

# **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	8
4.1	Beschreibung	8
4.2	Technische Lösungsskizze	10
4.2.1	Endgeräte	10
4.2.2	Verträge	11
4.2.3	Frontend	12
4.2.4	Backend	13
5	ANFORDERUNGEN	14
5.1	Standards und Normen	14
5.1.1	BABOK	14
5.1.2	PMBOK	14
5.1.3	SWEBOK	14
5.1.4	SEBOK	14
5.1.5	ISO 29148	14
5.2	Anforderungsanalyse	14
5.3	Anforderungsklassifizierung	15
5.3.1	Funktionale Anforderungen	15
5.3.2	Nicht-Funktionale Anforderungen	17
5.3.3	... Anforderungen	17
5.4	Anforderungsevaluierung	17
6	AUSWAHL RELEVANTER DLTS	19
6.1	Vorgehen	19
6.2	Marktübersicht DLTs	19
6.3	Anforderungserfüllung	20
6.4	Bewertung, Ranking & Auswahl	20
7	UMSETZUNG	21
7.1	Auswahl der Anwendungsanforderungen	21
7.2	PoC	21
7.2.1	Implementierung	22

7.3	Testaufbau . . . . .	22
8	ERGEBNISSE & FAZIT	23
9	DISKUSSION	24
9.1	Wiederaufnahme These Teil 1: Eignung als IOT-Backbone? . . .	24
9.2	Wiederaufnahme These Teil 2: Technische Anforderungen immer gleich? . . . . .	24
10	AUSBLICK	26
 <b>II APPENDIX</b>		
A	INTRODUCTION TO THE CLASSIC THESIS STYLE	28
A.1	Organization . . . . .	29
A.2	Style Options . . . . .	31
A.3	Customization . . . . .	32
A.4	Issues . . . . .	33
A.5	Future Work . . . . .	33
A.6	Beyond a Thesis . . . . .	33
A.7	License . . . . .	33
B	APPENDIX TEST	35
B.1	Appendix Section Test . . . . .	35
B.2	Another Appendix Section Test . . . . .	35
 LITERATUR		 36

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 4.1	Grafische Veranschaulichung des Anwendungsfalls . .	9
Abbildung 4.2	Grober Ablauf des Anwendungsfalls . . . . .	11
Abbildung 4.3	Aufbau und Bestandteile eines Endgeräts . . . . .	12
Abbildung 5.1	Einordnung der Begriffe und Zusammenhänge unter- schiedlicher Normen und Standards . . . . .	15
Abbildung 5.2	. . . . .	16
Abbildung 5.3	. . . . .	16



## TABELLENVERZEICHNIS

---

Tabelle B.1	Autem usu id . . . . .	35
-------------	------------------------	----

## LISTINGS

---

Listing B.1	A floating example (listings manual) . . . . .	35
-------------	--	----

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

DLT Distributed Ledger Technologies

IOT Internet of Things

PoC Proof-of-Concept

OSI Open Systems Interconnection

Teil I

THESIS

## EINLEITUNG

---

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

### 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 werden<sup>2</sup>. 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

---

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

<sup>2</sup> <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.

VERWANDTE FORSCHUNGSARBEITEN

---

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

## 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 oftmals immens 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 haben<sup>1</sup>. 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 Tchibo<sup>2</sup> oder Nespresso<sup>3</sup>, 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-Wash<sup>4</sup> Ansatz. Hier bezahlt der Kunde keine monatliche Mietgebühr sondern pro Waschgang; die Berechnung erfolgt hier 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, Waschmaschinen, etc. anbieterabhängig 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. Wartungen und Reinigungen seitens der Kunden werden ebenfalls erfasst und

---

<sup>1</sup> Quelle!

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

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

<sup>4</sup> [https://www.pay-per-wash.biz/ch\\_de/](https://www.pay-per-wash.biz/ch_de/)

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, ggfs. erforderlichen Ersatzteilen oder auch Konsumgüter wie Kaffee oder Waschmittel erfolgt durch Lieferanten. Die Bestellung und Abrechnung wird ebenfalls über die zugrundeliegende Plattform koordiniert. Die folgende Abbildung 4.1 veranschaulicht den eben erläuterten Anwendungsfall.

