

Konzeption und prototypische Umsetzung
einer Steuerzentrale eines smarten Büros mit
dem Fokus einer einfachen Handhabung der
formalisierten Interaktionen für
Softwareentwickler

MASTER-THESIS

für die Prüfung zum

Master of Science

des Studienganges Professional Software Engineering

an der

Knowledge Foundation @ Reutlingen University

von

Mikka Jenne

Abgabedatum 31. August 2022

Bearbeitungszeitraum

24 Wochen

Teilnehmernummer

800864

Kurs

PSEJG20

ErstprüferIn

Prof. Dr. Natividad Martinez Madrid

ZweitprüferIn

Dr. Robin Braun

Zusammenfassung

Augmented Reality ist eine Technologie, die dem Nutzer ein visuelles Erlebnis mit einer angereicherten Welt voller virtueller Objekte ermöglicht. Das Resultat, eine Kombination aus Realität und Virtualität, bietet dem Benutzer eine neue Art der Wahrnehmung der Gegenwart.

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Konzeption und Umsetzung eines industriellen Assistenzsystems unter Verwendung der Augmented Reality Technologie. Dabei soll die Umgebung mit Hilfe des SLAM Verfahrens analysiert werden, um auf dieser Basis dreidimensionale Objekte als Referenz zu realen Objekten im Raum virtuell platzieren zu können. Durch die entstehende Visualisierung können Informationen zu den jeweiligen Objekten in eine Datenbank eingetragen und angezeigt werden, dadurch kann das Überwachen von Industriemaschinen vereinfacht werden.

Zu dem Konzept gehört sowohl die Ausarbeitung der grundlegenden Softwarearchitektur, als auch ein allgemein-gültiges Datenmodell zur Persistierung der generierten Daten. Für die bestmögliche Umsetzung der Augmented Reality Experience werden hierzu bereits schon bestehende Frameworks und Software Development Kits, beispielsweise Google ARCore, verwendet.

Der entstandene Prototyp ist ein eigenständiges System. Die Architektur ist modular aufgebaut, um eine stetige Weiterentwicklung zu gewährleisten.

Abstract

Augmented Reality is a technology that enables the user to have a visual experience with an enriched world full of virtual objects. The result offers the user a new way of perceiving surrounding as an Combination of reality and virtuality.

This bachelor thesis deals with the conception and implementation of an industrial assistance system using augmented reality technology. The environment can be analyzed with the help of the SLAM method in order to be able to place three-dimensional objects virtually as a reference to real objects in space. The resulting visualization enables information on the respective objects to be entered in a database and displayed, which enables the simplified monitoring of Industrial machines.

The concept includes the development of the basic software architecture as well as a generally applicable data model for saving the generated data. Already existing frameworks and software development kits where used for the best possible implementation of the augmented reality experience as Google ARCore.

The created prototype is an standalone system. The architecture is modular in order to ensure continuous further development.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Forschungsfragen	4
1.3	Zielsetzung der Arbeit	4
1.4	Aufbau der Arbeit	4
1.5	CGI	5
2	Grundlagen	6
2.1	Internet der Dinge	6
2.1.1	Paradigmen und Kommunikationsmodelle	10
2.1.2	Historische Entwicklung	12
2.1.3	Ziele von IoT	12
2.2	Smart Home	13
2.2.1	Historische Entwicklung	16
2.2.2	Ziele von Smart Home	16
2.3	Technologien	17
2.3.1	Netzwerkprotokolle	17
2.3.2	MQTT	17
2.3.3	AMQP	17
2.3.4	DDS	17
2.3.5	Raspberry Pi	17
2.4	Roboter	18
2.4.1	Serviceroboter	18
2.4.2	Temi - Roboter	18
2.5	Home Assistant	19
2.5.1	Konzept	19
2.5.2	Architektur	19
2.5.3	Ziele und Schwerpunkte	19
2.5.4	Stärken und Schwächen	19
2.6	openHAB	20
2.6.1	Konzept	20
2.6.2	Architektur	20

2.6.3	Ziele und Schwerpunkte	20
2.6.4	Stärken und Schwächen	20
3	Stand der Technik	21
3.1	Theorien	21
3.2	Methoden	21
3.3	Techniken	21
4	Anforderungsanalyse	22
4.1	Marktanalyse	22
4.2	Use Cases	22
4.2.1	Check in mit Temi	22
4.2.2	Notfallevakuierung mit Temi	22
4.3	Anforderungen	22
5	Konzept	23
5.1	Abzudeckende Funktionen	23
5.2	Architektur	23
5.2.1	Schnittstellen	23
5.2.2	Interfaces	23
6	Umsetzung	24
6.1	Implementierung	24
6.1.1	Aufbau der Architektur	24
6.1.2	Einbindung der Funktionen abgeleitet von der Konzeption	24
7	Ergebnis	25
8	Diskussion und Evaluation	26
8.1	Analyse des Konzepts der Eigenentwicklung	26
8.2	Vergleich zwischen Eigenentwicklung und bestehenden Softwarelösungen	26
9	Fazit	27
10	Ausblick	28
	Anhang	I
	Index	I
	Literaturverzeichnis	V

Kapitel 1

Einleitung

Die folgende Master-Thesis befasst sich mit der Konzepterstellung einer zentralen Steuerzentrale, die dem Entwickler die formalen Interaktionen, weitere Funktionen hinzuzufügen, erleichtern soll. Hierfür werden bereits bestehende Plattformen für Smart Home analysiert und daraus ein Konzept erstellt, die den Anforderungen entsprechend einen größeren Mehrwert in der Weiterentwicklung der Plattform bietet. Die Umsetzung des ausgearbeiteten Konzeptes wird nur in sehr geringem Maß behandelt.

In diesem Teil der Arbeit wird auf die Motivation des Themas eingegangen. Darüber hinaus werden sowohl die Forschungsfragen als auch die Zielsetzung der Arbeit genauestens dargelegt. Darauf folgend findet eine Übersicht über die Arbeit im Gesamten statt, mit der die Inhalte angerissen werden. Eine nähere Betrachtung des Standes der Technik untermauert die Beweggründe dieser Themenwahl und Ausarbeitung dessen.

