

# MASTERARBEIT

## ANFORDERUNGEN AN EIN IT-BASIERTES SERVICE ZUR UNTERSTÜTZUNG DER RÜCKDOKUMENTATION IN DER AUFBAU- UND INBETRIEBNAHMEPHASE EINER INDUSTRIEANLAGE

ausgeführt am



Studiengang

Informationstechnologien und Wirtschaftsinformatik

Von: Stephan Altenbacher, BSc

Personenkennzeichen: 1610320014

Graz, am 15. Dezember 2017

.....  
Unterschrift

## **EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

.....

Unterschrift

## **DANKSAGUNG**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt, mich motiviert und mir mit gutem Rat zur Seite gestanden haben.

Vor allem möchte ich mich bei meinem Betreuer DI Christoph Ehrenhöfer für die gute Unterstützung und wertvolle Expertise, welche wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat, bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meiner Partnerin Sylvia, die mich während des gesamten Studiums, sowie beim Verfassen dieser Arbeit unterstützt und immer wieder die notwendige Kraft gegeben hat.

Ein ganz spezielles Dankeschön möchte ich auch an Angelika weitergeben, die zahlreiche Stunden mit Korrekturlesen dieser Arbeit verbracht hat.

Des Weiteren möchte ich mich auch bei meinen Eltern, Schwiegereltern und Freunden bedanken, die immer wieder großes Verständnis aufbrachten, wenn sich ein Besuch oder Treffen nicht ausging.

Zu guter Letzt, möchte ich noch den hervorragenden Zusammenhalt des Jahrgangs hervorheben. Das eine oder andere Gespräch mit Studienkolleginnen und Studienkollegen war ebenso wichtig für das Gelingen dieser Arbeit.

## KURZFASSUNG

Die Technische Dokumentation ist nicht nur zum Aufbau einer Maschine oder Anlage notwendig, sondern begleitet diese über deren gesamten Lebenszyklus. Vor allem im Störfall ist die Dokumentation ein zentrales Werkzeug für Wartungspersonal und Customer Service. Eine mangel- oder fehlerhafte Dokumentation führt dazu, dass zum einen die Support-Qualität gemindert wird und zum anderen auch versteckte Kosten für das Unternehmen anfallen. Der Grund dafür sind Abweichungen zwischen dem Abbild in der Dokumentation und der letztendlich vor Ort aufgebauten Maschine oder Anlage. Um dem entgegenzuwirken, gilt es eine vollständige und lückenlose Rückdokumentation aller Änderungen und Abweichungen, die während der Montage- und Inbetriebnahmephase entstehen, zu erfassen.

Eine mögliche Lösung für die Problemstellung der Dokumentationsabweichung ist der Einsatz eines IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle. Ziel der Arbeit ist es Kriterien und Anforderung für ein solches Service zu erheben.

Im Rahmen der Arbeit werden durch Literaturrecherche, sowie Experteninterviews mit Customer Service- und Montagepersonal der Ist-Stand bezüglich Rückdokumentation und die Auswirkungen einer unvollständigen Dokumentation ermittelt. Aufbauend darauf wird als quantitative Forschungsmethode eine Umfrage durchgeführt, um einerseits die Kriterien und Anforderung des Service zu evaluieren, und andererseits um die Nutzungsakzeptanz gegenüber eines solchen IT-basierten Service zu erheben.

Die Ergebnisse der Arbeit setzen sich aus einer Bewertung der aufgestellten funktionalen Anforderungen, sowie einer Reihung der Kriterien für das IT-basierte Service zur Rückdokumentationsunterstützung zusammen. Das Weiteren wird mittels Akzeptanzmodell dargestellt, dass die Nutzungsabsicht des Service am Stärksten von der wahrgenommenen Nützlichkeit für die späteren AnwenderInnen des Service abhängt.

## **ABSTRACT**

Technical documentation is necessary for the installation of a machine or system and accompanies it throughout its entire life cycle. Documentation becomes the main tool for the maintenance personnel and customer service in the event of a technical issue. Incomplete or faulty documentation reduces support quality and increases hidden costs for the company. This may be due to a discrepancy between the documentation and the actual machine or system as built. To counteract this, it is necessary to create complete and consistent reverse documentation of all modifications and discrepancies which occur during the assembly and commissioning phase. A possible solution to this problem of documentation discrepancy is the usage of an IT-based service for the support of reverse documentation activities on site. The goal of this paper is to establish criteria and requirements for such a service. Via a literature research and expert interviews with customer service and assembly personnel, the current state of reverse documentation and the consequences of incomplete documentation are determined. Consequently a poll is held as a quantitative method of research, in order to evaluate the criteria and requirements of the service, as well as to establish the utilization acceptance of such an IT-based service. The results of the paper are an evaluation of functional requirements, as well as a set of criteria of the IT-based service for the support of reverse documentation. Furthermore, using a model of acceptance, the intention to use the service depends the most on the perceived usefulness for the later users of the IT-based service is demonstrated.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation und Problemstellung .....	1
1.2	Ziel der Arbeit .....	2
1.3	Vorgehensweise und Methode .....	3
1.4	Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2</b>	<b>RÜCKDOKUMENTATION IN DER AUFBAU- UND INBETRIEBNAHMEPHASE .....</b>	<b>6</b>
2.1	Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau .....	6
2.1.1	Definition Technische Dokumentation .....	7
2.1.2	Richtlinien und rechtliche Vorgaben einer Technischen Dokumentation .....	8
2.1.3	Prozess der Erstellung einer Technischen Dokumentation .....	10
2.2	Rückdokumentationsprozess .....	13
2.2.1	Definition Rückdokumentation .....	13
2.2.2	Chancen und Potentiale durch die Rückdokumentation .....	17
2.2.3	Synergien zu anderen Branchen und Wirtschaftszweigen .....	20
2.3	Zusammenfassung und Fazit .....	21
<b>3</b>	<b>TECHNOLOGISCHE ZUKUNFT IN DER MASCHINEN- UND ANLAGENBAUBRANCHE .....</b>	<b>23</b>
3.1	Industrie 4.0 .....	23
3.2	Smart Product.....	26
3.3	Smart Production und Smart Factory .....	27
3.4	Smart Service .....	29
3.5	Zusammenfassung und Fazit .....	33
<b>4</b>	<b>IT-BASIERTES SERVICE ZUR UNTERSTÜTZUNG DER RÜCKDOKUMENTATION .....</b>	<b>35</b>
4.1	Definition eines IT-basierten Service .....	35
4.2	IT-basiertes Rückdokumentationsservice.....	37
4.2.1	Funktionsumfang eines IT-basierten Service .....	38
4.2.2	Chancen und Möglichkeiten mit einem IT-basierten Service .....	43
4.2.3	Schwierigkeiten und Herausforderungen mit einem IT-basierten Service .....	46

