

Hochschule Darmstadt

– Fachbereich Informatik–

Synergie von DLT und IOT: Anforderungsanalyse und praktische Verprobung

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (M.Sc.)

vorgelegt von

Sebastian Kanz

Matrikelnummer: 735176

Referent : Prof. Dr. Michael Braun

Korreferent : Prof. Dr. Martin Stiernerling

ERKLÄRUNG

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Darmstadt, 15. Oktober 2019

Sebastian Kanz

ABSTRACT

Short summary of the contents in English. Approximately one page...

BTW: A great guide by Kent Beck how to write good abstracts can be found here:

<https://plg.uwaterloo.ca/~migod/research/beck00PSLA.html>

ZUSAMMENFASSUNG

Das Internet der Dinge (engl. IOT; Internet of Things) erhält immer mehr Einzug in das tägliche Leben. Smart-Home Lösungen, vernetzte und latenzempfindliche Connected-Cars oder die Vision einer Smart-City prägen die Forschungsarbeiten in den jeweiligen Bereichen. Ziel ist eine vollautomatische Machine-to-Machine (M2M) Abwicklung von Prozessen, um unseren Alltag zu automatisieren und zu vereinfachen. Dabei fallen eine Menge Daten an, die verarbeitet, übertragen und gespeichert werden müssen. Mit der Einführung des neuen Mobilfunk-Standards 5G und immer leistungsfähigeren Endgeräten sind Übertragung und Verarbeitung der Daten weitestgehend gesichert; bleibt die Frage offen, wo diese großen Datenmengen gespeichert und weiterprozessiert werden. Daneben erfreut sich das Thema Distributed-Ledger-Technology (DLT) immer größerer Beliebtheit: Es werden täglich neue Anwendungsfälle gefunden, die durch die verteilte Infrastruktur, der Trustless-Eigenschaft und der Dezentralität profitieren. Es bietet sich eine Untersuchung an, um zu überprüfen, inwieweit diese beiden noch recht jungen Technologien IOT und DLT Synergien besitzen und sich gegebenenfalls gegenseitig ergänzen können. Die vorliegende Masterarbeit evaluiert eine Auswahl etablierter DLTs anhand ihrer Tauglichkeit für den Einsatz im IOT-Umfeld mit Fokus auf den M2M-Bereich. Dazu wird zunächst ein IOT-Anwendungsfall erstellt, der stellvertretend für den M2M-Bereich für die weiteren Analysen verwendet wird. Anschließend werden konkrete Anforderungen aus verschiedenen Bereichen Infrastruktur, IT-Security, Performance und weiteren aufgestellt, die eine DLT erfüllen muss, um den Anforderungen des beispielhaften Anwendungsfalls gerecht zu werden. Die erstellten Kriterien werden auf eine Auswahl von DLT-Implementierungen angewandt, evaluiert und bewertet. Mit der am besten geeigneten DLT wird eine prototypische Implementierung des Anwendungsfalls vorgenommen, um die Ergebnisse aus der Anforderungsevaluierung zu überprüfen. Um den Use-Case möglichst realistisch zu simulieren werden Daten aus verschiedenen IOT-Sensoren an die DLT übermittelt und eine M2M-Kommunikation zwischen IOT-Devices via DLT erstellt. Anschließende Load-Tests geben detaillierte Informationen über die Performance. Das Ergebnis ist eine strukturierte und nachvollziehbare Bewertung mehrerer, am Markt etablierter DLTs, inwieweit diese für DLT-sinnvolle IOT-Anwendungsfälle im M2M-Umfeld geeignet sind, sowie ein DLT-basierter Prototyp angelehnt an einen realen Use-Case, der beispielhaft als Nachweis der erarbeiteten Bewertung dient.

INHALTSVERZEICHNIS

I THESIS

1	EINLEITUNG	2
1.1	Motivation & Problemstellung	2
1.2	Zielsetzung & Zielgruppe	2
1.3	Methodik & Vorgehen	3
1.4	Aufbau dieser Arbeit	4
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	5
2.1	DLT	5
2.2	IOT	5
3	VERWANDTE FORSCHUNGSARBEITEN	7
3.1	Abgrenzung dieser Arbeit	7
4	ANWENDUNGSFALL: VERMIETUNG VON HAUSHALTSGERÄTEN NACH DEM PAY-AS-YOU-USE PRINZIP	9
4.1	Beschreibung	9
4.2	Technische Lösungsskizze	11
4.2.1	Endgeräte	12
4.2.2	Verträge	12
4.2.3	Frontend	13
4.2.4	Backend	14
5	ANFORDERUNGEN	15
5.1	Standards und Normen	15
5.2	Ableitung eines Klassifizierungsmodells	16
5.3	Anforderungsanalyse	18
5.4	Anforderungsklassifizierung	18
5.4.1	Funktionale Anforderungen	19
5.4.2	Nicht-Funktionale Anforderungen	19
5.4.3	... Anforderungen	19
5.5	Anforderungsevaluierung	20
6	AUSWAHL RELEVANTER DLTS	21
6.1	Vorgehen	21
6.2	Marktübersicht DLTS	21
6.3	Anforderungserfüllung	22
6.4	Bewertung, Ranking & Auswahl	22
7	UMSETZUNG	23
7.1	Auswahl der Anwendungsanforderungen	23
7.2	PoC	23
7.2.1	Implementierung	24
7.3	Testaufbau	24
8	ERGEBNISSE & FAZIT	25
9	DISKUSSION	26
9.1	Wiederaufnahme These Teil 1: Eignung als IOT-Backbone?	26

9.2 Wiederaufnahme These Teil 2: Technische Anforderungen immer gleich?	26
10 AUSBLICK	28
II APPENDIX	
A APPENDIX: ANFORDERUNGEN	30
LITERATUR	39

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4.1	Grafische Veranschaulichung des Anwendungsfalls . .	10
Abbildung 4.2	Grober Ablauf des Anwendungsfalls	12
Abbildung 4.3	Aufbau und Bestandteile eines Endgeräts	13
Abbildung 5.1	Einordnung der Begriffe und Zusammenhänge unterschiedlicher Normen und Standards	16
Abbildung 5.2	Anforderungen werden nach zwei verschiedenen Ansätzen gruppiert.	16
Abbildung 5.3	Anforderungsklassifizierung als kombiniertes Modell aus [1], [6] bzw. [5] und [4]	18

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5.1	Autem usu id	19
-------------	------------------------	----

LISTINGS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DLT	Distributed Ledger Technologies
IOT	Internet of Things
PoC	Proof-of-Concept
OSI	Open Systems Interconnection
BABOK	Business Analysis Body of Knowledge
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
SWEBOK	Software Engineering Body of Knowledge
SEBOK	System Engineering Body of Knowledge
ISO	International Organization for Standardization
IIBA	International Institute of Business Analysis
PMI	Project Management Institute
DoR	Definition of Ready
DoD	Definition of Done

Teil I

THESIS

EINLEITUNG

Geschichtlicher Verlauf: Merkle-Tree, Blockchain, Bitcoin, Ethereum Heute: Smart-Contracts und **DApp!** (DApp!)s Die Technologie ¹

1.1 MOTIVATION & PROBLEMSTELLUNG

Der Begriff Blockchain - oder allgemeiner Distributed Ledger Technologies (DLT) - wird heute oftmals synonym für Bitcoin oder dessen Artgenossen verwendet. Dabei handelt es sich um eine Technologie, die bereits mehr und mehr Einzug in unseren Alltag erhält: Sei es ein digitales Zahlungsmittel wie Bitcoin, ein global verteilter Supercomputer wie Golem oder ein komplexes System wie Ethereum, auf welchem sich umfangreiche Geschäftslogiken mittels Smart-Contracts umsetzen lassen; die Möglichkeiten und Anwendungsfälle scheinen schier unbegrenzt zu sein. Es entstehen fast täglich neue Anwendungsfälle; unter Anderem auch im Umfeld der noch recht jungen Technik hinter Internet of Things (IOT).