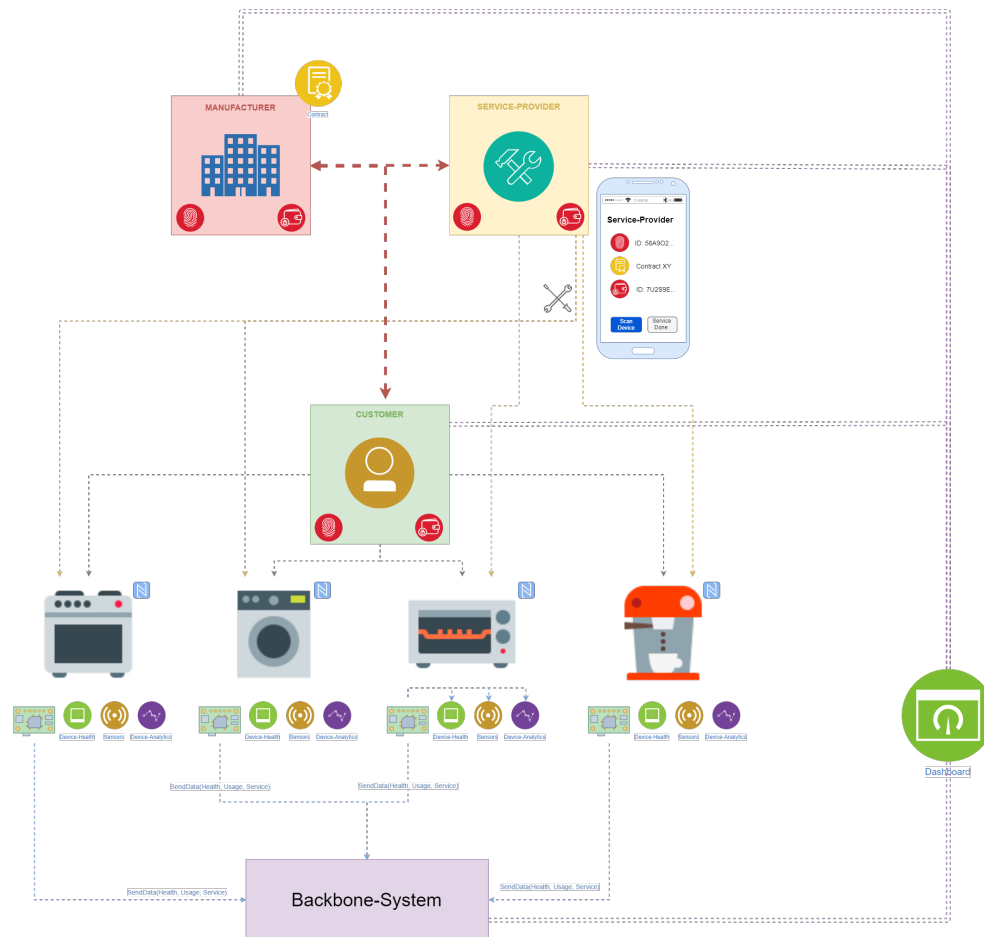


Abbildung 4.1: Grafische Veranschaulichung des Anwendungsfalles

Der vorgestellte Anwendungsfall beinhaltet 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 er 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 an Kunden und Service-Dienstleister; 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 fixen monatlichen Pauschalbetrag. Die Plattform sieht ebenfalls ein 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 den Service-Dienstleister über die Plattform 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 auf einem Frontend, dass jedem Stakeholder die für ihn relevanten Funktionen zur Verfügung stellt. Das Backend des Systems besteht aus einer DLT-Lösung<sup>5</sup>.