4.3	Kriterien für ein IT-basiertes Rückdokumentationsservice .....	48
4.4	Zusammenfassung und Fazit .....	51
<b>5</b>	<b>EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG.....</b>	<b>54</b>
5.1	Konzeptionierung des Forschungsprozesses .....	54
5.2	Zusammenfassende Inhaltsanalyse der Experteninterviews .....	57
5.2.1	Interviewarten im Überblick .....	57
5.2.2	Teilnehmer der Experteninterviews .....	59
5.2.3	Aufbau der Experteninterviews.....	61
5.2.4	Auswertung der Experteninterviews .....	62
5.2.5	Hypothesenbildung .....	69
5.3	Quantitative Befragung .....	70
5.3.1	Aufbau des Fragebogens .....	70
5.3.2	Akzeptanzmodell zum IT-basierten Service .....	72
5.3.3	Auswahl der Fragestellungen und der Antwortskala .....	75
<b>6</b>	<b>AUSWERTUNG UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....</b>	<b>80</b>
6.1	Datenauswertungsverfahren .....	80
6.2	Beschreibung des Zielbereichs .....	81
6.3	Bewertung der Kriterien und Funktion des IT-basierten Service.....	82
6.3.1	Auswertung der Funktionen.....	83
6.3.2	Auswertung der Kriterien .....	86
6.4	Auswertung des Akzeptanzmodells und Hypothesenprüfung .....	89
6.5	Diskussion der Ergebnisse .....	96
<b>7</b>	<b>ABSCHLUSS DER ARBEIT .....</b>	<b>99</b>
7.1	Zusammenfassung der Arbeit .....	99
7.2	Ausblick .....	102
	<b>ANHANG A - INTERVIEWLEITFADEN CUSTOMER SERVICE .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANHANG B - INTERVIEWLEITFADEN MONTAGE UND INBETRIEBNAHME .....</b>	<b>107</b>
	<b>ANHANG C - ZUSAMMENFASSENDER INHALTSANALYSE .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANHANG D - ONLINE-FRAGEBOGEN.....</b>	<b>121</b>

<b>ANHANG E - ERGEBNISSE DES ONLINE-FRAGEBOGEN.....</b>	<b>129</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>136</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>137</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>139</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>140</b>

# 1 EINLEITUNG

*"Bequemlichkeit ist die listige Mutter der Technik."*

*(Manfred Hinrich, Philosoph)*

Das erste Kapitel der Arbeit umfasst eine Erläuterung der Problemstellung, so wie der Motivation der Arbeit. Im Anschluss wird das Ziel der Arbeit beschrieben und die damit verbundene zentrale Forschungsfrage vorgestellt. Der zur Beantwortung notwendige Methodeneinsatz und die Vorgehensweise wird ebenfalls beschrieben, wie auch der thematische Aufbau der Arbeit.

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Mit dem Einzug der 4. Industriellen-Revolution, verstanden als Industrie 4.0, verändert sich im Maschinen- und Anlagenbau nicht nur die Art der Produktion und der Aufbau der Erzeugnisse, sondern auch die Service- und Support-Komponenten im Zusammenspiel aus Produkt und Dienstleistung. Gerade der Dienstleistungsaspekt ist bei einem Störfall auf der Anlage immer mit Kosten verbunden, vor allem wenn es dadurch auch zum Stillstand oder Teilstillstand kommt. Es ist eine schnelle Reaktion von seitens Wartungspersonal und Customer Service von Nöten, um den Störfall zu beheben und damit wieder in den Regelbetrieb überzugehen.

Gerade unter dem Betrachtungswinkel der Industrie 4.0 sind im Supportbereich viele technologische Konzepte geschaffen worden, die eine neue Art des Supports ermöglichen, wie zum Beispiel vom Big Data zu Smart Data und weiter hin zum Predictive Maintenance. Dies alles bedingt den Grundgedanken, dass Maschinen und Anlagen nicht nur elektromechanische Erzeugnisse sind, sondern auch selbst als Datenlieferanten fungieren. Daten die zum einen im Betrieb generiert werden, Daten die eine Basis für den Betrieb selbst ermöglichen, wie z.B. SPS-Programme, oder auch jene Daten, die eine Überwachung mittels SCADA-Systemen ermöglichen, und für das Ersatzteilmanagement notwendig sind.

Grundlage für die Daten, auf die der Betrieb einer Maschine oder Anlage aufsetzt, sind jene, die im Laufe der Erzeugung entstehen. Diese Daten umfassen nicht nur Softwareprogramme, sondern viel mehr die Technische Dokumentation von der Entwicklung und Konstruktion bis hin zum Betrieb, Umbau oder der Erweiterung von Maschinen und Anlagen. Die Basis für moderne Überwachungs- und Supportkonzepte ist es, dass die Technische Dokumentation und die damit verbundenen Daten einer Maschine oder Anlage zu jedem Zeitpunkt im Lebenszyklus dem realen Abbild der Maschine oder Anlage bei KundInnen entspricht.