Das Telekommunikationsunternehmen Cisco prognostiziert, dass bis zum Jahr 2030 mehr als 500 Milliarden mit dem Internet verbundene IOT-Geräte in verschiedenen Bereichen unseres alltäglichen Lebens Einzug erhalten haben werden². Vernetzte Dinge unseres Alltags wie Kühlschränke oder Kaffeemaschinen, aber auch die aus dem Business-Umfeld automatisierte Supply-Chain oder eine Smart-City sind nur einige wenige Beispiele dieses Geschäftsfeldes. Das Konzept von IOT ist nach wie vor sehr theoretisch, obwohl bereits einige Anwendungsfälle erarbeitet wurden. Um das große Potential von IOT vollumfänglich nutzbar zu machen und entsprechende Visionen umzusetzen, muss eine passende Backbone-Lösung für solche Anwendungsfälle bereitgestellt werden. Viele verschiedene Hersteller und Service-Provider benötigen eine einheitliche Plattform, auf der sie ihre IOT-Geräte, Services, Geschäftslogiken und Kunden miteinander vernetzen können sowie die Integration eines sicheren Bezahlsystems. Es stellt sich die Frage, ob und inwiefern diese zwei innovativen Technologien voneinander profitieren können und ob DLT als hoch-skalierende, performante und sichere Backbone-Technologie für IOT-Anwendungsfälle eignet.

1.2 ZIELSETZUNG & ZIELGRUPPE

Das Ziel dieser Arbeit ist zum einen die Untersuchung der folgenden These: 'DLT eignet sich als Backbone-Technologie für IOT und die technischen

¹ Binance Academy: <https://www.binance.vision/de/blockchain/history-of-blockchain>

² <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/at-a-glance-c45-731471.pdf>

/ nicht-funktionalen Anforderungen sind für alle Anwendungsfälle gleich'. Es wird gezeigt, inwieweit sich die Technologie **DLT** als Backbone-System für **IOT**-Anwendungsfälle eignet, welche Anforderungen dafür erfüllt sein müssen, und welche Implementierung für die Umsetzung in Frage kommt. Zum anderen wird im Verlauf der Arbeit das zu lösende Problem genauer spezifiziert und herausgearbeitet. Nachdem ein konkreter Anwendungsfall vorgestellt wurde und alle **DLT**-relevanten Anforderungen ermittelt und evaluiert sind, ergibt sich ein Problem der Form 'Ich möchte den **IOT**-Anwendungsfall [Name] mit **DLT** [Name] lösen', wobei der Lösungsraum, also welche Anforderungen umgesetzt werden sollen, zuvor genau beschrieben wurde. Das Problem gilt als gelöst, sobald die zuvor abgeleiteten Anforderungen mit dem Proof-of-Concept (**PoC**) erfüllt werden können. Abschließend wird die eingangs formulierte These diskutiert und evaluiert.

Diese Arbeit richtet sich an IT-Spezialisten aus dem Umfeld **DLT** und **IOT**, die sich über die Synergie beider Konzepte informieren, sowie Fachleuten aus der Industrie, die entsprechende **IOT**-Anwendungsfälle ausarbeiten möchten. Ein solides Grundverständnis für die grundlegenden Konzepte und Wording wird an dieser Stelle vorausgesetzt; auf entsprechende Grundlagenliteratur wird an entsprechender Stelle verwiesen.

1.3 METHODIK & VORGEHEN

In dieser Arbeit werden die Themenbereiche '**DLT**' und '**IOT**' vorgestellt, klassifiziert und in das Open Systems Interconnection (**OSI**) Referenzmodell eingeordnet. Die Synergie beider Bereiche wird herausgearbeitet und es wird dem Leser vorgestellt, wie diese Technologien voneinander profitieren können. Ein beispielhafter **IOT**-Anwendungsfall wird entwickelt und eine detaillierte Auflistung aller Anforderungen erarbeitet. Im nächsten Schritt werden die die ermittelten Anforderungen schrittweise auf eine Untermenge von fundamentalen Anforderungen reduziert, die relevant für **IOT** in Verbindung mit **DLT** sind. Mehrere, am Markt etablierte **DLT** Anwendungen werden anschließend vorgestellt und auf Basis dieser Untermenge evaluiert. Es wird geprüft, ob und inwieweit sie sich als Backbone-Lösung für den **IOT**-Anwendungsfall qualifizieren. Die vielversprechendste Lösung wird in einem **PoC** umgesetzt, um die Anforderungsliste zu evaluieren. Es wird gezeigt, dass die gewählte **DLT** zielbringend als **IOT** Backbone-Lösung eingesetzt werden kann. Abschließend wird gezeigt, dass die nicht-funktionalen Anforderungen für **DLT**-geeignete **IOT**-Anwendungsfälle, unabhängig vom tatsächlichen Anwendungsfall selbst, stets die gleichen sind.

Diese Arbeit zeigt die Eignung von verschiedenen **DLTs** als Backbone-Lösung für **IOT**-Anwendungsfälle anhand eines beispielhaften **PoCs**. Es werden nur solche Bereiche von **IOT** betrachtet, die auch grundsätzlich für die Implementierung auf **DLTs** geeignet sind. Es gibt darüber hinaus weitere Bereiche, die sich nicht eignen, um auf **DLTs** umgesetzt zu werden und müssen auf einer anderen technologischen Basis implementiert werden. Des Weiteren wird die in dieser Arbeit durchgeführte Analyse anhand eines **PoC** belegt.

Aufgrund von Restriktionen wie der Zeitlimitierung und der praktischen Umsetzbarkeit könnten unter Umständen nicht alle fundamentalen Anforderungen gezeigt werden, die für einen IOT-DLT-Anwendungsfall erfüllt sein müssen.

1.4 AUFBAU DIESER ARBEIT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1 DLT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.2 IOT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus.

Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

3.1 ABGRENZUNG DIESER ARBEIT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis

natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

ANWENDUNGSFALL: VERMIETUNG VON HAUSHALTSGERÄTEN NACH DEM PAY-AS-YOU-USE PRINZIP

Qualitativ sehr hochwertige Haushaltsgeräte oder Geräte für den professionellen Einsatz im Gastronomie-Umfeld haben hohe Anschaffungskosten, die der Privatanwender oder der Inhaber eines Kaffees oftmals nicht leisten kann. Ein professioneller Kaffeevollautomat, eine leistungsfähige Spülmaschine oder eine Waschmaschine, die für hohe Kapazitäten ausgelegt ist, können Anschaffungskosten im vier bis fünfstelligen Euro-Bereich haben¹. Eine naheliegende Möglichkeit besteht hier bei der Nutzung von Anbietern, die Haushaltsgeräte für eine monatliche oder jährliche Gebühr vermieten. So gibt es beispielsweise Anbieter für Kaffeemaschinen wie Tchibo² oder Nespresso³, die ihre Produkte direkt vermieten, oder Anbieter die als Zwischenhändler fungieren und sich auf die Vermietung von Haushaltsgeräten verschiedener Hersteller spezialisiert haben. Dabei kommen klassische Miet- und Bezahlmodelle zum Einsatz, wobei es sich meistens um monatliche oder jährliche Mietgebühren handelt. Einen neuartigen Ansatz verfolgt das Unternehmen Winterhalter mit ihrem Pay-per-Wash⁴ Ansatz. Hier bezahlt der Kunde keine monatliche Mietgebühr sondern pro Waschgang; die Berechnung erfolgt also auf dem tatsächlichen Verbrauch des Kunden und nicht auf einer kalkulierten Pauschale.

Dieses Kapitel beschreibt einen IOT-Anwendungsfall, der die oben beschriebene Problematik aufgreift und das von der Firma Winterhalter eingeführte Pay-per-Wash Bezahlmodell einen Schritt weiterführt. Dabei interagieren verschiedene Stakeholder miteinander nach einem Pay-as-You-Use Prinzip auf einer einheitlichen Plattform.

4.1 BESCHREIBUNG

Kunden mieten Haushaltsgeräte (im Consumer-Bereich oder für den professionellen Einsatz) wie Kaffeemaschinen oder Waschmaschinen je nach Anbieter entweder zum Nulltarif oder zu einem geringen, vertraglich vereinbarten Monats- / Jahrestarif von verschiedenen Herstellern und Dienstleistern. Der genaue Verbrauch (Anzahl Kaffees, Menge an gewaschener Wäsche, Wasserverbrauch, etc.) wird mittels integrierter Sensoren an den Geräten erfasst und im Backend-System persistiert. Damit können genaue, vom tatsächlichen Verbrauch abhängige Abrechnungsmodelle umgesetzt werden. Kunden zahlen damit nur das, was sie auch wirklich verbrauchen. Wartungen

¹ Quelle!

² <https://www.tchibo-coffeeservice.de/shop/kaffeevollautomaten/>

³ <https://www.nespresso.com/pro/de/de/kaffeemaschinen-buero>

⁴ https://www.pay-per-wash.biz/ch_de/

und Reinigungen seitens der Kunden werden erfasst und durch ein entsprechendes Rabattmodell verrechnet. Serviceleistungen und Wartungen durch entsprechende Dienstleister können über die zugrundeliegende Plattform geplant, gesteuert und abgerechnet werden. Die Lieferung der Geräte, von ggfs. erforderlichen Ersatzteilen oder auch Konsumgütern wie Kaffee oder Waschmittel erfolgt durch Lieferanten. Die Bestellung und Abrechnung wird über die zugrundeliegende Plattform koordiniert. Die folgende Abbildung 4.1 veranschaulicht den erläuterten Anwendungsfall.

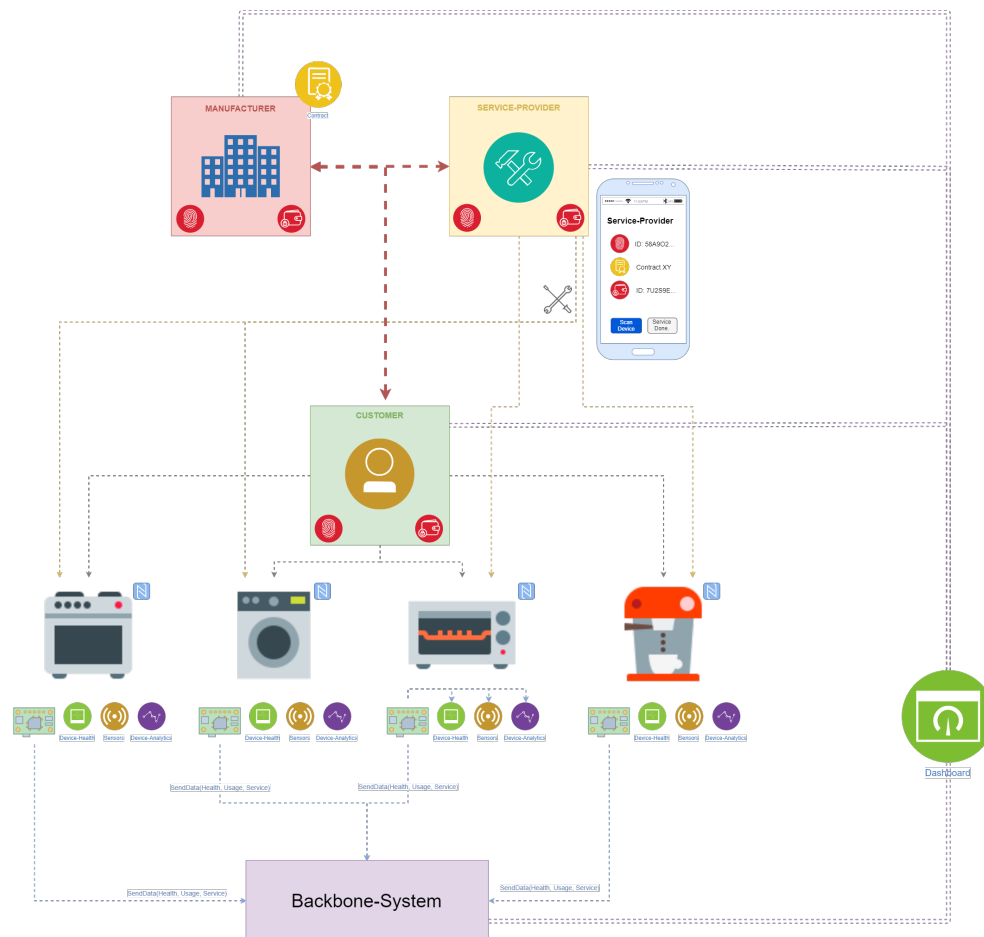


Abbildung 4.1: Grafische Veranschaulichung des Anwendungsfalles

Der vorgestellte Anwendungsfall beinhaltet das Zusammenspiel mehrerer Stakeholder, welches im Folgenden detailliert beschrieben wird:

HERSTELLER Der Hersteller der Geräte entwickelt und produziert die zu vermietenden Haushaltsgeräte und bietet diese zur Vermietung an Kunden auf der Plattform an. Er vertreibt Ersatzteile sowie Pflege- und Zusatzprodukte zu seinen Geräten, die Kunden und Service-Dienstleister erwerben können. Der Hersteller kann Service-Dienstleister beauftragen, seine in Vermietung befindlichen Geräte zu warten und zu reparieren. Die dazugehörige Beauftragung und Abrechnung erfolgt über die Plattform. Für vermietete Geräte erhält der Hersteller nach einem

Pay-as-You-Use Prinzip eine Bezahlung der Kunden entsprechend ihres Verbrauches.

