellungen zu allen Kernfunktionen, sowie zur Information Security vorgenommen werden. Das platform monitoring als Funktion beschäftigt sich mit der Wiedergabe des aktuellen Status der IoT-Plattform. Durch diese Funktion können Problemursachen, z.B. im Datenfluss, schnell ausgemacht werden und es kann dadurch eine geeignete Gegenmaßnahme durchgeführt werden. Damit auch kurzzeitige Ausfälle der IoT-Plattform wahrgenommen werden, kann das platform logging genutzt werden. Es protokolliert in regelmäßigen Abständen den Status und Ereignisse, um diese zu einem späteren Zeitpunkt auswerten zu können.⁸⁵

⁸⁴ Lempert / Pflaum, 2021, S. 31

⁸⁵ Lempert / Pflaum, 2021, S. 31

3. Methodik

In einigen Bereichen ist die Forschung am IoT bereits recht fortgeschritten, während in anderen Bereichen kaum wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen. Ein Grund hierfür sind Treiber, wie z.B. in der Automobilindustrie, welche durch die Verwendung des IoT einen größeren Kundennutzen und damit höhere Erträge erzielen wollen. In Anwendungsgebieten, wie z.B. im Bereich Umwelt, fehlen diese Treiber und somit konnten nur kleinere Forschungsprojekte durchgeführt werden.

In diesem Kapitel soll erläutert werden, welche Methoden in dieser Arbeit verwendet werden, um Handlungsempfehlungen für die Auswahl von IoT-Plattformen geben zu können. Zur Erreichung dieses Ziels wurde sich für einen Mixed Method-Ansatz⁸⁶ entscheiden. Der Vorteil dieses Ansatzes ist die Verwendung von qualitativen und quantitativen Methoden. Als quantitative Methode soll hier die Literaturanalyse genutzt werden und als qualitative Methode kommen Experteninterviews zum Einsatz. Den größten Teil der Arbeit nimmt dabei die quantitative Methode ein, da die Literaturrecherche einen größeren Umfang hat. Weiterhin soll für diese Arbeit ein induktiver Forschungsansatz genutzt werden, da aus der Fachliteratur bestimmte funktionale Anforderungen für IoT-Plattformen abgeleitet werden. Aus diesen funktionalen Anforderungen können wiederum Theorien formuliert werden. Die Vorgehensweise in dieser Arbeit wird in der Abbildung 5: methodisches Vorgehen, dargestellt.

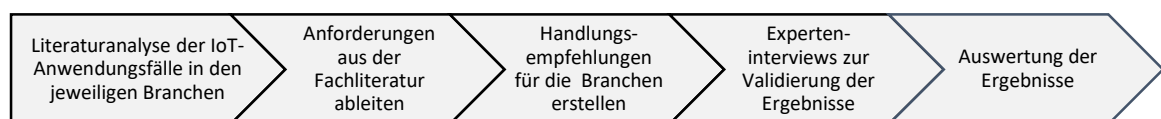


Abbildung 5: methodisches Vorgehen

Zu Beginn des Kapitels werden die formulierten Forschungsfragen genannt und genauer erläutert. Danach wird auf den Aufbau der Literaturanalyse und Experteninterviews eingegangen.

3.1 Forschungsfragen

Zur Präzisierung des Forschungsziels wurden drei Forschungsfragen formuliert:

1. Welche funktionalen Anforderungen stellen die jeweiligen unterschiedlichen Branchen an eine IoT-Plattform?

⁸⁶ Vgl. Lindner, Dominic: Forschungsdesigns der Wirtschaftsinformatik, 2020, S. 20

2. Welche Kernfunktionen müssen bei einer IoT-Plattform besonders ausgeprägt sein, damit diese erfolgreich in der jeweiligen Branche eingesetzt werden kann?
3. Welche zusätzlichen Faktoren müssen bei der Auswahl von IoT-Plattformen berücksichtigt werden?

Die erste Forschungsfrage soll dabei auf die speziellen funktionalen Anforderungen einer Branche, also der potenziellen Nutzer, abzielen. Diese können durch die verschiedenen Anwendungsfelder auch sehr unterschiedlich ausfallen. Nichtfunktionale Anforderungen wurden durch diese Frage gezielt ausgeschlossen, da diese Teil einer anderen Forschungsfrage sein sollen. Die zweite Forschungsfrage betrifft die angebotenen Funktionen von IoT-Plattformen und soll damit die Anbieterseite einbeziehen. Hierzu soll zur Kategorisierung die Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalitäten von IoT-Software-Plattformen nach Lempert et al. genutzt werden. Ohne die Verwendung dieser Referenzarchitektur wäre eine Kategorisierung der Funktionen von hunderten von IoT-Plattformfunktionen zu umfangreich für diese Arbeit. Die dritte Forschungsfrage soll zusätzliche nichtfunktionale Anforderungen an eine IoT-Plattform ermitteln. Dies soll die Qualität der Handlungsempfehlungen steigern, da es eine umfassendere Betrachtung der Eigenschaften von IoT-Plattformen zulässt.

3.2 Aufbau der Literaturanalyse

Die Literaturrecherche wurde genutzt, um Anwendungsfälle in der relevanten Fachliteratur der jeweiligen Branchen zu identifizieren. Anwendungsfälle können zur Bestimmung von Anforderungen verwendet werden, was in Anbetracht der vielen verschiedenen Anwendungsfälle sinnvoll ist.⁸⁷ Die Literaturanalyse ist als quantitative Methode zu sehen, da die Häufigkeit der Nennung der Anwendungsfälle gezählt wurde, um besonders verbreitete bzw. etablierte Anwendungsfälle zu erkennen.

Die Literaturanalyse selbst kann in die folgenden drei Phasen gegliedert werden⁸⁸:

1. Literatursuche
2. Reduktion und Sortierung
3. Literatúrauswertung

Die Literatursuche erfolgte in der Datenbank von Springerlink, da diese über eine umfangreiche Auswahl an Fachliteratur verfügt. Falls vorhanden wurden auch Studien von

⁸⁷ Vgl. Koelsch, 2016, S. 279

⁸⁸ Vgl. Lindner, 2020, S. 21

namhaften Institutionen oder Beratungsunternehmen hinzugezogen. Gesucht wurde nach Fachbegriffen aus den einzelnen Branchen, wie beispielsweise „Smart Agriculture“ oder „Umwelt“ in Verbindung mit dem Begriff „IoT“.

Im nächsten Schritt wurde geprüft, ob die gefundene Fachliteratur tatsächlich IoT-Anwendungsfälle enthält. Zusätzlich wurde das Jahr der Publizierung der Fachliteratur geprüft. Es wurde nur Literatur ab dem Jahr 2015 zur weiteren Bearbeitung genutzt, damit eine gewisse Aktualität der Anwendungsfälle gegeben ist (siehe Abbildung 6: Verteilung der verschiedenen Literaturarten nach Veröffentlichungsjahr). Weiterhin wurde die Fachliteratur sortiert und den jeweiligen Branchen zugeordnet.

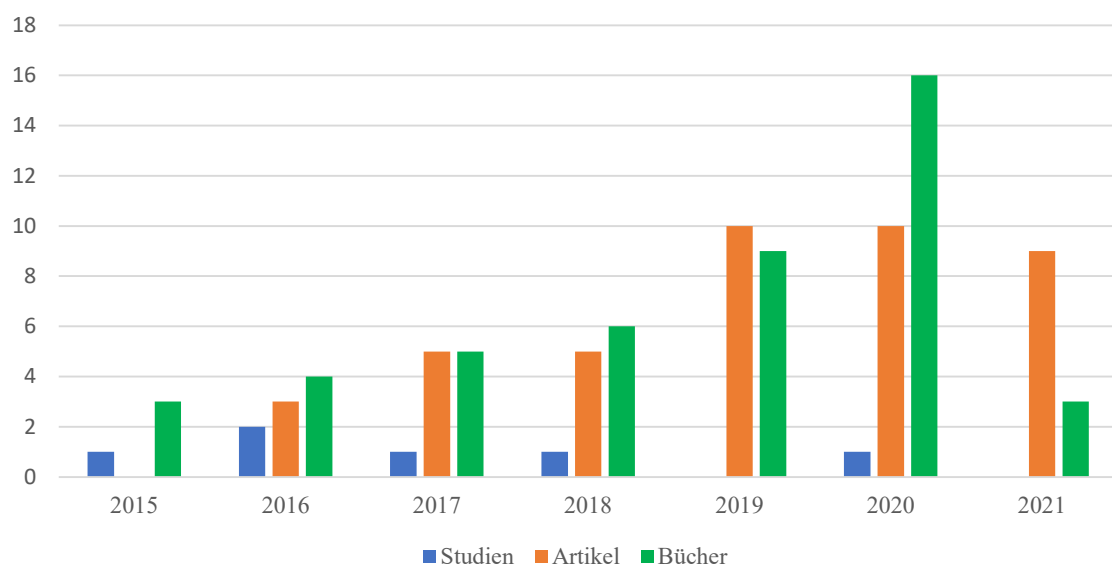


Abbildung 6: Verteilung der verschiedenen Literaturarten nach Veröffentlichungsjahr

In der letzten Phase wurde die Literatur ausgewertet und ebenso wurde die Häufigkeit der Nennungen der einzelnen Anwendungsfälle über alle Texte hinweg gezählt. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, welche Anwendungsfälle besonders verbreitet sind. In einem nächsten Schritt konnte ein Ranking dieser Anwendungsfälle erfolgen.

3.3 Ableitung der Handlungsempfehlungen

Aus dem in der Literaturanalyse ermittelten Ranking der Anwendungsfälle, konnten die wichtigsten funktionalen Anforderungen abgeleitet werden. Diese konnten nun der Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalitäten von IoT-Software-Plattformen nach Lempert et al. gegenübergestellt werden. Somit konnten die für die Auswahl einer geeigneten IoT-Plattform wichtigen Kernfunktionen bestimmt werden. Für jede Branche wurden drei Kernfunktionen als Schwerpunkte für IoT-Plattformen bestimmt. Um die

nichtfunktionalen Anforderungen an IoT-Plattformen zu betrachten, wurde eine weiterführende Literaturanalyse betrieben. Die nichtfunktionalen Anforderungen konnten leider nur branchenspezifisch bestimmt werden, da diese im Einzelfall für das Unternehmen bzw. den Einsatzzweck ermittelt werden müssen. Die Handlungsempfehlungen für nichtfunktionalen Anforderungen wurden branchenübergreifend erläutert.

3.4 Vorgehen bei der Expertenbefragung

Zur Validierung der erarbeiteten Ergebnisse wurden Interviews mit IoT-Experten durchgeführt. Das Experteninterview wird als qualitative Methode erachtet, da auf die erarbeiteten Ergebnisse ausführlich eingegangen werden konnte. Es wurden die folgenden fünf Fragen auf Grundlage der Forschungsfragen formuliert:

1. Welche Anwendungsfälle für das IoT kennen Sie in Ihrer Branche?
2. Welche von diesen Anwendungsfällen für das IoT sind besonders verbreitet?
3. Welche funktionalen Anforderungen an eine IoT-Plattform halten Sie für die Branche, in der Sie tätig sind, für besonders relevant?
4. Welche Kernfunktionen sollten bei einer IoT-Plattform besonders ausgeprägt sein, damit diese in der Branche eingesetzt werden kann, in welcher Sie tätig sind?
5. Welche zusätzlichen Faktoren müssen bei der Auswahl von geeigneten IoT-Plattformen berücksichtigt werden?

Die ersten beiden Fragen sollen als Einstieg in das Thema des IoT in der Branche des Fachexperten genutzt werden. Nachdem der Experte dargestellt hat, welche Anwendungsfälle für ihn in der Branche besonders oft vertreten sind, kann in der dritten Frage genauer auf die funktionalen Anforderungen eingegangen werden. Diesen funktionalen Anforderungen werden nun mit der vierten Frage Kernfunktionen nach Lempert et al. gegenübergestellt. Dadurch kann festgestellt werden, welche Kernfunktionen benötigt werden, um den funktionalen Anforderungen zu entsprechen. Die fünfte Frage soll den Experten dazu bewegen bisher noch nicht berücksichtigte zusätzliche Faktoren für die Auswahl von geeigneten IoT-Plattformen aufzuzeigen.

Nach dem Führen der Interviews werden die Inhalte zusammengestellt und objektiv mit den erarbeiteten Ergebnissen der Literaturrecherche verglichen. Durch diesen Vergleich können die Ergebnisse der Literaturrecherche durch die der Experteninterviews validiert werden.

4. Branchenspezifische Anwendungsfälle und Handlungsempfehlungen zur technischen Funktionsauswahl

In diesem Kapitel sollen die Handlungsempfehlungen anhand der in der Fachliteratur genannten Anwendungsfälle abgeleitet werden. Dabei sollen die Anwendungsfälle berücksichtigt werden, welche am häufigsten genannt werden und dadurch eine gewisse Relevanz zeigen. Diese Anwendungsfälle zeigen die Schwerpunkte der aktuellen Entwicklungen in den einzelnen Branchen und sollen als Grundlage für die Handlungsempfehlungen genutzt werden. Das Ziel der Handlungsempfehlungen ist es, Kernfunktionen für die jeweilige Branche zu bestimmen, welche sehr wichtig für die Auswahl und Verwendung einer IoT-Plattform sind. Dabei werden die Querschnittsfunktionen Information Security und Operations, Administration and Maintenance nicht weiter betrachtet, da diese Funktionen in jeder IoT-Plattform vorhanden sein müssen.

4.1 Handlungsempfehlungen für das Anwendungsgebiet Wearables

Im Bereich der Wearables wurden insgesamt neun Anwendungsfälle identifiziert (siehe Tabelle 1: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Wearables). Diese lassen sich in die Kategorien: Smart Watches, Armbänder, Brillen, Textilien, Tattoo bzw. Pflaster, Schuhe, Ringe, Headsets und Bodycams unterteilen. Auf die Anwendungsfälle Smart Watches, Armbänder, Brillen und Textilien wurde bereits im Kapitel 2.1.3.1 Wearables eingegangen.

Ein Wearable in Form eines Tattoos oder Pflasters kann ohne größere Vorbereitungen direkt auf die Haut des Nutzers angelegt werden und wird durch die geringe Größe kaum wahrgenommen. Diese Smarten Tattoos oder Pflaster werden meistens zur medizinischen Überwachung von Patienten genutzt. Schuhe als Wearable können das Laufverhalten des Nutzers in Echtzeit erfassen und durch zusätzliche Apps das Training effektiver gestalten.

Kleinere Wearables stellen Smarte Ringe dar. Sie werden genutzt, um das Schlafverhalten des Nutzers zu überwachen, Zahlung über NFC (Near Field Communication) zu tätigen oder auch um einen Notruf abzusetzen. Headsets als IoT-Anwendungsfall können zum einen ebenfalls zur Gewinnung von Vitaldaten genutzt werden. Durch die Position am Kopf können hier speziell Gehirnaktivitäten ausgelesen werden. In Verbindung mit Smart Glasses und Kameras bieten Headsets gerade für Industriearbeiter, welche ihre Hände für körperliche Tätigkeiten benötigen, die Möglichkeit Informationssysteme zu nutzen.

Quelle				Anwendungsfall								
Nr.	Autor	Art	Jahr	Smart Watch	Armband	Smart Glasses	Textilien	Tattoo / Pflaster	Schuh	Ring	Headset	Körperkamera
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X	X	X	X	X	X			
2	Ternes et al.	Buch	2015	X		X	X					
3	Andelfinger et al.	Buch	2016	X	X		X	X	X	X		X
4	Knoll et al.	Buch	2016	X		X						
5	Lucero et al.	Artikel	2016	X	X	X	X			X		
6	Bruhn et al.	Buch	2017	X	X		X					
7	Pfannstiel et al.	Buch	2017	X	X	X	X	X		X	X	
8	Schallmo et al.	Buch	2017	X	X	X		X				
9	Anderie	Buch	2018		X	X						X
10	Robra-Bissantz et al.	Buch	2019	X		X						
11	Stylos et al.	Buch	2021	X	X	X						X
Anzahl der Nennungen				10	8	9	6	4	2	3	1	3

Tabelle 1: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Wearables

Als letzten identifizierten Anwendungsfall sind Bodycams zu nennen. Diese zeichnen die Umgebung des Nutzers auf und können somit unter anderem für die Dokumentation genutzt werden.

Die Anwendungsfälle: Smart Watches, Armbänder, Brillen und Textilien sind die am häufigsten genannten in der Fachliteratur und auch aus Statistiken⁸⁹ geht hervor, dass diese in der Praxis am weitesten verbreitet sind. Insgesamt lässt sich, in Anbetracht der Anwendungsfälle, über Wearables sagen, dass gerade die Möglichkeit zur eigenen Überwachung der Vitaldaten einen großen Nutzen mit sich bringt. Dies geschieht während der unterschiedlichen Phasen des Alltags, wie z.B. beim Sport, während des Schlafs oder um seinen Gesundheitszustand im Allgemeinen zu überprüfen. Direkte medizinische Anwendungsfälle von Wearables sind momentan noch nicht sehr verbreitet, bieten jedoch ein enormes Potenzial für die Zukunft. Ein Problem stellt hier die Sicherheit der Patientendaten dar, da IoT-Anwendungsfälle viele Angriffsmöglichkeiten besitzen.

Durch die ermittelten Anwendungsfälle wird deutlich, dass der hauptsächliche Nutzen von Wearables in der Analyse und Aufbereitung von Vitaldaten liegt. Eine hierfür benötigte Kernfunktion ist Data Analytics, um aus den erhobenen Daten für den Nutzer relevante Erkenntnisse zu gewinnen. Eine weitere benötigte Kernfunktion ist die Data Visualization, damit die gewonnenen Erkenntnisse für den Nutzer verständlich aufbereitet werden können. Nur so kann der Nutzer die Leistung des Anwendungsfalls auch entsprechend wahrnehmen und misst diesem einen Wert zu. Um den Mehrwert des Nutzers zu erhöhen, können mehrere verschiedene Anwendungen für einen Wearable erstellt werden. Dies macht die Kernfunktion Application Development ebenfalls wichtig für die Auswahl einer geeigneten IoT-Plattform.

4.2 Handlungsempfehlungen für das Anwendungsgebiet Smart Health

Im Smart Health Bereich konnten von der Fachliteratur acht Anwendungsfälle abgeleitet werden (siehe Tabelle 2: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Health). Diese Anwendungsfälle unterteilen sich in Hygieneüberwachung, Fußbodensensoren, Medikationsunterstützung, Bewegungsauswertung, Ambient Assisted Living, Home Rehabilitation Gym, Wearables und das Patiententracking.