1.1 Motivation

Jede neu entwickelte Technologie durchlebt im Laufe der Entstehung und Publikation ein enormes Aufsehen. So lange bis diese Technik eine standardisierte Verwendung in der Gesellschaft findet oder sich als unpraktikabel erweist und nicht weiter vorangetrieben oder eingestellt wird. Es wird in der Zeit des Aufkommens und der Forschung viel darüber fantasiert, debattiert und geplant, ohne jedoch die Ausmaße und Resultate der Forschungen und Praktiken abwägen zu können. Durch fehlende Erfahrung und nicht ausgereifte Konzepte werden Höhepunkte und Illusionen erwartet, die zu diesem Zeitpunkt technisch nicht umsetzbar sind. Um solche kühnen Versprechungen und Übertreibungen, sogenannte Hypes, die jede neue technologische Idee mit sich bringt, von dem zu differenzieren was wirtschaftlich umsetzbar ist, werden bestimmte Phasen der Entwicklung durchlaufen. [GARTNER 2022]

Die oben erwähnten Phasen der Entwicklung sind in einem sogenannten Hype-Zyklus, engl. Hype-Cycle, dargestellt. Dieser Zyklus ist ein visualisiertes Modell, das die Entwicklung einer neuen Technologie von der Innovation und Entstehung über die Forschung und Umsetzung bis hin zur ausgereiften Marktfähigkeit repräsentiert und so diese Phasen der Entwicklung versinnbildlicht.

Entwickelt wurde der Hype Cycle von der Gartner Inc. Forschungsgruppe. Durch die Mitarbeiterin Jackie Finn wurden die Definitionen der Entwicklungsphasen¹ geprägt. Diese sind wie folgt in fünf Phasen dargestellt:

1. *Innovationsauslöser, engl. Innovation Trigger*: Ein potentieller technologischer Durchbruch löst die Dinge aus. Frühe Proof-of-Concept (PoC) Ansätze und ein großes Medieninteresse lösen eine erhebliche Publizität aus. Oft gibt es keine brauchbaren Produkte und die Marktreife ist nicht bewiesen. [GARTNER 2022]
2. *Höhepunkt überhöhter Erwartungen, engl. Peak of Inflated Expectations*: Frühe Publizität bringt eine Reihe von Erfolgsgeschichten hervor – oft begleitet von zahlreichen Misserfolgen. Einige Unternehmen ergreifen Maßnahmen; viele nicht. [GARTNER 2022]
3. *Trog der Ernüchterung, engl. Trough of Disillusionment*: Das Interesse schwindet, da Experimente und Implementierungen nicht liefern. Hersteller der Technologie reißen es heraus oder scheitern. Investitionen werden nur fortgesetzt, wenn die überlebenden Anbieter ihre Produkte zur Zufriedenheit der frühzeitigen Anwender verbessern. [GARTNER 2022]
4. *Steigung der Erleuchtung, engl. Slope of Enlightenment*: Mehr Beispiele dafür, wie die Technologie dem Unternehmen zugute kommen kann, beginnen sich zu herauszukristallisieren und werden allgemeiner verstanden. Produkte der zweiten und dritten Generation erscheinen von den Technologieanbietern. Mehr Unternehmen finanzieren Pilotprojekte; Konservative Unternehmen bleiben vorsichtig. [GARTNER 2022]
5. *Plateau der Produktivität, engl. Plateau of Productivity*: Mainstream-Akzeptanz beginnt sich abzuheben. Kriterien zur Bewertung der Lebensfähigkeit des Anbieters sind klarer definiert. Die breite Markteinsatzbarkeit und Relevanz der Technologie zahlen sich eindeutig aus. [GARTNER 2022]

Nachdem ein innovativer Gedanke den *Höhepunkt überhöhter Erwartungen* passiert hat, z.B. die Revolutionierung der Softwareentwicklung oder Szenarien, wie z.B. die Vollautomatisierung eines Gebäudes oder Service-Roboter die uneingeschränkt interagieren können, die man in der Form nur aus Science-Fiction Filmen kennt, folgt der *Trog der Ernüchterung*. In Folge dessen wird festgestellt, dass die Erwartungen nicht in Gänze übertragbar sind, bzw. nur zu einem geminderten Teil in die Realität umgesetzt werden können und der verfolgte Gedanke an Interesse verliert. Nach erneutem Aufgriff der Technologie findet eine realistischere Beurteilung der Innovation statt, die dazu beiträgt, dass die Technologie wieder an Interesse gewinnt. Die objektive und realitätsnahe Betrachtungsweise formt ein neues und realistisches Bild der Potentiale, als auch der Grenzen. Mit dem neu gewonnenen Maßstab geht die ehemals neue innovative Idee in eine routinierte Technologie über, die an Anerkennung gewinnt und in der breiten Masse akzeptiert wird. Die Technologie erfährt mit steigender Zuwendung eine stetigere Weiterentwicklung, die dann zu einer Community geformt wird. Mit der Erreichung dieses Status befindet sich die Innovation, bezogen auf den Hype Cycle, in der letzten Phase, dem *Plateau der Produktivität*, und bestätigt so die Marktreife. Dieser Zeitpunkt löst

¹Die Entwicklungsphasen der Gartner Inc. ist unter folgender URL zu finden: "<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>"

die Zukunftsvision auf und es handelt sich um eine am Markt etablierte Technologie.

Zum aktuellen Zeitpunkt befindet sich die Technologie rund um Plattformen für intelligente Geräte im privaten Bereich, engl. *Smart Home (SH)* oder *Connected Home*, im Anfangsstadium der letzten Phase, dem sogenannten *Plateau der Produktivität*. Mit zunehmender Akzeptanz werden im Umfeld des Internets der Dinge, engl. *Internet of Things*, stetig Szenarien entwickelt, die das Wachstum und die Verwendung von solchen Plattformen vorantreibt. Mit einer immer tiefer gehenden Forschung und Umsetzung von Anwendungsbeispielen werden Bereiche offenbart, die eine solche Plattform im privaten als auch im geschäftlichen Umfeld immer attraktiver gestaltet. Mit steigender Konnektivität und Kompatibilität mehreren Geräten und Gegenständen können Bereiche und Szenarien, wie die Steuerung von Service-Robotern, umgesetzt werden. Der jetzige technologische Fortschritt und die über die Forschungsjahre gesammelten Erfahrungen bringt das Segment der intelligenten Geräte der IoT den ursprünglich angedachten Visionen und Ideen näher, sodass ein weiterer Ausbau dieser Technologie und dessen Anwendung stattfindet und sich vollständig in den Markt etabliert. Der finale Schritt der endgültigen Marktreife ist ein faszinierender und wichtiger Grund für meine Motivation, mich dieser Technologie und der dahinterstehenden Theorie zu widmen.

Mit der erzielten Marktreife entstehen Produkte und Lösungen, die bestimmte Teile der anfänglichen Idee abdecken. Mit zunehmender Entwicklung und anfallenden Anforderungen, werden viele Produkte zu groß und haben dadurch die grundlegende Konzeption und Architektur nicht vorausschauend entwickelt. Daher ist die anfängliche Überlegung und Konzeption essentiell.