### 4.2.1 Endgeräte

Jedes Gerät besitzt eine eindeutige Identifikationsnummer und eine eindeutige Referenz zu dessen Eigentümer (Hersteller). Befindet sich ein Gerät in

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

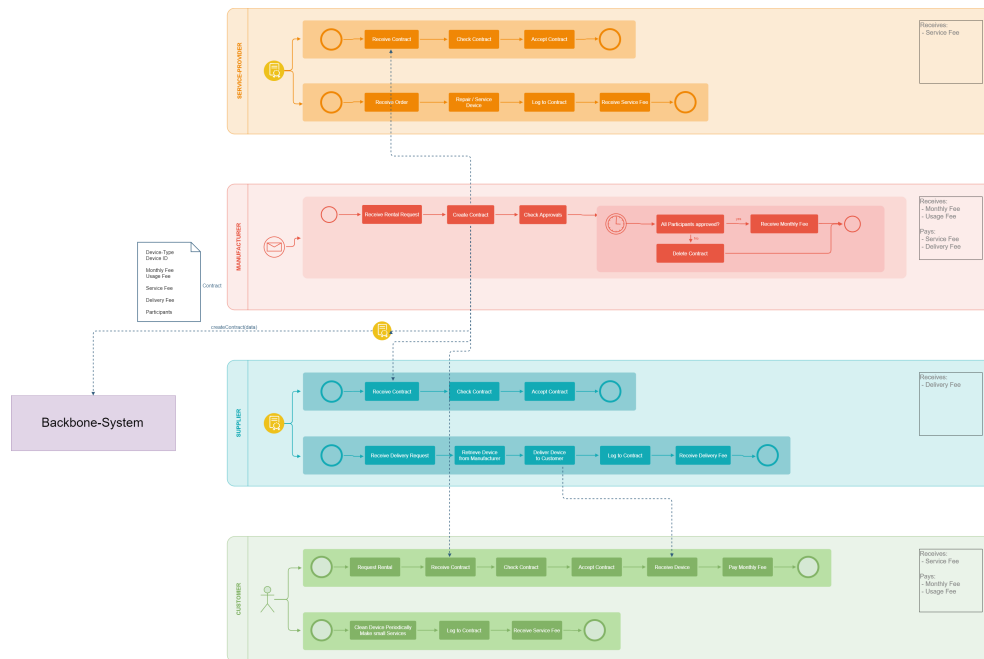


Abbildung 4.2: Grober Ablauf des Anwendungsfalls

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 Begutschriftung 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)

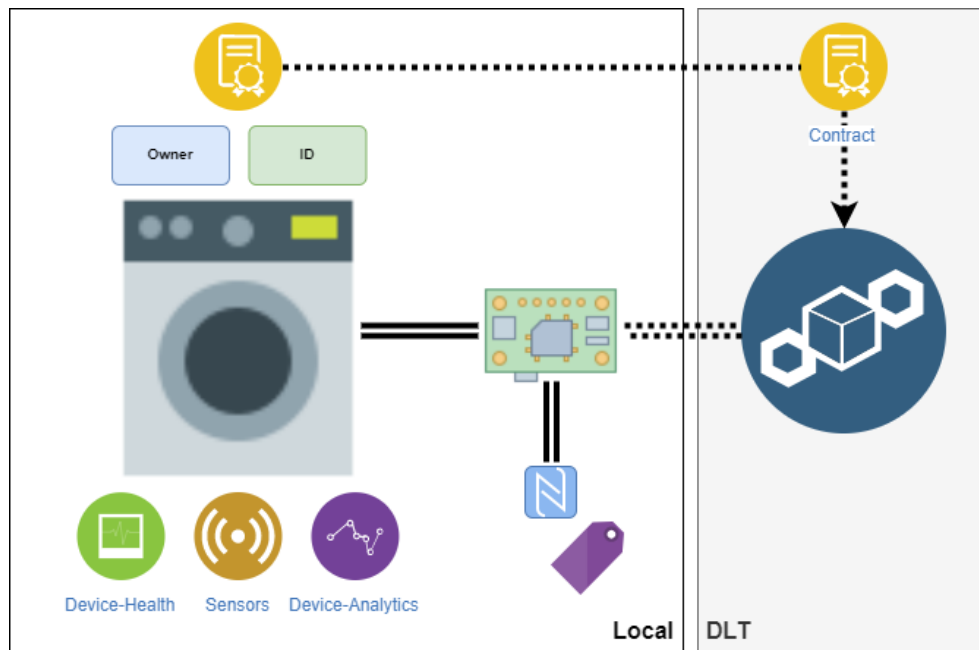


Abbildung 4.3: Aufbau und Bestandteile eines Endgeräts

- 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 anschließend 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