Die Technische Dokumentation ist nicht nur zum Aufbau einer Maschine oder Anlage notwendig, sondern begleitet diese über den gesamten Lebenszyklus. Vor allem im Störfall ist diese ein zentrales Werkzeug für Wartungspersonal und Customer Service. Eine mangel- oder fehlerhafte

Technische Dokumentation führt dazu, dass die Supportqualität gemindert, das Sicherheits- und Vertrauensgefühl der KundInnen beschädigt wird, aber auch bis dahin, dass versteckte Kosten für Unternehmen anfallen.

Der Grund für eine fehlerbehaftete Technische Dokumentation können entstandene Abweichungen zwischen der geplanten und der letztendlich aufgebauten Maschine oder Anlage sein. Um dem entgegen zu wirken, gilt es eine korrekte und lückenlose Rückdokumentation aller Änderungen und Abweichungen, die während der Montage- und Inbetriebnahmephase entstehen, zu gewährleisten. Fehlende Akzeptanz oder Motivation zur Durchführung einer lückenlosen Rückdokumentation kann für Unternehmen schwerwiegende Folgen haben. Dennoch ist die Wertschätzung für diesen Arbeitsschritt oftmals zu gering und dieser wird als überflüssig empfunden. Ein Grund dafür ist, dass kein unmittelbarer Mehrwert während der Rückdokumentation erkennbar ist, sondern dass die Versäumnisse erst im Fehlerfall oder bei Erweiterungen einer Maschine oder Anlage erkennbar werden. Doch zu diesem Zeitpunkt sind für das Unternehmen bereits monetäre, wie auch nicht-monetäre Kosten entstanden.

Eine mögliche Lösung für die angegebene Problemstellung kann der Einsatz eines IT-basierten Service sein, welches das Montage- und Inbetriebnahmepersonal dabei unterstützen soll Abweichungen und Änderungen gegenüber der Technischen Dokumentation effektiver und effizienter zu erfassen und so in weiterer Folge die Möglichkeit zu schaffen, die Lücke zwischen der „As Designed“ und „As Built“-Dokumentation füllen zu können.

## **1.2 Ziel der Arbeit**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zum einen die Problematik einer fehler- oder mangelhaften Technischen Dokumentation im Support Bereich, aber auch in Zuge von Maschinen- und Anlagenerweiterungen, aufzuzeigen und zum anderen für die mögliche Lösung dieser Problemstellung Kriterien für ein IT-basiertes Service zur Unterstützung der Aktivitäten im Rahmen der Rückdokumentation durch Montage- und Inbetriebnahmepersonal zu erheben. Aus dieser Zielsetzung bildet sich die zentrale Forschungsfrage der Arbeit, welche folgendermaßen lautet:

„Welche Kriterien muss ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentation während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Industrieanlage aufweisen, um die Akzeptanz der Durchführung zu steigern?“

Die Beantwortung der Forschungsfrage beinhaltet welche Kriterien und funktionale Anforderungen ein solches IT-basiertes Service aufweisen muss, um so die Tätigkeiten im Rückdokumentationsprozess zu erleichtern und damit folglich die Akzeptanz gegenüber dem Erfassen und Dokumentieren von Abweichungen auf der Baustelle zu erhöhen.

### **1.3 Vorgehensweise und Methode**

Die Vorgehensweise zur Beantwortung der Forschungsfrage setzt sich aus der Kombination von mehreren Methoden zusammen. Die einzelnen Schritte zur Beantwortung sind folgendermaßen gegliedert:

- Basierend auf die Forschungsfrage werden mittels Literaturrecherche die Themengebiete Rückdokumentation und IT-basiertes Service behandelt, um Begrifflichkeiten und Definitionen zu erklären und so Ableitungen aus der Literatur zu generieren.
- Aufbauend auf die Theorieaufarbeitung werden Experteninterviews aus den Bereichen Customer Service und Montage geführt, um einen tiefergehenden Blick zum Thema Rückdokumentation zu erhalten.
- Nach der Analyse der Interviews wird eine quantitative Untersuchung in Form eines Online-Fragebogens durchgeführt, um zum einen die Kriterien zu bewerten und zum anderen eine Verifizierung oder Falsifizierung der Hypothese zu ermöglichen.
- Die abschließende Datenauswertung und Analyse der erhobenen Daten führt zur Beantwortung der Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit.

Zur Erarbeitung der Teile aus der Literatur, wurden in Fachbüchern, wissenschaftlichen Artikeln, Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Datenbanken recherchiert.

### **1.4 Aufbau der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit ist in sieben Kapitel aufgeteilt und ist in Abbildung 1-1 grafisch dargestellt. Kapitel 1 umfasst die Einleitung und beschreibt die Motivation und das Ziel der Arbeit, ebenfalls wird die Vorgehensweise erläutert. Inhalt des Kapitel 2 ist die schrittweise Heranführung an das Thema der Rückdokumentation in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Maschine oder Anlage. Dazu wird zu Beginn die Technische Dokumentation mit ihren rechtlichen Vorgaben und dem Prozess der Erstellung behandelt. Im Anschluss wird über den Produktlebenszyklus die Rückdokumentation definiert und der Prozess beschrieben.

Kernthema des Kapitels 3 ist die technologische Zukunft im Maschinen- und Anlagenbau, behandelt im Kontext der Industrie 4.0 Aspekte. Dazu wird anfangs der „Industrie 4.0“ Begriff erläutert, anschließend werden Themenfelder aus diesem beschrieben. Bei den Themenfeldern handelt es sich um Smart Product, Smart Factory und Smart Service. Im Abschluss des Kapitels werden die Erkenntnisse aus Sicht der Rückdokumentationskomponente betrachtet.