⁸⁹ <https://de.statista.com/infografik/3364/wearable-absatzprognose/>, abgerufen am 30.06.2021

Quelle				Anwendungsfall							
Nr.	Autor	Art	Jahr	Hygiene- überwachung	Fußbodensensoren (Gewichtskontrolle)	Unterstützung Medikamentation	Bewegungs- auswertung	Ambient Assisted Living	Home Rehabili- tation Gym	Vitaldaten durch Wearables	Patienten- tracking
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X	X	X	X	X		X	X
2	Alliance for IoT Innovation	Studie	2015			X				X	
3	Andelfinger et al.	Buch	2016		X	X		X		X	
4	Ahmadi et al.	Artikel	2018	X				X		X	X
5	AbdulGhaffar et al.	Artikel	2019			X		X			
6	Stich et al.	Buch	2019			X					
7	Pfannstil et al.	Buch	2019				X	X	X	X	
8	Obermaier	Buch	2019				X				
9	Thorhau et al.	Buch	2020			X	X	X		X	
10	Jayashree et al.	Buch	2020			X				X	
11	Kaufmann et al.	Buch	2020			X				X	
12	Kadhim et al.	Artikel	2020				X	X		X	
13	Nasajpour et al.	Artikel	2020							X	X
Anzahl der Nennungen				2	2	8	5	7	1	10	3

Tabelle 2: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Health

Die Hygieneüberwachung kommt in Krankenhäusern zum Einsatz und kontrolliert die Einhaltung von Hygienevorschriften. Durch Kameras werden Tätigkeiten des Krankenhauspersonals, wie z.B. das Händewaschen gefilmt und ausgewertet. Fußbodensensoren können ohne großen Aufwand das Gewicht des Patienten in Echtzeit ermitteln und diese Daten digital weiterverarbeiten. Die Auswahl und Einnahme von Medikamenten kann ebenfalls durch IoT unterstützt werden. Entsprechende IoT-Geräte können die entsprechenden Medikamente in der richtigen Dosis zur Verfügung stellen und auch die Einnahme kontrollieren. Die Bewegungsauswertung beschäftigt sich mit der Analyse der Körperbewegung einer Person. Eine beeinträchtigte Körperbewegung kann Anzeichen für Krankheiten sein, bzw. durch die Feststellung dieser kann ein Behandlungsplan erstellt werden. Das IoT kann durch in der Umgebung angebrachte Sensoren die Bewegungen des Patienten aufnehmen und in manchen Fällen auch direkt auswerten.

Das Ambient Assisted Living steht für eine Vielzahl von Maßnahmen, bei denen gesundheitlich eingeschränkte oder ältere Menschen in ihrem täglichen Leben unterstützt werden. Zum Beispiel kann das Haus oder die Wohnung der Person mit Sensoren ausgestattet werden, welche einen Sturz feststellen und umgehend einen Krankenwagen oder den Pflegedienst kontaktieren. Das Home Rehabilitation Gym gibt Patienten die Möglichkeit Übungen zur Rehabilitation zuhause durchzuführen. Dazu werden Sensoren an den Körper angelegt oder vom Patienten bewegt und eine sofortige Korrektur und Auswertung der Bewegungsmuster kann stattfinden. Ein weiterer Anwendungsfall im Bereich von Smart Health sind die bereits im letzten Unterkapitel erwähnten Wearables. Am Körper angebracht, können diese von jedem Nutzer die Vitaldaten ermitteln und dadurch ein aktuelles Bild über den Gesundheitszustand liefern. Um eine Doppelbetrachtung zu vermeiden, wurden alle Fälle von Wearables in einem Anwendungsfall zusammengefasst. Ein letzter identifizierter Anwendungsfall ist das Patiententracking. Hier können durch Sensoren in einer Einrichtung oder an den Patienten die Aufenthaltsorte bestimmt werden. Dies ist vor allem bei Patienten mit einer Demenzerkrankung wichtig, da diese durch ihr fehlerhaftes Gedächtnis oft desorientiert sind.

Die häufigsten in der Fachliteratur erwähnten Anwendungsfälle im Bereich Smart Health sind definitiv Wearables, dicht gefolgt von Medikamentationsunterstützung und Ambient Assisted Living. Die Vorteile von Wearables, wie z.B. die Nähe zum Patienten, der geringe Preis und die bereits weite Verbreitung, liegen dabei klar auf der Hand. Auch die Medikamentationsunterstützung findet in der Praxis in vielen medizinischen Bereichen täglich statt

und ist ein teilweise repetitiver Prozess. Hier kann vor allem Kranken- und Pflegepersonal entlastet werden, sowie eine Qualitätssteigerung durch niedrigere Fehlerquoten erreicht werden. Das Ambient Assisted Living spielt ebenfalls in Zukunft eine größere Rolle, da es in vielen Industrieländern, wie z.B. Deutschland oder Japan, zu einer Überalterung der Bevölkerung kommt⁹⁰.

Der Kern vieler Anwendungsfälle im Bereich Smart Health ist die Analyse der Patientendaten, wodurch die Kernfunktion Data Analytics der Schwerpunkt in einer IoT-Plattform sein sollte. Mit Hilfe der Datenanalyse können Auffälligkeiten in Vitaldaten erkannt, sowie Daten zur KI-Bildererkennung von Medikamenten oder hilfebedürftigen Patienten genutzt werden. Kommt es im Verlauf der Anwendungsfälle zu dringenden Ereignissen, wie z.B. der Anforderung von medizinischem Personal, spielt der reibungslose Ablauf der Prozesse eine große Rolle. In diesem Sinne sollte die Kernfunktion Event Management ebenfalls in einer IoT-Plattform umgesetzt sein und entsprechende Funktionen bieten. Zusätzlich soll an diesem Punkt erwähnt werden, dass eine IoT-Plattform, welche zur Verarbeitung von Gesundheitsdaten verwendet wird, über eine besonderes ausgeprägte Information Security verfügen muss. Kommt es zum Verlust von Patientendaten oder dem Diebstahl dieser, kann die Compliance nicht mehr gewährleistet werden.

4.3 Smart Home

Das oft mit IoT in Verbindung gebrachte Thema Smart Home bietet viele Anwendungsfälle. Es konnten insgesamt 13 Anwendungsfälle identifiziert werden, welche in einer Wohnung, einem Haus oder einem Garten Nutzern einen Mehrwert liefern (siehe Tabelle 3: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Home). Diese sind IoT in Form von Beleuchtungen, automatisierte Fenster/Rollläden, Smart Meter, zentralen Steuerung der IoT-Geräte, Lautsprechern / Sprachassistenten, Haushaltsgeräten, Schaltern/Steckern, Haushaltsroboter, Türschlössern, Alarmsystemen, Tür- und Fenstersensoren, Haus-Notrufsysteme und Elementarschutzsysteme.

Dabei sind die ersten drei Anwendungsfälle vorrangig auf eine Optimierung der Energiebilanz des Hauses ausgelegt. Abgesehen von Leuchtintensität und Farbe kann die Beleuchtung als IoT auch individuell auf das Nutzerverhalten eingestellt werden, und somit den Energiebedarf senken.

⁹⁰ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1365/umfrage/bevoelkerung-deutschlands-nach-altersgruppen/>, abgerufen am 01.07.2021

Quelle				Anwendungsfall												
Nr.	Autor	Art	Jahr	Beleuchtung	automatisierte Fenster / Rollläden	Smart Meter	zentrale Steuerung d. Geräte	Lautsprecher / Sprachassistent	Haushaltsgeräte	Schalter / Stecker	Haushaltsroboter	Türschloss	Alarmsystem	Tür- & Fenstersensoren	Haus-Notrufsystem	Elementarschutzsystem
1	Andelfinger et al.	Buch	2015		X	X	X		X	X			X	X		
2	Park et al.	Artikel	2017	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Deloitte	Studie	2018	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Ohland	Artikel	2018	X	X	X	X	X		X			X	X		
5	Wisser et al.	Buch	2018	X	X	X	X		X				X			
6	Keuper et al.	Buch	2018						X		X					
7	Bök et al.	Buch	2020	X	X					X		X				
8	Kaufmann et al.	Buch	2020			X		X	X				X			
9	Cheruvu et al.	Buch	2020	X			X							X		
10	Akhilesh et al.	Buch	2020		X			X		X		X	X	X		
11	bitkom	Studie	2020	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	
12	Pohlmann	Artikel	2021	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anzahl der Nennungen				8	8	8	6	7	8	8	5	6	9	7	4	2

Tabelle 3: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Home

Automatisch verschließende Fenster und Rollläden können an wärmeren Tagen ein unnötiges Aufheizen des Hauses verhindern. Auch zur Auswertung der benötigten Ressourcen, wie Wasser, Strom und Wärme, kann IoT in Form von Smart Metern bereitgestellt werden.

Die nächsten fünf Anwendungsfälle sollen den Komfort der Bewohner steigern. Im Smart Home befindliche IoT-Geräte können von einer zentralen Einheit überwacht und gesteuert werden. An dieser zentralen Steuerung kann man zum Beispiel den Status der einzelnen Geräte prüfen, die gewünschten Aktivitätszeiten von Robotern festlegen oder sich die Energiebilanz des Hauses über einen gewissen Zeitraum einsehen. Zur einfacheren Steuerung der IoT-Geräte kann ein Sprachassistent wie z.B. Amazons Alexa oder Apples Siri genutzt werden. Durch die zentrale Platzierung eines Smart Speaker kann jeder Bewohner des Hauses diese Möglichkeit nutzen. Auch sonstige Haushaltsgeräte können ein Teil des IoT werden. Abgesehen von Smarten Zahnbürsten, Kühlschränken, Spiegeln, Bügelbrettern und Waschmaschinen gibt es noch zahlreiche weitere smarte Haushaltsgeräte. Geräte, welche noch keine direkte Anbindung an das IoT besitzen, können durch Smarte Schalter bzw. Stecker zumindest ansatzweise integriert werden. Ein Anwendungsfall, welcher in der Realität immer häufiger anzutreffen ist, sind Haushaltsroboter. Diese können als Saug-/Wischroboter die Fußböden des Hauses reinigen, oder als Rasenmäroboter für eine einheitliche Wuchshöhe des Rasens sorgen.

Die letzten fünf Anwendungsfälle dienen der Sicherheit der Bewohner und deren Eigentums. Die Haustür kann durch passende biometrische Daten oder eine App geöffnet werden und es kann ebenfalls festgestellt werden, ob diese korrekt verschlossen ist. Eine Alarmanlage im Haus kann Veränderungen der in den Türen und Fenstern befindlichen Sensoren registrieren und im Falle eines Einbruchs die Polizei verständigen. Kommt es im Haus zu einem medizinischen Notfall, kann zusätzlich ein Notruf durch das Haus abgesetzt werden. Als letzter IoT-Anwendungsfall im Bereich Smart Home kann die Absicherung vor Elementarschäden genannt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung internetfähiger Rauchmelder, welche nicht nur ein akustisches Signal an Bewohner geben, sondern den Notfall auch nach außen melden.

Die Häufigkeit der Nennungen der Anwendungsfälle in der Fachliteratur ist relativ ausgeglichen. Am häufigsten wurde die Verwendung eines Alarmsystems erwähnt, welches IoT nutzt. In annähernd gleicher Anzahl waren die Anwendungsfällen Beleuchtungen, automatisierte Fenster / Rollläden, Smart Meter, Haushaltsgeräten und Schaltern bzw. Steckern

vertreten. Es gibt also keinen einzelnen Anwendungsfall, welcher besonders oft in der Fachliteratur vorkommt.

Durch die vielen unterschiedlichen Geräte und Hersteller sind die Kernfunktionen Device Connectivity und Device Management im Bereich Smart Home sehr wichtig. Eine IoT-Plattform sollte viele Möglichkeiten zur Anbindung neuer IoT-Geräte bieten, was durch die Verwendung möglichst vieler Kommunikationsprotokolle ermöglicht werden kann. Darüber hinaus müssen neue IoT-Geräte schnell im Smart Home registriert werden können, sowie eine ständige Updatemöglichkeit für bestehende IoT-Geräte vorhanden sein. Erst die Vernetzung aller vorhandenen Anwendungsfälle schafft ein wirkliches Gefühl eines voll umfänglichen Smart Homes. Eine weitere wichtige Kernfunktion einer IoT-Plattform in diesem Bereich ist die Data Visualization, durch die Kennzahlen für den Ressourcenverbrauch des Hauses ersichtlich sind und Schwellwerte, z.B. für die Raumtemperatur, leichter abgeleitet werden können. Zudem können Fehlfunktionen in IoT-Geräten hier durch abweichende Werte identifiziert werden.

4.4 Smart Energy

Es konnten insgesamt sechs Anwendungsfälle im Bereich Smart Energy identifiziert werden (siehe Tabelle 4: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Energy). Laut Fachliteratur sind diese: Smart Meter, die Netzüberwachung, smarte Ladesäulen für E-Fahrzeuge, smarte Stromspeicher, die Steuerung dezentraler Energieeinspeisung und ein Monitoring der Umweltfaktoren.

Smart Meter können zusätzlich zum Einsatz im Smart Home Bereich zur Beobachtung des eigenen Verbrauchs auch im Bereich Smart Energy genutzt werden. Das Smart Meter gibt Aufschluss über den Stromverbrauch des jeweiligen dahinterliegenden Haushalts. Von diesem Stromverbrauch kann ein aktueller Bedarf abgeleitet werden, was der Netzbetreiber nutzen kann, um Lastspitzen zu gewissen Tageszeiten zu identifizieren. Durch den Einsatz von Sensoren in Hochspannungsleitungen oder Knotenpunkten von Netzabschnitten, kann das gesamte Stromnetz überwacht werden. So können Veränderungen im Netz, z.B. durch den Ausfall bestimmter Komponenten, schnell erkannt werden und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Die in Zukunft immer wichtiger werdenden Ladesäulen für Elektrofahrzeuge können ebenfalls mit IoT ausgestattet und an das öffentliche Stromnetz angebunden werden. Es soll dem Nutzer sogar ermöglicht werden, seinen eigenen abgeschlossenen Stromtarif an jeder im Netz befindlichen Ladesäule zu nutzen.

Quelle				Anwendungsfall					
Nr.	Autor	Art	Jahr	Smart Meter	Netzüberwachung	smarte Ladesäulen	Smarte Stromspeicher	Steuerung dezentraler Energieeinspeisung	Monitoring von Umweltfaktoren
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X	X			X	
2	Linnhoff-Popien et al.	Buch	2015	X	X	X	X	X	
3	Lamers et al.	Artikel	2016	X	X		X	X	X
4	Kleineidam et al.	Artikel	2016	X	X			X	
5	Sharma	Artikel	2018	X	X				
6	Neugebauer	Buch	2018	X	X	X	X	X	
7	Osterhage	Buch	2019	X	X			X	
8	Muhanji et al.	Buch	2019	X	X		X	X	X
9	Daniotti et al.	Buch	2020	X	X		X	X	
10	Jayashree et al.	Buch	2020	X	X			X	X
11	Akhilesch et al.	Buch	2020	X	X			X	X
Anzahl der Nennungen				11	11	2	5	10	4

Tabelle 4: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Energy

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Verwendung von smarten Stromspeichern. Diese können in das Smart Home integriert werden und den durch z.B. Photovoltaikanlagen generierten Strom speichern, um ihn später im Haushalt zu nutzen. Ein weiterer Anwendungsfall, der sich aus der Nutzung regenerativer Energien bedingt, ist die Steuerung dezentraler Einspeisungen in das Stromnetz. Der Netzbetreiber muss wissen, an welchen Punkten welche Menge an Strom in das Netz hinzugeführt wird, um dem entsprechend zu reagieren. Da Generierung von Energie von privaten Haushalten bis hin zu Solar- und Windparks betrieben wird und zu den jeweiligen Tageszeiten stark schwankt, ist dieser Anwendungsfall umso wichtiger.

Ein ebenfalls durch regenerative Energien benötigter Anwendungsfall ist das präventive Monitoring von Umweltfaktoren, wie z.B. der Intensität der Sonneneinstrahlung und der Windstärke. Auf diese Weise kann ein Netzbetreiber bereits vor dem Einspeisen wahrnehmen, wann und wie viel neuer Strom dem Netz zugeführt wird.

Die Anwendungsfälle Smart Meter und Netzüberwachung wurden am häufigsten in der Fachliteratur genannt. Smart Meter bieten aufgrund der leichten Umbaumaßnahmen eine gute Möglichkeit die Stromnutzung von Abnehmern digital zu messen. Weiterhin kann durch die gewonnenen Daten das Nutzungsverhalten abgeleitet werden, wodurch die Nachfrage besser abzuschätzen ist. Die Netzüberwachung durch IoT bietet die Möglichkeit, das gesamte Netz mit relativ wenigen Ressourcen und sogar dezentral zu kontrollieren. Dies stellt enorme Einsparpotenziale für die Netzbetreiber dar und führt zu einer Qualitätsverbesserung für den Kunden, da sich die Zahl der Stromausfälle dadurch reduzieren lässt. Ein weiterer häufig genannter Anwendungsfall ist die Steuerung von dezentralen Energieeinspeisungen. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass Strom aus vor allem regenerativen Quellen besser in das Netz eingespeist werden kann und im Gegenzug andere Stromerzeugungskapazitäten reduziert werden können.

Die identifizierten Anwendungsfälle lassen darauf schließen, dass eine IoT-Plattform im Bereich Smart Energy über ein gut ausgeprägtes Device Management als Kernfunktion verfügen sollte. Zum einen werden Smart Meter im Zuge der Modernisierung und dem Neubau von Gebäuden verstärkt eingesetzt, was für eine weitere Zunahme spricht. Zum anderen müssen Sensoren zur Netzüberwachung in weitreichenden Stromnetzen verteilt werden, damit ein Monitoring von Abschnitten bzw. wichtigen Komponenten stattfinden kann. Die Anzahl der für beide Anwendungsfälle benötigten IoT-Geräte, allein für Deutschland, dürfte in die Millionen gehen. Um dieser Problematik entgegenzutreten, sollte ein umfangreiches

Device Management in einer IoT-Plattform gegeben sein. Eine weitere wichtige Kernfunktion in diesem Bereich ist das Event Management, da dieses für die Netzüberwachung, sowie die Steuerung dezentraler Energieeinspeisungen benötigt wird. Der Ausfall von Netzkomponenten und die Einspeisung großer Strommengen, sind beides Ereignisse, welche eine schnelle Reaktion benötigen. Für die Anwendungsfälle Smart Meter und für die Netzüberwachung ist ebenfalls die Kernfunktion Data Analytics nötig. Nur durch diese Analyseverfahren ist es möglich, das Nutzungsverhalten der Kunden auszuwerten und die benötigte Strommenge bereit zu stellen. Weiterhin kann die Predictive Analytics die ermittelten Sensordaten nutzen, um Ausfallwahrscheinlichkeiten bereits im Vorfeld zu bestimmen.

4.5 Smart Farming

Im Anwendungsgebiet Smart Farming wurden in der ausgewählten Fachliteratur acht Anwendungsfälle ermittelt (siehe Tabelle 5: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Farming). Diese Anwendungsfälle sind: Nutztiermonitoring, Agrarroboter bzw. -drohnen, Wassermanagement, Bodenmanagement, Nutzpflanzenmonitoring, Schädlings- bzw. Krankheitskontrolle, smarte Gewächshäuser und das Landmaschinentracking. Bis auf das Nutztiermonitoring, konzentrieren sich die meisten Anwendungsfälle auf den Anbau, die Pflege und das Ernten von Nutzpflanzen.

Beim Monitoring von Nutztieren werden Tiere mit Kameras oder sonstigen Sensoren aufgenommen und ihr Verhalten analysiert. So kann festgestellt werden, ob Tiere richtig genährt wurden oder ob sie an Krankheiten leiden. Mit diesen Informationen kann das Futter entsprechend angepasst werden, oder kranke Tiere aus dem Bestand entnommen werden. Die Nutzung von Agrarrobotern bzw. -drohnen gestaltet sich vielseitig. Roboter können zur Aussaat, Bewässerung, Kontrolle und Ernte von Nutzpflanzen verwendet werden und bieten noch zahlreiche weitere Einsatzmöglichkeiten. Drohnen hingegen eignen sich sehr gut dafür, den Zustand von größeren Feldabschnitten zu kontrollieren. Dabei können sie anhand der Verfärbung der Pflanzen Rückschlüsse auf den Wassergehalt des Bodens schließen, bzw. den Reifegrad der Pflanzen bestimmen. Die Entwicklung ist mittlerweile so weit, dass Drohnen einzelne kranke Blätter oder auch Schädlinge im Vorbeiflug wahrnehmen können.

Der Anwendungsfall Wassermanagement beinhaltet den Einsatz von Flüssigkeitssensoren, welche im Boden verbracht, wichtige Informationen über die Menge und die Qualität des Wassers liefern.