#### 5.1.1 *BABOK*

[5]

#### 5.1.2 *PMBOK*

[6]

#### 5.1.3 *SWEBOK*

[1]

#### 5.1.4 *SEBOK*

[3]

#### 5.1.5 *ISO 29148*

[4]

### 5.2 ANFORDERUNGSANALYSE

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.

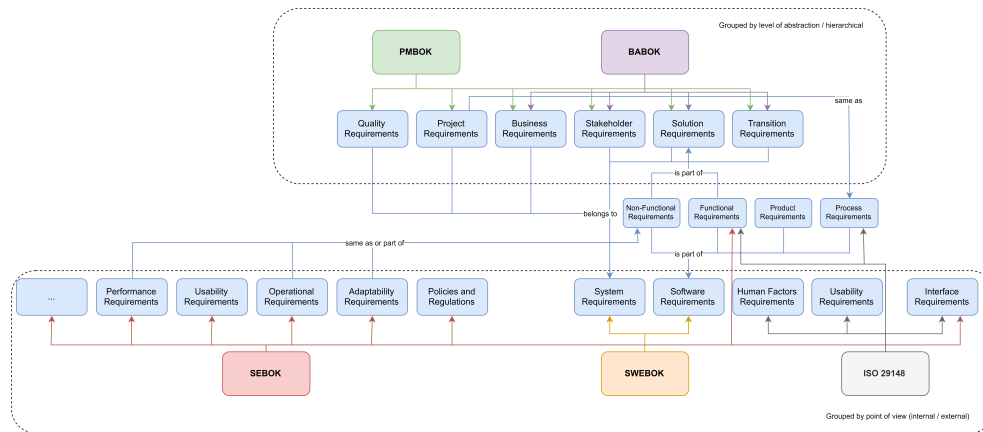


Abbildung 5.1: Einordnung der Begriffe und Zusammenhänge unterschiedlicher Normen und Standards

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.

### 5.3 ANFORDERUNGSKLASSIFIZIERUNG

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.