Kapitel 4 behandelt das Kernthema der Arbeit, welches ein IT-basiertes Service zur Unterstützung der Rückdokumentationsaktivitäten in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase umfasst, auf Basis der Theorieaufarbeitung. Zu Beginn des Kapitels wird der Begriff IT-basiertes Service definiert, im weiteren Verlauf werden durch die Kombination bestehender Technologieansätze und IT-Dienstleistungen Funktionen für das Rückdokumentationsservice abgeleitet, sowie Chancen, Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen für die Maschinen- und

Anlagenbaubranche durch ein solches Service ermittelt. Aufbauend auf die Forschungsfrage werden in diesem Kapitel zum Abschluss Kriterien für das IT-basierte Service diskutiert.

Mit Kapitel 5 wird vom Theorie- in den Praxisteil der Arbeit gewechselt. Behandelt wird zum Einstieg das Forschungsdesign für die empirische Untersuchung. Zentrale Themen des Kapitels sind die Aufbereitung der Methoden für die Evaluierungen im Rahmen der Arbeit und die Auswertung der durchgeführten Experteninterviews. Auf Basis dieser Erkenntnisse und der Hypothese wird ein Akzeptanzmodell erstellt, welches durch einen Online-Fragebogen abgedeckt wird.

Die Auswertung und Analyse der Ergebnisse durch den Online-Fragebogen beschreibt den Inhalt des Kapitel 6 der Arbeit. Ausgewertet werden Funktionen und Kriterien des IT-basierten Service, sowie die Akzeptanz gegenüber der Nutzung des Service. Abgeschlossen wird das Kapitel mit der Hypothesenprüfung, der Beantwortung der Forschungsfrage und einer Diskussion der Ergebnisse.

Zum Abschluss erfolgt eine Zusammenfassung der Arbeit in Kapitel 7 und ein Ausblick auf eine mögliche weitere Vorgehensweise für die Entwicklung eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung.

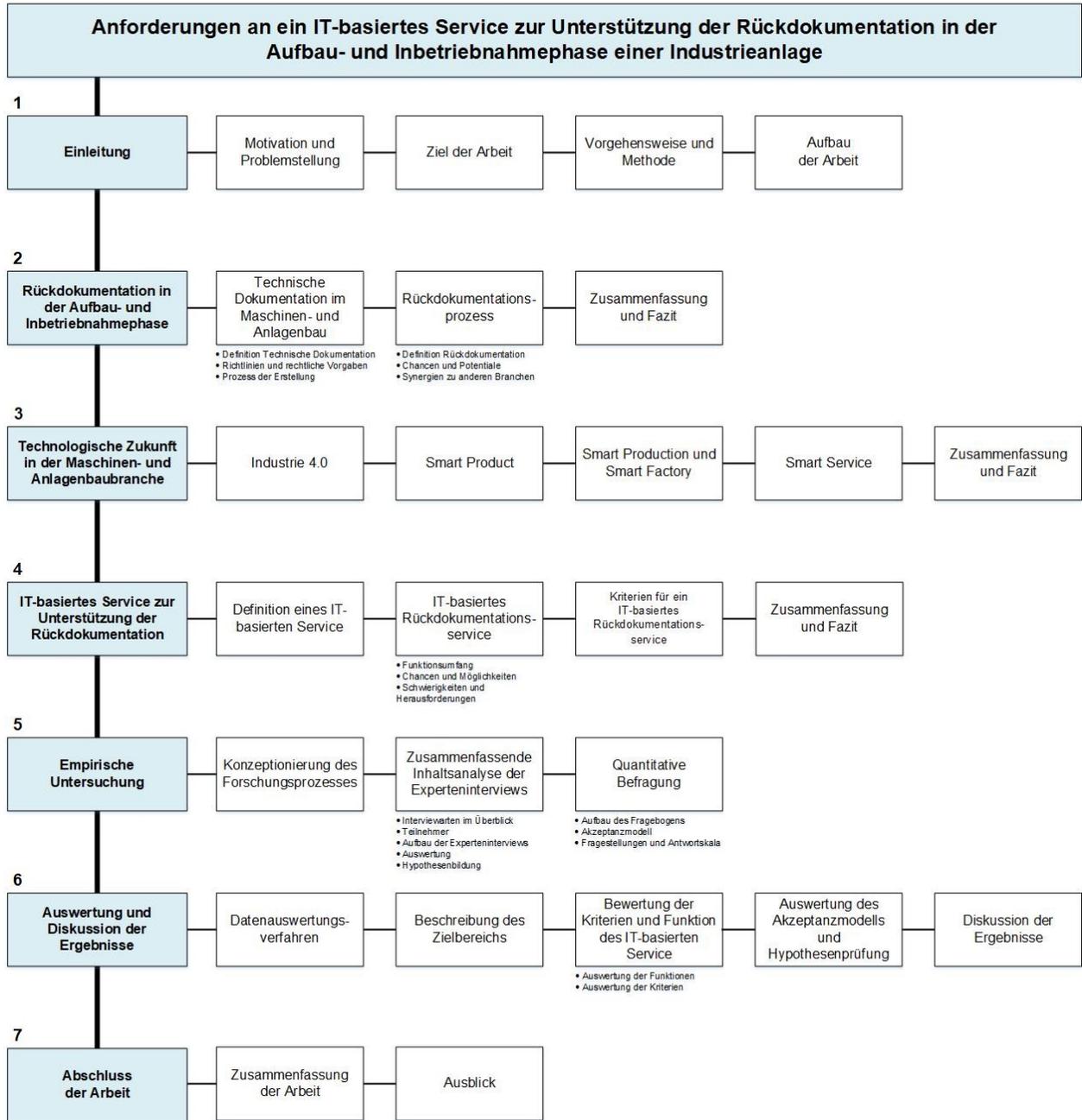


Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit

## 2 RÜCKDOKUMENTATION IN DER AUFBAU- UND INBETRIEBNAHMEPHASE

*„Wer Entscheidungen nicht plant, sondern sich erst dann darum kümmert,  
wenn die Entscheidung fallen muss, der handelt zu spät.“  
(Konfuzius, Philosoph)*