Quelle				Anwendungsfall							
Nr.	Autor	Art	Jahr	Nutztier- monitoring	Agrarroboter / -dronen	Wasser- management	Boden- Management	Nutzpflanzen- monitoring	Schädlings- / Krankheits- kontrolle	Smartes Gewächshaus	Landmaschinen- tracking
1	Wendzel	Buch	2018	X	X	X		X		X	X
2	Abdel-Basset et al.	Artikel	2018			X	X	X	X		
3	Agrawal et al.	Artikel	2020		X	X	X				
4	Kim et al.	Artikel	2020	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Raju et al.	Artikel	2020		X	X	X	X	X	X	
6	Frenz	Buch	2020	X	X		X	X	X		X
7	Wennker	Buch	2020	X	X			X	X	X	
8	Akhilesh et al.	Buch	2020	X		X	X	X	X		
9	Das et al.	Buch	2020	X	X	X	X	X	X	X	
10	Al-Qurabat et al.	Artikel	2021			X	X		X		
11	Meinhardt et al.	Buch	2021			X	X	X			X
Anzahl der Nennungen				6	7	9	9	9	8	5	4

Tabelle 5: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Farming

Dadurch kann die Bewässerung auf dem jeweiligen Abschnitt angepasst werden, wodurch entweder weniger Wasser benötigt wird oder die Pflanzen vor dem Vertrocknen bewahrt werden. Durch das Messen der Wasserqualität kann zusätzlich eine Überdüngung festgestellt werden. In einem nächsten Schritt erfolgt die genaue Wässerung der Abschnitte, durch die Nutzung von Aktuatoren. Im Gegensatz zum Wassermanagement geht es beim Bodenmanagement um die Überwachung und Anpassung von Abschnitten des Agrarbodens. Es kann hierdurch sichergestellt werden, dass der Boden die richtige Kombination aus Mineralien und anderen Bestandteilen aufweist, die die jeweilige Pflanzenart benötigt. Der Anwendungsfall des Nutzpflanzenmonitorings beschäftigt sich, vom Zeitpunkt des Pflanzens an bis zur Ernte, mit der Kontrolle von Nutzpflanzen. Hier können nicht nur Faktoren wie die Wuchshöhe berücksichtigt werden, sondern auch Form und Farbe der Pflanzen in den jeweiligen Abschnitten. Die technische Umsetzung kann durch Kameras oder andere Sensoren erfolgen.

Ein weiterer Anwendungsfall im Smart Farming ist die Schädlings- und Krankheitskontrolle von Nutzpflanzen. Hier kann zum einen durch Wärmebild- bzw. Nachtsichtkameras oder einfache Bewegungsmelder ermittelt werden, in welchem Abschnitt es zum Befall mit Schädlingen gekommen ist. Es können ebenfalls durch Kameras Krankheiten der Nutzpflanzen identifiziert werden, wodurch einer Verbreitung frühzeitig zuvorgekommen werden kann. Fast alle bisher genannten Anwendungsfälle können in einem Smarten Gewächshaus kombiniert werden, in dem zusätzlich noch das Klima durch IoT-Geräte kontrolliert wird. Durch den Einsatz dieses Smarten Gewächshauses kann eine für die Nutzpflanzen nahezu ideale Umgebung geschaffen werden und dies unabhängig von den außerhalb herrschenden Klima- und Wetterbedingungen. Ein weiterer Anwendungsfall ist das Tracking von Landmaschinen, bei dem die Position von Fahrzeugen und Maschinen mithilfe von IoT-Geräten bestimmt wird.

Die in der Fachliteratur am häufigsten vertretenen Anwendungsfälle sind das Wasser- sowie Bodenmanagement und das Nutzpflanzenmonitoring. Der Fokus des IoT im Agrarbereich liegt also auf der Aufnahme der aktuellen Zustände von Feldabschnitten und der darauf befindlichen Nutzpflanzen. Die Ziele des Smart Farmings sind also die durch die IoT-Sensoren gewonnenen Daten für die Optimierung des Pflanzenwachstums zu verwenden, den Ressourceneinsatz zu reduzieren und die Umwelt weniger zu belasten.

Für die Auswahl einer für das Smart Farming geeigneten IoT-Plattform sollte definitiv die Verteilung der IoT-Geräte über einen großen Raum berücksichtigt werden. Aus diesem

Grund ist die wahrscheinlich wichtigste Kernfunktion die Device Connectivity, da diese verschiedene Kommunikationsprotokolle für weite Entfernung, wie z.B. LoRaWAN oder 5G, beinhaltet. Eine weitere Möglichkeit, die die Device Connectivity bietet, ist die Verwendung von Edge Processing bzw. Computing. Einzelne IoT-Geräte könnten für Edge Processing genutzt werden, und die von den Feldsensoren übermittelten Daten aufzubereiten. Um die durch die Sensoren ermittelten Daten auch auswerten zu können wird die Kernfunktion der Data Visualization benötigt. Auf diese Weise kann die Über- oder Unterschreitung wichtiger KPIs, wie z.B. dem Wassergehalt des Bodens, besser für Nutzer sichtbar gemacht werden. Weiterhin sollten die Daten auf digitale Karten übertragen werden, was dem Nutzer das Auffinden des Feldabschnitts erleichtert. Eine weitere wichtige Kernfunktion, welche für den Anwendungsfall Nutzpflanzenmonitoring benötigt wird, ist die Data Analytics. Diese Kernfunktion beinhaltet das machine learning und künstliche Intelligenz, welche für die Auswertung des Bildmaterials der Pflanzen benötigt werden. Erst durch diese Funktionen kann entschieden werden, ob es sich um ein Bild einer gesund wachsenden Pflanze handelt oder ob einige Faktoren nicht optimal sind.

4.6 Smart Vehicle

Im Bereich Smart Vehicle konnten insgesamt neun IoT-Anwendungsfälle in der Fachliteratur identifiziert werden (siehe Tabelle 6: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Vehicle). Dabei wird das IoT in den Anwendungen: Fahrzeug zu Fahrzeugkommunikation, Steuerung des Batterieladungsvorgangs, automatischer Konvoi, Umgebungswahrnehmung, Fahrzeugstatusabfrage, Fahrzeugtracking, Nutzung von Wearables, Remote Zentralverriegelungssteuerung und Echtzeitverkehrsinformationen genutzt.

Die Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug (V2V) beschäftigt sich mit dem Datenaustausch zwischen Fahrzeugen im Straßenverkehr. Dadurch können Informationen über die Umgebung und andere Verkehrsteilnehmer übermittelt werden, die der Fahrer in seiner Position nicht wahrnehmen kann. Ein Anwendungsfall, welcher sich direkt auf Elektrofahrzeuge konzentriert, ist die Steuerung des Batterieladevorgangs. Dem Nutzer werden nicht nur alle freien Ladesäulen in seiner Umgebung gezeigt, sondern er kann auch mit dem Smartphone den Ladevorgang überwachen und steuern. Ein weiterer Anwendungsfall ist die automatische Bildung von Konvois. Hier kann zum Beispiel auf der Autobahn das Folgen eines anderen Fahrzeugs, wie z.B. eines LKWs, automatisch durchgeführt werden. Abstand und Geschwindigkeit werden dabei genau an das vordere Fahrzeug angepasst.

Quelle				Anwendungsfall								
Nr.	Autor	Art	Jahr	Fahrzeug zu Fahrzeug-kommunikation	Steuerung Batterie-ladung	automatischer Konvoi	Umgebungs-wahrnehmung	Fahrzeug-statusabfrage	Fahrzeug-tracking	Wearables-nutzung	Remote Zentral-verriegelungs-steuerung	Echtzeit-verkehrs-informationen
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X		X	X		X			
2	Winkelhake	Buch	2017				X	X	X	X		X
3	Strous et al.	Buch	2019	X	X		X	X	X	X	X	X
4	Valdya et al.	Artikel	2019	X	X	X	X	X	X			X
5	Dashora et al.	Artikel	2019	X			X		X			X
6	Flügge	Buch	2020	X			X	X		X		X
7	Akhilesh et al.	Buch	2020	X		X	X	X				X
8	Echtzeit 2020	Buch	2020	X				X				
9	Ravikumar et al.	Artikel	2020	X			X	X				X
10	Kavitha et al.	Artikel	2020	X			X	X				X
11	Alshdadi	Artikel	2021	X			X	X		X		X
12	Liu et al.	Artikel	2021		X		X					X
Anzahl der Nennungen				10	3	3	11	9	5	4	1	10

Tabelle 6: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart Vehicle

Die Vorteile dieses Anwendungsfalls sind ein besserer Fahrkomfort, eine erhöhte Verkehrssicherheit und weniger Verbrauch, sowie Verschleiß. Weiterhin können durch automatisierte Konvois niedrigere Abstände zwischen den Fahrzeugen realisiert werden, was die Bildung von Staus verhindern kann.

Um Unfälle zu verhindern, können Sensoren am Fahrzeug oder im Fahrbahnbereich angebracht werden, welche die Umgebungswahrnehmung des Fahrers verbessern. Dies kann in Form einer Kamera sein, die mit Hilfe von künstlicher Intelligenz Fußgänger und ihre Bewegungsrichtung erkennen kann. Ein weiteres Beispiel ist die Übermittlung von Fahrbahneigenschaften, wie z.B. Glatteis oder Regenwasser, damit der Fahrer auf diese Umstände aufmerksam gemacht wird. Die Fahrzeugstatusabfrage kann ebenfalls durch IoT-Sensoren umgesetzt werden. Teile, welche verschleifen können oder für die Sicherheit der Fahrzeuginsassen wichtig sind, können in Echtzeit überwacht werden. Der Fahrer wird somit immer über den Status seines Fahrzeugs informiert und kann diesen auch außerhalb des Fahrzeugs überprüfen.

Zur Standortbestimmung des Fahrzeugs, ob für die Navigation oder zur Wiederauffindung, kann das Fahrzeug durch das IoT getrackt (zu Deutsch: verfolgt) werden. Dabei wird hauptsächlich auf das Global Positioning System (GPS) zurückgegriffen, aber durch andere Übertragungstechniken, beispielsweise LoRaWAN oder 5G, kann dies auch an Orten geschehen, an denen GPS nur eingeschränkt möglich ist. Für Nutzer wird es in Zukunft auch wichtiger, die eigenen Wearables mit dem Fahrzeug zu verbinden. Beispielweise könnten Navigationsziele, Fahrzeugstandort oder der Ladezustand der Batterien über die Smartwatch abgefragt werden. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Steuerung der Zentralverriegelung des Fahrzeugs aus der Ferne (Remote). Nutzer könnten dadurch überprüfen, ob ihr Fahrzeug verschlossen ist, oder anderen Personen den Zugang ermöglichen, ohne selbst vor Ort zu sein. Durch das Vorhandensein vieler Sensoren im Fahrzeug und in Straßennähe, können Verkehrsinformationen in Echtzeit ermittelt werden. Dadurch kann die Navigation des Fahrzeugs auf aktuelle Daten zugreifen und somit verbessert werden.

Im Anwendungsgebiet Smart Vehicle gibt es eine besonders häufige Nennung der Anwendungsfälle Umgebungswahrnehmung, Fahrzeug zu Fahrzeugkommunikation, sowie der Echtzeitverkehrsinformationen und Fahrzeugstatusabfrage. All diese Anwendungsfälle, mit Ausnahme der Echtzeitverkehrsüberwachung, konzentrieren sich dabei auf die Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr. Die Echtzeitverkehrsinformationen bieten neben den genannten Vorteilen auch Daten für die Verwendung in einer Smart City mit intelligenter

Verkehrsflusssteuerung und werden deshalb in der Fachliteratur häufig genannt. Der Kern dieser Anwendungsfälle sind die Schnittstellen zu den im Fahrzeug oder in der Umgebung verbauten Sensoren, die von vielen verschiedenen Herstellern produziert werden.

Für die Auswahl einer IoT-Plattform für das Anwendungsgebiet Smart Vehicle sind die hohen Datenmengen zu berücksichtigen, welche aus den unterschiedlichsten Quellen stammen können. Hierfür bietet sich die Kernfunktion Data Transformation an, da durch diese die ermittelten Daten aufbereitet und normalisiert werden können, um sie weiter zu verarbeiten. Weiterhin bedingen die unterschiedlichen IoT-Sensoren die Möglichkeit zur Anbindung von vielen verschiedenen Geräten. Dies kann durch die Kernfunktion Device Connectivity realisiert werden, da diese Device Adapters und verschiedene Kommunikationsprotokolle beinhaltet. Ebenfalls von Bedeutung ist die Kernfunktion der Data Analytics, da viele Anwendungsfälle die Nutzung von künstlicher Intelligenz und Machine Learning voraussetzen, wie z.B. bei der Identifikation eines Passanten auf der Fahrbahn.

4.7 Umwelt

Es konnten im Anwendungsbereich Umwelt insgesamt acht IoT-Anwendungsfälle identifiziert werden (siehe Tabelle 7: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Umwelt). Diese sind das Luftmonitoring, Wassermonitoring, Temperaturmonitoring, Atmosphärenmonitoring, Bodenmonitoring, Lärmmonitoring, Naturkatastrophenwarnung und das Wildtiertracking.

Das Luftmonitoring umfasst die Überwachung der in der Umgebungsluft enthaltenen Gase. Dabei geht es darum, die Zusammensetzung und den Anteil der Gase wie z.B. Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid und Stickoxiden zu kontrollieren. Auf diese Weise können Abgaswerte oder generell die Qualität der Atemluft bestimmt werden. Das Wassermonitoring überwacht hingegen die Zusammensetzung des Wassers und die Einhaltung der Grenzwerte, gerade im Hinblick auf die Kontrolle von Trinkwasser. Weiterhin können IoT-Sensoren in Meeren oder Ozeanen eingesetzt werden, um Veränderungen der Wasserbedingungen, wie z.B. dem Salzgehalt, zu registrieren.

Die Nutzung des IoT zur Überwachung der Temperatur ist ebenfalls ein Anwendungsfall, welcher die Umwelt betrifft. Besonders in den letzten Jahren wird das Thema Klimawandel immer näher in den Fokus gerückt und weitere Nachweise von wissenschaftlichen Daten werden unumgänglich. Das Atmosphärenmonitoring beschäftigt sich mit der Zusammensetzung der Erdatmosphäre, in Bezug auf UV-Strahlung und Feinstaubemissionen.

Quelle				Anwendungsfall							
Nr.	Autor	Art	Jahr	Luft- monitoring	Wasser- monitoring	Temperatur- überwachung	Atmosphären- monitoring	Boden- monitoring	Lärm- monitoring	Naturkatastrophen- warnung	Wildtier- tracking
1	Alliance for IoT Innovation	Studie	2015	X	X	X	X	X	X	X	
2	Kim et al.	Artikel	2017	X		X	X				
3	Parameswari et al.	Artikel	2017		X						
4	Malche et al.	Artikel	2019	X	X	X	X	X	X		
5	Dutta et al.	Artikel	2019	X							
6	Strous et al.	Buch	2019		X						
7	Kaur et al.	Artikel	2019	X	X	X				X	
8	Subhashini et al.	Artikel	2019	X							
9	Dhanwani et al.	Artikel	2021	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Purkayastha et al.	Artikel	2021	X		X					
11	Khosravy et al.	Artikel	2021		X						X
Anzahl der Nennungen				8	7	6	4	3	3	3	2

Tabelle 7: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Umwelt

Zu berücksichtigen ist hierbei, dass keine punktuellen Messungen erfolgen, sondern die gesamte Erdatmosphäre überwacht wird.

Der Anwendungsfall des Bodenmonitorings umfasst die Überwachung der Bodenwerte, bezogen auf die chemische Zusammensetzung. Ähnlich wie im Kapitel Smart Farming können hierdurch Verunreinigungen des Erdreichs, Sauerstoff- und Wassergehalt festgestellt werden. Ein vor allem im urbanen Bereich immer wichtiger werdender Anwendungsfall des IoT ist das Lärmmonitoring. Da Lärm bei Menschen und Tieren gesundheitliche Schäden verursachen kann, wird durch das Beseitigen oder Minimieren von Lärm eine erhöhte Lebensqualität hergestellt.

Das IoT kann auch zur Warnung vor Naturkatastrophen, wie Waldbränden, Erdbeben oder Tsunamis, verwendet werden. Durch die Verteilung von zahlreichen Sensoren auf das zu überwachende Gebiet, steigt die Anzahl an Umweltdaten und dadurch auch die Reaktionsgeschwindigkeit. Ein weiterer IoT-Anwendungsfall in diesem Bereich ist das Wildtiertracking von Land- oder auch Meerestieren. Es können einzelne Tiere oder ganze Gruppen überwacht werden und aus ihrem Verhalten können Rückschlüsse auf die Veränderungen ihrer Lebensräume gezogen werden.

Die laut Fachliteratur am häufigsten genannten IoT-Anwendungsfälle im Bereich Umwelt sind das Luft- und Wassermonitoring, sowie die Temperaturüberwachung. Die Gemeinsamkeit der Anwendungsfälle ist die räumliche Verteilung von IoT-Geräten über größere Gebiete, was wiederum eine Herausforderung in Bezug auf die Anbindung darstellt. Je nach Reichweite der eingesetzten Sensoren, müsste auch die Anzahl der IoT-Geräte erhöht werden, um eine flächendeckende Absicherung zu gewährleisten. Die erhobenen Daten selbst werden vorrangig genutzt, um zu überprüfen, ob gewisse Schwellwerte nicht über- oder unterschritten wurden. Der Nachweis der Werte, welche über einen bestimmten Zeitraum hinweg ermittelt wurden, ist wichtig, um z.B. nachzuvollziehen, wann es genau zu einer Veränderung kam.

Zur Auswahl einer IoT-Plattform für den Bereich Umwelt kann gesagt werden, dass die Kernfunktion Device Connectivity sehr ausgeprägt sein sollte. Zum einen befinden sich die IoT-Geräte weit voneinander entfernt, was eine Verbindung erschwert. Es sollten hier Netzwerkprotokolle verwendet werden, die auch auf größere Entfernung störungsfrei funktionieren. Durch die zahlreichen IoT-Geräte wird auch die Kernfunktion Device Management relevant. Ausfälle bei einzelnen IoT-Geräten sind nicht unwahrscheinlich, was durch das

Device Monitoring schnell erkannt werden kann. Zur Auswertung der ermittelten Daten bietet sich die Kernfunktion Data Visualization an. Mit dieser können Key Performance Indicators gut überwacht werden und die Übertragung der Daten auf digitale Karten gibt schnell Aufschluss darüber, an welchem Ort genau eine Änderung aufgetreten ist.

4.8 Produktion

Im Bereich Produktion wurden, innerhalb der Fachliteratur insgesamt 8 Anwendungsfälle identifiziert (siehe Tabelle 8: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Produktion). Bei diesen handelt es sich um Predictive Maintenance, Remote Anlagenüberwachung und -steuerung, Smarte Produkte, Industrieroboter, die Vernetzung der Produktionssysteme, automatisierte Alarmierungen, die Optimierung der Produktionsprozesse und die Nutzung eines Energiemanagements im Produktionsumfeld.

Die Nutzung von IoT zur Predictive Maintenance erlaubt es Produktionsmaschinen nicht mehr nur bei Ausfall oder in regelmäßigen Intervallen zu warten, sondern immer nur dann eine Wartung vorzunehmen, wenn die Maschine kurz vor einem Ausfall steht. Auf diese Weise wird die Ausfallzeit reduziert und die Lebensdauer der Maschine steigt. Der Einsatz von IoT in der Produktion erlaubt darüber hinaus eine Remote Anlagenüberwachung und -steuerung, wodurch diese bei mehreren Produktionsanlagen zentralisiert stattfinden kann. Abgesehen von den Produktionsanlagen werden auch die Produkte selbst zu IoT-Objekten gemacht und können dadurch über eine eigene Produktionshistorie verfügen. Die in den Produktionsanlagen verbauten Sensoren liefern wichtige Daten für Industrieroboter und erlauben, dass diese immer komplexere Arbeiten miteinander koordinieren können.