LIEFERANT Der Lieferant ist für die Lieferung der Geräte und Zusatzprodukte zu den Kunden und Service-Dienstleistern zuständig. Er holt die Ware beim Hersteller ab und liefert diese aus; die benötigten Adressinformationen sind auf der Plattform hinterlegt. Die Bezahlung für die Auslieferung erfolgt über die Plattform und berechnet sich automatisch über die Distanz der Lieferstrecke und der Abmessung der Ware.

KUNDE Der Kunde mietet Geräte vom Hersteller. Die Bestellung und Abrechnung erfolgt über die Plattform nach einem Pay-as-You-Use Prinzip, was bedeutet, dass der Kunde für die tatsächliche Nutzung der Geräte bezahlt und keinen (oder nur einen sehr geringen) fixen monatlichen Pauschalbetrag. Die Plattform sieht ebenfalls eine Art Reward-Programm vor, welches dem Kunden für durchgeführte Wartungen und die Pflege der Geräte eine vertraglich festgeschriebene Gutschrift zukommen lässt. Darüber hinaus kann der Kunde auf Wunsch Konsumgüter wie Kaffee und Reinigungsmittel über die Plattform bestellen; dies geschieht vollautomatisch über das Gerät: Sobald die Menge des Produktes ein gewisses Limit unterschreitet, beauftragt das Gerät selbstständig den Kauf und die Anlieferung der Produkte über die Plattform.

SERVICE-DIENSTLEISTER Der Service-Dienstleister ist zuständig für die Wartung und Reparatur der Geräte und wird über die Plattform beauftragt. Dies kann entweder manuell geschehen, indem der Hersteller den Service-Dienstleister explizit beauftragt, oder voll-automatisch, indem das Gerät selbst über den Defekt benachrichtigt.

Die Abbildung 4.2 zeigt den groben Ablauf beginnend mit der Mietanfrage eines Kunden bis zur monatlichen Bezahlung der Teilnehmer für ihren Service.

4.2 TECHNISCHE LÖSUNGSSKIZZE

Diese Arbeit setzt den oben beschriebenen Anwendungsfall prototypisch um. Die Lösungsskizze zeigt, wie der Anwendungsfall in dieser Arbeit technische umgesetzt wird. Der Lösungsansatz bezieht sich dabei auf eine Implementierung auf Basis einer DLT. Neben den beteiligten Stakeholdern besteht das Gesamtsystem aus einem Frontend, dass jedem Stakeholder die für ihn relevanten Funktionen zur Verfügung stellt. Das Backend des Systems besteht aus einer DLT-Lösung⁵.

⁵ Die konkrete Implementierung, die als Backbone-System eingesetzt wird, wird im Laufe dieser Arbeit ermittelt.

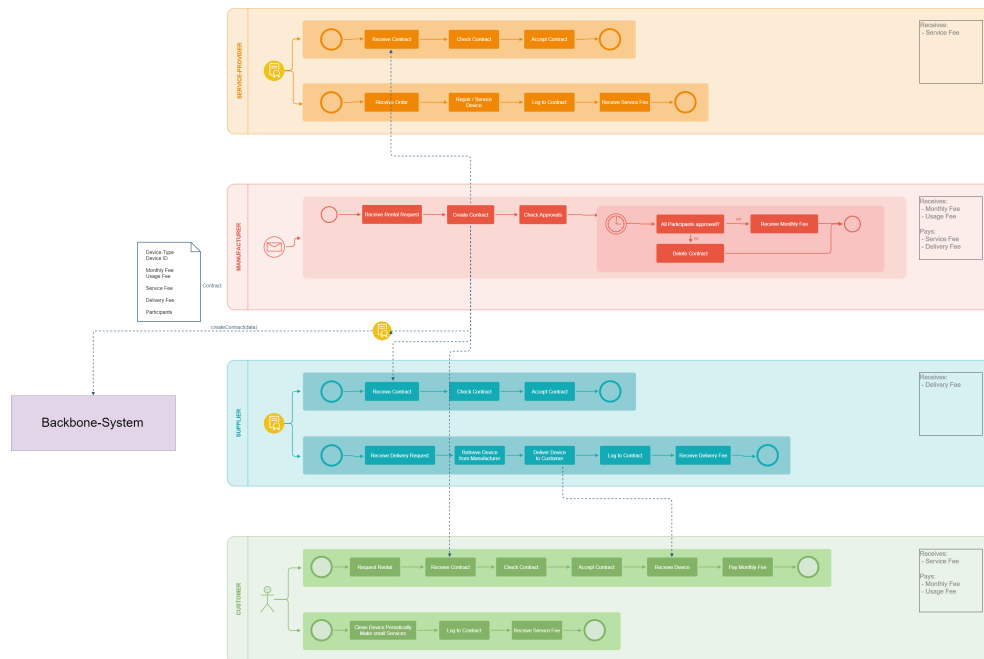


Abbildung 4.2: Grober Ablauf des Anwendungsfalls

4.2.1 Endgeräte

Jedes Gerät besitzt eine eindeutige Identifikationsnummer und eine eindeutige Referenz zu dessen Eigentümer (Hersteller). Befindet sich ein Gerät in Vermietung, so existiert zwischen dem Mieter (Kunde) und dem Vermieter (Hersteller) ein Vertrag, der auf der zentralen Plattform persistiert wird. Das Gerät hat über das Internet Zugriff auf diese Plattform und damit auf den Vertrag, in dem wichtige Informationen zu den Rahmenbedingungen wie der Dauer des Vertragsverhältnisses sowie die Kostenaufschlüsselung für alle verschiedenen Abrechnungen. Die Sensoren zum Registrieren des Verbrauchs und des Gerätestatus befinden sich auf dem Gerät selbst. Diese melden alle gesammelten Daten an eine Sammelstelle am Gerät. Dort werden die Daten aufbereitet, gemäß Vertrag verarbeitet und gesammelt. In einem vertraglich festgelegten Intervall meldet das Gerät alle relevanten Daten wie Nutzung, Reinigungs- und Wartungsarbeiten und sonstige Informationen an das Backend und den verknüpften Vertrag, der wiederum die entsprechenden Geld-Transfers in die Wege leitet (siehe unten). In [Abbildung 4.3](#) wird ein Endgerät schematisch dargestellt.