Daher ist ein weiterer Punkt meiner Motivation den Schritt zu gehen, ein Konzept zu entwickeln, dass die Erweiterung eines solchen Systems basierend auf der Konzeptgrundlage vereinfacht und so die Nutzung für Entwickler zur Weiterentwicklung verbessert. Somit soll dem Entwickler bei einer stetigen Erweiterung der Plattform Zeit und Aufwand erleichtert werden. Dadurch können weitere Anwendungsszenarien und Objekte integriert werden, ohne einen zu großen Entwicklungsaufwand zu erzeugen.

Die Einsatzgebiete von intelligenten Geräten, beziehungsweise die Verwendung einer Kompaktlösung beschränkt sich räumlich auf Gebäude, Häuser und Wohnungen, bieten trotz dessen viele Verwendungs- und Einsatzmöglichkeiten. Diese sehen wie folgt aus:

- Komfort
- Entertainment
- Überwachung und Sicherheit
- Steuerung von Prozessen
- Management von Automationen

Neben der Affinität von Smart Home zum Internet der Dinge und der damit einhergehenden Technologie bringt diese Vorteile mit sich, wie z.B. die Modernisierung von Wohngebäuden und die angestrebte Verbesserung der Lebensqualität.

1.2 Forschungsfragen

1.3 Zielsetzung der Arbeit

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Master-These gliedert sich nach den soeben genannten einleitenden Information im Aufbau in insgesamt zehn Kapitel. Das erste Kapitel (1) beschreibt die Motivation (1.1), welche die Intension kundtut, diese Thematik rund um IoT und Smart Home zu bearbeiten. Darauf folgend werden die Forschungsfragen (1.2), die im Rahmen der Thesis behandelt werden, erläutert. Nach der Beschreibung der Forschungsfragen wird im anknüpfenden Abschnitt (1.3) die Zielsetzung der Arbeit erläutert. Hierbei werden zusätzliche Schwerpunkte und Ziele aufgegriffen. Abschließend wird das Unternehmen, in der die Thesis geschrieben wird, hervorgehoben und deren Absichten in Verbindung mit Innovationen beleuchtet.

Das Kapitel (2) widmet sich den essentiellen und wichtigen Grundlagen dieser Arbeit. Zu Anfang wird dem Leser der Terminus des Internet of Things (2.1) offenbart, um zum Teil den Kontext im Bezug zu dieser Arbeit zu begreifen, gefolgt von einer Einführung in die Thematik des Smart Home (2.2), der Problematik der Begriffsdefinition, der historischen und kontinuierlichen Entwicklung und mit den Zielen, die mit der Verwendung einer Smart Home Lösung bewältigt werden sollen. Mit dem Verständnis der übergeordneten Begriffe, IoT und Smart Home, werden Technologien (2.3) aufgegriffen, die im Rahmen dieser Arbeit erwähnenswert sind und verwendet werden. Um auf die Vielfältigkeit von der Umsetzung eines Smart Home einzugehen und einen Teilaspekt der Anforderungen abzudecken, wird ebenso auf Service-Roboter (2.4) eingegangen. Abschließend werden in Kapitel (2) die Softwarelösungen, Home Assistant und openHAB (2.5 & 2.6), dargestellt. Diese dienen zur Grundlage für die Evaluation als auch zur Gegenüberstellung der Lösungen in Kapitel (8) Diskussion und Evaluation.

Die theoretischen und methodischen Hintergründe sowie den Stand der Technik wird in Kapitel (3) angesprochen. Dieser Teil enthält Beschreibungen, Forschungen und aktuelle Erkenntnisse über Technologien, die im Umfeld der Smart Home Anwendungen innerhalb des IoT verwendet werden. Zudem werden in Zusammenhang der Erkenntnisse und Möglichkeiten der Technologie die Szenarien dargestellt.

Kapitel (4) befasst sich mit den Anforderungen, engl. Requirements, die für die eigentliche Konzeption relevant sind. Innerhalb dieses Kapitels wird anhand von Informationen und den umzusetzenden Szenarien die Anforderungen für die Konzeption erarbeitet. Hierbei werden aus der Praxis bekannte Verfahren verwenden, um die Anforderungen zu definieren. Mittels den zugrundeliegenden Anforderungen wird im nachfolgenden Schritt die eigentliche Konzeption dargelegt.

Nach Aufbereitung der Anforderungen durch das sogenannte Anforderungsmanagement, engl. *Requirements Engineering*, wird in Kapitel (5) das Konzept erarbeitet, welches als Grundlage für die prototypische Implementierung und Umsetzung des Konzepts dient. Das Konzept befasst sich mit

den Anforderungen und setzt diese ein, um die Organisation des Systems in Komponenten, deren Beziehungen zueinander und zur Umgebung sowie deren Prinzipien zu definieren. Zum Ende des Konzepts steht eine Architektur, die sich aus den Anforderungen und auch aus den Analysen der eigentlichen Forschungsfrage abzeichnet.

In Kapitel (6) wird die Umsetzung des Konzepts skizziert. Darunter welche Problem während der Implementierung auftraten als auch deren Lösungsfindung. Ebenso wird hier aus praktischer Sicht auf die Architektur geschaut, welche Komponenten, Bibliotheken und zusätzliche Systeme, engl. *Frameworks*, verwendet wurden.

Das Ergebnis wird aus objektiver Sicht in dem darauf folgenden Kapitel (7) erläutert.

Nach Abschluss der Umsetzung und dessen Ergebnisdokumentation befasst sich das Kapitel (8) mit der Diskussion und Evaluation. Hier findet eine Analyse des Konzepts sowie deren Umsetzung und objektive Betrachtung statt. Anschließend werden Vergleiche zwischen der Eigenentwicklung und bereits bestehender Softwarelösungen, die im Grundlagenkapitel aufgefasst werden, aufgestellt und bewertet.

Im vorletzten Teil, Kapitel (9), wird ein Fazit aus den Erkenntnissen und Ergebnissen gezogen. Dieses Schlussresümee führt nochmals die Höhepunkte sowie eine eigene Einschätzung auf.

Zum Abschluss der Thesis wird in Kapitel (10) ein Ausblick gegeben. Dieser gibt Aufschluss darüber, welche Erweiterungsmöglichkeiten es für die in dieser Thesis erfolgten Arbeit gibt und wie innovativ sich dieser Grundbaustein in Zukunft erweisen könnte.

1.5 CGI

Kapitel 2

Grundlagen

In diesem Kapitel werden die für diese Thesis relevanten Grundlagen geschaffen, um ein Grundverständnis und fundiertes Wissen über verwendete Technologien zu erlangen und die nachfolgende Recherche, Konzeption und Umsetzung besser verstehen zu können.