Durch die Vernetzung der verschiedenen Produktionssysteme können diese besser aufeinander abgestimmt werden und Leerläufen kann vorgebeugt werden. Kommt es in der Produktion zu einem Stillstand durch einen Defekt einer Maschine oder eine Ressourcenknappheit, kann ein automatisierter Alarm an einen zuständigen Mitarbeiter erfolgen, wodurch dieser Gegenmaßnahmen einleiten kann. Die Optimierung der Produktionsprozesse sorgt dafür, dass Überproduktion oder Produktionseinbrüche ausgeglichen werden, indem die Fertigungsreihenfolgen angepasst werden. Ein Energiemanagement sorgt für eine Reduzierung des Stromverbrauchs durch Abschaltung unnötiger Verbraucher.

Quelle				Anwendungsfall							
Nr.	Autor	Art	Jahr	Predictive Maintenance	Anlagen-überwachung / -steuerung	Smarte Produkte	Industrie-roboter	Vernetzung der Produktionssysteme	automatisierte Alarmierung	Optimierung Produktionsprozesse	Energie-management
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X	X	X	X	X	X		
2	PWC	Studie	2016		X		X	X			
3	Faunhofer ESK	White-paper	2016	X				X			X
4	Roland Berger	Studie	2017	X	X	X		X		X	
5	Keuper et al.	Buch	2018	X			X	X		X	
6	Jondral	Artikel	2019	X			X			X	
7	Meinhardt et al.	Buch	2019	X	X		X			X	
8	BöK et al.	Buch	2020		X			X			
9	Sinsel	Buch	2020	X	X	X	X	X	X	X	
10	Cheruvu et al.	Buch	2020	X			X	X			
11	Jayashree et al.	Buch	2020	X	X		X	X	X	X	
12	Akhilesh et al.	Buch	2020	X	X		X	X		X	X
13	Meinhardt et al.	Buch	2021	X		X		X	X	X	
Anzahl der Nennungen				11	8	4	9	11	4	8	2

Tabelle 8: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Produktion

Die am häufigsten genannten Anwendungsfälle waren die Vernetzung der Produktionssysteme und die Predictive Maintenance. Die Vernetzung der Produktionssysteme ist ein zentraler Aspekt von Industrial IoT, wodurch dieses Ergebnis nachvollziehbar ist. Die Predictive Maintenance bietet die ideale Chance IoT bereits mit begrenzten Mitteln schnell und effektiv in der Produktion einzusetzen. Andere häufig genannte Anwendungsfälle waren die bessere Koordinierung von Industrierobotern, die Remote Anlagenüberwachung und -steuerung, sowie die Optimierung der Produktionsprozesse.

Die wohl wichtigste Kernfunktion für eine IoT-Plattform im Bereich Produktion ist die Device Connectivity. Da es in vielen Produktionsunternehmen noch Maschinen gibt, welche mehrere Jahrzehnte alt sein können, ist es ratsam, möglichst viele Anbindungsmöglichkeiten zu schaffen. Je mehr Produktionsmaschinen durch das IoT vernetzt werden, desto größer ist auch die Möglichkeit, die Produktionsprozesse zu optimieren. Eine weitere nötige Kernfunktion ist die Data Analytics, da durch diese die Predictive Maintenance realisiert werden kann. Weiterhin muss die Produktionsanlage mit den vor- und nachgelagerten Informationssystemen, wie z.B. dem ERP oder dem CRM, verbunden werden. Die Kernfunktion Business Integration wird also ebenfalls dringend benötigt, um ein, nach heutigen Maßstäben, effizientes und effektives Produktionsunternehmen durch eine IoT-Plattform zu unterstützen.

4.9 Logistik

Das Anwendungsgebiet der Logistik bietet ebenfalls zahlreiche Möglichkeiten zur Verwendung des IoT. Anhand der Fachliteratur wurden acht Anwendungsfälle identifiziert, welche sich auf Lagerung, Kommissionierung, Transport und Zustellung von Waren beziehen (siehe Tabelle 9: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Logistik). Diese Anwendungsfälle sind Lagerbestandsmonitoring, Lagerverwaltungsoptimierung, der Einsatz von Laderobotern, smarte Förderbänder, Echtzeitüberwachung der Versandeinheiten, Fahrzeugtracking, Schnittstellen zu Herstellern und Kunden, sowie die Temperaturüberwachung der Ladung.

Das Monitoring der Lagerbestände kann durch IoT in Echtzeit erfolgen und liefert ein Gesamtbild der freien und genutzten Lagerkapazitäten. In einem nächsten Schritt können die aktuellen Lagerdaten in Verbindung mit Informationen über Zu- und Abgänge von Waren die Lagernutzung optimieren. Dadurch kann eine höhere Auslastung des Lagers erzielt werden, was zu einer höheren Rentabilität führt. IoT ist ebenfalls für die Verwendung von Laderobotern interessant, da hier die Roboter auf die ermittelten Umgebungsdaten und Lagerbestände zurückgreifen können.

Quelle				Anwendungsfälle							
Nr.	Autor	Art	Jahr	Lagerbestands- monitoring	Lager- verwaltungs- optimierung	Laderoboter (AGV)	Smarte Förder- bänder	Echtzeitüber- wachung der Versandeinheiten	Fahrzeug- tracking	Schnittstellen zu Herstellern / Kunden	Temperatur- überwachung der Ladung
1	Hausladen	Buch	2016	X	X			X		X	
2	Dietrich et al.	Artikel	2017					X	X	X	
3	Vogel-Heuser et al.	Buch	2017		X			X		X	
4	Zsifkovits et al.	Artikel	2019		X	X		X	X		
5	Schröder et al.	Buch	2019	X	X			X	X	X	
6	Jayashree et al.	Buch	2020	X				X		X	X
7	Voß	Buch	2020					X	X	X	X
8	Wehking	Buch	2020	X	X	X				X	
9	Chopra	Artikel	2020	X		X	X	X	X	X	X
10	Issaoul et al.	Artikel	2020	X		X		X	X		
11	Meinhardt et al.	Buch	2021	X	X			X			
Anzahl der Nennungen				7	6	4	1	10	6	8	3

Tabelle 9: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Logistik

Für den Zu- oder Abtransport in den Lagerbereich kann auf Smarte Förderbänder zurückgegriffen werden. Diese können die Waren kategorisieren und in den jeweiligen Zielbereich transportieren.

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Echtzeitüberwachung der Versandeinheiten, durch die Logistikunternehmen und Kunden immer den derzeitigen Status der Lieferung überprüfen können. Ein weniger granularer Ansatz der Nachverfolgung ist das Tracking der Transportfahrzeuge. Da meistens während der Kommissionierung und Beladung der Fahrzeuge die richtige Zuordnung der Waren sichergestellt wird, ist das Tracking eines gesamten Fahrzeugs wesentlich einfacher umzusetzen.

Ein Anwendungsfall, welcher über den herkömmlichen Logistikprozess hinausgeht, ist die Einrichtung von technischen Schnittstellen zu Herstellern bzw. Kunden. Dies ist schon in weiten Teilen durch den Einsatz von ERP-Systemen umgesetzt, kann aber durch Sensoren an den jeweiligen Positionen zu weniger Systembrüchen führen. Systembrüche können durch manuelle Tätigkeiten außerhalb des Systems, also an Mensch-Maschine-Schnittstellen, entstehen. Durch die Verwendung von IoT kommt es zu schnelleren und weniger fehleranfälligen Prozessen. Ein für verschiedene Industrien wichtiger Anwendungsfall ist die dauerhafte Temperaturüberwachung der Waren. Dies ist zum Beispiel für den Transport von Lebensmitteln, pharmazeutischen Produkten oder Organen sehr wichtig. Das IoT kann hier mithilfe von sehr kleinen Sensoren, nicht nur eine dauerhafte Überwachung bieten, sondern darüber hinaus die Temperaturdaten über das Internet an ein Überwachungsprogramm zur Auswertung senden.

Der in der ausgewählten Fachliteratur am häufigsten beschriebene Anwendungsfall ist die Echtzeitüberwachung der Versandeinheiten. Die Waren, egal an welchem Punkt sie sich befinden, sind in der Logistik die Objekte, welche im Zentrum der Tätigkeiten liegen. Es ist hier nur naheliegend, dass eine Aufnahme dieser in das IoT viele Vorteile mit sich bringt. Ein weiterer oft genannter Anwendungsfall ist die Schaffung von technischen Schnittstellen zu Herstellern und Kunden. Diese Schnittstellen können durch das IoT, wie bereits beschrieben, besser realisiert werden, als durch die momentan viel verwendeten Systeme, in welche manuelle Arbeitsschritte überführt werden müssen. Ebenfalls in der Fachliteratur oft genannt wurde das Monitoring der Lagerbestände. Die Aufnahme einer Lagerauslastung ist durch das IoT einfach umzusetzen und abgesehen von einer Entlastung der Arbeitskräfte können die Daten auch in Echtzeit erfasst werden. Dies bietet eine gute Grundlage zur effizienteren Lagernutzung.

In Bezug auf die Auswahl einer IoT-Plattform für den Logistikbereich kann festgehalten werden, dass das Device Management wohl die wichtigste Kernfunktion darstellt. Es gewährleistet das Device Monitoring und die Device Discovery, welche unter anderem für den Anwendungsfall der Echtzeitüberwachung von Versandeinheiten essenziell ist. Zur Einrichtung oder Verbesserung der Schnittstellen zu Herstellern und Kunden, sollte die Kernfunktion Business Integration ebenfalls in einer zutreffenden IoT-Plattform umgesetzt sein. Zum einen müssen Daten möglichst automatisch in ein ERP-System überführt werden und zum anderen ermöglicht die B2B Communication eine Datenübertragung über Unternehmensgrenzen hinweg. Als ebenfalls für den Logistikbereich relevante Kernfunktion kann das Event Management gesehen werden. Im Verlauf der verschiedenen Logistikprozesse kann es immer wieder zu Ereignissen kommen, die zu einer Verzögerung führen können. Diese Ereignisse können durch das Event-Management besser gesteuert bzw. verhindert werden.

4.10 Smart City

Der Bereich Smart City besitzt viele Schnittstellen zu anderen Anwendungsgebieten vom IoT. Anhand der Fachliteratur konnten zehn typische Anwendungsfälle identifiziert werden (siehe Tabelle 10: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart City). Diese Anwendungsfälle stellen das dynamische Verkehrsleitsystem, Smart Parking, Smart Mobility, intelligente Ladestationen, Smart Lighting, Umweltmonitoring, Wassermanagement, Abfallmanagement, Smart Education und die Überwachung öffentlicher Räume dar.

Ein dynamisches Verkehrsleitsystem reagiert auf die Auslastung des Straßensystems der Stadt und leitet Verkehrsteilnehmer auf Ausweichstrecken zum Ziel, damit Staus verhindert werden. Auf diese Weise wird zwar nicht die wahrscheinlich kürzeste Route zum Ziel genommen, aber der Verkehrsfluss bleibt erhalten. Viele Fahrzeuge im innerstädtischen Verkehr suchen nach Parkmöglichkeiten und belasten die Straßen dadurch zusätzlich. Abhilfe schafft hier das Smart Parking, bei dem durch in der Nähe der Stellfläche angebrachte IoT-Sensoren festgestellt werden kann, ob ein Parkplatz belegt ist. Freie Parkplätze können dann suchenden Autofahrern per App auf dem Smartphone oder direkt im Navigationssystem des Fahrzeugs angezeigt werden.

Zur Entlastung der Straßen trägt vor allem der öffentliche Personennahverkehr bei. Dieser kann durch Smart Mobility einen höheren Nutzungsgrad erfahren. Freie Kapazitäten in z.B. Straßenbahnen oder Bussen können durch Sensoren erfasst werden und so kann dem Nutzer eine zusammenhängende Route zum Zielort angeboten werden. Verkehrsteilnehmer mit

Quelle				Anwendungsfall									
Nr.	Autor	Art	Jahr	dynamisches Verkehrsleitsystem	Smart Parking	Smart Mobility	intelligente Ladestation	Smart Lightning	Umweltmonitoring	Wassermanagement	Abfall Management	Smart Education	Überwachung öffentlicher Räume
1	Andelfinger et al.	Buch	2015	X	X	X	X		X				
2	Meier et al.	Buch	2016	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Song et al.	Artikel	2017			X		X	X				
4	Hostettler et al.	Buch	2018	X		X			X		X		
5	Dutta et al.	Artikel	2018	X	X	X			X		X	X	
6	Ramesh et al.	Artikel	2020			X			X	X		X	X
7	Etezadzadeh	Buch	2020	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
8	Akhilesh et al.	Buch	2020	X		X		X	X	X	X	X	X
9	Ali et al.	Artikel	2020	X	X	X		X					X
10	Neelakandan et al.	Artikel	2021	X						X			
11	Ghanem et al.	Artikel	2021	X				X		X			
12	Estevez et al.	Buch	2021	X	X	X		X	X	X	X	X	
Anzahl der Nennungen				10	6	10	3	7	9	7	6	6	3

Tabelle 10: IoT-Anwendungsfälle im Bereich Smart City

Elektrofahrzeugen können durch das IoT Informationen zur nächsten Ladesäule erhalten und erfahren, ob diese gerade belegt ist.

Um in einer Smart City den Energiebedarf zu senken, kann ein Smart Lighting-System verwendet werden. Die Straßenbeleuchtung der Stadt kann durch Sensoren wahrnehmen, ob Passanten oder andere Verkehrsteilnehmer gerade den Straßenabschnitt nutzen und sich ansonsten selbst abschalten. Ein weiterer Anwendungsfall ist das Umweltmonitoring, bei dem Werte, von z.B. Temperatur und Luftbeschaffenheit, an bestimmten Messpunkten ermittelt werden. Auf diese Weise kann besonders in stark bewohnten urbanen Gebieten schnell festgestellt werden, ob alle Werte im akzeptablen Bereich sind. Das Wassermanagement der Stadt ist ebenfalls wichtig für die Umwelt. Durch die Nutzung von Smart Metern kann herausgefunden werden, an welchen Stellen es noch Optimierungspotenzial gibt.

Auch beim Thema Abfallmanagement kann IoT genutzt werden, um den Füllstand von Mülltonnen zu prüfen. Anhand dieser Füllstände können Routen für die Fahrzeuge der Müllabfuhr berechnet und somit entschieden werden wann und wo eine Entleerung der Tonnen stattfinden muss. Ein weiterer Anwendungsfall von IoT im Bereich Smart City ist die Smart Education. Hierbei wird Schülern oder Studenten die Möglichkeit gegeben ihren Lernstoff auch unterwegs oder zu Hause digital abzurufen. Das IoT kann hierbei zur Identitätsfeststellung der Person in den öffentlichen Verkehrsmitteln genutzt werden, worauf hin ihr dann das Lernmaterial zur Verfügung gestellt werden kann. Ein strittiger Anwendungsfall ist die Überwachung von öffentlichen Räumen. Hier kann mit Videokameras festgestellt werden, ob Straftaten oder andere Gesetzesverstöße begangen wurden. In Verbindung mit Programmen zur Gesichtserkennung kann es hierbei direkt zur Identifizierung kommen.

Die am häufigsten in der Fachliteratur zu findenden Anwendungsfälle sind dynamische Verkehrsleitsysteme, Smart Mobility und das Umweltmonitoring. Alle drei Anwendungsfälle setzen sich also direkt mit der Mobilität oder zum Teil indirekt mit den Auswirkungen auf die Umwelt auseinander. Die Sensoren sind beim Umweltmonitoring stationär. Im Falle eines dynamischen Verkehrsleitsystems sind diese IoT-Geräte zum Teil fest in der Infrastruktur verbaut, kommen aber zum Teil auch in den Fahrzeugen zum Einsatz. Beim Anwendungsfall Smart Mobility werden jedoch größtenteils IoT-Geräte in Fahrzeugen genutzt.

Für die Auswahl einer geeigneten IoT-Plattform im Bereich Smart City, sollten anhand der Anwendungsfälle die Kernfunktionen Device Management, Event Management und Data Analytics priorisiert werden. Das Device Management der IoT-Plattform sollte über

entsprechende Funktionen zur Device Discovery und dem Monitoring verfügen. Dies wird bedingt durch die große Anzahl an IoT-Geräten, welche stationär und mobil eingesetzt werden. Die Kernfunktion Event-Management wird vor allem für die Prozesse des dynamischen Verkehrsleitsystems benötigt. Hier kann genau festgelegt werden, ab wann und aufgrund welcher Ereignisse, wie z.B. Schwerlasttransporte, Verkehrsströme umgeleitet werden. Die Kernfunktion Data Analytics wird für die Anwendungsfälle dynamisches Verkehrsleitsystem und Smart Mobility benötigt. Die Real-time Analytics erlauben Rückschlüsse auf die Verkehrslage in Echtzeit, was für die Verkehrsstromsteuerung und die Wahl des richtigen Fahrzeugtyps von Bedeutung ist.

5. Handlungsempfehlungen im Hinblick auf sonstige Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit sonstigen Faktoren zur Auswahl geeigneter IoT-Plattformen. Diese sonstigen Faktoren können im weitesten Sinne als nichtfunktionale Anforderungen gesehen werden. Es sollen hierbei branchenübergreifende Handlungsempfehlungen gegeben werden, wobei diese recht allgemein formuliert wurden, um ihnen eine generelle Gültigkeit zu verleihen.

5.1 Kosten

Da sich der gesamte Nutzen von IoT-Anwendungsfällen in den meisten Fällen erst nach der Umsetzung zeigt, ist es anfangs schwierig einen Kostenrahmen festzulegen.⁹¹ Auf der anderen Seite lassen sich die Kosten, im Gegensatz zum Nutzen, besser quantifizieren. Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob eine am Markt vorhandene IoT-Plattform gewählt oder die Entwicklung einer eigenen IoT-Plattform angestrebt wird. Gerade im Hinblick auf KMU ist eine eigene Entwicklung aufgrund der hohen Investitionskosten zu Beginn nicht empfehlenswert. Zudem kann für die Infrastruktur von KMU das hohe Datenaufkommen durch das IoT zum Problem werden, was neue Investitionen bedingen würde.⁹²

Dem gegenüber stehen IoT-Plattformen, welche in den meisten Fällen über die Cloud zur Verfügung gestellt werden. In diesem Fall erfolgt häufig eine Abrechnung der Nutzung der Plattform durch die Anzahl der angebotenen Geräte und zur Verfügung gestellten Applikationen. In einigen wenigen Fällen können komplette IoT-Plattformlizenzen erworben werden, wodurch diese in die eigene IT-Infrastruktur integriert werden kann.

Auch nach der Anschaffung einer IoT-Plattform entstehen Kosten, wie z.B. für den Betrieb, die Wartung oder das Customizing, wodurch eine allumfassende Betrachtung der Total Cost of Ownership notwendig ist.⁹³ Es empfiehlt sich daher bereits vor der Anschaffung, die Total Cost of Ownership so genau wie möglich zu ermitteln und dem Nutzen der IoT-Anwendungsfälle gegenüberzustellen. Um den Nutzen der IoT-Plattform zu steigern, sollten zusätzliche IoT-Anwendungsfälle integriert werden, was eine gewisse Skalierbarkeit der Plattform voraussetzt.