#### 5.3.1 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 se-

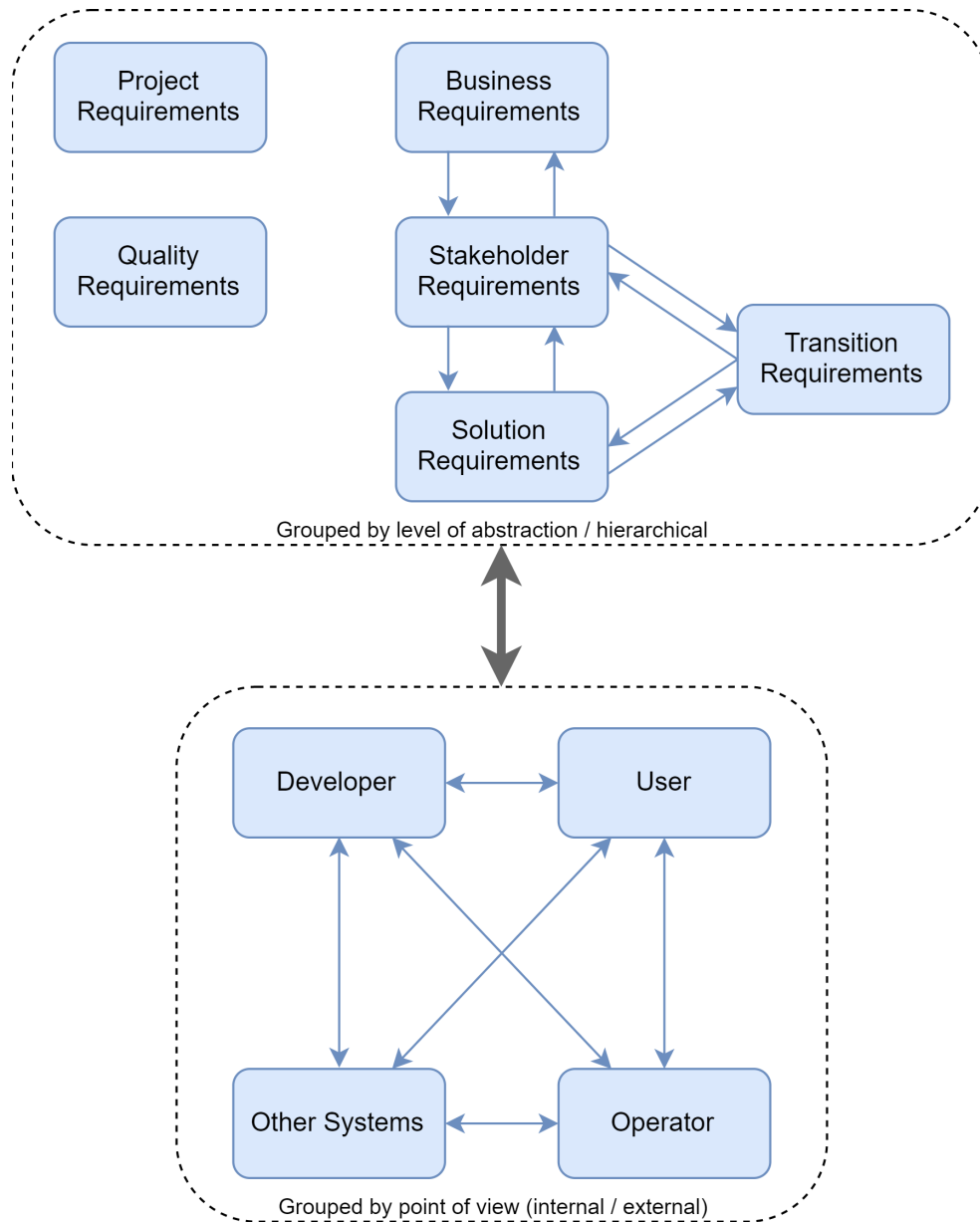


Abbildung 5.2

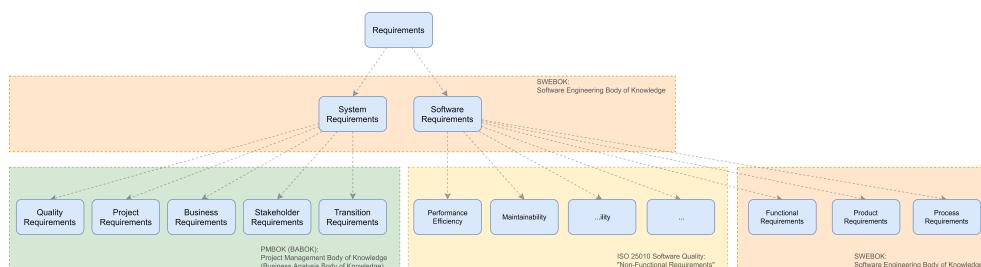


Abbildung 5.3

nectus 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.

### 5.3.2 *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.

### 5.3.3 *... 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.

## 5.4 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



## INTRODUCTION TO THE CLASSICTHESIS STYLE

---

The ClassicThesis bundle for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X has two goals:

1. Provide students with an easy-to-use template for their Master's or PhD thesis. (Though it might also be used by other types of authors for reports, books, etc.)
2. Provide a classic, high-quality typographic style that is inspired by Bringhurst's "*The Elements of Typographic Style*" [2].

The bundle is configured to run with a *full* MiK<sub>T</sub>E<sub>X</sub> or T<sub>E</sub>XLive<sup>1</sup> installation right away and, therefore, it uses only freely available fonts. (Minion fans can easily adjust the style to their needs.)

People interested only in the nice style and not the whole bundle can now use the style stand-alone via the file `classicthesis.sty`. This works now also with "plain" L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

As of version 3.0, `classicthesis` can also be easily used with L<sub>Y</sub>X<sup>2</sup> thanks to Nicholas Mariette and Ivo Pletikosić. The L<sub>Y</sub>X version of this manual will contain more information on the details.