2.1 Internet der Dinge

Das Internet der Dinge (IdD), im Englischen Internet of Things (IoT), zählt als eines der Schlagworte in der Informationstechnologie (IT). In der Domäne des IoT bekommen Gegenstände und Objekte eine eindeutige Identität, die eine Kommunikation miteinander als auch das Entgegennehmen von Befehlen erlaubt. Mit dem Internet der Dinge lassen sich Anwendungen sowie Prozesse automatisieren und Aufgaben erledigen ohne dass von außen Eingegriffen werden muss [LUBER und LITZEL 2016]. Die Prozessautomatisierung findet sich auch im Kontext des Smart Home wieder, welches in nachfolgendem Kapitel genauer aufgegriffen wird.

In der einschlägigen Literatur gibt es für das Internet of Things keine allgemeingültige Definition die alle Anwendungsbereiche abdeckt. Die Definitionen und Auslegungen der Interpretation unterscheiden sich je nach Anwendungsgebiet. Demnach gibt es viele verschiedene Forschungsgruppen, darunter Forscher, Akademiker, Innovatoren, Entwickler und Geschäftsleute, die den Begriff oder die zugrundeliegende Problemstellung definiert haben. Die Ursprünge jedoch sind dem Experten für digitale Innovationen, Kevin Ashton¹, zuzuschreiben.

Die in der Literatur auffindbaren Definitionen verfolgen zwei Sichtweisen, zum Einen aus aktiver Sicht, dass die Daten von Menschen erstellt wurde, zum Andere, aus passiver Sicht, dass die Daten von Dingen, darunter die Sensoren und Aktoren, erstellt wurde. [MADAKAM, RAMASWAMY und TRIPATHI 2015] Eine aus dem Zusammenschluss hervorgehende Definition, die auch dem wissenschaftlichen Artikel, welcher die Definition beinhaltet, entnommen werden kann, ist folgende:

¹Britischer Technologie-Pionier, Mitgründer des Auto-ID Centers am Massachusetts Institute of Technology (MIT). https://de.wikipedia.org/wiki/Kevin_Ashton (Abgerufen am 22.03.2022)

“An open and comprehensive network of intelligent objects that have the capacity to auto-organize, share information, data and resources, reacting and acting in face of situations and changes in the environment” [MADAKAM, RAMASWAMY und TRIPATHI 2015]

Daraus kann die Ableitung erfolgen, dass der Begriff des Internet der Dinge für die Vernetzung von Gegenständen im privaten Gebrauch oder von Geräten und Maschinen im industriellen Umfeld über das Internet steht. Damit Geräte individuell angesprochen werden können, werden diese mit einer eindeutigen Identität, genauer einer Internetprotokoll (IP)-Adresse, im Netzwerk belegt und mit elektronischer Intelligenz ausgestattet [LUBER und LITZEL 2016]. Darüber sind die Netzwerkteilnehmer im Stande, über das Internet zu kommunizieren Prozesse automatisiert zu erledigen. Die sogenannten *intelligenten Geräte* werden auch oft mit dem englischen Begriff, *Smart Devices*, betitelt.

Neben der Kommunikation der Geräte über das Netzwerk untereinander kann ebenso entweder durch das Gerät selbst oder eine zentrale Schnittstelle über das Internet interagiert werden. Dadurch sind Objekte und Gegenstände durch einen Benutzer von beliebigen Orten auch außerhalb des Netzwerks erreichbar und können so bedient werden. Diese Art und Weise wird auch in dem zentralen Thema des Smart Home verwendet. Die Funktion als auch die Umsetzung wird im Kapitel (2.2) näher beleuchtet.

Das Internet der Dinge ist ein nahezu existenzielles Konzept der IT-Welt. Mit dem IoT wird die Vision verfolgt eine globale Infrastruktur zu erstellen, mit dem physische Objekte miteinander vernetzt werden und jeder Zeit zur Verfügung stehen. Das Internet of Things kann auch als globales Netzwerk angesehen werden, indem die Kommunikation zwischen Mensch zu Mensch, Gerät zu Mensch und Gerät zu Gerät ermöglicht. In vielen Artikeln wird auch davon gesprochen, dass mit der Technologie die Verschmelzung der digitalen und der physischen Welt vorangetrieben wird.² Die Vereinigung beider Welten ist die Verknüpfung physischer Objekte, die eindeutig identifizierbar sind, mit einer virtuellen Repräsentation in einer vergleichbaren Internet-Struktur.

Gesamtbild des Internet of Things

Der folgenden Abbildung (2.1) ist zu entnehmen, welche Technologien rund um das Internet der Dinge liegen und in Verbindung damit stehen.

²Das Internet der Dinge – der digitale Zwilling der Welt. Kompetenzzentrum Öffentliche IT in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut. <https://www.oeffentliche-it.de/trendsonar-iot> Abgerufen am 23.03.2022.



Abbildung 2.1: Technologische Einordnung von IoT [SIEPERMANN und LACKES 2018]

Beispielsweise ist das IoT eine wesentliche Grundlage für das Themengebiet *Big Data*. Die durch Sensoren und Aktoren erzeugten Daten können Grundlage für die Verwendung im Bereich *Big Data* sein. Dabei werden die Datenmengen gespeichert und mithilfe von Mustern und Herangehensweisen des Big Data³ analysiert. Big Data ist kein Bestandteil dieser Arbeit und wird demnach nicht weiter ausgeführt. Das Beispiel dient lediglich zu Veranschaulichung und Interpretation der oben aufgeführten Abbildung (2.1).

Eine allgemeine exemplarische Skizzierung eines Systems, welches nach dem IoT-Konzept aufgebaut ist, kann der folgenden Abbildung (2.2) entnommen werden:

³Definition und Funktionsweise von Big Data. <https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data/> Abgerufen am 25.03.2022



Abbildung 2.2: Exemplarische Darstellung eines IoT-Systems [GILLIS 2022]

Hierbei werden die jeweiligen Komponenten verdeutlicht, die in einem System zu finden sind. Mit den *IoT-Geräten*, darunter beispielsweise Sensoren und Aktoren, findet die Datenerzeugung statt. Mit dem dahinterstehenden *Gateway* werden die aus den Geräten erzeugten Daten gesammelt und an zentraler Stelle an die Cloud gesendet, in der danach eine Analyse auf die erzeugten Daten durchgeführt werden kann.

Anwendungsbereiche des IoT

Grundlegend können im Bereich des Internet of Things zwischen zwei Anwendungsbereichen unterschieden werden, zum Einen im privaten Bereich und zum Anderen im industriellen Bereich. Der private Bereich deckt hauptsächlich die Thematik rund um den Gebrauch von Alltagsgegenständen ab und deren Vernetzung untereinander, um eine komfortablere und intelligentere Nutzung der Geräte zu ermöglichen. Darin inbegriffen sind Gebäudeautomatisierungen und die Ereignissteuerung über das Internet. Diese Funktionen sind Hauptbestandteil des Smart Home-Konzeptes, welches in Abschnitt (1.4) genauer aufgegriffen wird.