⁹¹ Vgl. Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 45

⁹² Vgl. Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 88

⁹³ Vgl. Meinhardt / Wortmann, 2021, S. 83

5.2 Skalierbarkeit

Die Skalierbarkeit einer IoT-Plattform ist enorm wichtig für die Verwendung in den verschiedenen Branchen, da die große Anzahl an IoT-Geräten eine enorme Herausforderung darstellt. Diese IoT-Geräte können zu unterschiedlichen Tageszeiten ein unterschiedlich großes Datenaufkommen generieren. Der Anwendungsbereich Smart Vehicle benötigt skalierbare IoT-Plattformen⁹⁴, da sich zum Beispiel nicht genau sagen lässt, wie hoch das Verkehrsaufkommen zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort sein wird. Für solche Fälle sollte eine IoT-Plattform die Möglichkeit bieten, sich an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Es müssen nutzbare Ressourcen bezüglich der Rechenleistung und Infrastruktur verfügbar sein, um sich an eine steigende oder sinkende Anzahl an IoT-Geräten anzupassen. Zusätzlich müssen diese Anpassungen direkt im Betrieb erfolgen und das ohne Verbindungs- oder Datenverlust.

5.3 Cloud- oder On Premise-Lösung

Die Entscheidung zwischen Cloud- und On Premise-IoT-Plattformen ist wohl eine der wichtigsten, da sie entsprechende Auswirkungen auf die Eigenschaften der Plattform haben kann. Cloud-Plattformen erfordern weniger Aufwand in Bezug auf die Entwicklung und Implementierung und beinhalten Funktionen wie z.B. zur Anwendungsentwicklung und dem Monitoring.⁹⁵ Weiterhin bieten Cloud-Plattformen durch ihre Verteilung auf mehrere Rechenzentren eine höhere Skalierbarkeit und Hochverfügbarkeit. Der Einsatz von Cloud-Plattformen hat aber auch Nachteile. Zum einen besteht eine Abhängigkeit vom Plattformanbieter, die je nach IoT-Anwendungsfall kritisch sein kann. Zum anderen werden die ermittelten Daten komplett an die Cloud-Plattform, und somit über das Internet, übermittelt. Dadurch ergeben sich Bedenken in Bezug auf IT-Sicherheit und Datenschutz, da in einigen IoT-Anwendungsfällen auch personenbezogene Daten übermittelt werden.⁹⁶

Die On Premise-Lösung hat hingegen den Vorteil, dass die ermittelten Daten im Unternehmen bleiben. Zusätzlich kann ein Customizing der IoT-Plattform jeder Zeit stattfinden und es besteht keine Abhängigkeit von einem Plattformanbieter. Dafür sind die Kosten, vor allem für umfangreichere IoT-Plattformen erheblich größer und die Leistungsfähigkeit wird, aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Ressourcen, auf einem niedrigeren Niveau sein.

⁹⁴ Vgl. Akhilesh / Möller, 2020, S. 19f

⁹⁵ Vgl. Akhilesh / Möller, 2020, S. 11

⁹⁶ Vgl. Akhilesh / Möller, 2020, S. 45

6. Experteninterviews zur Beurteilung der Ergebnisse

Die Experteninterviews sollen zur Beurteilung der in der Literaturrecherche erarbeiteten Ergebnisse genutzt werden. Da die Themen des IoT und vor allem der IoT-Plattformen noch recht neu am Markt sind, ist es schwer, Experten in diesem Bereich zu finden, welche auch gewillt sind, an einem Experteninterview teilzunehmen. Dennoch konnten zwei Experten gefunden werden, die über mehrere Jahre Erfahrung mit dem IoT verfügen. In diesem Kapitel wurden die beiden Experteninterviews zusammengefasst.

Hubertus Storck, Senior Security Consultant

Das erste Interview fand mit Herrn Storck statt, welcher die Position eines Senior Security Consultant bei der Schneider Electric Systems Germany GmbH hat. Herr Storck arbeitet bereits seit 2014 an Themen wie der Industrie 4.0 und dem IIoT.

Herr Storck sah als zusätzlichen Anwendungsfall die Gebäudeautomatisierung, bei der durch das IoT Gebäudedaten zur Überwachung und Steuerung verwendet werden. Ein ähnlicher Anwendungsfall, auf den Herr Storck einging, ist die Überwachung der Energieverteilung, was gleichzusetzen ist mit dem bereits ermittelten Anwendungsfall Energiemanagement. Weiterhin erwähnte Herr Storck die Industriesteuerung, welche ebenfalls bereits in der Fachliteratur erwähnt wurde, als Anlagenüberwachung bzw. -steuerung. In Zusammenhang mit der Anlagenüberwachung wurde ebenfalls der Anwendungsfall Predictive Maintenance genannt. Ebenso ist Herr Storck auf ein Prozessleitsystem eingegangen, welches der Vernetzung der Produktionssysteme aus der Fachliteratur gleichkommt.

Auf die Frage nach der Verbreitung dieser Anwendungsfälle in der Industrie, wurde geantwortet, dass besonders die Erfassung von verteilten Anlagen und die Gebäudeautomatisierung von Kunden genutzt werden. Gerade für die vielen kleineren Anlagen soll die Verwendung von IoT in Verbindung mit einer Plattform sinnvoll sein.

Als funktionale Anforderungen an eine IoT-Plattform sieht Herr Storck das Anbieten webbasierter Dienste, z.B. das Protokollieren von Zugängen, Verfügbarkeit von Datenbankstrukturen und die Möglichkeit eigene Anwendungen auf dieser Plattform erstellen zu können. Weiterhin sieht er die Accountverwaltung der Kunden als zwingend notwendig an, genauso wie die Datensicherheit und die Zugriffsrechteverwaltung. Elementar wichtig ist für Herrn Storck ebenso die App-Entwicklung und -Anwendung, die durch eine IoT-Plattform unterstützt werden sollte. Ebenfalls von Vorteil sollte die Flexibilität bei der

Plattformanpassung sein. Hierbei sollte der Kunde zwischen mehreren Modulen wählen können, um sich so eine passende Plattform zu erstellen.

Bei der Auswahl der wichtigsten Kernfunktionen von IoT-Plattformen sieht Herr Storck andere Kernfunktionen im Mittelpunkt. Die Business Integration sollte auch seiner Meinung nach unbedingt vorhanden sein, da durch diese die Anbindung an z.B. ein ERP-System erfolgen kann. Die Kernfunktionen Device Connectivity und Data Analytics spielen für ihn jedoch keine große Rolle. Im Bereich der Device Connectivity werden momentan viele kompatible Lösungen angeboten und von der Kernfunktion Data Analytics wird nur ein sehr kleiner Teil gebraucht. Die meisten Lösungen im Bereich Predictive Maintenance erfolgen nicht über komplexe Algorithmen, sondern über die Auswertung der Stromverbrauchsmengen der Geräte. Viel wichtiger ist für Herrn Storck das Application Development, da immer kürzere Entwicklungszeiten für Anwendungen veranschlagt werden und ein einsatzfähiger Prototyp möglichst schnell vorhanden sein soll. Als ebenfalls wichtig stuft er die Kernfunktion Event Management ein, da diese bei der Überwachung der Prozesse unabdingbar ist. Herr Storck betonte ebenfalls die Wichtigkeit der beiden Querschnittsfunktionen, wobei die Information Security besonders kritisch für den Erfolg am Markt ist.

Zu den sonstigen Faktoren zur Auswahl von IoT-Plattformen zählt für Herrn Storck definitiv die Skalierbarkeit der Plattform. Dies stellt für ihn eine Selbstverständlichkeit dar. Weiterhin sollten unterschiedliche Bezahlmodelle angeboten werden. Kunden sollten dadurch auch die Möglichkeit erhalten, ohne große Anfangsinvestition auf eine IoT-Plattform zuzugreifen. Gerade Geschäftsmodelle mit Pay per Use liegen momentan bei Kunden im Trend. Herr Storck ist der Meinung, dass der Kunden zwischen einer Lösung in der Cloud oder On Premise entscheiden können sollte. Im Hinblick auf die Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz⁹⁷, ist eine On Premise-Lösung unumgänglich. Vor allem große Plattformbetreiber, wie Google, Microsoft und Amazon bieten diese Möglichkeit gar nicht an. Ein weiterer Faktor, der für Herrn Storck wichtig ist, wäre eine Modularisierung der Funktionen, bei der Kunden zwischen den Funktionen der unterschiedlichen Anbieter wählen können.

⁹⁷ <https://www.gesetze-im-internet.de/bsi-kritisv/BJNR095800016.html>; abgerufen am 29.07.2021

Sebastian L., Program Manager

Das zweite Interview wurde mit Herrn L. geführt, welcher für einen Logistikkonzern arbeitet und nicht namentlich genannt werden möchte. Herr L. ist momentan als IT-Programmleiter im Bereich Robotics tätig und beaufsichtigt unter anderem mehrere internationale Logistikprojekte.

Herr L. sieht im Bereich Logistik zwei mögliche Anwendungsfelder für das IoT. Zum einen kann das IoT in der Lagerlogistik und zum anderen bei der Transportlogistik eingesetzt werden. Grundsätzlich geht es laut Herrn L. darum, dem Kunden ein on time delivery, also eine pünktliche Lieferung, und die Möglichkeit der Warennachverfolgung mit einem aktuellen Status zu bieten. Er sieht als mit Abstand häufigsten Anwendungsfall die Nachverfolgung von Waren mittels RFID. Diese RFID-Chips sind im Großteil der Transportfahrzeuge verbaut und ermöglichen eine Nachverfolgung über Ländergrenzen hinweg. Dieser beschriebene Anwendungsfall entspricht dem, in der Literatur erwähnten, Fahrzeugtracking. Ein weiterer von Herrn L. genannter Anwendungsfall in der Transportlogistik ist die Warennachverfolgung welche über ein Fahrzeugtracking hinausgeht. Dieser genannte Anwendungsfall kann, mit dem aus der Literatur identifizierten Anwendungsfall der Echtzeitüberwachung der Versandeinheiten gleichgesetzt werden. In der Lagerlogistik kann, laut Herrn L., das IoT den Logistikprozess innerhalb des Lagers transparenter gestalten, indem z.B. Barcodes von Waren automatisch gescannt werden. Weiterhin sieht er einen Anwendungsfall hinsichtlich des Transports der Waren. Diese können verschiedene Waren zu deren Bestimmungsort im Lager liefern und dabei die Waren auf Gewicht und Beschädigungen prüfen. In der Literaturanalyse wurden ebenfalls Laderoboter beschrieben, welche für den Warentransport genutzt werden. Ein weiterer IoT-Anwendungsfall in der Lagerlogistik ist für Herrn L. die Unterstützung bei der Inventur der Lagerbestände, was ein ähnliches Ziel wie das Lagerbestandsmonitoring verfolgt. Ebenso sollten laut Herrn L. Schnittstellen von dem Inventurvorgang zu anderen Prozessen geschaffen werden.

Herr L. nennt zum einen die Möglichkeit zur Standortbestimmung von Fahrzeugen als eine funktionale Anforderung an IoT-Plattformen für die Logistik. Zum anderen sollte eine IoT-Plattform die Nachverfolgung von Waren ermöglichen und gleichzeitig eine Prozessunterstützung in der Breite bieten. Als zukunftsweisend sieht Herr L. die Nutzung von künstlicher Intelligenz, die einen Vorsprung vor Konkurrenten ermöglichen kann.

Als wichtigste Kernfunktion hat Herr L. die Data Visualization genannt, da für ihn wichtige Entscheidungen noch von Menschen getroffen werden, welche durch diese Funktion eine objektive Entscheidungsgrundlage erhalten. Die nächste wichtige Kernfunktion stellt für ihn die Device Connectivity dar. Er begründete dies damit, dass die Geschwindigkeiten für die Echtzeiterfassungen nur durch den Einsatz von einfachen, aber verlässlichen Systemen gewährleistet werden kann. Die dritte für Herrn L. wichtige Kernfunktion ist die Data Analytics, welche vor allem durch die Nutzung von künstlicher Intelligenz und Machine Learning viele Chancen bietet. Die Grundlage für die Data Analytics stellt jedoch die Datenbasis dar, welche durch ihre Qualität über Erfolg und Misserfolg entscheidet.

Herr L. sieht in Bezug auf die sonstigen Faktoren die Skalierbarkeit als enorm wichtig für IoT-Plattformen in der Logistik. Da der Warenfluss durch verschiedene Bereiche verläuft, müssen entwickelte IoT-Anwendungsfälle über den ganzen Logistikprozess hinweg optimiert werden. Lösungen für einzelne Bereiche sind nur bedingt hilfreich und müssen schnell in andere Bereiche übernommen werden, um einen wirklich wahrnehmbaren Kundennutzen zu generieren. Weiterhin sind für Herrn L. die Geschwindigkeit und Performance der IoT-Plattform sehr relevant, da im Falle einer Verzögerung, die ermittelten Daten nutzlos sind. Ein ebenfalls wichtiger Faktor, bei der Auswahl von IoT-Plattformen für das Anwendungsgebiet der Logistik ist die Datenintegrität, da diese die Basis für die IoT-Anwendungsfälle ist. Auf der anderen Seite sind die Kosten einer IoT-Plattform für Herrn L. irrelevant, da diese langfristig einem Return on Investment gegenübergestellt werden. Ist dieser entsprechen hoch, sind alle Kosten für eine IoT-Plattform gerechtfertigt.

7. Diskussion und Fazit

In diesem Kapitel wird eine Diskussion der Ergebnisse durchgeführt, bei der die erarbeiteten Resultate noch einmal kritisch beurteilt werden sollen. Zusätzlich zu der Diskussion soll ein Fazit über die gesamte Arbeit erfolgen, in dem die Forschungsfragen, mit Bezug auf die Ergebnisse, beantwortet werden.

Ein Problem für viele Unternehmen und sonstige potenzielle Nutzer von IoT-Plattformen ist die große Anzahl an IoT-Plattformlösungen am Markt. Vor allem die Auswahl der richtigen Kernfunktionen stellt eine große Herausforderung dar, da diese in einer unterschiedlichen Ausprägung für das zukünftige Anwendungsgebiet vorhanden sein müssen. Genau bei dieser Problematik soll diese Arbeit eine Hilfestellung bieten, indem Handlungsempfehlungen für die unterschiedlichen Branchen bzw. Anwendungsfelder formuliert wurden.

Zur besseren Unterteilung des Problems wurden drei Forschungsfragen formuliert:

1. Welche funktionalen Anforderungen stellen die jeweiligen unterschiedlichen Branchen an eine IoT-Plattform?
2. Welche Kernfunktionen müssen bei einer IoT-Plattform besonders ausgeprägt sein, damit diese erfolgreich in der jeweiligen Branche eingesetzt werden kann?
3. Welche zusätzlichen Faktoren müssen bei der Auswahl von IoT-Plattformen berücksichtigt werden?

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten, wurden 87 IoT-Anwendungsfälle aus 94 Quellen identifiziert. Je Anwendungsgebiet wurden sechs bis dreizehn Anwendungsfälle benannt. Die meisten Anwendungsfälle gab es dabei im Anwendungsgebiet Smart Home, da in diesem Bereich bereits viele IoT-Geräte angeboten werden. Die wenigsten Anwendungsfälle für das IoT wurden im Anwendungsgebiet Smart Energy ausgemacht. Ein Grund hierfür ist, dass diese Anwendungsfälle eher in einem größeren und umfassenderen Rahmen konzipiert sind. Alle ermittelten Anwendungsfälle können als funktionale Anforderung gesehen werden, welche Aufschluss über benötigte Funktionen von IoT-Plattformen geben.

Die zweite Forschungsfrage konnte auf den Ergebnissen der ersten Forschungsfrage aufbauen. Die in dem jeweiligen Anwendungsgebiet am häufigsten vertretenen Anwendungsfälle ließen Rückschlüsse auf die benötigten Kernfunktionen zu. Hier war es wichtig, nicht möglichst viele Kernfunktionen zu benennen, sondern Schwerpunkte zu setzen. Pro Anwendungsgebiet wurden die drei Kernfunktionen bestimmt, welche eine gewisse Ausprägung

benötigen, damit eine IoT-Plattform erfolgreich eingesetzt werden kann. In Tabelle 11: Auswahl der Kernfunktionsschwerpunkte je Anwendungsgebiet, sind die aus den Anwendungsfällen abgeleiteten und von den Experten gewählten Kernfunktionen aufgelistet.

Kernfunktionen	Business Integration	Application Development	Data Modeling	Data Visualization	Data Analytics	Data and Storage Management	Event Management	Data Transformation	Device Management	Device Connectivity
Anwendungsgebiete										
Wearables		X		X	X					
Smart Health				X	X		X			
Smart Home				X					X	X
Smart Energy					X		X		X	
Smart Farming				X	X					X
Smart Vehicle					X			X		X
Umwelt				X					X	X
Produktion	E/X	E			X		E			X
Logistik	X			E	E		X		X	E
Smart City					X				X	X

Literaturrecherche = X

Experteninterview = E

Tabelle 11: Auswahl der Kernfunktionsschwerpunkte je Anwendungsgebiet

Die Kernfunktionen Data Analytics, Device Connectivity und Data Visualization wurden in mehr als der Hälfte der Anwendungsgebiete als besonders relevant gesehen. Andere Kernfunktionen, wie z.B. das Data Modeling oder das Data and Storage Management wurden weder der Literatur noch von den Fachexperten als wichtig erachtet. Es kann an dieser Stelle also festgehalten werden, dass die Mehrheit der IoT-Anwendungsfälle eine IoT-Plattform benötigt, welche über gut ausgeprägte Funktionen zur Datenanalyse verfügt und welche eine Verwendung von künstlicher Intelligenz erlaubt. Weiterhin benötigen viele

Anwendungsfälle mehrere Möglichkeiten zur Visualisierung, um die Daten für die Nutzer besser aufzubereiten. Ebenfalls sollte die Mehrheit der IoT-Plattformen über eine gute Device Connectivity verfügen, da die Anbindung der IoT-Geräte erst die Anwendungsfälle ermöglicht.

Die dritte Forschungsfrage, nach sonstigen Faktoren zur Auswahl einer IoT-Plattform, konnte ebenfalls durch die Literaturrecherche beantwortet werden. Die wichtigsten Faktoren sind die Skalierbarkeit und die Entscheidung zwischen Cloud und On Premise-Lösung. Die Skalierbarkeit ist besonders für ein zu erwartendes schnelles Wachstum einer IoT-Plattform entscheidend, was in Anbetracht der steigenden Anzahl an IoT-Geräten wahrscheinlich ist. Die Entscheidung zwischen einer Cloud- oder On Premise-Plattformlösung, ist aus zwei Gründen wichtig. Zum einen kann ein Unternehmen eine große Anfangsinvestition in eine selbst entwickelte IoT-Plattform vermeiden, indem auf eine Cloud-Lösung zurückgegriffen wird, die in den meisten Fällen auch eine höhere Skalierbarkeit bietet. Zum anderen kann eine On Premise-Lösung unumgänglich sein, da es sich bei dem Plattformnutzer um einen Betreiber einer kritischen Infrastruktur handelt, die besonderen Sicherheitsbestimmungen unterliegen. Die Kosten für den Einsatz einer IoT-Plattform sind objektiv zu betrachten, vor allem vor dem Hintergrund, dass IoT-Anwendungsfälle erst ab einem gewissen Reifegrad und fortgeschrittenen Entwicklungsstand einen wirklichen Gewinn erzielen. Ist dieser Punkt jedoch erreicht, kann das enorme Marktpotenzial genutzt werden.

Die Validierung der Forschungsergebnisse durch die Experteninterviews zeigte, dass es zwischen der Theorie und Praxis Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt. Viele der aus der Literatur ermittelten Anwendungsfälle wurden von den Fachexperten bestätigt und einige neue Anwendungsfälle wurden genannt. Bei der Auswahl der Kernfunktionen wurden jedoch fast gänzlich andere Schwerpunkte festgelegt. Es lässt sich nicht genau feststellen, warum es hier kaum Übereinstimmungen gab. Ein Grund hierfür könnten die unterschiedlichen Erfahrungen der Fachexperten mit dem Thema IoT sein. Manche Kernfunktionen wurden als einfacher umsetzbar wahrgenommen, wodurch diese nicht weiter beachtet wurden. Ein anderer Grund könnte die erstmalige Verwendung der Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalitäten von IoT-Software-Plattformen durch die Fachexperten sein. Da diese Referenzarchitektur noch relativ neu ist, war sie beiden Fachexperten noch nicht bekannt.