This should enable anyone with a basic knowledge of L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> or L<sub>Y</sub>X to produce beautiful documents without too much effort. In the end, this is my overall goal: more beautiful documents, especially theses, as I am tired of seeing so many ugly ones.

The whole template and the used style is released under the GNU General Public License.

If you like the style then I would appreciate a postcard:

André Miede  
Detmolder Straße 32  
31737 Rinteln  
Germany

The postcards I received so far are available at:

<http://postcards.miede.de>

So far, many theses, some books, and several other publications have been typeset successfully with it. If you are interested in some typographic details behind it, enjoy Robert Bringhurst's wonderful book.

*Synergie von DLT  
und IOT:  
Anforderungsanalyse  
und praktische  
Verprobung version  
1.0*

*A well-balanced line  
width improves the  
legibility of the text.  
That's what  
typography is all  
about, right?*

---

<sup>1</sup> See the file `LISTOFFILES` for needed packages. Furthermore, `classicthesis` works with most other distributions and, thus, with most systems L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X is available for.

<sup>2</sup> <http://www.lyx.org>

IMPORTANT NOTE: Some things of this style might look unusual at first glance, many people feel so in the beginning. However, all things are intentionally designed to be as they are, especially these:

- No bold fonts are used. Italics or spaced small caps do the job quite well.
- The size of the text body is intentionally shaped like it is. It supports both legibility and allows a reasonable amount of information to be on a page. And, no: the lines are not too short.
- The tables intentionally do not use vertical or double rules. See the documentation for the booktabs package for a nice discussion of this topic.<sup>3</sup>
- And last but not least, to provide the reader with a way easier access to page numbers in the table of contents, the page numbers are right behind the titles. Yes, they are *not* neatly aligned at the right side and they are *not* connected with dots that help the eye to bridge a distance that is not necessary. If you are still not convinced: is your reader interested in the page number or does she want to sum the numbers up?

Therefore, please do not break the beauty of the style by changing these things unless you really know what you are doing! Please.

YET ANOTHER IMPORTANT NOTE: Since classicthesis' first release in 2006, many things have changed in the L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X world. Trying to keep up-to-date, classicthesis grew and evolved into many directions, trying to stay (some kind of) stable and be compatible with its port to L<sup>y</sup>X. However, there are still many remains from older times in the code, many dirty workarounds here and there, and several other things I am absolutely not proud of (for example my unwise combination of KOMA and titlesec etc.).

Currently, I am looking into how to completely re-design and re-implement classicthesis making it easier to maintain and to use. As a general idea, classicthesis.sty should be developed and distributed separately from the template bundle itself. Excellent spin-offs such as arsclassica could also be integrated (with permission by their authors) as format configurations. Also, current trends of microtype, fontspec, etc. should be included as well. As I am not really into deep L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X programming, I will reach out to the L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X community for their expertise and help.

*An outlook into the future of classicthesis.*

## A.1 ORGANIZATION

A very important factor for successful thesis writing is the organization of the material. This template suggests a structure as the following:

*You can use these margins for summaries of the text body...*

<sup>3</sup> To be found online at <http://mirror.ctan.org/macros/latex/contrib/booktabs/>.



- `Chapters/` is where all the “real” content goes in separate files such as `Chapter01.tex` etc.
- `FrontBackMatter/` is where all the stuff goes that surrounds the “real” content, such as the acknowledgments, dedication, etc.
- `gfx/` is where you put all the graphics you use in the thesis. Maybe they should be organized into subfolders depending on the chapter they are used in, if you have a lot of graphics.
- `Bibliography.bib`: the Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub> database to organize all the references you might want to cite.
- `classicthesis.sty`: the style definition to get this awesome look and feel. Does not only work with this thesis template but also on its own (see folder `Examples`). Bonus: works with both L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X and PDF<sub>L</sub>A<sub>T</sub>E<sub>X</sub>... and L<sub>Y</sub>X. Great tool and it’s free!
- `ClassicThesis.tex`: the main file of your thesis where all gets bundled together.
- `classicthesis-config.tex`: a central place to load all nifty packages that are used.