Auf den kommenden Seiten wird beschrieben, warum eine lückenlose Rückdokumentation aller Abweichungen, die während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase entstehen, wichtig für Unternehmen und für Betreiber einer Maschine oder Anlage ist. Denn eine fehlende, fehlerhafte oder unvollständige Dokumentation führt zu einer Verzerrung des Sachverhaltes einer Maschine oder Anlage, die entsprechende Konsequenzen nach sich führen (Schlagowski, 2015). Dazu wird im ersten Abschnitt dieses Kapitels der Begriff Technische Dokumentation erläutert. Es wird dabei speziell, wie im gesamten Verlauf dieser Arbeit, auf Beispiele und Fakten aus dem Maschinen- und Anlagenbau eingegangen, wobei sehr viele Aspekte aus der Verfahrenstechnik abgeleitet werden. Grund dafür ist die große Interdisziplinarität dieser Branche, mit der Kombinatorik aus Chemie, Prozessdesign und dem Apparatebau, welcher wiederum die Ingenieurwissenschaft Maschinenbau beinhaltet. Nach der Definition und Beschreibung der Eigenschaften einer Technischen Dokumentation, wird der rechtliche Aspekt mit Gesetzen und Normen betrachtet. Abschluss bildet die Eingliederung der Dokumentationserstellung in den Lebenszyklus einer Maschine oder Anlage. Dies führt zu einer Überleitung zum zweiten Abschnitt in diesem Kapitel, welcher sich mit der Rückdokumentation im Detail befasst. Die zentralen Fragen, die in diesem Abschnitt beantwortet werden, sind: Was ist eine Rückdokumentation? Welchen Vorteil hat ein Unternehmen dadurch und welche Nachteile ergeben sich bei nicht oder mangelhafter Umsetzung?

### 2.1 Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau

Das Ziel dieses Abschnittes ist es, den Begriff Technische Dokumentation zu erläutern und in Folge abzugrenzen. Hierzu werden einzelne in der Literatur vorkommende Definitionen betrachtet und analysiert. In weiterer Folge werden rechtliche Aspekte zum Thema Technische Dokumentation erläutert. Dabei wird im Speziellen auf Vorgaben aus Normen in Bezug auf die Technische Dokumentation eingegangen, welche sich im elektrisk- und steuerungslastigen Teil des Maschinen- und Anlagenbaus einordnen lassen. Zum Abschluss dieses Abschnittes wird der Entstehungsprozess der Dokumentation in Verbindung mit dem Produktlebenszyklus betrachtet, woraus sich im weitesten Sinn der Arbeitsschritt der Rückdokumentation herleiten lässt.

### 2.1.1 Definition Technische Dokumentation

Der Begriff Technische Dokumentation ist in der Literatur nicht eindeutig abgegrenzt und kann unterschiedlich interpretiert werden. So beschreibt Lars Kothes (2011) die Technische Dokumentation als Sammelbegriff für alle Dokumente zur Beschreibung und Bedienung eines Produktes. Ein Produkt selbst ist das Ergebnis eines Entwicklungs- oder Produktionsprozesses. Somit beschreibt ein Produkt einerseits materielle Güter, wie bspw. eine Maschine oder Anlage, aber auch andererseits immaterielle Güter, wie eine Dienstleistung. Der weitere Verlauf der Arbeit konzentriert sich in erster Linie auf materielle Güter, mit speziellem Fokus auf Maschinen und Anlagen. Wesentlicher Aspekt im Maschinen- und Anlagenbau ist es, dass einzelne Maschinen, Baugruppen und weitere Komponenten für einen gemeinsamen Zweck zu einer elektromechanischen Anlage verbunden werden. Beispiele für Anlagen sind u.a. Kraftwerke, Raffinerien oder auch Intralogistiksysteme. Die Installation und Inbetriebnahme wird hier im Regelfall von Fachpersonal des Herstellerunternehmens durchgeführt, welche die erforderlichen Dokumente lesen und deuten können (Kothes, 2011) (Juhl, 2015).

Juhl und Küstenmacher (2015) sehen die Technische Dokumentation ebenfalls wie Kothes als Überbegriff, jedoch mit einer weiteren Eingrenzung auf Unterlagen für technische Produkte. Des Weiteren führen diese an, dass die Zusammenstellung der Technischen Dokumentation, neben dem Produkt selbst, auch von der Anwendung, sowie der Zielgruppe abhängig ist. Die Zweckorientierung steht dabei im Vordergrund. Zweck der Dokumentation eines Produktes kann zum einen sein, dass die Schritte für die Entwicklung eines Produkts und der Produktlebenszyklus schriftlich festgehalten werden und zum anderen dient sie als Nachschlagewerk für das Servicepersonal während der Fehlersuche (Juhl, 2015).

Kothes (2011) erläutert ebenfalls, dass der Begriff Technische Dokumentation auch als Fachgebietsbeschreibung angewandt wird. In der vorliegenden Arbeit geht es um den Output, den die Technische Dokumentation als Organisation liefert, die Technischen Unterlagen. Diese werden im Rahmen des Konstruktions- und Engineering Prozesses eines Unternehmens hergestellt und beschreiben diesen weitgehend. Die Unterlagen unterscheiden sich hierbei in Konstruktions- und Serviceunterlagen und sind im Detail wiederum zielgruppenabhängig (Juhl, 2015).

Zur genaueren Identifizierung des Umfangs und Inhaltes der Technischen Unterlagen eines Produktes gibt es eine Unterscheidung zwischen interner und externer Unterlagen. Interne Unterlagen sind alle zur Beschreibung, Erstellung, Montage, Inbetriebnahme, Wartung und Demontage eines Produktes, welche nur innerhalb der Organisation des Herstellers verwendet werden. Diese werden nach Produktübergabe an KundInnen nicht mit ausgehändigt (Kothes, 2011). Anders ist dies bei den externen Technischen Unterlagen der Fall. Diese werden dem Anlagenbetreiber mit dem Produkt übergeben oder zugänglich gemacht (Kothes, 2011). Die Auslieferung der Unterlagen muss dabei nicht zwingend zeitgleich mit dem Produkt erfolgen. Wesentlich ist jedoch, dass die bereitgestellten externen Unterlagen auf den internen Unterlagen aufbaut und damit eine Teilmenge dieser sind.