Gesamtheitlich betrachtet kann gesagt werden, dass das Ziel dieser Arbeit erreicht wurde. Alle drei Forschungsfragen konnten aufgrund der Themenbreite in einem angemessenen Umfang sowie ausreichender Tiefe beantwortet werden. Zum einen war es möglich für alle

zehn Anwendungsgebiete genügend Anwendungsfälle zu ermitteln, um daraus funktionale Anforderungen abzuleiten. Ebenso konnten zusätzliche Faktoren bei der Auswahl von IoT-Plattformen genannt werden, welche für jeden potenziellen Anbieter von IoT-Anwendungsfällen relevant sind. Die für jedes Anwendungsgebiet ermittelten Schwerpunkte bei den Kernfunktionen wurden als Handlungsempfehlung formuliert. Die Entscheidungen für die einzelnen Kernfunktionen wurden durch die Betrachtung der laut Literatur am weitesten verbreiteten Anwendungsfälle begründet. Die geführten Experteninterviews enthalten andere Sichtweisen und bieten eine gute Ergänzung der Ergebnisse.

Dabei können die Ergebnisse dieser Arbeit auch kritisch gesehen werden, da die Kernfunktionsschwerpunkte der IoT-Plattformen fast ausschließlich aus Anwendungsfällen aus der Fachliteratur abgeleitet wurden. Ein Grund für die Wahl dieser Vorgehensweise war es, dass eine tiefere Betrachtung der zehn IoT-Anwendungsgebiete über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würde. Die formulierten Handlungsempfehlungen beinhalten nur die drei wichtigsten Kernfunktionen für das Anwendungsgebiet, sowie eine allgemeine Betrachtung der sonstigen Faktoren zur Auswahl geeigneter Plattformen. Ausführlichere Handlungsempfehlungen sind nur mit Kenntnis der zukünftigen eingesetzten IoT-Anwendungsfälle möglich und unter Berücksichtigung der Art des Plattformanwenders. Weiterhin wurden lediglich zwei Fachexperten befragt, da wenig Fachexperten vorhanden sind und diese aufgrund der Aktualität und des noch recht unerforschten Themengebiets kaum zu einer Teilnahme bewegt werden konnten.

Für eine weiterführende Forschung sollten die jeweiligen IoT-Anwendungsgebiete einzeln betrachtet werden, wodurch sich genauere Anforderungen an eine IoT-Plattform ableiten lassen würden. Dabei ist die Methodenkombination aus Literaturrecherche und Experteninterviews nicht ungeeignet, es müssten jedoch deutlich mehr Fachexperten einen Beitrag leisten, um objektive und repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Ergänzend hierzu könnte eine Umfrage mit Unternehmen bzw. Organisationen durchgeführt werden, welche IoT-Anwendungsfälle im Einsatz nutzen.

Abschließend kann gesagt werden, dass diese Arbeit einen Mehrwert für zukünftige Anbieter von IoT-Anwendungsfällen bzw. auf diesen basierenden Dienstleistungen liefert. Die Ergebnisse dieser Arbeit können für eine erste Eingrenzung bei einer Auswahl von IoT-Plattformlösungen genutzt werden. Auf diese Weise kann die Zeit bis zum tatsächlichen Angebot der IoT-Anwendungsfälle verkürzt werden. Der mühsame Weg in ein allgegenwärtiges Internet der Dinge ist dadurch etwas leichter zu beschreiten.

Anhang

Anhang 1: Transkription der Experteninterviews

In diesem Teil der Anlagen befinden sich die Transkriptionen zu den Experteninterviews, auf welche im Kapitel 6 bezogen wurde.

Interview mit Herrn Hubertus Storck

Experte: Hubertus Storck (Abk.: S)

Unternehmen: Schneider Electric GmbH

Datum: 17.07.2021

Dauer: 22 Minuten

Transkription durch: Konrad Wagner (Abk.: W)

W: Vielen Dank nochmal, dass Sie sich die Zeit genommen haben. Jetzt würde ich Sie direkt bitten mit der ersten Frage zu beginnen. Welche Anwendungsfälle für das IoT kenne Sie in Ihrer Branche?

S: Ja, es gibt ganz viele Anwendungsfälle, aber ich glaube ich bleibe hier mal bei dem Thema was hier die Schneider Electric bietet, als Gebiete für IoT. Da sind wir im Bereich industrielle Anwendungen, also IIoT, B2B-Business, also an kommerzielle Unternehmen ein Angebot zu stellen. Eines der Themen, oder das Hauptthema wo wir IoT anwenden bei Schneider Electric, ist das ganze Thema Gebäudeautomatisierung, was man heutzutage aus einer Internetplattform, auch genannt IoT-Plattform oder Industrial IoT-Plattform, das ganze bewerkstelligt. Das man Gebäudesteuerung anbietet und über das Internet zugänglich macht, administrierbar macht und auch Gebäudedaten, Verbrauchsdaten und alle möglichen Daten dann über die IoT-Plattform dann versucht zentral zu sammeln, auf einer Web-Plattform. Das ist glaube ich Hauptanwendungsfeld von IoT bei Schneider Electric momentan. Wir haben solche Lösungen auch für Energieverteilungen und das andere Thema ist Industriesteuerung. Da geht es auch darum Daten zu erfassen, von Maschinen, über die Sensorik. Das Thema Predictive Maintenance – das man durch Datenerfassung erkennen kann, wann denn eine Wartung und solche Themen angesagt sind und das ganze Thema Wartung und Maintenance dann zu optimieren. So kann man Realwerte messen und direkt darauf reagieren. Man hat dann nicht immer diese festen Zeitläufe, wo etwas repariert wird.

Was haben wir noch? Es gibt ganz viele Anwendungsfälle für das Thema, ich würde mich erstmal auf Industrieanlagen, Predictive Maintenance oder auch

Datenerfassung in einem Prozessleitsystem und Gebäudeautomatisierung konzentrieren, da das bei uns die Schwerpunkte sind.

W: Okay, und welche von diesen Anwendungsfällen für das IoT sind besonders verbreitet?

S: Für unsere Branche ist das sehr verbreitet das Thema, also das machen auch unsere Marktbegleiter auch so. Die setzen auch auf Plattformen, die internetbasiert sind, bzw. Webservice-basiert sind. Die verteilten Anlagen der Kunden zu erfassen und gerade Gebäudeautomatisierung, es sind ja meistens kleinere Gebäude oder professionelle Betreiber von Gebäudekomplexen, aber insgesamt dann eher kleinere Anlagen. In solchen Fällen nimmt man die Gebäudeautomatisierung und vernetzt sie über das Internet, über eine Plattform, sodass der Betreiber bzw. Kunde auch über diese IoT-Plattform seine eigenen Gebäude betreiben kann, Verbrauchswerte sehen kann, sehen kann an welchen Stellen dann Wartung anfällt. Selbst die Überwachung von Gebäuden kann man über solche Plattformen machen. Es skaliert sich dann anders, da man eine allgemeine Plattform hat, für alle IoT-Kunden bei Schneider Electric. Also es gibt eine Schneider Electric Cloud-Plattform, wo diese Anwendungen für Gebäudeautomatisierung angebunden sind. Alle Kunden melden sich da mit ihrem Kundenkonto an und sehen da den Teil ihrer Anlage. Man kann dann per Remote auf diese Anlagen von überall her zugreifen, solange man eine Internetverbindung hat.

W: Aha, kommen wir zu der nächsten Frage: welche funktionalen Anforderungen an eine IoT-Plattform halten Sie für die Branche, in der Sie tätig sind, für besonders relevant?

S: Ja, auch Schneider Electric hat keine IoT-Plattform selbst entwickelt, sondern man hat eine Plattform gewählt, oder man schaut, was ist auf dem Markt. Da gibt es natürlich verschiedene Funktionen. Also grundsätzlich – Schneider hat alles was Steuerung ist, alles was Hardware ist, vom Steuerungsautomaten, vom PLC, vom Aktor, vom Sensor, also Hardware, alles was Edge Control ist, wie es so schön heißt, was unten im Feld ist, baut Schneider selber. Das sind die schneidereigenen Produkte. Was Schneider nicht im Haus hat ist eine Software-Plattform, oder eine Plattform, um die Geräte miteinander zu verbinden. Die werden zwar an ein Steuerungssystem selbst verbunden, die ganzen Sensoren und Aktoren, aber diese Steuerungssysteme selber wieder über das Internet zu verbinden, von Ferne aus und eine Kundenplattform zu haben, das bietet Schneider nicht selber an. Da partnert man dann mit den üblichen Herstellern von Plattformen. Es gibt ganz viele Softwareplattformen. IoT hört sich so speziell an, aber im Prinzip gibt es hier meiner Meinung nach eine Software oder Web-Plattform und es werden einfach webbasierte Dienste angeboten, also Zugänge auf Anlagen mit Protokollen, Datenbankfunktionen und so weiter, wo man sich dann die IoT-Anwendung dann passend zu den Systemen, die man selber hat passend schreiben kann. Das Wichtige ist für Unternehmen wie Schneider, dass man hier eine Plattform hat, die verschiedene Basisfunktionen zur Verfügung stellt. Zum Beispiel, das Verwalten von Multi Tenant-Kundenaccounts, das müsste selbstverständlich sein, weil man ja mehrere Kunden erreichen will. Das ist nichts was ein Schneider Electric selber bauen will, das muss schon fertig drinnen sein. Das andere

Thema, ein sehr wichtiges Thema, ist die Security. Auch da glaubt man, dass Cloud und Security, das Thema kommt immer wieder auf, bei der Gebäudeautomatisierung. Wer hat Zugriff auf mein Gebäude usw.. Da gibt es sehr viele Bedenken, dass die komplette Security-Plattform, da gibt es ja sowas wie Cloud Access Broker und solche Themen, dass das komplett mit der Plattform mitkommt, sodass sich das Unternehmen, das sich eine IoT-Anwendung auf so einer Plattform baut, sich nicht um das Thema kümmern muss. Letzten Endes muss man sich doch darum kümmern, denn solche Themen wie Identity Management usw. bietet meistens der Plattformhersteller nicht an. Aber grundsätzlich sollte, alles was zur Security kommt, zur Benutzerverwaltung kommt, zur Abrechnung der IoT-Plattformen, meistens ja Pay per Use, alle diese Themen, Rechnungserfassung usw., Rollout, wie bekommt man das als App auf ein mobiles Gerät usw. -das sollte alles mit der Plattform mitkommen. Deswegen haben sich ja auch die großen Web- und Cloud-Plattformen etabliert, um die als IoT-Plattform zu nehmen. Ob das jetzt Microsoft ist, Amazon Web Service oder andere Plattformen, die dort angeboten werden. Denn das sind die Themen, die sehr relevant sind, weil solche Herstellerfirmen, wie Schneider, wo wir jetzt auf ein Cloud-Angebot gehen, oder IoT-basiertes Angebot gehen, diese ganze Software oder webbasierten Plattformen, nicht selber schreiben möchte. Wie gesagt, da nimmt man fertige Baukästen-Plattformen. Dann gibt es noch ein ganz wichtiges Thema. Früher gab es Projekte, da wurde dann programmiert, eine App wurde programmiert, oder Anwendung und die ganzen Daten wurden zusammen programmiert als Datenbankanwendung usw., ein Web Frontend wurde programmiert. Solche Programmierprojekte sind halt auch oft gelaufen über ein Jahr und mehr. Das waren ganz aufwendige Projekte und heutzutage möchte man das nicht mehr, weil man nicht genug Programmierer hat und weil das auch viel zu lange gedauert hat. Es werden bevorzugt dann Plattformen genommen, wenn diese fertige Templates haben, für alles das was man braucht. Man fügt dann einzelne Module zusammen zu einer Plattform und programmiert hier im eigentlichen Sinne nicht, sondern konfiguriert hier, oder orchestriert hier diese Module. Es hat sich doch sehr durchgesetzt. Einer der Marktführer ist glaube ich da Microsoft Azure, mit der Azure-Plattform, bei welcher man dann nur noch kalibrieren muss, oder fertige Templates hat für alle möglichen Anwendungen oder Bausteine, die man so braucht. Die kann man dann kombinieren und das senkt dann massiv die Zeit, bis ich einen ersten Prototyp habe. Rapid Prototyping ist hier ein Thema dabei. Das senkt die Zeit und Aufwänden für Programmierfähigkeiten, wobei viele Standardanwendungen muss ich nicht nochmal programmieren, ich muss sie nur anpassen. Das ist einer der wichtigsten Punkte glaube ich, warum diese Firmen nicht ihre eigene Software schreiben, sondern auf diese Standardplattformen mit den fertigen Modulen zurückgreifen.

W: Vielen Dank erstmal bis zu diesem Punkt. Jetzt wollen wir diesen Anforderungen Kernfunktionen nach der Referenzarchitektur nach Lempert und Pflaum zuordnen. Hierzu also die Frage: Welche Kernfunktionen sollten bei einer IoT-Plattform besonders ausgeprägt sein, damit diese in ihrer Branche eingesetzt werden kann? Wenn Sie mir hier die drei nach ihrer Meinung wichtigsten Kernfunktionen nennen würden.

- S: Das trifft ja dieses Thema. Business Integration ist auf jeden Fall wichtig, weil man meistens ja das ganze Thema Abrechnung und Kundenverwaltung über so eine Funktion realisiert. Also die Einbindung in die Business Integration wie ERP-Systeme ist ganz wichtig dabei. Also ich darf jetzt insgesamt drei nennen, oder wie?
- W: Ja, die drei wichtigsten sind jetzt gefragt.
- S: Dann müssen wir mal schauen. Diese Templates bei den Applikationen halte ich für sehr wichtig. Datenmodellierung – das liegt an der Anwendung, was man da braucht. Bei der Data Visualization auch. Ich glaube diese Templates, diese vorgefertigten Module, das ist glaube ich ein Riesenvorteil dabei. Data Analytics – ja, das ist so ein Hype mit Data Analytics und künstlicher Intelligenz usw.. Bislang haben wir fast in der Branche immer nur gesehen, wie Mustererkennung und erweiterte Filter eingesetzt wurden. So viel mit künstlicher Intelligenz ist es noch nicht. Das braucht man vielleicht auch nicht in der Tiefe. Man muss Daten erfassen und analysieren, aber die Komplexität ist bei weitem nicht so wie viele das vorausgesagt haben. Da würde ich auch nicht den Schwerpunkt sehen.
- W: Da hätte ich jetzt eine weitere Frage. Predictive Maintenance, wo fällt das jetzt mit rein? Wäre das nicht bei Predictive Analytics?
- S: Ja, genau. Das ist bei der Analytics, aber meistens hat man gewisse Vorgaben, z.B. wie sich Druckkurven verändern, wenn man Drucksysteme hat, die mit hohem Druck arbeiten. In unserer Branche ganz massiv, was viel genommen wird, sind die Stromkurven, wie z.B. Stromaufnahmekurven von Elektromotoren. Wie sind da ganz viel in der Antriebstechnik und der Elektrotechnik unterwegs. In einer Anlaufkurve, oder Stromverbrauchskurve von Elektromotoren kann man schon erkennen, wie groß denn der Widerstand ist. Zum Beispiel in den Türen von Aufzügen, da läuft eine Stromerkennung mit und wenn da ein mechanischer Widerstand ist, dann nimmt der Motor mehr Strom auf, es gibt mehr Reibung oder irgendwelche anderen Hindernisse an dem Motor, oder an z.B. den Türen im Fahrstuhl und daran kann man mit Predictive Maintenance erkennen, dass hier irgendetwas zu tun ist an dem Fahrstuhl, weil der Motor auf einmal mehr Strom verbraucht als vorher. Dadurch wird das indirekt erfasst. Die Analyse hinterher ist dann gar nicht mal so aufwendig. Wenn man die Zusammenhänge weiß – Motor verbraucht mehr Strom, also braucht er mehr Kraft, oder er braucht ein höheres Drehmoment aus irgendwelchen Gründen. Es kann z.B. mechanisch irgendetwas klemmen, oder etwas muss geschmiert werden, oder sich etwas dort degradiert, insbesondere solche Themen, wo sich etwas langsam degradiert. Dann ist die ganze Analytics auch nicht mehr ganz so aufwendig, denn das sind eigentlich nachvollziehbare Ereignisse.
- W: Ach so. Danke für die Erklärung.
- S: Was hier auf jeden Fall ein Thema ist und was auch erwartet wird von einer IoT-Plattform ist das ganze Monitoring, also die Überwachung der Plattform, dass die auch noch läuft, dass es da keine Ausfälle gibt. Insbesondere auch das ganze Thema Security oder die Erkennung irgendwelcher Anomalien, die den Betrieb stören. Das würde man von einer Plattform erwarten und das muss die Plattform mitliefern, denn wir als Hersteller schreiben solche Anwendungen nicht. Also wäre hier das Thema Event Management, oder Security, oder Monitoring der Anlage.