Der industrielle Bereich beschäftigt sich damit, Maschinen und Anlagen so miteinander zu vernetzen, dass sich ganze industrielle Prozesse automatisiert lassen und so die Effizienz der Prozess- und Produktionsabläufe steigern. Die Nutzung des IoT im industriellen Bezug ist ein elementarer Bestandteil der heutigen *Industrie 4.0*⁴. Eine genauere Benennung dieser Sparte ist oft auch unter

⁴Definition und Beschreibung der Industrie 4.0 <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> Abgerufen am 25.03.2022

dem *Industrial Internet of Things*, dt. *Industrielles Internet der Dinge (IIoT)* bekannt. An dieser Stelle wird zwischen den beiden Anwendungsbereichen stark differenziert, da im Rahmen dieser Arbeit lediglich der Fokus auf dem privaten Bereich des IoT liegt.

Mit dem Internet der Dinge-Ansatz gibt es zwei Paradigmen, die in Kombination als auch separiert Anwendung finden. Diese werden in folgendem Abschnitt kurz erläutert.

Edge und Cloud Computing

Bei den beiden Paradigmen handelt es sich zum Einen um Edge Computing und zum Anderen um Cloud Computing. Ziel beider Ansätze ist das Verwalten von Daten, bzw. das Arbeiten mit erzeugten Daten

Das Edge Computing verfolgt einen *dezentralen Ansatz*, bei dem die Berechnung und Haltung der Daten näher bei der Datenerzeugung gehalten wird. Dies bedeutet, dass jedes Gerät über eine eigene Intelligenz verfügt, bei der Daten direkt nach der Erzeugung verarbeitet und gespeichert werden können. Zu späterem Zeitpunkt kann in Form einer Datenbündelung oder einer Vorauswahl die Informationen an ein Rechenzentrum weitergegeben werden.

“Edge computing is different from traditional cloud computing. It is a new computing paradigm that performs computing at the edge of the network. Its core idea is to make computing closer to the source of the data [...]” [CAO u. a. 2020]

Bei Cloud Computing handelt es sich grundlegend um die Bereitstellung von Computerdiensten, Rechenleistung, Ressourcen und Kapazitäten über das Internet, die nicht in einem eigenen Rechenzentrum verwaltet und betrieben werden müssen. Die Verwaltung wird der Anbieter des Cloud Computing überlassen. Hauptsächlich steht dabei die flexible Ressourcennutzung, Skalierung und Verteilung von Rechenleistung im Vordergrund. In Zusammenhang mit den verfügbaren Ressourcen werden auch verschiedene Modelle, Cloud Typen und diverse Dienste angeboten⁵. Diese werden im Rahmen der Arbeit nicht weiter ausgeführt.

“Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.” [MELL und GRANCE 2011]

Mit dem Cloud Computing wird im Vergleich zum Edge Computing ein zentraler Ansatz verfolgt, bei dem die erzeugten Daten von den Aktoren und Sensoren direkt an eine zentrale Stelle gelangen, an der auch die Verarbeitung und Analyse der Daten stattfindet.

Eine Kombination beider Ansätze verbindet die Stärken und ist als *Hybrid Cloud* bekannt. Diese Konstellation ist in den meisten Architekturen wiederzufinden.

⁵Einblick in die Cloud-Umgebung von dem Anbieter Microsoft. <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/> Abgerufen am 28.03.2022

2.1.1 Paradigmen und Kommunikationsmodelle

Damit eine umfassende Grundlage im Bereich IoT geschaffen wird, behandelt folgender Abschnitt Paradigmen und Kommunikationsmodelle, die in dieser Umgebung verwendet werden. Für die Darstellung dieser Modelle wird eine Literaturquelle genutzt, mit der ein paar der gängigsten und prägnantesten Architekturen und Modelle in diesem Segment abgedeckt sind. Die Repräsentation der Interaktionsparadigmen sind den Schaubildern (2.3) zu entnehmen.

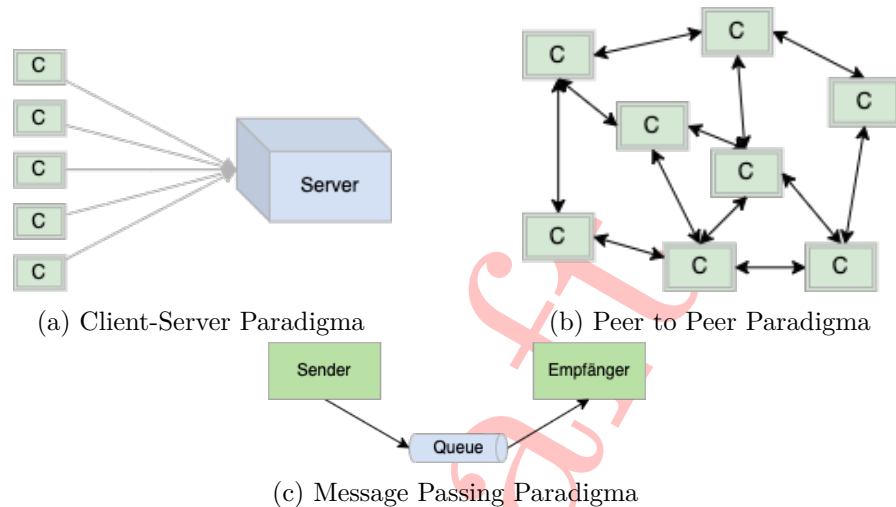


Abbildung 2.3: Client-Server, Peer-to-Peer und Message Passing Interaktionsparadigma [MINERVA, BIRU und ROTONDI 2015]

Name	Beschreibung
Client-Server (2.3a)	Basierend auf einer sehr einfachen Interaktion zwischen Clients und dem Server. Ein Client sendet eine Anfrage an den Server und erwartet dementsprechend eine Antwort.
Peer to Peer (P2P) (2.3b)	Gegensatz zu Client-Server Konzept. Hierbei können Geräte sowohl als Client Dienste abfragen, als auch als Server Dienste anbieten.
Message Passing (2.3c)	Basierend auf einer einfachen Organisation in der ein Absender eine Nachricht mittels einer Warteschlange (Queue) an einen Empfänger weiterleitet.

Tabelle 2.1: Interaktionsparadigmen nach [MINERVA, BIRU und ROTONDI 2015]

Eine Analyse und detailliertere Darstellung der jeweiligen Ansätze kann der Ausarbeitung, aus der die Paradigmen verwendet wurden, entnommen werden.