Der Autor Birolini (1997) ist der Ansicht, dass die Dokumentation bei Geräten und Systemen in komplexer Ausprägung zusätzlich in folgende vier Gruppen unterteilt werden kann: Projekt, Technische, Fertigungs- und Kundendokumentation, siehe Abbildung 2-1.

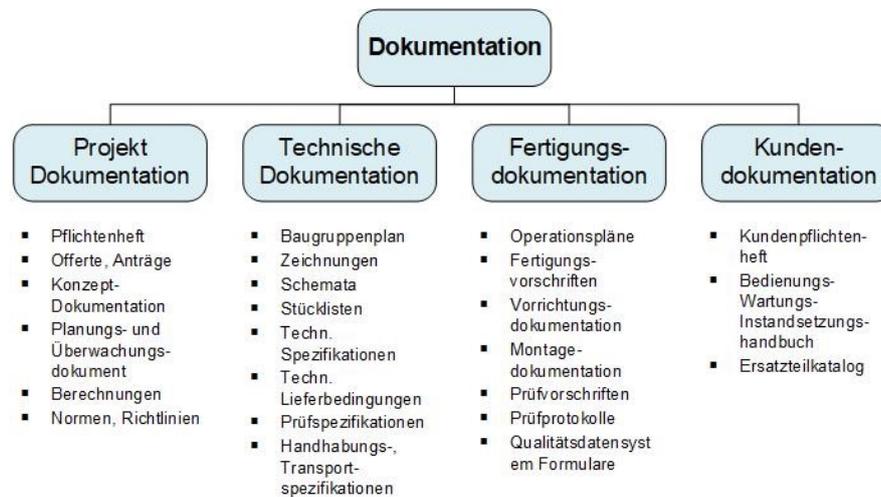


Abbildung 2-1: Einteilung einer Dokumentation vgl. Birolini (1997)

Eigner und Stelzer (2009) unterteilen die Technischen Unterlagen in drei Kategorien. Primärdokumente, welche die Entwicklungen beschreiben, Sekundärdokumente, auch Fertigungsdokumente genannt, und Tertiärdokumente, die in der Nutzungsphase des Produktes zum Einsatz kommen. Die Zielgruppe der Technischen Unterlagen wird dabei nicht genauer berücksichtigt. Eine weitere Unterteilung der Technischen Unterlagen ist die Teilung in Anlagen- und Betriebsdokumentation, wie es Weber (2016) praktiziert. Die Anlagendokumentation entspricht dabei einem Paket aus allen relevanten Unterlagen für die technische, bauliche und sicherheitstechnische Errichtung einer Anlage. Wobei die Betriebsdokumentation zusätzlich zur Anlagendokumentation erstellt wird und speziell für die Nutzungsphase der Anlage ausgerichtet ist. Schwerpunkte sind hierbei u.a. Anleitungen zur Inbetriebnahme, Wartung, Instandhaltung und Reparaturen.

Die Einteilung von Technischen Unterlagen ist in speziellen Anwendungsfällen per Norm vorgegeben. Am Beispiel der ÖVE/ÖNORM EN 60204-1 (2009), welche die Sicherheit von Maschinen in Bezug auf die elektrische Ausrüstung beschreibt, werden die Unterlagen in Errichtung, Betrieb und Instandhaltung unterteilt. In der EN 60204-1 (ÖVE/ÖNORM, 2009) ist geregelt, welche Arten von Dokumenten, wie bspw. Stromlaufpläne, Stücklisten, Aufbauzeichnungen, usw. ..., in welcher der drei Phasen benötigt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Begriff Technische Dokumentation für die Sammlung an Unterlagen, Zeichnungen oder Dokumente einer Maschine oder Anlage verwendet.

## 2.1.2 Richtlinien und rechtliche Vorgaben einer Technischen Dokumentation

Wie und in welcher Form eine Technische Dokumentation im Detail auszusehen hat, ist im Maschinen- und Anlagenbau neben den vertraglichen Einigungen zwischen Hersteller und KundInnen, auch an mehrere Normen gebunden. In der Maschinenrichtlinie RL 2006/42/EG, welche von der Europäischen Union (2006) definiert wurde und für die Länder der EU gelten, ist

unter anderem definiert, dass eine Technische Dokumentation die vollständigen Detailzeichnungen der Maschine oder Anlage zu umfassen hat. Dabei ist es laut Richtlinie ebenfalls erforderlich, dass die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen ordnungsgemäß in der Technischen Dokumentation integriert sind. Bei unvollständigen Maschinen ist zusätzlich die Montageanleitung zur Errichtung oder Vervollständigung der Maschine oder Anlage vom Hersteller zu liefern. In der EN 82079-1 (ÖVE/ÖNORM, 2013) ist weiter geregelt, dass die Dokumentation vor der Übergabe an KundInnen alle notwendigen Informationen für die Inbetriebnahme beinhalten muss.

Die EN 60204-1 (ÖVE/ÖNORM, 2009), welche im Geltungsbereich der Länder der Mitgliederinstitutionen des europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) angewandt wird, konzentriert sich auf Ausrüstung und den Umgang mit elektrischen, elektronischen und programmierbaren elektrischen Ausstattungsbauteilen und Systemen für Maschinen und Anlagen (Schlagowski, 2015). Diese EN-Norm basiert auf die Richtlinie 2006/42/EG (Europäische Union, 2006) des europäischen Parlaments, welche den generellen Umgang zur besseren Sicherung von voll- sowie unvollständigen Maschinen und Anlagen behandelt. Ein Teilaspekt davon ist die Technische Dokumentation, welche fehlerfrei und vollständig mit der Maschine oder Anlage zur Verfügung gestellt werden muss. Der Hauptfokus dieser Arbeit konzentriert sich im Speziellen auf den elektrotechnischen Aspekt des Maschinen- und Anlagenbaus. Weshalb auch die ausgewählten Normen und Verordnungen zum Aufbau von Technischer Dokumentation zur überwiegenden Mehrheit einen elektrotechnischen Anwendungsbereich haben.