*Make your changes and adjustments here.* This means that you specify here the options you want to load `classicthesis.sty` with. You also adjust the title of your thesis, your name, and all similar information here. Refer to [Abschnitt A.3](#) for more information.

This had to change as of version 3.0 in order to enable an easy transition from the “basic” style to L<sub>Y</sub>X.

In total, this should get you started in no time.

## A.2 STYLE OPTIONS

There are a couple of options for `classicthesis.sty` that allow for a bit of freedom concerning the layout:

- General:
  - `drafting`: prints the date and time at the bottom of each page, so you always know which version you are dealing with. Might come in handy not to give your Prof. that old draft.
- Parts and Chapters:
  - `parts`: if you use Part divisions for your document, you should choose this option. (Cannot be used together with `nochapters`.)
  - `linedheaders`: changes the look of the chapter headings a bit by adding a horizontal line above the chapter title. The chapter number will also be moved to the top of the page, above the chapter title.
- Typography:
  - `eulerchapternumbers`: use figures from Hermann Zapf’s Euler math font for the chapter numbers. By default, old style figures from the Palatino font are used.
  - `beramono`: loads Bera Mono as typewriter font. (Default setting is using the standard CM typewriter font.)
  - `eulermath`: loads the awesome Euler fonts for math. Palatino is used as default font.
- Table of Contents:
  - `tocaligned`: aligns the whole table of contents on the left side. Some people like that, some don’t.
  - `dottedtoc`: sets `pagenumbers` flushed right in the table of contents.
  - `manychapters`: if you need more than nine chapters for your document, you might not be happy with the spacing between the chapter number and the chapter title in the Table of Contents. This option allows for additional space in this context. However, it does not look as “perfect” if you use `\parts` for structuring your document.
- Floats:
  - `listings`: loads the `listings` package (if not already done) and configures the List of Listings accordingly.
  - `floatperchapter`: activates numbering per chapter for all floats such as figures, tables, and listings (if used).

*...or your supervisor might use the margins for some comments of her own while reading.*

*Options are enabled via `option=true`*

Furthermore, pre-defined margins for different paper sizes are available, e.g., a4paper, a5paper, and letterpaper. These are based on your chosen option of \documentclass.

The best way to figure these options out is to try the different possibilities and see what you and your supervisor like best.

In order to make things easier, classicthesis-config.tex contains some useful commands that might help you.

### A.3 CUSTOMIZATION

This section will show you some hints how to adapt classicthesis to your needs.

The file classicthesis.sty contains the core functionality of the style and in most cases will be left intact, whereas the file classicthesis-config.tex is used for some common user customizations.

The first customization you are about to make is to alter the document title, author name, and other thesis details. In order to do this, replace the data in the following lines of classicthesis-config.tex:

*Modifications in  
classic-  
thesis-config.tex*

```
% *****
% 2. Personal data and user ad-hoc commands
% *****
\newcommand{\myTitle}{A Classic Thesis Style\xspace}
\newcommand{\mySubtitle}{An Homage to...\xspace}
```

Further customization can be made in classicthesis-config.tex by choosing the options to classicthesis.sty (see [Abschnitt A.2](#)) in a line that looks like this:

```
\PassOptionsToPackage{
  drafting=true,      % print version information on the bottom of the
                      pages
  toaligned=false,    % the left column of the toc will be aligned (no
                      indentation)
  dottedtoc=false,    % page numbers in ToC flushed right
  parts=true,         % use part division
  eulerchapternumbers=true, % use AMS Euler for chapter font (
                      otherwise Palatino)
  linedheaders=false, % chapter headers will have line above and
                      beneath
  floatperchapter=true, % numbering per chapter for all floats (i.
                      e., Figure 1.1)
  listings=true,      % load listings package and setup LoL
  subfig=true,        % setup for preloaded subfig package
  eulermath=false,    % use awesome Euler fonts for mathematical
                      formulae (only with pdfLaTeX)
  beramono=true,      % toggle a nice monospaced font (w/ bold)
  minionpro=false    % setup for minion pro font; use minion pro small
                      caps as well (only with pdfLaTeX)
}{classicthesis}
```

Many other customizations in `classicthesis-config.tex` are possible, but you should be careful making changes there, since some changes could cause errors.