4.2.2 Verträge

Mietverträge werden von allen beteiligten Parteien digital unterschrieben und im Backend gespeichert. Sie halten verschiedene Informationen, unter Anderem über die Vertragslaufzeit, die Kosten sowie die zu erbringenden Leistungen der Parteien. Der Vertrag beinhaltet Mechanismen zur Begut-

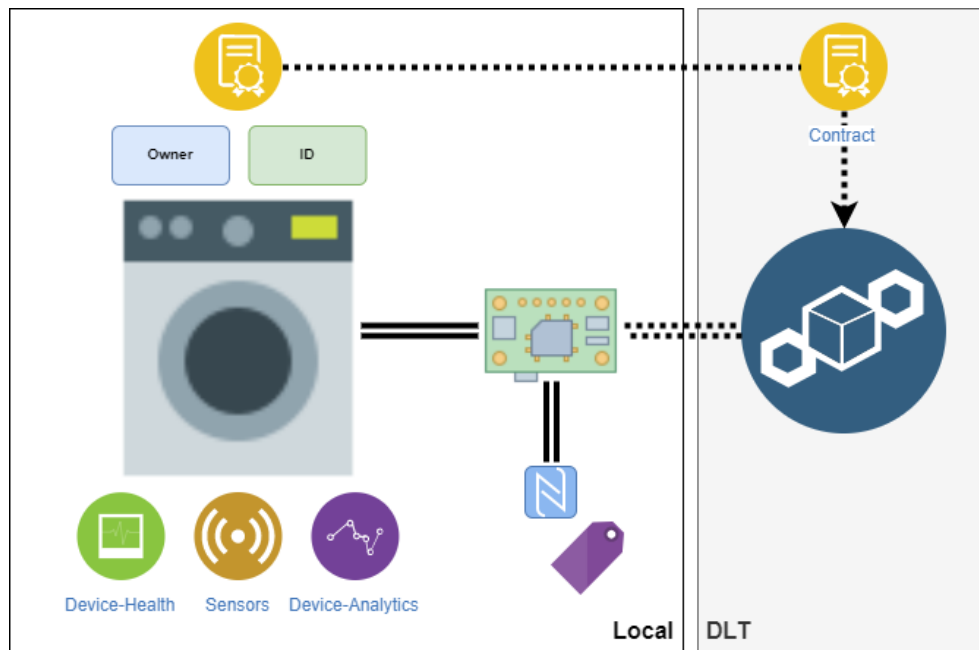


Abbildung 4.3: Aufbau und Bestandteile eines Endgeräts

schriftung und zur Belastung der Konten aller Beteiligten; die folgende Auflistung nennt alle wichtigen Geld-Transfers:

- Nutzung durch den Kunden (Sender ist der Kunde, Empfänger ist der Hersteller)
- Reinigung durch den Kunden / Service-Dienstleister (Sender ist der Hersteller, Empfänger ist der Kunde / der Service-Dienstleister)
- Wartung durch den Kunden / Service-Dienstleister (Sender ist der Hersteller, Empfänger ist der Kunde / der Service-Dienstleister)
- Lieferung durch den Lieferanten (Sender ist der Absender, Empfänger ist die Lieferant)

4.2.3 Frontend

Das Frontend stellt eine grafische Benutzerschnittstelle bereit, die je nach Stakeholder die relevanten Informationen und Funktionalitäten bereitstellt:

HERSTELLER-ANSICHT Eine Übersicht über alle Geräte sowie deren Status, ob sie sich derzeit in Vermietung befinden, gibt dem Hersteller Aufschluss über die momentane Gesamtlage. Laufende Verträge können eingesehen und aktuelle Mietanfragen bearbeitet werden.

KUNDEN-ANSICHT Als Kunde kann ich nach erfolgreicher Authentifizierung meine gemieteten Geräte sowie die damit verbundenen, laufenden Verträge einsehen. Ich habe Zugang zu den Verbrauchs- und Statusinformationen, die meine Geräte an die Plattform übermitteln und

habe somit vollkommene Transparenz über meine laufenden Kosten. Laufende Verträge kann ich vertragsgerecht kündigen und bearbeiten sowie neue Verträge abschließen. Neue Mietanträge, die ich an den Hersteller gestellt habe, kann ich verfolgen und entsprechende Informationen über den Lieferstatus abfragen. Zusatzkonfigurationen wie zum Beispiel meine bedarfs- und verbrauchsabhängige Kaffeelieferung für die gemietete Kaffeemaschine kann ich ebenfalls beauftragen.

SERVICE-DIENSTLEISTER-ANSICHT Nach erfolgreicher Authentifizierung als Service-Dienstleister habe ich Einsicht auf alle aktuell laufenden Service-Verträge. Ich sehe alle Meldungen über Service-Anfragen und Aufträge, die in nächster Zeit anstehen. Eine Auflistung der Einnahmen durch Reparaturen und Services sowie meinen Kontostand kann ich ebenfalls einsehen.

LIEFERANTEN-ANSICHT Nach erfolgreicher Authentifizierung als Service-Dienstleister habe ich Einsicht auf alle aktuell laufenden Liefer-Verträge. Ich sehe alle Meldungen über Liefer-Anfragen, die in nächster Zeit anstehen. Eine Auflistung der Einnahmen durch Lieferungen sowie meinen Kontostand kann ich ebenfalls einsehen.

4.2.4 *Backend*

Das Backend wird in dieser praktischen Verprobung mittels eines [DLT](#) realisiert. Als dezentrale Plattform verwaltet und speichert es alle Verträge (in diesem Kontext: Smart-Contracts) sowie die Identitäten und Konten (Wallets) der oben aufgelisteten Stakeholder.

ANFORDERUNGEN

In diesem Kapitel werden die Anforderungen für den im vorherigen Kapitel aufgezeigten Anwendungsfall aufgestellt. Dazu werden zunächst einige Standards vorgestellt, wie Anforderungen klassifiziert und eingeordnet werden können. Diese Standards werden anschließend in einem Modell zusammengeführt und auf die konkreten Anforderungen angewandt. Abschließend werden alle typisierten Anforderungen auf [DLT](#)-Relevanz geprüft und schrittweise reduziert, um letztlich diejenigen Anforderungen und deren Gruppierungen zu identifizieren, die für die Umsetzung auf einer [DLT](#)-basierten Lösung entscheidend sind.

5.1 STANDARDS UND NORMEN

In diesem Abschnitt werden die verwendeten Standards und Normen aufgelistet und kurz beschrieben:

BABOK Das Business Analysis Body of Knowledge ([BABOK](#)) wird vom International Institute of Business Analysis ([IIBA](#)) herausgegeben und stellt einen Leitfaden für die Business-Analyse dar, genauere Informationen können [\[5\]](#) entnommen werden. Es unterteilt in sogenannte Knowledge-Areas und vermittelt Techniken und Kompetenzen im Umfeld der Business-Analyse. Anforderungen werden im [BABOK](#) nach Abstraktionsebene gruppiert: Die Business-Ebene, die Anforderungen abstrakt aus Sicht der gesamten Organisation betrachtet, die Stakeholder-Ebene, die die Anforderungen aus Sicht der verschiedenen Stakeholder beschreibt und die Solution-Ebene, die in funktionale und nicht-funktionale Anforderungen unterscheidet. Darüber hinaus gibt es eine Transition-Ebene, die temporäre Übergangsanforderungen zwischen dem Ausgangs- und dem Zielzustand des Gesamtsystems beschreibt.

PMBOK Das Project Management Body of Knowledge ([PMBOK](#)) wird vom Project Management Institute ([PMI](#)) herausgegeben und ist der State-of-the-Art Standard im Bereich Projektmanagement, siehe [\[6\]](#). Das Werk teilt seine Sektionen ebenfalls wie das [BABOK](#) in sogenannte Knowledge-Areas ein und kennt die gleiche Gruppierung im Bereich Anforderungsmanagement. Neben der Einteilung in Business, Stakeholder, Solution und Transition kennt das [PMBOK](#) noch Quality und Project Anforderungen.