Im Rahmen dieser Arbeit kann und wird nicht auf alle rechtlichen und normierten Bestimmungen eingegangen. Jedoch werden jene dargelegt, welche relevant dafür sind, um die Botschaft der Wichtigkeit einer lückenlosen Technischen Dokumentation transportieren zu können. In diesem Zusammenhang ist vor allem auf die externe Dokumentation zu achten, welche mit Übergabe der Anlage an KundInnen geht. Im Maschinen- und Anlagenbau beinhalten die Unterlagen Informationen, die für den Betrieb, der Wartung oder der Wiederaufnahme des Betriebszustandes einer Maschine oder Anlage relevant sind, dies ist unter anderem in der EN 60204-1 (ÖVE/ÖNORM, 2009) geregelt. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Inbetriebnahme und Wartung einer Maschine oder Anlage sind die Referenzkennzeichen. Diese sind ebenfalls wie die Dokumentation Bestandteil der Maschine (Schlagowski, 2015). Referenzkennzeichen dienen dazu, die Betriebsmittel und Bauteile einer Maschine oder Anlage zu kennzeichnen und zu benennen, damit diese in der Technischen Dokumentation identifiziert und zugeordnet werden können. Das Referenzkennzeichen wird auch Betriebsmittelkennzeichen (BMK) genannt.

Neben dem umfangreichen sicherheitstechnischen Aspekt, der im weiteren Verlauf dieses Abschnittes angeschnitten wird, kommt die rechtliche Komponente hinzu, die durch die Bildung eines zweiseitigen Rechtsgeschäftes zwischen Maschinen- oder Anlagenbauer und dem Betreiber der Maschine oder Anlage entsteht. Wesentlich ist dabei, wie Schlagowski (2015) darstellt: „*Technische Dokumentation in Form der Benutzerinformation ist Teil des Produktes, Teil der Maschine, Teil der Anlage, Teil der Lieferung und damit Teil der Leistung an den Kunden.*“ Dies bedeutet damit weiter, dass die für den Lieferumfang relevante Technische Dokumentation ebenfalls einem hohen Qualitätsverständnis zu unterziehen ist, so wie dies für das gelieferte

Produkt der Fall selbst ist. Eine fehlerhafte oder unvollständige Dokumentation ist damit mit einem Produktfehler gleichzusetzen (Schlagowski, 2015). Damit kommt es zu einem Sachmangel, der unter die Gewährleistung fällt. KundInnen haben ein Recht auf Nachbesserung, womit der Hersteller in diesem Fall die Dokumentationen auf den realen Stand aktualisieren muss.

Eine fehlerfrei Technische Dokumentation zu einer Maschine oder Anlage ist ebenfalls ein Bestandteil des Lebenszyklus. Änderungen am Produkt zur Laufzeit sind somit in die Dokumentation so einzupflegen, dass diese dem realen Zustand der Maschine oder Anlage entspricht (Schlagowski, 2015). Wer der Verursacher einer Abweichung oder Änderung ist, spielt für die Korrektur der Dokumentation der Maschine oder Anlage keine Rolle.

### **2.1.3 Prozess der Erstellung einer Technischen Dokumentation**

Die Erstellung der Technischen Dokumente einer Maschine oder Anlage verläuft weitgehend parallel zum Produktentstehungsprozess. Die Autoren Eigner und Stelzer (2009) beschreiben, dass der Produktentstehungsprozess einen Abschnitt im Produktlebenszyklus darstellt. Dabei gehen sie weiter darauf ein, dass nicht nur das Produkt selbst das Ergebnis des Prozesses widerspiegelt, sondern auch die Produkt- und Produktionsbeschreibungen. Dies umfasst die zum Erstellen oder Erzeugen des Produkts notwendigen Dokumentationsunterlagen. Der Autor Klaus Weber (2016) beschreibt, dass die Erstellung von Unterlagen technischer oder organisatorischer Natur zur Beschaffung, Produktion, Inbetriebnahme und Instandhaltung das Resultat des Engineerings oder der Anlagenplanung definiert. Das Engineering umfasst dabei, je nach organisatorischer Aufteilung innerhalb eines Betriebs, die Entwicklung, Konstruktion und Produktionssteuerung einer Maschine oder Anlage. Im Regelfall befasst sich das Engineering mit der Verplanung, Kombination und dem Einsatz definierter Teilproduktkonfigurationen. Wie in Abschnitt 2.1.1 erläutert, beschreibt das Ergebnis aus dem Engineering die interne Dokumentation, diese kann z.B. folgende Unterlagen umfassen (Juhl, 2015):

- Maschinenbau und Konstruktion
  - Konstruktionszeichnung
  - Hydraulikplan
  - Ersatzteilliste
  - usw.
- Elektrotechnik
  - Stromlaufplan
  - Blockschaltbild
  - Kontaktbelegungen
  - usw.

Des Weiteren wird laut Eigner und Stelzer (2009) im Produktentstehungsprozess auch die Montageplanung berücksichtigt. Dies bedeutet, dass im Entstehungsprozess auch die

Technischen Unterlagen erstellt werden, welche in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Maschine oder Anlage benötigt werden. Die Sammlung dieser Unterlagen fällt ebenfalls unter den Überbegriff interne Dokumentation.