In Zusammenhang mit Architekturen, die in dem Bereich IoT Anwendung finden, und den Interak-

tionsparadigmen wird häufig zur Unterstützung verschiedener Interaktionsmodelle auf Protokolle gesetzt, die Daten und Primitiven transportieren. Diese Kommunikationsmodelle sind in zwei Bereiche, die ihre Anwendung in Machine to Machine (M2M) (M2M) finden, kategorisiert:

- Simple Object Access Protocol (SOAP)⁶: Dabei handelt es sich um ein Standardprotokoll, dass dafür entwickelt wurde, um verschiedene Programmiersprachen auf verschiedenen Plattformen untereinander kommunizieren zu lassen.
- Representational State Transfer (REST)⁷: Dabei handelt es sich um eine Reihe von Architekturprinzipien, die auf die Anforderungen leichtgewichtiger Webdienste und mobiler Anwendungen abgestimmt sind. Anfragen, die über diese Form gesendet werden, können in mehreren Formaten beantwortet werden, darunter beispielsweise Hypertext Markup Language (HTML), Extensible Markup Language (XML) und JavaScript Object Notation (JSON).

Beide verfolgen das Ziel der Datenübermittlung zwischen Web-Anwendungen über eine Schnittstelle, das sogenannte Application Programming Interface (API). REST Architekturen werden bei einem IoT-Szenario aufgrund ihrer Einfachheit und ihrer Bequemlichkeit in einer beschränkten Umgebung bevorzugt. [MINERVA, BIRU und ROTONDI 2015]

2.1.2 Historische Entwicklung

2.1.3 Ziele von IoT

Mit dem Internet der Dinge

⁶Detailliertere Definition des Begriffs SOAP. <https://www.redhat.com/en/topics/integration/whats-the-difference-between-soap-rest> Abgerufen am 29.03.2022

⁷Detailliertere Definition des Begriffs REST. <https://www.redhat.com/en/topics/integration/whats-the-difference-between-soap-rest> Abgerufen am 29.03.2022

2.2 Smart Home

Smart Home, im Deutschen *“intelligentes Zuhause“*, ist ein wesentliches Anwendungsgebiet des IoT. Diese Rubrik der Anwendung widmet sich überwiegend dem Gebrauch im privaten Umfeld und sämtlichen Haushaltsgeräten und -einrichtungen. Ein kleiner Ausschnitt solcher Nutzgegenstände sind unter anderem Lampe, Kontaktsensoren, Thermostate, Service-Roboter, Staubsauger-Roboter, Kühlschränke Geräte rundum die Haussicherheit.

Unter dem Oberbegriff Smart Home ist eine Weise zu verstehen, mit der die Erhöhung der Wohn- und Lebensqualität, Energienutzung unter Verwendung vernetzter und fernsteuerbarer Geräten effizienter gestaltet, Sicherheit gesteigert und Abläufe verschiedener Prozessschritte automatisiert werden kann.

Der Begriff *intelligentes Zuhause* wird verwendet, wenn die Haustechnik und Haushaltsgeräte untereinander vernetzt sind. Die Definition im Deutschen Gebrauch, welche nach (Strese et al. 2010) in der Untersuchung im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum Programm Next Generation Media (NGM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgegriffen wird, lautet wie folgt:

„Das Smart Home ist ein privat genutztes Heim (z.B. Eigenheim, Mietwohnung), in dem die zahlreichen Geräte der Hausautomation (wie Heizung, Beleuchtung, Belüftung), Haushaltstechnik (wie z.B. Kühlschrank, Waschmaschine), Konsumelektronik und Kommunikationseinrichtungen zu intelligenten Gegenständen werden, die sich an den Bedürfnissen der Bewohner orientieren. Durch Vernetzung dieser Gegenstände untereinander können neue Assistenzfunktionen und Dienste zum Nutzen des Bewohners bereitgestellt werden und einen Mehrwert generieren, der über den einzelnen Nutzen der im Haus vorhandenen Anwendungen hinausgeht.“ [STRESE u. a. 2010]

Eine vergleichbare Definition wurde zu späterem Zeitpunkt durch eine Literaturrecherche publiziert. Diese beschreibt die zugrundeliegende Thematik weniger aus Anwendersicht sondern widmet sich vielmehr dem System und der Konnektivität.

„A smart home is a place with heterogeneous systems to many front devices with the support of embedded information and communication architectures[...]“ [BALAKRISHNAN, VASUDAVAN und MURUGESAN 2018]

Den beiden Definitionen ist zu entnehmen, dass die Kernaussage eine ähnliche ist, es jedoch in Büchern, Fachartikeln, Publikationen an Universitäten und in den verbreiteten Medien bis heute keine durchgängige Definition gibt. Aus der einschlägigen Literatur wird ersichtlich, dass viele Synonyme für die Benennung der Thematik verwendet werden, darunter beispielsweise: [STRESE u. a. 2010]

- Connected Home
- Elektronisches Haus
- Intelligentes Haus (engl. Smart House)

- Smart Living
- Home of the Future

Eine elementare Information im Zusammenhang zu dieser Arbeit ist, dass die Verwendung des Begriffs *intelligentes Büro* ebenso in den Kontext des Smart Home gehört. Hierbei wird lediglich die Räumlichkeit im unternehmerischen Jargon verwendet, die ebenso Grundlage für die Verwendung von Komponenten des Smart Home bietet.

An dieser Stelle wird ebenso deutlich, dass die Verwendung des Begriffs als auch die zugrundeliegenden technischen Verfahren weiträumig einsetzbar sind und deshalb die Begriffsdefinition nicht eindeutig festgehalten werden kann.

Teilsysteme des Smart Home

Der Zentrale Punkt des Smart Home ist die Automatisierung häuslicher Prozesse. Dadurch sollen dem Nutzer in vielerlei Hinsicht Aufwände erspart und Informationen zentralisiert angezeigt werden. Die Hausautomatisierung umfasst eine Menge von Teilsystemen. Ein Ausschnitt dieser Teilsysteme ist der folgenden tabellarischen Auflistung zu entnehmen:

Segment	Beschreibung
Licht	Beleuchtung, Lichtmanagement/Szenarien, Storen/Rollos
Zutritt	Zutrittskontrolle, Klingelanlage, Schlösser, Anwesenheits- und Bewegungserfassung
Überwachung	Technische Alarmer: Feuer, Rauch, Gas; Intrusion: Glasbruchmelder, Video; Babyphon, Urlaubswachschutz
Notfall	Sprinkleranlage, unabhängige Stromversorgung, Fluchtwegsystem
Metering	Verbrauchszähler für Strom, Gas, Wasser, Wärme, uvm.
Konsumelektronik	TV, Internet, Smartphones, Tablets, Spielekonsolen etc.
Hausgeräte	Kühlschrank, Waschmaschine, Staubsauger, Service-Roboter; Hausgeräte-monitoring, -diagnostik, und -fernbedienung
Heimlogistik	Einkaufs- und Speiseplanung, häusliche Dienste
Hobby	Haustierversorgung, Aquarienmanagement, etc.
Mobilität	PKW mit Diagnostik, Navigationssystem mit local based services, Info-/Entertainmentangebote etc.