- W: Meiner Meinung nach fällt das auch in die Kernfunktion Event Management.
- S: Ja, das ist noch ein wichtiges Thema. Device Management – heutzutage gibt es Standardinterface. Das ist meistens nicht das Thema. Wir machen das ja schon seit vielen Jahren das in so einem System die ganzen Sensoren, Aktoren, RTUs und Remote Terminals etc. sind über wired und wireless Funktionen bzw. Protokolle verbunden. Das sind Industrieprotokolle usw.. Bis zu der Ebene, also alles was unter Edge Computing fällt bis zu der Ebene Verbindung in die Cloud rein. Da nimmt man die üblichen Web-Protokolle, die man heutzutage hat und das funktioniert alles. Das ist meistens schon gegeben, also mit der Data Transformation und dem Device Management gibt es meistens wenig Probleme. Aber auch Device Management und Data Transformation sollte günstigstenfalls die Plattform schon mitbringen. Das Device Connectivity natürlich auch. Edge Processing steht hier z.B. dabei. Gut, das Thema Edge Processing, also zumindest in unseren Steueranlagen, die betreiben wir ja selbst, das sind ja Produkte von Schneider Electric z.B. unsere Steueranlagen analysieren ja und machen das ganze Thema der Datenprozessierung für die ganzen nachgeschalteten Steuerungen, Aktoren, Sensoren usw. kommt ja aus dem Thema. Also das Thema Device Connectivity, Edge Processing und Communication Protocols, dass bringen wir als Schneider mit. Da sehe ich auch weniger den Schwerpunkt. Also ganz klar ist der Schwerpunkt, was die Plattform bietet ist, beim Übergang von Premise dann in die Cloud oder ins Internet, alles was man dafür braucht.
- W: Okay, welche drei Kernfunktionen sind jetzt für Sie die wichtigsten?
- S: Die Business Integration und beim Application Development, sollte es auf Templates und Programming Tools hinauslaufen. Man möchte gar nicht so viel programmieren. Man möchte eigentlich fertige Module verwenden, um die Zeit zu sparen. Das ist ein ganz wichtiges Thema. Was haben wir denn noch – Data Modelling. Das Event Management für die Überwachung der Anlage und wie gesagt das Thema der Kundenanbindung. Was auch ein wichtiges Thema ist und das ist auch mein Thema, ist das ganze Thema Security. Alles was für Security für diese Plattform gebraucht wird, muss diese mitbringen. Als Anwender schreibt man das nicht selber und wir wissen mittlerweile, das wir einige Themen bei der Security nicht los werden und auch nicht an den IoT-Plattformanbieter abgeben können. Denn Themen wie Identity Management muss man auch selber im Konzept noch umsetzen. Das ist ein wichtiges Thema.
- W: Vielen Dank. Dann haben wir noch eine letzte Frage. Welche zusätzlichen Faktoren müssen bei der Auswahl von geeigneten IoT-Plattformen berücksichtigt werden?
- S: Zusätzlich heißt, dass was wir jetzt nicht genannt haben?
- W: Das sind nichtfunktionale Anforderungen. Zum Teil haben Sie auch schon ein paar genannt. Vielleicht fallen Ihnen ja noch einige ein?
- S: Also Skalierbarkeit ist auf jeden Fall ein Thema. Das erwarte ich aber auch von einer Cloud-Plattform, dass ich die von klein auf, wenn ich da starte, dass ich die mit ein paar wenigen Sachen ausbauen kann. Das ist ein wichtiges Entscheidungskriterium für eine Plattform. Wie hinterher der Ausbau aussieht, wie kann ich das skalieren, das muss gegeben sein. Die Kosten müssen natürlich vergleichbar sein und sollten im Rahmen liegen. Es wird sehr viel Wert gelegt, auch bei unseren Kunden sehen

wir das, weg von Capex hin zu Opex. Capex war früher, also man hatte so ein Frontinvestment in einer gewissen Höhe, die der Kunde investiert hat und er bekam dann dafür Equipment, Infrastruktur usw. an den Standort. Heute ist es bei vielen so ein Thema mit den Capex, dass man so viel Geld am Anfang in die Hand nehmen muss und dann erst den Nutzen im Laufe der Jahre bekommt. Ein Trend eindeutig zum Opex hin, dass ich halt Verbrauchskosten haben will, also Pay per Use ist da das Stichwort. Das sehen wir auch ganz stark und solche Plattformen sind vielleicht eher möglich, gerade wenn man etwas Neues einführt. Damit braucht der Kunde kein Upfront Investment braucht, sondern eine Monatsgebühr, oder Verbrauchsgebühren. Das muss auch eine IoT-Plattform zur Verfügung stellen, also mehrere Methoden der Abrechnung. Aber meistens bleibt die Plattform ja, bei uns ist es ja im Haus so, bei Schneider Electric. Die Plattform, die Schneider Gebäudeautomatisierungsplattform gehört ja der Schneider Electric und wird von Schneider Electric betrieben, aufbauend auf einer IoT-Plattform der großen Anbieter. Allerdings hat der Kunde seine Daten zwar auf der Plattform, aber ihm gehört die Plattform ja nicht, das heißt, dass alles was Verwaltung und Datenverwaltung angeht, gibt der Kunde quasi an Schneider ab. Es sollte auch ein Modell sein, bei dem per Verbrauch oder per Posten die Abrechnung erfolgen kann. Das Thema Cloud vs On Premise, das habe wir tatsächlich in vielen Bereich, da wo wir bei kritischen Infrastrukturen oder Anlagen sind, wo der Betreiber das nicht aus der Hand geben darf. Aus diesen Gründen muss es die Möglichkeit geben, diese Cloudanwendungen dann auch On Premise zu haben. Da tun sich die großen IoT-Anbieter gerade sehr schwer, weil die Plattformen alle nicht so gebaut sind, dass man die On Premise haben kann, weder bei Microsoft, noch bei Amazon usw.. Da kommt man, wenn man On Premise unbedingt braucht, eher wieder zu klassischen Lösungen zurück. Der Vorteil von solchen internetbasierten IoT-Plattformen ist dann oft dahin, wenn es dann nicht die Möglichkeit gibt, dass der Betreiber das On Premise betreiben kann. Das sind wichtige Kriterien, wenn man das da zusätzlich wählen kann, zwischen Cloud und On Premise, dann kann man auch diese Kunden noch abdecken und der Markt wäre durchaus interessanter. Da sollte man sehr viel Wert darauf legen. Noch zum Thema Skalierbarkeit, es wäre gut, wenn es offenen Protokolle wären, so dass man auch die Systeme gut erweitern kann und mit offenen Architekturen arbeitet. Man arbeitet mit Standardprotokollen usw., wäre auch ein riesiger Vorteil, was auch die Hersteller von IoT-Plattformen nicht unbedingt wollen. Das ich dann Module auch mischen könnte, oder verschiedene Module von verschiedenen Anbietern nehmen könnte und die zu einer IoT-Plattform zusammenbringen könnte. Das hätte entscheidende Vorteile und man wäre auch nicht in der Abhängigkeit von einem einzigen IoT-Anbieter. Das hätten die Anbieter von IoT-Plattformen wahrscheinlich nicht so gern, aber das ist ein Thema für die Firmen, die auf irgendeine Plattform setzen. Man möchte sich da nicht ganz proprietär auf irgendetwas setzen, was heute schon am Markt ist, sondern man möchte dadurch ja Offenheit und Standardprotokolle und die Verfolgung von Standards, dass man eine offene Architektur hat, um dann auch Module austauschen zu können und andere Möglichkeiten zu haben. Das würde ich auch als Schwerpunkt hier sehen.

W: Okay, ich danke Ihnen für die Teilnahme am Interview.

Interview mit Herrn L.

Experte: Sebastian L. (Abk.: L)

Unternehmen: Logistikkonzern

Datum: 21.07.2021

Dauer: 15 Minuten

Transkription durch: Konrad Wagner (Abk.: W)

W: Willkommen zum Experteninterview zum Thema: Auswahl von IoT-Plattformen. Ich habe im Rahmen meiner Masterarbeit die hier aufgelisteten Branchen betrachtet. Dies sind alle Branchen, in denen es IoT-Anwendungsfälle gibt. Heute wollen wir uns mit der Logistik auseinandersetzen. Es gibt insgesamt fünf Interview-Fragen und ich werde jetzt direkt die erste stellen. Diese lautet: welche Anwendungsfälle für das IoT kennen Sie in Ihrer Branche?

L: Um vielleicht etwas zu spezifizieren, also Logistik kann man ja auf zwei Bereichen sehen. Einmal die Logistik innerhalb eines Lagers, Warenlagers etc., das heißt, das wäre der Warenfluss im Lager, aber natürlich auch der Gesamtlogistik. Das heißt, vom Hersteller bis zum Endverbraucher, das bedeutet Transportweg und ähnliches. Nichtsdestotrotz, in all den Bereichen, denn worum geht es am Ende? Es geht um on time delivery und Nachverfolgung des Status. Wo ist was, in welchem Zustand und wie verlässlich. Deswegen ist das Thema IoT im Prinzip über alle unterschiedlichen Bereiche der Logistik gleichbleibend. Das heißt, es geht am Ende des Tages darum, zu wissen, wo ist das was ich transportiere bzw. transferiere und in welchem Zustand ist es. Ein klassischer Anwendungsbereich ist hier natürlich das Thema RFID. Das heißt gerade, wenn es um Transportwege geht, über Ländergrenzen hinweg oder ähnliches. Kann ich meine Ware nachverfolgen, denn Status nachverfolgen? Bin ich auf Informationen anderer angewiesen? Natürlich dann aber auch innerhalb eines Lagers. Das heißt, ich kann meine Logistikprozesse innerhalb eines einzelnen Warehouses nachvollziehbar machen, indem ich Scans einsetze, über Barcodes, aber eben auch wie ich schon sagte über RFID oder intelligente Transportverfahren, wie dem Einsatz von Robotern. Diese erkennen z.B. nicht nur wo etwas hin muss, sondern auch wie das Gewicht ist und eine Gegenprüfung der Ware machen. Das heißt, ist das auch der Artikel, den ich erwarte. Damit schaffe ich am Ende des Tages eine Verlässlichkeit über die Datenintegrität, die ich habe und wo sich meine Waren befinden, z.B. für eine Inventur oder ähnliches. Die Inventur ist auch ein klassischer Anwendungsfall, den ich hier sehe. Das heißt mein Warenwert, bzw. der Wert einer Logistikfirma ist ja in Waren angegeben, die ich besitze, transportiere, verwalte. Das bedeutet, dass es für mich das größte Gut ist, eine gewisse Genauigkeit zu haben,

eine Inventurgenauigkeit. Auch hier hilft mir eine klassische Intelligenz, im Sinne von einer Nachverfolgbarkeit von Artikeln und die Zusammenfassung von Daten in einer Gesamtübersicht, eine Nachkontrolle und im Zweifel dann auch weitere Prozesse anzusteuern. Das heißt, wenn ich irgendwo feststelle, hier ist ein Artikel an einer Stelle wo er nicht sein sollte, oder umgekehrt, hier erwarte ich etwas wichtiges, weil ich den eventuellen Scan meines RFID-Chips nicht bekomme. Dann kann ich in dem Moment einen Prozess triggern, der sagt: überprüfe das doch, wo ist die letzte bekannte Position? Damit einhergehend können direkt Fehler aus dem System ausgeräumt werden, basierend auf den Informationen, die mir dadurch vorliegen und den Daten die dort verwaltet werden.

- W: Okay, vielen Dank. Welche von diesen IoT-Anwendungsfällen halten Sie denn für besonders verbreitet in der Logistik?
- L: Also der klassischste tatsächlich ist die Benutzung von RFID-Chips über lange Transportwege. Jeder LKW hat heute zu Tage einen Transponder als GPS-Chip, das heißt ich weiß, wo der LKW ist. Aber auf dem LKW sind teilweise Waren von verschiedenen Kunden, oder aber auch wichtige Waren. Da möchte ich als Besitzer bzw. Verantwortlicher wissen, wo ist das. Das heißt RFID ist für mich eine Möglichkeit über verschiedene Scans und Gates etc. zu erkennen, wo welche Waren welche Prozesse passieren. Wenn ich einen Schritt weiter gehen will, dann gehe ich halt über GPS-Transponder, die mir regelmäßig Daten senden. Das heißt gewisse Low-Voltage Equipment, die quasi eine eigene Batterie haben und sicherstellen, dass man auf bestimmten Transportwegen immer informiert bin, wo was zu welchem Zeitpunkt ist. Das ist in meinen Augen der bekannteste Anwendungsfall, denn nochmal, es geht in der Logistik am Ende des Tages darum, zu wissen wo was wann ist, um entsprechend zu agieren und zu steuern.
- W: Aha, danke. Kommen wir zur nächsten Frage. Man könnte die Antwort jetzt aus den Anwendungsfällen ableiten, man muss es aber auch nicht. Welche funktionalen Anforderungen hat man denn für eine IoT-Plattform im Bereich Logistik?
- L: Ich würde es ein bisschen allgemeiner halten. Die klassischste Anforderung an die Plattform selbst ist Geschwindigkeit, also Geschwindigkeit und Datenintegrität. Das heißt, was nützt mir all das Sammeln dieser Daten, wenn ich jetzt übertrieben gesagt Stunden dafür brauche sie aufzuarbeiten. Also ich möchte nicht am Abend in einem Report lesen, das möglicherweise am Morgen irgendetwas war. Das Ganze muss in Echtzeit passieren und das Ganze ist eine Anforderung, die ich an eine IoT-Plattform habe. Das heißt da muss eine gewisse Kapazität sein und natürlich auch eine Performance in der Softwarelösung dahinter, die mir das ermöglicht. Anders ist sie nicht funktional, um es mal salopp zu sagen.
- W: Okay, danke schon mal so weit. Die nächste Frage bezieht sich auf die Kernfunktionen. Dazu nutze ich in meiner Arbeit die Referenzarchitektur zur Beschreibung der Funktionalitäten von IoT-Software Plattformen, welches von Lempert und Pflaum entwickelt wurde. Es gibt in dieser Referenzarchitektur zehn horizontale Kernfunktionen, von welchen ich Sie bitten würde, drei als besonders wichtig zu benennen, für die Auswahl einer IoT-Plattform in der Logistik.

- L: Ich habe überlegt, ob ich Data Visualization und Data Analytics separat betrachte, oder welchem ich den Vorzug gebe. Für mich persönlich und das ist meine Erfahrung, ist tatsächlich die Data Visualization sehr wichtig. Das heißt die Analyse ist sehr stark abhängig von der Artificial Intelligence (AI), wie sie auch hier beschrieben ist. Das heißt, da bin ich einfach darauf angewiesen, dass ich einen gewissen Datenpool habe und meine Software intelligent genug ist, um das zu analysieren, während bei der Visualisierung ich erstmal grundsätzlich die Möglichkeiten habe, meine eigenen Daten zu interpretieren. Das ist glaube ich der erste und wichtige Schritt, denn am Ende des Tages entscheidet möglicherweise dann doch der Mensch. Deswegen ist für mich Data Visualization, tatsächlich das erste, was ich hier wählen würde. Im zweiten Schritt ist es tatsächlich die Device Connectivity auf der untersten Ebene, denn gerade eben habe ich ja schon davon gesprochen. Es geht um Geschwindigkeit, es geht um Echtzeiterfassung und das funktioniert nur, wenn dort ein sehr einfaches, aber verlässliches System habe, um diese Verknüpfungen auch herzustellen. Da hilft mir die beste Analyse-Software nichts, wenn ich die Daten nicht bekomme. Da in der Logistik alles sehr schnell geht, gerade innerhalb des Lagers, ist das ausschlaggebend. Aber ich hatte gerade eben auch über einen LKW gesprochen. Der kann irgendwo in der tiefsten Walachei unterwegs sein, denn ich muss sicher gehen, dass die Daten, auf die ich angewiesen bin, auch tatsächlich ankommen. Das sind die zwei Kernfunktionen, die ich jetzt hervorheben würde und wenn ich mich jetzt noch für eine dritte entscheiden soll, dann würde ich tatsächlich auf die Data Analytics zurückgreifen. Am Ende des Tages möchte ich ja, dass ich meine Logistikprozesse optimiere und da ist AI gerade das A und O. Das heißt wir überlassen in vielen Bereichen bereits den Systemen die Entscheidungen. Das geht ja so weit zurück, dass wir bis zum Endkunden gehen. Das heißt, wir sagen dem Endkunden ja bereits, was er braucht, in dem Moment in der es selbst noch nicht mal weiß, einfach basierend auf dieser Datenanalyse und -aufarbeitung. Im besten Fall sieht der Kunde dann, dass es stimmt und er diesen Artikel wirklich haben wollte. Die Schritte, die vorher passiert sind, sind dann, dass wir vielleicht diese Artikel vielleicht auch schon zusätzlich auf Lager gelegt haben, weil wir wussten, dass es benötigt wird. Deswegen würde ich als dritten Punkt die Datenanalyse nehmen, denn das ist der Schritt nach vorne. Das ist dann der Schritt in die Zukunft, bzw. dass was mich besser macht.
- W: Aha, okay. Dann kommen wir zur letzten Frage. Bei den funktionalen Anforderungen ging es vorhin schon in die Richtung. Welche zusätzlichen Faktoren müssen bei der Auswahl von geeigneten IoT-Plattformen berücksichtigt werden? Beispiele hierfür sind etwa die Skalierbarkeit, Kosten oder die Wahl zwischen Cloud und On Premise-Lösung.
- L: Also Skalierbarkeit ist das A und O. Ich möchte mal ein passendes Beispiel nennen. Jemand hat sich mit dem Programm Microsoft Excel, oder auch Google Sheets, eine tolle Tabelle zur Datenanalyse erstellt und hat damit die Möglichkeit etwas mit anderen Augen zu sehen und Entscheidungen zu treffen. Im nächsten Schritt sage ich, dass ich das gern ausrollen bzw. erweitern möchte, da es so toll ist. Da stößt man ganz schnell an Grenzen. Deswegen muss in meinen Augen jede Lösung, skalierbar sein. Sei es Infrastruktur, aber auch wie die Lösung aufgesetzt ist. Das bezieht sich

genau so auf Logistikprozesse und IoT. Das heißt, es ist schön, wenn ich z.B. in meinem Warenhausprozess einen einzigen Bereich habe, den ich ganz toll ausstatten kann, mit intelligenten Sensoren und ähnlichem. Aber am Ende des Tages, bin ich darauf limitiert, da es sehr spezifisch ist. Das liegt für mich alles in dem Begriff Skalierbarkeit. Ohne das funktioniert keine Lösung. Das zweite, was ich da noch hinzunehmen würde, das haben wir eben angesprochen, diese klassischen zwei Buchstaben - AI. Für mich geht das mit einher, also ich habe eine IoT-Plattform und ich brauche Artificial Intelligence, die das Ganze für mich erweitert und auch aufarbeitet. Also das eine ohne das andere, ist in meinen Augen nur der halbe Schritt. Da sieht man im Prinzip, ich glaube sie hatten in ihrer Liste eben Wearables, wie Smart Watches oder ähnliches drinnen. Das ist natürlich total super, wenn mir mein Android Telefon mit meinem Auto verbunden, in dem Moment, wenn ich das Auto einschalte, sagt, ach ich glaube du willst jetzt da und da hin fahren, weil der Termin in zwei Stunden in deinem Kalender steht. Dann ist das eine gute Leistung, erstmal nicht schlecht, aber das geht natürlich noch einen Schritt weiter. Das heißt auch hier ist die Erwartung, dass es vielleicht noch mehr macht. Dass es mir vielleicht noch sagt, ich habe festgestellt, dass du zusätzlich noch tanken musst, und übrigens hier ist eine Tankstelle. Und das klassische Beispiel in Bezug auf Tankstellen ist, wenn wir das Beispiel Google Maps und Auto nehmen, kann ich bis heute noch nicht während der Fahrt auswählen, ob ich eine Tankstelle oder einen Rastplatz möchte. Da sagt mir Google lieber, fährst fünf Kilometer von der Autobahn runter in ein kleines Dorf, da gibt es eine Tankstelle. Ich kann aber nicht sagen, ich hätte gern einen Rastplatz. Das ist für mich der nächste Schritt. Das heißt, ich muss auch weiter denken und das System muss intelligent genug sein, um zu sagen, wenn ich 500 Kilometer Autobahn fahre, ob ich dann Lust habe von der Autobahn runter zu fahren in irgend ein kleines Dorf, oder kann ich vielleicht sagen, der nächste Rastplatz ist da und da. Das macht für mich am meisten Sinn. Das ist jetzt nicht speziell Logistik, aber es geht in die selbe Richtung.

W: Ja.

L: Die Kosten sind insofern irrelevant, weil am Ende des Tages ist es immer eine Return on Invest-Rechnung. Das heißt, natürlich darf ein System unglaublich teuer sein, dann wenn es mir natürlich den doppelten Nutzen bringt. Dann ist es das Wert, wie man so schön sagt.

W: Ja, okay. Kennen Sie ansonsten noch sonstige Faktoren für die Auswahl von IoT-Plattformen, ansonsten würde ich das Interview jetzt an der Stelle beenden.

L: Nein, also ich würde es quasi auf diese begrenzen. Alles andere ist Beiwerk.

W: Dann danke ich Ihnen für dieses Interview und wünsche Ihnen noch eine angenehme restliche Woche.