SWEBOK [\[1\]](#) Software Engineering Body of Knowledge ([SWEBOK](#))

SEBOK [\[2\]](#) System Engineering Body of Knowledge ([SEBOK](#))

ISO29148 [\[3\]](#) International Organization for Standardization ([ISO](#)) 29148

ISO 25010 [4] ISO 25010

Das Schaubild 5.1 zeigt die unterschiedlichen Normen und Standards grafisch auf und stellt die verschiedenen Anforderungsgruppierungen zueinander in Beziehung.

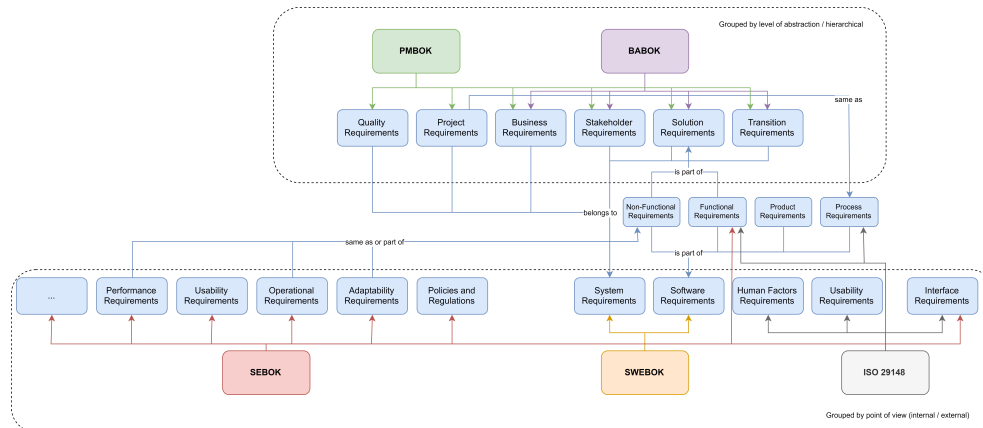


Abbildung 5.1: Einordnung der Begriffe und Zusammenhänge unterschiedlicher Normen und Standards

Grundsätzlich unterscheiden die vorgestellten Ansätze zur Anforderungsklassifizierung in zwei Sichtweisen: PMBOK und BABOK unterscheiden Anforderungen nach Abstraktionslevel während SWEBOK, SEBOK und ISO 29148 nach der Perspektive der Stakeholder gruppieren. Das Schaubild 5.2 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar.

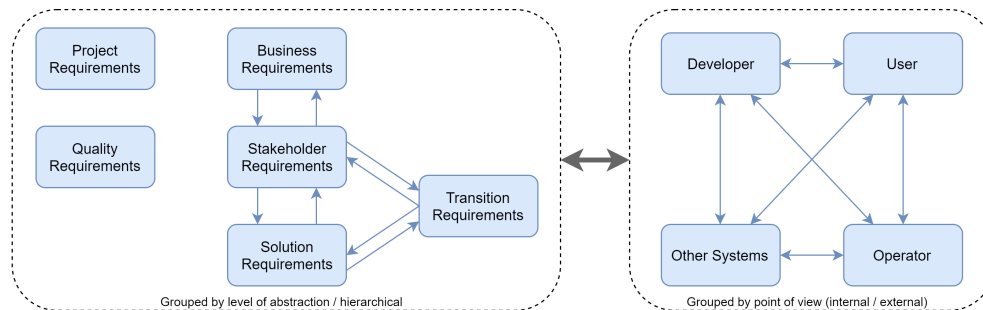


Abbildung 5.2: Anforderungen werden nach zwei verschiedenen Ansätzen gruppiert.

5.2 ABLEITUNG EINES KLASSIFIZIERUNGSMODELLS

Zur Anforderungsklassifizierung in dieser Arbeit werden die Vorteile mehrerer Ansätze kombiniert. Anforderungen werden stufenweise in Unterklassen unterteilt. Dabei wurde sich der Klassifizierung des [1], [6] bzw. [5] und [4] bedient und die folgende Einordnung erstellt:

SYSTEM ANFORDERUNGEN Anforderungen dieser Klasse beziehen sich auf das Gesamtsystem als solches.

Leitfrage: „? “

SOFTWARE ANFORDERUNGEN Anforderungen dieser Klasse beziehen sich auf die Softwarekomponente des Gesamtsystems.

Leitfrage: „? “

BUSINESS ANFORDERUNGEN Diese Anforderungen gehören zu der Klasse der System-Anforderungen und beschreiben Anforderungen, die sich an das Geschäftsmodell hinter dem Gesamtsystem richten. Zu dieser Klasse gehören Anforderungen, die sich mit dem Mehrwert für die Organisation beschäftigen und den Nutzen des Gesamtsystems für die Organisation beschreiben.

Leitfrage: „Welche Geschäftsfälle gibt es und wie werden diese abgedeckt? “

STAKEHOLDER ANFORDERUNGEN Diese Anforderungen gehören zu der Klasse der System-Anforderungen und beschreiben Anforderungen, die die Interessen der beteiligten Stakeholder widerspiegeln.

Leitfrage: „Was muss das Gesamtsystem aus Sicht von [Stakeholder] können? “

TRANSITIONSANFORDERUNGEN Anforderungen, die zu dieser Klasse zugeordnet werden können, sind eine Unterklasse der System-Anforderungen und beschreiben den Übergang vom IST-Zustand des Systems in den SOLL-Zustand.

Leitfrage: „Was muss gegeben sein, damit sich das Gesamtsystem von Zustand A nach Zustand B überführen lässt? “

PROJEKT ANFORDERUNGEN Diese Anforderungen sind ebenfalls eine Unterklasse der System-Anforderungen und beschreiben die Rahmenbedingungen an das Entwicklungsprojekt.

Leitfrage: „Welche Rahmenbedingungen sind dem Entwicklungsprojekt gegeben? “

QUALITÄTSANFORDERUNGEN Als Unterklasse der System-Anforderungen beschreiben die Qualitätsanforderungen die Qualitätsansprüche an das System und die Entwicklung und definieren die Akzeptanzkriterien wie die Definition of Ready (DoR) bzw. die Definition of Done (DoD).

Leitfrage: „Welche Qualitätsansprüche werden an das Gesamtsystem gestellt? “

NICHT-FUNKTIONALE ANFORDERUNGEN Diese Anforderungen werden gemäß ISO-Norm 25010 zur Software-Qualität definiert und sind Teil der Software-Anforderungen. Es wird beschrieben, wie die Software die gestellten Anforderungen erfüllen soll. Dazu zählen zum Beispiel die Performanz, die Kompatibilität und die Benutzbarkeit.

Leitfrage: „Wie gut muss die Software etwas können? “

FUNKTIONALE ANFORDERUNGEN Diese Unterklasse der Software-Anforderungen beschreibt, was das Software-System leisten muss und welche Aufgaben es erfüllen muss.