Tabelle 2.2: Teilsysteme des Smart Home [STRESE u. a. 2010]

Ein weiterer wichtiger Anhaltspunkt zum Verständnis der Definition von Smart Home ist die Ausstattung der Komponenten mit Intelligenz und die Vernetzung der Teilsysteme. Dadurch steht als Ziel im Vordergrund nicht die übergeordnete zentrale Steuerung, sondern vielmehr die verteilte Intelligenz, um Aufgaben möglichst autonom (eigenständig) abzuarbeiten. Die dabei erzeugten als auch erforderlichen Daten mit anderen Komponenten des Gesamtsystems auszutauschen, ist ebenso ein vorangestelltes Ziel, welches eine intelligente Umgebung schafft.

Eine mögliche Vernetzung und auch Verwendung solcher Komponenten wird in folgender Abbildung (2.4) skizziert. Diese Grafik dient als grobe Übersicht potentieller Anwendungsszenarien, ist allerdings nicht als vollständig zu interpretieren.

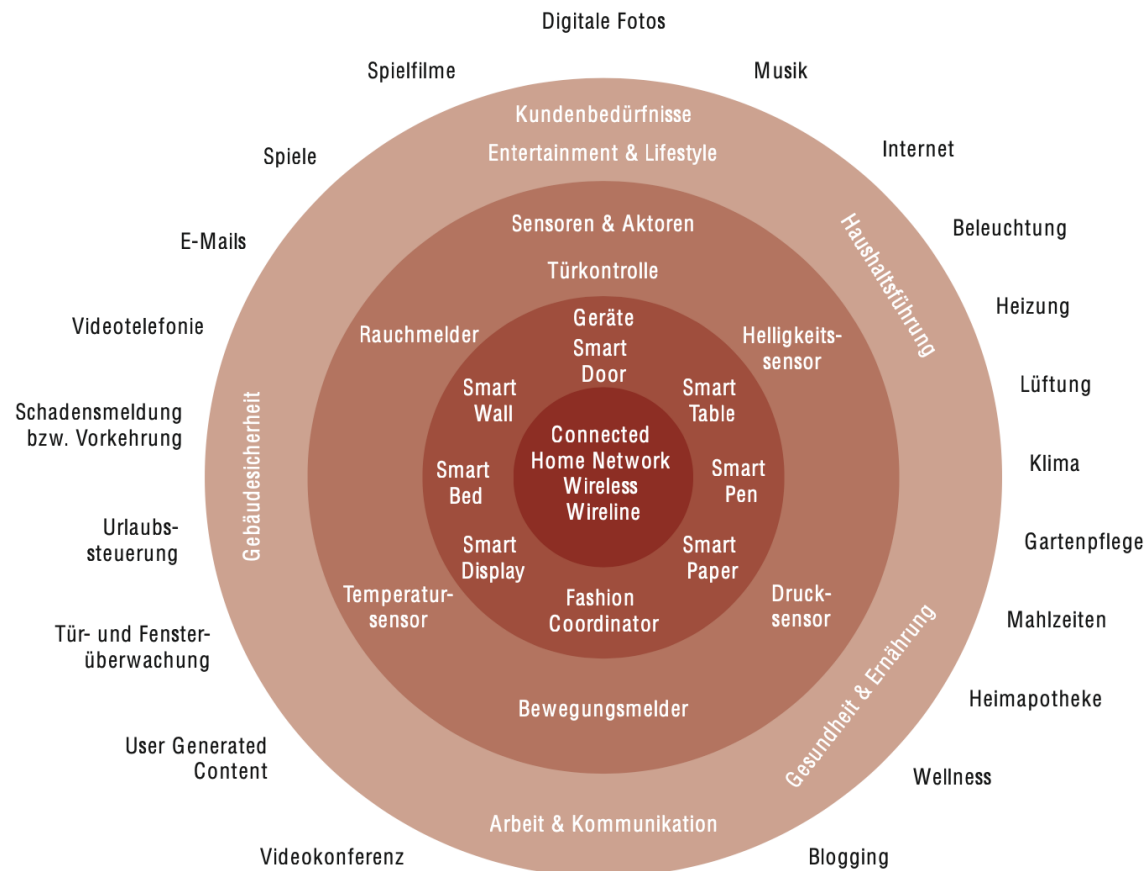


Abbildung 2.4: Mögliche Anwendungsszenarien im Smart Home [STRESE u. a. 2010]

Es gibt weitaus mehr, beziehungsweise werden diese in einem Überbegriff untergeordnet. Ein essentielles Anwendungsszenario ist die Kopplung von Robotern jeglicher Art, darunter Staubsaugerroboter oder auch Service-Roboter, die immer mehr in die Thematik des Smart Home integriert werden.

Einordnung von Smart Home in das Internet der Dinge

Im Konsumentenmarkt wird das Konzept des Smart Home verfolgt. Diese beinhalten Haushaltsgeräte und -ausstattung, wie beispielsweise Thermostate, Sensoren, Sicherheitssysteme und Lampen, die in den meisten Fällen mehrere Systeme und Übertragungstechnologien unterstützen. Weitere Beispiele sind der Tabelle (2.2) zu entnehmen.

Die Abbildung (2.5) zeigt die Verbindungen als auch die Beziehungen von Smart Home zu anderen

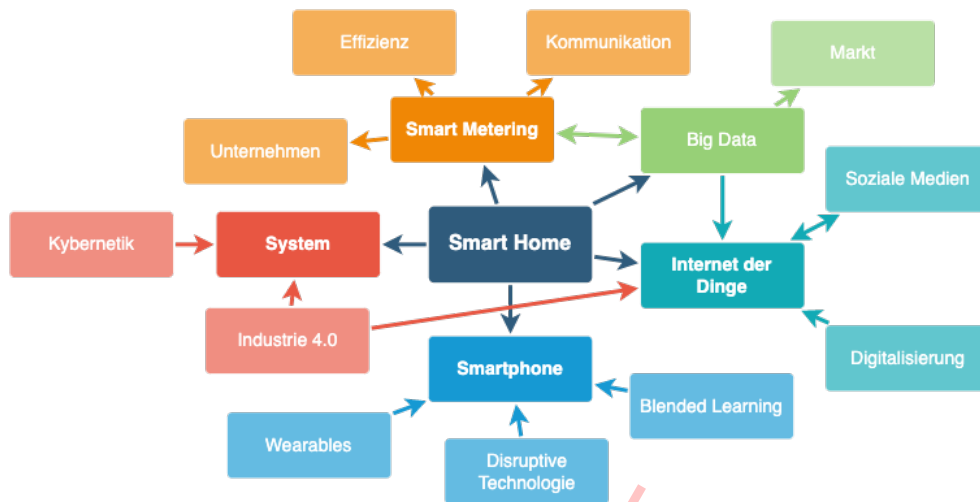


Abbildung 2.5: Technologische Einordnung von Smart Home in Verbindung zu IoT [BENDEL 2021]

Technologien. Hier wird deutlich, dass im Bereich des Smart Home viele Fragestellungen thematisiert werden können.