#### A.4 ISSUES

This section will list some information about problems using `classicthesis` in general or using it with other packages.

Beta versions of `classicthesis` can be found at Bitbucket:

<https://bitbucket.org/amiede/classicthesis/>

There, you can also post serious bugs and problems you encounter.

#### A.5 FUTURE WORK

So far, this is a quite stable version that served a couple of people well during their thesis time. However, some things are still not as they should be. Proper documentation in the standard format is still missing. In the long run, the style should probably be published separately, with the template bundle being only an application of the style. Alas, there is no time for that at the moment... it could be a nice task for a small group of  $\text{\LaTeX}$ ncians.

Please do not send me email with questions concerning  $\text{\LaTeX}$  or the template, as I do not have time for an answer. But if you have comments, suggestions, or improvements for the style or the template in general, do not hesitate to write them on that postcard of yours.

#### A.6 BEYOND A THESIS

The layout of `classicthesis.sty` can be easily used without the framework of this template. A few examples where it was used to typeset an article, a book or a curriculum vitae can be found in the folder `Examples`. The examples have been tested with `latex` and `pdflatex` and are easy to compile. To encourage you even more, PDFs built from the sources can be found in the same folder.

#### A.7 LICENSE

**GNU GENERAL PUBLIC LICENSE:** This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but *without any warranty*; without even the implied warranty of *merchantability* or *fitness for a particular purpose*. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program; see the file COPYING. If not, write to the Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307, USA.

CLASSICHTHESIS AUTHORS' NOTE: There have been some discussions about the GPL's implications on using classicthesis for theses etc. Details can be found here:

<https://bitbucket.org/amiede/classicthesis/issues/123/>

We chose (and currently stick with) the GPL because we would not like to compete with proprietary modified versions of our own work. However, the whole template is free as free beer and free speech. We will not demand the sources for theses, books, CVs, etc. that were created using classicthesis.

Postcards are still highly appreciated.

APPENDIX TEST

---

Lorem ipsum at nusquam appellantur his, ut eos erant homero concludaturque. Albucius appellantur deterruisset id eam, vivendum partiendo dissentiet ei ius. Vis melius facilisis ea, sea id convenire referrentur, takimata adolescens ex duo. Ei harum argumentum per. Eam vidit exerci appetere ad, ut vel zzril intellegam interpretaris.

*More dummy text.*

## B.1 APPENDIX SECTION TEST

Test: [Tabelle B.1](#) (This reference should have a lowercase, small caps A if the option floatperchapter is activated, just as in the table itself → however, this does not work at the moment.)

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

Tabelle B.1: Autem usu id.

## B.2 ANOTHER APPENDIX SECTION TEST

Equidem detraxit cu nam, vix eu delenit periculis. Eos ut vero constituto, no vidit propriae complectitur sea. Diceret nonummy in has, no qui eligendi recteque consetetur. Mel eu dictas suscipiantur, et sed placerat oporteat. At ipsum electram mei, ad aequae atomorum mea. There is also a useless Pascal listing below: [Listing B.1](#).

Listing B.1: A floating example (listings manual)

---

```
for i:=maxint downto 0 do
begin
{ do nothing }
end;
```

---

## 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] Robert Bringhurst. *The Elements of Typographic Style*. Version 4.0: 20th Anniversary Edition. Point Roberts, WA, USA: Hartley & Marks Publishers, 2013.
- [3] R.J. Cloutier (Editor in Chief). *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*. v.2.0. BKCASE. The Trustees of the Stevens Institute of Technology, International Council on Systems Engineering, Institute of Electrical und Electronics Engineers Computer Society, 2019.
- [4] IEEE. "Systems and software engineering – Life cycle processes –Requirements engineering". In: *ISO/IEC/IEEE 29148:2011(E)* (2011).
- [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.