Leitfrage: „Was muss die Software können? “

PROZESS ANFORDERUNGEN Als Untergruppe der Software-Anforderungen bündelt diese Klasse alle Anforderungen, die den Prozess beschreiben, damit die Software so wird wie gefordert. Typischerweise sind Anforderungen an den Softwareentwicklungsprozess enthalten.

Leitfrage: „Was ist beim Entwickeln der Software zu beachten?“

Die Abbildung 5.3 fasst die Anforderungstypen zusammen und stellt sie hierarchisch strukturiert dar. Es wird deutlich, dass das entwickelte Modell beide Sichtweisen (vgl. Abbildung 5.2) aufgreift. Auf Seite der System-Anforderungen werden verschiedene Abstraktionslevel wie zum Beispiel die Business-Anforderungen und die Stakeholder-Anforderungen unterschieden. Auf der Seite heben die Stakeholder-Anforderungen die Interessen der Beteiligten hervor und betrachten die Anforderungen zusammen mit den Software-Requirements aus unterschiedlichen Perspektiven.

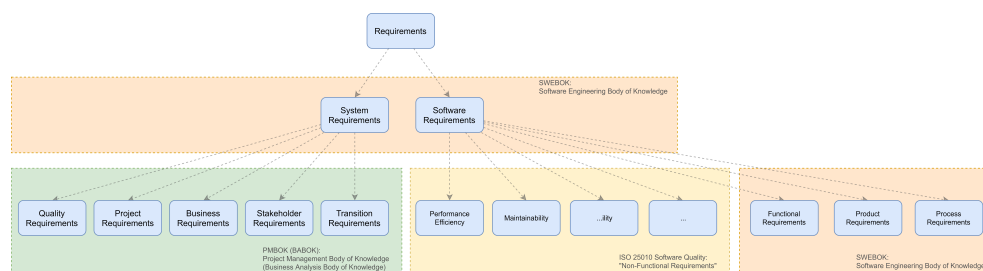


Abbildung 5.3: Anforderungsklassifizierung als kombiniertes Modell aus [1], [6] bzw. [5] und [4]

5.3 ANFORDERUNGSANALYSE

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen zu dem in Kapitel 4 vorgestellten Anwendungsfall ermittelt. Dazu werden zunächst alle beteiligten Stakeholder identifiziert und kurz beschrieben. Anschließend werden aus der jeweiligen Perspektive heraus die Anforderungen ermittelt.

MANUFACTURER Insert dummy text here.

CUSTOMER Insert dummy text here.

SERVICE-PROVIDER Insert dummy text here.

SUPPLIER Insert dummy text here.

PLATFORM OPERATOR Insert dummy text here.

DEVELOPER Insert dummy text here.

5.4 ANFORDERUNGSKLASSIFIZIERUNG

Die zuvor ermittelten Anforderungen werden nach dem Klassifizierungsschema aus Abschnitt 5.2 gruppiert. Die Tabelle 5.1 stellt die Einordnung übersichtlich dar.

LABITUR BONORUM PRI NO	QUE VISTA	HUMAN
fastidii ea ius	germano	demonstratea
suscipit instructor	titulo	personas
quaestio philosophia	facto	demonstrated

Tabelle 5.1: Autem usu id.

5.4.1 Funktionale Anforderungen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5.4.2 Nicht-Funktionale Anforderungen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5.4.3 ... Anforderungen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras

viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5.5 ANFORDERUNGSEVALUIERUNG

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

AUSWAHL RELEVANTER DLTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.1 VORGEHEN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.2 MARKTÜBERSICHT DLTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus.

Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.3 ANFORDERUNGSERFÜLLUNG

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.4 BEWERTUNG, RANKING & AUSWAHL

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

UMSETZUNG

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.1 AUSWAHL DER ANWENDUNGSANFORDERUNGEN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.2 POC

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus.

Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.2.1 *Implementierung*

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

7.3 TESTAUFBAU

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

ERGEBNISSE & FAZIT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

DISKUSSION

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

9.1 WIEDERAUFNAHME THESE TEIL 1: EIGNUNG ALS IOT-BACKBONE?

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

9.2 WIEDERAUFNAHME THESE TEIL 2: TECHNISCHE ANFORDERUNGEN IMMER GLEICH?

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at,

mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

AUSBLICK

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Teil II

APPENDIX

Legende

- Manufacturer
- Customer
- Service-Provider
- Supplier
- Platform-Operator
- Developer

M1 Geräte vermieten

„Als Manufacturer möchte ich beliebig viele meiner Geräte an beliebig viele Kunden vermieten um Umsatz zu machen. “

Task M1.1

Die Plattform muss so skalieren, sodass mehrere hunderttausend Geräte, einige tausend Kunden sowie Supplier und Service-Provider im unteren zweistelligen Bereich auf der Plattform agieren können.

Task M1.2

Die Kommunikation der beteiligten Parteien (Aufträge, Mietverträge, Verbrauch, etc.) muss innerhalb von Minuten bzw. innerhalb von Stunden übermittelt werden.

M2 Mietanfragen verwalten

„Als Manufacturer möchte ich alle eingehende Mietanfragen verwalten können, um Kunden Mietverträge anzubieten oder die Anfragen abzulehnen. “

Task M2.1

Alle Anfragen müssen gespeichert werden.

Task M2.2

Mietanfragen müssen genau einem Kunden zugeordnet werden können.

Task M2.3

Es muss sichergestellt werden, dass die Anfrage auch von dem Kunden selbst kommt.

M3 Mietverträge verwalten

„Als Manufacturer möchte ich aktuelle Mietverträge einsehen und verwalten können, um die Übersicht über meine Kunden, Verträge und Geräte zu behalten.“

Task M3.1

Mietverträge dürfen nur für den Manufacturer selbst sichtbar sein.

M4 Mietverträge Detailansicht

„Als Manufacturer möchte ich einzelne Verträge detailliert betrachten und den Verbrauch der Geräte einsehen können, um die Verträge anzupassen.“

Task M4.1

Der Manufacturer muss in der Lage sein, die Detailinformationen des Vertrages abzurufen.

Task M4.2

Der Manufacturer muss in der Lage sein, Verträge zu ändern. Die Änderung bedarf der Zustimmung des Customers.

M5 Benachrichtigung in Fehlerfall

„Als Manufacturer möchte ich, dass mich meine vermieteten Geräte im Fehlerfall benachrichtigen, damit ich den Service-Provider mit der Durchführung des Service beauftragen kann.“

Task M5.1

Die Geräte benötigen eine Verbindung zu der Plattform.

Task M5.2

Die Geräte benötigen Sensoren, um Fehler und Defekte zu detektieren.

M6 Abrechnung

„Als Manufacturer benötige ich eine korrekte, nutzungsabhängige und automatische Abrechnung der vermieteten Geräte, die täglich (stündlich) aktualisiert wird, um den Umsatz aufrecht zu erhalten.“

Task M6.1

Die Geräte benötigen Sensoren, um den Verbrauch zu detektieren.

Task M6.2

Die Geräte müssen die Verbrauchsdaten sammeln und aggregieren und in einem festgelegten Zeitintervall an die Plattform melden.