Literaturverzeichnis

- Abdel-Basset, M., Shawky, L. A., & Eldrandaly, K. (2018). Grid quorum-based spatial coverage for IoT smart agriculture monitoring using enhanced multi-verse optimizer. *Neural Computing and Applications* (2020)(32:607-624).
- AbdulGhaffar, A., Mostafa, S. M., Alsaleh, A., Sheltami, T., & Shakshuki, E. M. (2019). Internet of Things based multiple disease monitoring and health improvement system. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* (2020)(11:1021-1029).
- Accenture. (2021). *How the Internet of Things can drive growth in China's Industries*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://www.accenture.com/se-en/insight-how-the-internet-of-things-can-drive-growth-in-china-industries>
- Agrawal, H., Dhall, R., Iyer, K. S., & Chetlapalli, V. (2019). An improved energy efficient system for IoT enabled precision agriculture. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* (2020)(11:2337-2348).
- Ahmadi, H., Arji, G., Shahmoradi, L., Safdari, R., Nilashi, M., & Alizadeh, M. (2018). The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification. *Universal Access in the Information Society*(18:837-869). Von <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0618-4> abgerufen
- Akhilesh, K. B., & Möller, D. P. (2020). *Smart Technologies - Scope and Applications*. Singapur: Springer.
- Ali, Z. H., & Ali, H. A. (2020). Towards sustainable smart IoT applications architectural elements and design: opportunities, challenges, and open directions. *The Journal of Supercomputing* (2021)(77:5668-5725).
- Alliance for Internet of Things Innovation. (2015). *Internet of Things Application*. Von <https://aioti.eu/wp-content/uploads/2017/03/AIOTIWG01Report2015-Applications.pdf> abgerufen
- Alliance for Internet of Things Innovation. (2021). *Organisation*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://aioti.eu/about-us/organisation/>
- Alphabet Inc. (kein Datum). *Google Cloud IoT-Lösung*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://cloud.google.com/solutions/iot?hl=de>

- Al-Qurabat, A. K., Mohammed, Z. A., & Hussein, Z. J. (2021). Data Traffic Management based on Compression and MDL Techniques for Smart Agriculture in IoT. *Wireless Personal Communications (2021)*.
- Alshdadi, A. A. (2021). Cyber-physical system with IoT-based smart vehicle. *Soft Computing*.
- Amazon Web Services Inc. (2021). *Übersicht AWS IoT*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://aws.amazon.com/de/iot/?nc=sn&loc=0>
- Andelfinger, V. P., & Hänisch, T. (2015). *Internet der Dinge - Technik, Trends und Geschäftsmodelle*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Andelfinger, V. P., & Hänisch, T. (2016). *eHealth - Wie Smartphones, Apps und Wearables die Gesundheitsversorgung verändern werden*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Anderie, L. (2018). *Gamification, Digitalisierung und Industrie 4.0 - Transformation und Disruption verstehen und erfolgreich managen*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bassi, A., van Kranenburg, R., Bauer, M., Lange, S., Fiedler, M., Meissner, S., & Kramp, T. (2013). *Enabling Things to Talk - Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model*. Heidelberg: Springer.
- bitkom. (2020). *Das intelligente Zuhause: Smart Home 2020*. Berlin: Bitkom e.V.; Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. Abgerufen am 11.06.2021 von https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-09/200922_studienbericht_smart-home.pdf
- Bök, P.-B., Noack, A., Müller, M., & Behnke, D. (2020). *Computernetze und Internet of Things - technische Grundlagen und Spezialwissen*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bruhn, M., & Hadwich, K. (2017). *Dienstleistung 4.0 - Geschäftsmodelle - Wertschöpfung - Transformation (Bd. 2)*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bundesamt. (22.04.2016). *Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI (BSI-Kritisverordnung - BSI-KritisV)*. (B. f. Informationstechnik, Herausgeber) Abgerufen am 29.07.2021 von <https://www.gesetze-im-internet.de/bsi-kritisv/BJNR095800016.html>

- Cheruvu, S., Kumar, A., Smith, N., & Wheeler, D. M. (2020). *Demystifying Internet of Things Security - Successful IoT Device/Edge and Platform Security Deployment*. New York: Springer Science+Business Media New York.
- Chopra, A. (2020). Conceptual framework of IoT for transport logistics an approach to connecting material flow and IT in self-directing collaborating logistics progressions. *Int J Syst Eng Manag* (2020)(11).
- Cunningham, J. A., & Whalley, J. (2020). *The Internet of Things Entrepreneurial Ecosystems - Challenges and Opportunities*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Daniotti, B., Gianinetto, M., & Torre, S. D. (2020). *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Das, K., Mishra, B. S., & Das, M. (2020). *The Digitalization Conundrum in India - Applications, Access and Aberrations*. Singapur: Springer Nature Singapore.
- Dashora, C., Sudhagar, P. E., & Marietta, J. (2019). IoT based framework for detection of vehicle accident. *Cluster Computing* (2020)(23:1235-1250).
- Deloitte. (2018). *Smart Home Consumer Survey 2018 - Ausgewählte Ergebnisse für den deutschen Markt*. Abgerufen am 11.06.2021 von https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/technology-media-telecommunications/Deloitte_TMT_Smart_Home_Studie_18.pdf
- Dhanwani, R., Prajapati, A., Dimri, A., Varmora, A., & Shah, M. (2021). Smart Earth Technologies: a pressing need for Abating pollution for a better tomorrow. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Dietrich, A., & Fliege, F. (2017). Digitale Transformation des Speditionsgeschäfts umfasst mehr als Spedition 4.0. *Wirtschaftsinformatik & Management*(3).
- Dutta, D., Pradhan, A., Achaya, O. P., & Mohapatra, S. K. (kein Datum). IoT based pollution monitoring and health correlation: a case study on smart city. *Int J Syst Assur Eng Manag* (2019)(10(4):731-738).

- Dutta, J., Roy, S., & Chowdhury, C. (2018). Unified framework for IoT and smartphone based different smart city related applications. *Microsystem Technologies* (2019)(25:84-96).
- Estevez, E., Pardo, T. A., & Scholl, H. J. (2021). *Smart Cities and Smart Governance - Towards the 22nd Century Sustainable City*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Etezadzadeh, C. (2020). *Smart City - Made in Germany - Die Smart City-Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Flügge, B. (2020). *Smart Mobility - Trends, Konzepte, Best Practices für intelligente Mobilität* (2. Ausg.). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Frenz, W. (2020). *Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Ghanem, S., Kanungo, P., Panda, G., & Suresh Chandra Satapathy, R. S. (2020). Lane detection und artificial colored light in tunnels and on highways: an IoT-based framework for smart city infrastructure. *Complex & Intelligent Systems* (2021).
- Gil-Garcia, J. R., Pardo, T., & Gasco-Hernandez, M. (2020). *Beyond Smart and Connected Governments - Sensors and the Internet of Things in the Public Sector*. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Hausladen, I. (2016). *IT-gestützte Logistik - Systeme - Prozesse - Anwendungen* (3. Auflage Ausg.). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Heidrich, M., & Luo, J. J. (2016). *Industrial Internet of Things: Referenzarchitektur für die Kommunikation*. Fraunhofer-Institut für eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK, München. Abgerufen am 15.06.2021 von https://www.iks.fraunhofer.de/content/dam/esk/dokumente/Whitepaper_IoT_dt_April16.pdf
- Hostettler, S., Besson, S. N., & Bolay, J.-C. (2018). *Technologies for Development - From Innovation to Social Impact*. Cham: Springer Nature.
- Hu, Y., Tilke, D., Adams, T., Crandall, A. S., Cook, D. J., & Schitter-Edgecombe, M. (2016). Smart home in a box: usability study for large scale self-installation of smart home technologies. *J Reliable Intell Environ* (2016)(2:93-106).
- Hünning, F. (2019). *Embedded Systems für IoT*. Berlin: Springer Vieweg.

- Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2020). Toward Smart Logistites: Engineering Insights and Emerging Trends. *Archives of Computational Methods in Engineering (2021)*(28:3183-3210).
- Jayashree, L., & Selvakumar, G. (2020). *Getting Started with Enterprise Internet of Things: Design Approaches and Software Architecture Models*. Cham, Schweiz: Springer.
- Jondral, D. A. (2019). Digital Factory Develops Innovative IIoT Solutions. *International Surface Technology*. Von <https://link.springer.com/article/10.1007/s35724-019-0028-z> abgerufen
- KaaIoT Technologies LLC. (2021). *Kaa IoT Platform Features for Enterprise IoT Projects*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://www.kaaiot.com/overview>
- Kadhim, K. T., Alsahlany, A. M., Wadi, S. M., & T.Kadhum, H. (2020). An Overview of Patient's Health Status Monitoring System Based on Internte of Things (IoT). *Wireless Personal Communication (2020)*(114:2235-2262).
- Kaufmann, T., & Servatius, H.-G. (2020). *Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz and Game Changer - Wege zu einem Management 4.0 und einer digitalen Architektur*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Kaur, K., Sood, S. K., & Bhatia, M. (2019). Cloud-assisted green IoT-enabled comprehensive framework for wildfire monitoring. *Cluster Computing (2020)*(23:1149-1162).
- Kavitha, D., & Ravikumar, S. (2020). Designing an IoT based autonomous vehicle meant for detecting speed bumps and lanes on roads. *Journal of Ambiet Intelligence and Humanized Computing (2021)*(12:7417-7426).
- Keuper, F., Schomann, M., & Sikora, L. I. (2018). *Homo Connectus - Einblicke in die Post-Solo-Ära des Kunden*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Khosravy, M., Gupta, N., Dey, N., & Ger, P. M. (2021). Smart green ocean underwater IoT network by ICA-based acoustic blind MIMO OFDM transceiver. *Earth Science Informatics (2021)*(14:1073-1081).

- Kim, H.-S., Oh, S.-T., & Lim, J.-H. (2017). Development of local area alert system against particulate matters and ultraviolet rays based on open IoT platform with P2P. *Peer-to-Peer Appl. (2018)*(11:1240-1251).
- Kim, W.-S., Lee, W.-S., & Kim, Y.-J. (2020). A Review of the Applications of the Internet of THings (IoT) for Agricultural Automation. *Journal of Biosystems Engineering (2020)*(45:385-400).
- Kleineidam, G., Krasser, M., & Reischböck, M. (2016). The cellular approach: smart energy region Wunsiedel. Testbed for smart grid, smart metering and smart home solutions. *Electr Eng (2016)*(98:335-340).
- Klenk, T., Nullmeier, F., & Wewer, G. (2020). *Handbuch Digitalisierung in Staat und Verwaltung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Koelsch, G. (2016). *Requirements Writing for System Engineering - Project success through realistic requirements*. New York: Springer Science + Business Media New York.
- Lammers, I., & Heldeweg, M. A. (2016). Smart design rules for smart grids: analysing local smart grid development through an empirico-legal institutional lens. *Lammers and Heldeweg Energy, Sustainability and Society (2016)*(6:36).
- Lempert, S., & Pflaum, A. (2021). *Funktionalität und Standardunterstützung von IoT-Software-Plattformen*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Lindner, D. (2020). *Forschungsdesigns der Wirtschaftsinformatik*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Linnhoff-Popien, C., & Grahl, M. Z. (2015). *Marktplätze im Umbruch - Digitale Strategien für Services im Mobilen Internet*. Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg.
- Liu, J., Liu, Z., Zhang, H., Yuan, H., Manokaran, K. B., & Maheshwari, M. (2021). Multi-sensor information fusion for IoT in automated guided vehicle in smart city. *Soft Computing*.
- Lucero, A., Clawson, J., Fischer, J., & Robinson, S. (2016). Mobile collocated interactions with wearables: past, present and future. *mUX: The Journal of Mobile Experience*(5:6).

- Malche, T., Maheshwary, P., & Kumar, R. (2019). Environmental Monitoring System for Smart City Based on Secure Internet of Things (IoT) Architecture. *Wireless Personal Communications (2019)*(107:2143-2172).
- Matthias, K., & Meinhardt, S. (2016). *Mobile Computing*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Meier, A., & Portmann, E. (2016). *Smart City - Strategie, Governance und Projekte*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Meinhardt, S., & Pflaum, A. (2019). *Digitale Geschäftsmodelle - Band 1- Geschäftsmodell-Innovationen, digitale Transformation, digitale Plattformen, Internet der Dinge und Industrie 4.0* (Bd. 1). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Meinhardt, S., & Pflaum, A. (2019). *Digitale Geschäftsmodelle - Band 2- Geschäftsmodell-Innovationen, digitale Transformation, digitale Plattformen, Internet der Dinge und Industrie 4.0* (Bd. 2). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Meinhardt, S., & Wortmann, F. (2021). *IoT - Best Practices - Internet der Dinge, Geschäftsmodellinnovationen, IoT-Plattformen, IoT in Fertigung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Muhanji, S. O., Flint, A. E., & Farid, A. M. (2019). *eIoT - The Development of the Energy Internet of Things in Energy Infrastructure*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Nasajpour, M., Pouriye, S., Parizi, R. M., Valero, M. D., & Arabnia, H. R. (2020). Internet of Things for Current COVID-19 and Future Pandemics: an Exploratory Study. *Journal of Healthcare Informatics Research (2020)*(4:325-364).
- Neelakandan, S., Berlin, M. A., Tripathi, S., Devi, V. B., Bhardwaj, I., & Arulkumar, N. (2021). IoT-based traffic prediction and traffic signal control system for smart city. *Soft Computing*.
- Neugebauer, R. (2018). *Digitalisierung - Schlüsseltechnologien fpr Wirtschaft & Gesellschaft* (1. Ausg.). Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg.
- Obermaier, R. (2019). *Handbuch INdustrie 4.0 und digitale Transformation - Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*. Wiesbaden: Springer Gabler.

- Ohland, G. (2018). Smart Home wird zum Standard in der Gebäudeausstattung. *Wirtschaftsinformatik & Management* (2018)(4).
- OpenRemote Inc. (2021). *openremote Product*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://openremote.io/product/>
- Osterhage, W. (2019). *Chancen und Grenzen der Energieverwertung - Physikalische Grundlagen und Technologien*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Parameswari, M., & Moses, M. B. (2017). Online measurement of water quality and reporting system using prominent rule controller based on aqua care-IoT. *Des Autom Embed Syst* (2018)(22:25-44).
- Park, E., Kim, S., Kim, Y., & Kwon, S. J. (2017). Smart home services as the next mainstream of the ICT industry: determinants of the adoption of smart home services. *Univ Access Inf Soc* (2018)(17:175-190).
- Pfannstiel, M. A., Da-Cruz, P., & Mehlich, H. (2017). *Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen - Impulse für die Versorgung*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Pohlmann, N. (2021). Chancen und Risiken von Smart Home. *Datenschutz und Datensicherheit*(2).
- Purkayastha, K. D., Mishra, R. K., & Arunava Shil, S. N. (2021). IoT Based Design of Air Quality Monitoring System Web Server for Android Platform. *Wireless Personal Communications* (2021)(118:2921-2940).
- PWC. (2016). *The Industrial Internet of Things*. Abgerufen am 15.06.2021 von <https://www.pwc.com/gx/en/technology/pdf/industrial-internet-of-things.pdf>
- Raju, K. L., & Vijayaraghavan, V. (2020). IoT Technologies in Agricultural Environment: A Survey. *Wireless Personal Communications* (2020)(113:2415-2446).
- Ramesh, M. V., Prabha, R., Thirugnanam, H., Devidas, A. R., Raj, D., Anand, S., & Pathinarupothi, R. K. (2020). Achieving sustainability through smart city applications: protocols, systems and solutions using IoT and wireless sensor network. *CSIT* (2020)(8(2):213-230).

- Ravikumar, S., & Kavitha, D. (2021). IoT based autonomous car driver scheme based on ANFIS and black widow optimization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
- ROBIOTIC GmbH. (18. 11 2020). *Sensorik: Die Technologie, die IoT möglich macht*. Abgerufen am 09.06.2021 von <https://www.robionic.com/de/blog/posts/sensorik-die-technologie-die-iot-moeglich-macht/>
- Robra-Bissantz, S., & Lattemann, C. (2019). *Digital Customer Experience - Mit digitalen Diensten Kunden gewinnen und halten*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Roland Berger GmbH. (2017). *Industrial Internet of Things - Roland Berger Focus*. München. Abgerufen am 15.06.2021 von https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_industrial_internet_of_things_1.pdf
- Schallmo, D., Rusnjak, A., Anzengruber, J., Werani, T., & Jünger, M. (2017). *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen - Grundlagen, Instrumente und Best Practices*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Schröder, M., & Wegner, K. (2019). *Logistik im Wandel der Zeit - Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Sharma, E. (2018). Energy forecasting based on predictive data mining techniques in smart energy grids. *Sharma Energy Informatics (2018)(1(Suppl 1):44)*.
- Sinsel, A. (2020). *Das Internet der Dinge in der Produktion - Smart Manufacturing für Anwender und Lösungsanbieter*. Berlin: Springer Vieweg.
- Song, T., Cai, J., Chahine, T., & Li, L. (2017). Towards Smart Cities by Internet of THings (IoT) - a Silent Revolution in China. *J Know Econ (2021)(12:578-594)*.
- Statista. (2015). *Die Zukunft der Wearables hängt am Handgelenk*. Abgerufen am 30.06.2021 von <https://de.statista.com/infografik/3364/wearable-absatzprognose/>
- Statista. (2019). *Anzahl der weltweit vernetzten Geräte bis 2025*. Abgerufen am 20.07.2021 von <https://news.sap.com/germany/2019/10/iot-chance-moeglichkeiten/>
- Statista. (2020). *Bevölkerung - Zahl der Einwohner in Deutschland nach relevanten Altersgruppen am 31. Dezember 2020*. Abgerufen am 01.07.2021 von

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1365/umfrage/bevoelkerung-deutschlands-nach-altersgruppen/>

- Stich, V., Schumann, J. H., Beverungen, D., Gudergan, G., & Jussen, P. (2019). *Digitale Dienstleistungsinnovationen - Smart Services agil und kundenorientiert entwickeln*. Berlin: Springer Vieweg.
- Strous, L., & Cerf, V. G. (2019). *Internet og Things - Information Processing in an Increasingly Connected World*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Stylos, N., Rahani, R., Okumus, B., & Williams, S. (2021). *Generation Z Marketing and Mangement in Tourism and Hospitality - The Future of the Industry*. Cham, Schweiz: Springer Nature.
- Subhashini, R., & Sethuraman, R. (2019). IoT-Based Air Pollution Monitoring Using Silver Birch Trees. *Natl. Acad. Sci. Lett.* (2020)(43(3):233-236).
- Ternes, A., Towers, I., & Jerusel, M. (2015). *Konsumverhalten im Zeitalter der Digitalisierung - Trends: E-Commerce, M-Commerce und Connected Retail*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- ThingsBoard Inc. (2021). *ThingsBoard Open-source IoT Platform*. Abgerufen am 16.06.2021 von <https://thingsboard.io/>
- Thorhauer, Y., & Kexel, C. A. (2020). *Facetten der Digitalisierung - Chancen und Herausforderungen für Menschen und Management*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Unger, H. (2020). *Echtzeit 2020 - Kommunikationssicherheit im Internet der Dinge (IoT)*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Vaidya, B., & Mouftah, H. T. (2019). IoT Applications and Services for Connected and Autonomous Electric Vehicles. *Arabian Journal for Science and Engineering* (2020)(45:2559-2569).
- Vergil. (kein Datum). *Aenis*, 6, 727.
- Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., & Hompel, M. t. (2017). *Handbuch Industrie 4.0 - Logistik* (2. Auflage Ausg., Bd. 3). Berlin.
- Voß, P. H. (2020). *Logistik - die unterschätzte Zukunftsindustrie - Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0* (2. Auflage Ausg.). Wiesbaden: Springer Gabler.

- Wehking, K.-H. (2020). *Technisches Handbuch Logistik 2 - Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin: Springer Vieweg.
- Wendzel, S. (2018). *IT-Sicherheit für TCP/IP- und IoT-Netzwerke - Grundlagen, Konzepte, Protokolle, Härtung*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Wennker, P. (2020). *Künstliche Intelligenz in der Praxis - Anwendung in Unternehmen und Branchen: KI wettbewerbs- und zukunftsorientiert einsetzen*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Winkelhake, U. (2017). *Die digitale Transformation der Automobilindustrie - Treiber, Roadmap, Praxis*. Berlin: Springer Vieweg.
- Wisser, K. (2018). *Gebäudeautomation in Wohngebäuden (Smart Home) - eine Analyse der Akzeptanz*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Zsifkovits, H., & Woschank, M. (2018). Smart Logistics - Technologiekonzepte und Potentiale. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte (2019)*(164).

Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

An der geistigen Herstellung der vorliegenden Hausarbeit war außer mir niemand beteiligt. Ins-besondere habe ich nicht die Hilfe eines Beraters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Hausarbeit stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise einer Prüfungsbehörde vorgelegt.

Leipzig, den 12. August 2021



Vorname Nachname