Um die Bezugspunkte und die Einordnung zu verstehen, wird in folgendem Abschnitt auf die Funktionsweise von Smart Home eingegangen.

Der Aufbau eines Smart Home ist architektonisch ähnlich zu dem Grundprinzip einer IoT-Lösung.

Eigendefinition Smart Home

2.2.1 Historische Entwicklung

2.2.2 Ziele von Smart Home

2.3 Technologien

2.3.1 Netzwerkprotokolle

2.3.2 MQTT

2.3.3 AMQP

2.3.4 DDS

2.3.5 Raspberry Pi

Draft

2.4 Roboter

2.4.1 Serviceroboter

2.4.2 Temi - Roboter

Draft

2.5 Home Assistant

2.5.1 Konzept

2.5.2 Architektur

2.5.3 Ziele und Schwerpunkte

2.5.4 Stärken und Schwächen

Draft

2.6 openHAB

2.6.1 Konzept

2.6.2 Architektur

2.6.3 Ziele und Schwerpunkte

2.6.4 Stärken und Schwächen

Draft

Kapitel 3

Stand der Technik

Stand der Technik

3.1 Theorien

3.2 Methoden

3.3 Techniken

Draft

Kapitel 4

Anforderungsanalyse

4.1 Marktanalyse

4.2 Use Cases

4.2.1 Check in mit Temi

4.2.2 Notfallevakuierung mit Temi

4.3 Anforderungen

Draft

Kapitel 5

Konzept

5.1 Abzudeckende Funktionen

5.2 Architektur

5.2.1 Schnittstellen

5.2.2 Interfaces

Draft

Kapitel 6

Umsetzung

6.1 Implementierung

6.1.1 Aufbau der Architektur

6.1.2 Einbindung der Funktionen abgeleitet von der Konzeption

Draft

Kapitel 7

Ergebnis

Draft

Kapitel 8

Diskussion und Evaluation

- 8.1 Analyse des Konzepts der Eigenentwicklung
- 8.2 Vergleich zwischen Eigenentwicklung und bestehenden Softwarelösungen

Draft

Kapitel 9

Fazit

Draft

Kapitel 10

Ausblick

Draft

Abbildungsverzeichnis

2.1	Technologische Einordnung von IoT [SIEPERMANN und LACKES 2018]	8
2.2	Exemplarische Darstellung eines IoT-Systems [GILLIS 2022]	9
2.3	Client-Server, Peer-to-Peer und Message Passing Interaktionsparadigma [MINERVA, BIRU und ROTONDI 2015]	11
2.4	Mögliche Anwendungsszenarien im Smart Home [STRESE u. a. 2010]	15
2.5	Technologische Einordnung von Smart Home in Verbindung zu IoT [BENDEL 2021]	16

Tabellenverzeichnis

2.1	Interaktionsparadigmen nach [MINERVA, BIRU und ROTONDI 2015]	11
2.2	Teilsysteme des Smart Home [STRESE u. a. 2010]	14

Draft

Liste der Code-Beispiele

Draft

Abkürzungsverzeichnis

IoT	Internet of Things	6
IdD	Internet der Dinge	6
SH	Smart Home	3
IT	Informationstechnologie	6
IP	Internetprotokoll	7
IIoT	Industrial Internet of Things, dt. Industrielles Internet der Dinge	10
P2P	Peer to Peer	11
REST	Representational State Transfer	12
SOAP	Simple Object Access Protocol	11
M2M	Machine to Machine (M2M)	11
API	Application Programming Interface	12
HTML	Hypertext Markup Language	12
XML	Extensible Markup Language	12
JSON	JavaScript Object Notation	12
API	Application Programming Interface	12

Literatur

- BALAKRISHNAN, Sumathi, Hemalata VASUDAVAN und Raja Kumar MURUGESAN [Dez. 2018]. „Smart home technologies: A preliminary review“. In: Association for Computing Machinery, S. 120–127. ISBN: 9781450366298. DOI: 10.1145/3301551.3301575.
- BENDEL, Oliver [2021]. *Smart Home*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137> [besucht am 23.03.2022].
- CAO, Keyan u. a. [2020]. „An Overview on Edge Computing Research“. In: *IEEE Access* 8, S. 85714–85728. ISSN: 21693536. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2991734.
- GARTNER [März 2022]. *Gartner Hype Cycle*. <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.
- GILLIS, Alexander [2022]. *What is the internet of things (IoT)?* URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> [besucht am 25.03.2022].
- LUBER, Stefan und Nico LITZEL [2016]. *Was ist das Internet of Things?* URL: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-das-internet-of-things-a-590806/> [besucht am 22.03.2022].
- MADAKAM, Somayya, R. RAMASWAMY und Siddharth TRIPATHI [2015]. „Internet of Things (IoT): A Literature Review“. In: *Journal of Computer and Communications* 03 [05], S. 164–173. ISSN: 2327-5219. DOI: 10.4236/jcc.2015.35021.
- MELL, Peter und Timothy GRANCE [Sep. 2011]. *The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*, S. 2–3. URL: <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>.
- MINERVA, Roberto, Abyi BIRU und Domenico ROTONDI [2015]. „IEEE IoT Towards Definition Internet of Things Review“. In: *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*, S. 59–70. URL: https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf.
- SIEPERMANN, Markus und Richard LACKES [2018]. *Internet der Dinge*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/internet-der-dinge-53187> [besucht am 23.03.2022].
- STRESE, Hartmut u. a. [2010]. *Smart Home in Deutschland. Untersuchung im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum Programm Next Generation Media (NGM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie*. Institut für Innovation und Technik (iit). ISBN: 9783897501652.

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Master-Thesis mit dem Thema: „*Konzeption und prototypische Umsetzung einer Steuerzentrale eines smarten Büros mit dem Fokus einer einfachen Handhabung der formalisierten Interaktionen für Softwareentwickler*“ selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlichen oder sinngemäß übernommenen Stellen in der Arbeit gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde noch keiner Kommission zur Prüfung vorgelegt und verletzt in keiner Weise Rechte Dritter.

Ort, Datum

Unterschrift