Task M6.3

Es muss sichergestellt werden, dass die Verbrauchsdaten manipulationssicher von den Geräten selbst an die Plattform gesendet werden.

M7 Service-Provider beauftragen

„Als Manufacturer möchte ich aus einer Liste verfügbarer Service-Provider auswählen und diese beauftragen können, um meine vermieteten Geräte zu warten und zu reparieren.“

Task M7.1

Es muss eine Auflistung aller verfügbarer Service-Provider existieren.

Task M7.2

Eine Beauftragung eines Service-Providers bedarf dessen Zustimmung.

Task M7.3

Die Beauftragung muss alle benötigten Informationen über das Gerät, die Bezahlung, den Standort und den Defekt enthalten.

M8 Service-Aufträge einsehen

„Als Manufacturer möchte ich den Status und die Kosten aktuell laufender Service-Aufträge einsehen können, um einen Überblick über meine offenen Aufträge behalten zu können.“

Task M8.1

This is a description.

M9 Lieferungen beauftragen

„Als Manufacturer möchte ich aus einer Liste verfügbarer Supplier auswählen und diese beauftragen können, um meine vermieteten Geräte auszuliefern.“

Task M9.1

Es muss eine Auflistung aller verfügbarer Supplier existieren.

Task M9.2

Eine Lieferanfrage muss vom Supplier zunächst bestätigt werden; die Anfrage muss alle relevanten Informationen wie Standorte, Gerätemaße, etc. enthalten.

M10 Lieferaufträge einsehen

„Als Manufacturer möchte ich den Status und die Kosten aktuell laufender Lieferaufträge einsehen können, um einen Überblick über meine offenen Aufträge behalten zu können.“

Task M10.1

This is a description.

C1 Ansicht verfügbarer Geräte

„Als Customer möchte ich verfügbare Haushaltsgeräte angezeigt bekommen, um das passende Gerät mieten zu können.“

Task C1.1

Es muss eine Auflistung aller verfügbarer (mietbarer) Geräte existieren.

Task C1.2

Es muss sichergestellt werden, dass sich das verfügbare Gerät in keinem Mietverhältnis befindet.

Task C1.3

Es müssen alle für den Customer relevanten Informationen über das Gerät vorhanden und einsehbar sein.

C2 Überblick Mietverträge

„Als Customer möchte ich meine laufenden Mietverträge einsehen können, um den Überblick über meine aktuellen Kosten und Verbrauch behalten zu können.“

Task C2.1

Es muss sichergestellt werden, dass der Customer nur seine eigenen Mietverträge einsehen kann.

Task C2.2

Der Verbrauch und die Kosten (über einen Zeitraum X) müssen gespeichert und aufsummiert dargestellt werden.

C3 Anpassung Mietvertrag

„Als Customer möchte ich einen laufenden Mietverträge bearbeiten können, um diesen kündigen oder weitere Geräte hinzubuchen zu können.“

Task C3.1

Es muss sichergestellt werden, dass ein Customer nur seine eigenen Verträge einsehen und bearbeiten kann.

Task C3.2

Ein Customer muss sich als er selbst authentifizieren können.

C4 Geräte warten

„Als Customer möchte ich die gemieteten Geräte reinigen und warten können, um dafür vom Hersteller eine Gutschrift auf mein Vertragskonto zu erhalten.“

Task C4.1

Das Gerät muss die Reinigung / Wartung durch den Customer detektieren können.

Task C4.2

Es muss sichergestellt werden, dass eine Reinigung / Reparatur dem Gerät bzw. dessen Sensoren nicht vorgespielt werden kann.

Task C4.1

Der Customer muss vom Gerät eindeutig identifiziert werden können.

Task C4.2

Die Reinigung / Wartung muss an die Plattform übertragen werden und gemäß des Vertrages abgerechnet werden.

C5 Mietvertragsangebot prüfen

„Als Customer möchte ich angebotene Mietverträge prüfen können, um diese zu akzeptieren oder abzulehnen.“

Task C5.1

Der Abschluss eines Mietvertrages bedarf der Bestätigung durch den Customer.

SP1 Ansicht verfügbarer Service-Aufträge

„Als Service-Provider möchte ich alle verfügbaren Service-Aufträge überblicken können, um die passenden Aufträge auszuwählen.“

Task SP1.1

Es wird eine Auflistung aller Service-Aufträge benötigt.

Task SP1.2

Service-Aufträge können nur durch Service-Provider eingesehen und ausgewählt werden.

Task SP1.2

Service-Aufträge können an einen speziellen Service-Provider oder aber an alle vorhandenen Service-Provider gestellt werden. Es muss sichergestellt werden, dass ein Service-Provider nicht die Aufträge anderer Service-Provider einsehen kann.

SP1 Ansicht angenommener Service-Aufträge

„Als Service-Provider möchte ich eine Auflistung aller meiner angenommenen Service-Aufträge einsehen können, um den Überblick über meine Auftragsalge zu behalten. “

Task SP1.1

Ein Service-Auftrag muss einem Service-Provider eindeutig zugeordnet werden können.

Task SP1.1

Es wird eine Auflistung aller aktiven Service-Aufträge eines Service-Providers benötigt.

SP1 Ansicht angenommener Service-Aufträge

„Als Service-Provider möchte ich nach der Durchführung der Wartung diese mit meinem Smartphone am Gerät bestätigen, um den Service-Auftrag abzuschließen. “

Task SP1.1

Das Gerät benötigt eine Schnittstelle zum Smartphone (z.B. NFC), um mit dem Service-Provider über dessen Smartphone kommunizieren zu können.

Task SP1.1

Es wird eine App benötigt, mit der der Service-Provider seine Identität und die durchgeführte Wartung am Gerät bestätigen kann.

SU1 Supplier XYZ

„Als Supplier... “

Task SU1.1

This is a description.

P1 Platform-Operator XYZ

„Als Platform-Operator... “

Task P1.1

This is a description.

D1 Developer XYZ

„Als Developer... “

Task P1.1

This is a description.

LITERATUR

- [1] Alain Abran und James W. Moore, Hrsg. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge: 2004 Version SWEBOK*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2005. ISBN: 0-7695-2330-7. URL: <http://www2.computer.org/portal/web/swebok/2004guide>.
- [2] R.J. Cloutier (Editor in Chief). *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*. v.2.o. BKCASE. The Trustees of the Stevens Institute of Technology, International Council on Systems Engineering, Institute of Electrical und Electronics Engineers Computer Society, 2019.
- [3] IEEE. "Systems and software engineering – Life cycle processes –Requirements engineering". In: *ISO/IEC/IEEE 29148:2011(E)* (2011).
- [4] ISO/IEC. *ISO/IEC 25010 System and software quality models*. Techn. Ber. 2010.
- [5] Iiba. *Babok: A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge*. Bd. 3. International Institute of Business Analysis, 2015. ISBN: 9781927584026. URL: <https://books.google.de/books?id=ogxTrgEACAAJ>.
- [6] Project Management Institute. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge(PMBOK Guide)*. 4th. PMI global standard. Project Management Institute, 2010. ISBN: 9781933890661.