Betrachtet man den Produktlebenszyklus nach Eigener und Stelzer (2009), beschreibt dieser den Weg eines Produktes von der Anforderung dafür, bis hin zur Entsorgung des Produktes. Die Technische Dokumentation für interne und externe Zwecke ist dabei ein Teilaspekt. Betrachtet man den Zusammenhang der einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus, siehe Abbildung 2-2, dann ordnet sich die Dokumentationserstellung in der Entwicklungs- /Engineering-Phase ein und die Nutzung aus Sicht der KundInnen in der Phase Betrieb des Produktes.

In der Entwicklungs- /Engineering-Phase entsteht in erster Instanz die interne Dokumentation, die für die Fertigung benötigt wird und im Anschluss vom Montagepersonal für den Aufbau und die Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage verwendet wird. Die interne Dokumentation unterteilt sich nochmals in zwei Untergruppierungen, zum einen in die Fertigungsdokumentation, welche für das Erzeugnis von Maschine, Maschinenteile, Stücklisten und Baugruppen sowie der Materialbeschaffung verwendet wird und zum anderen in die Inbetriebnahmedokumentation. Die endgültige Dokumentation, auch bezeichnet als „As Built“-Dokumentation, wird laut Weber (2016) mit den Änderungen, die während der Aufbau- und Inbetriebnahme entstanden sind, vervollständigt, bevor diese an KundInnen übergeben wird.

Der Autor Lars Kothes (2011) behauptet, dass es im Maschinen- und Anlagenbau durchaus gang und gäbe ist, dass die Dokumentation separat nach der Inbetriebnahme an KundInnen übermittelt wird. Damit bleibt ein Zeitfenster offen, welches für die Finalisierung der externen Dokumentation genutzt wird und so den Status „As Built“- oder Enddokumentation erhält. Eigener und Stelzer (2009) beschreiben, dass dieses Vorgehen den Grund hat, dass die Maschine oder Anlage zum Zeitpunkt der Aufbau- und Inbetriebnahmephase strukturell verändert werden kann. Gründe dafür könnten sein, dass die baulichen Gegebenheiten anders sind als in der Engineering-Phase bekannt oder auch ein Change Request durch KundInnen gewünscht wird.

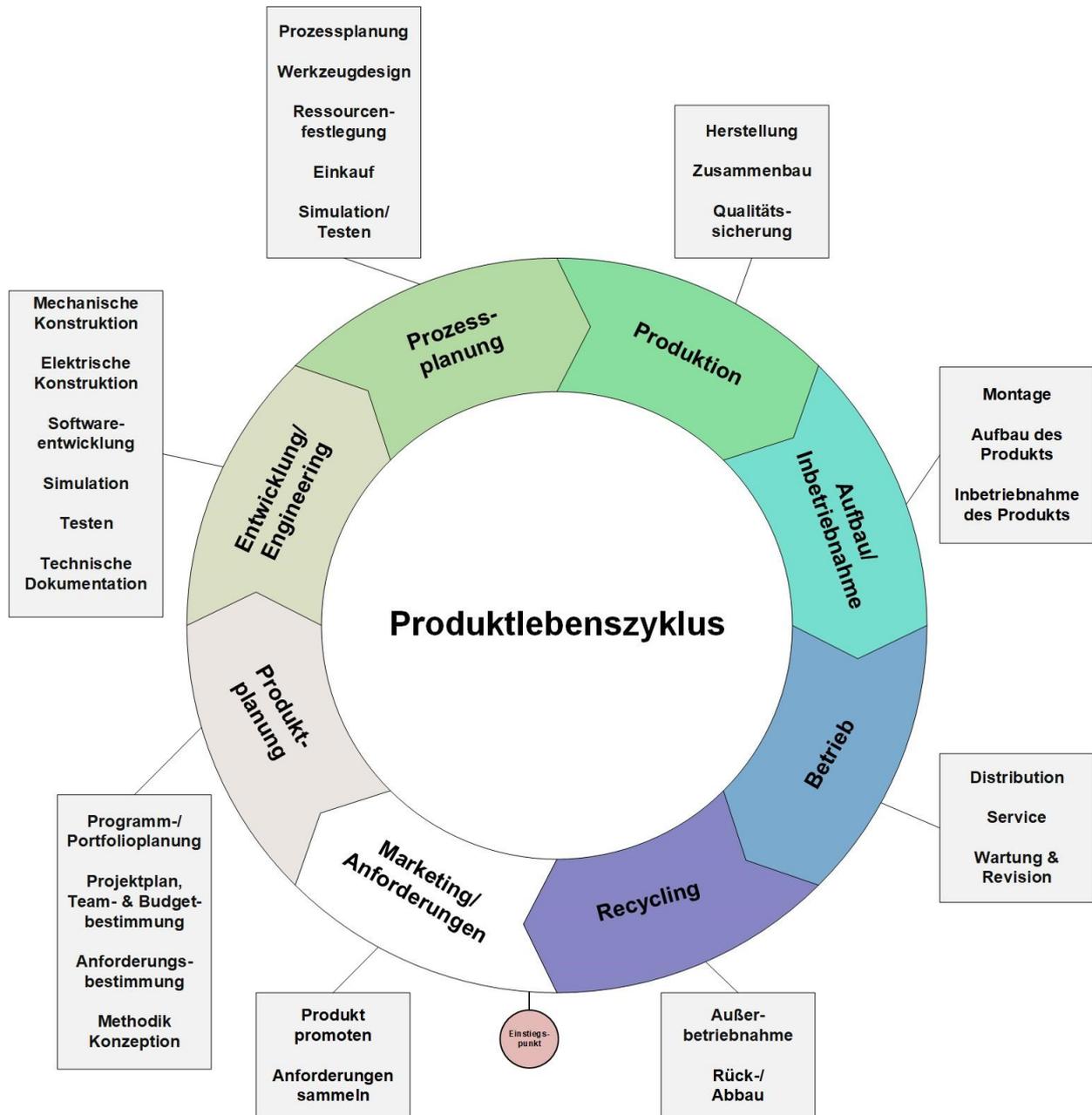


Abbildung 2-2: Produktlebenszyklus vgl. mit Eigner und Stelzer (2009)

Es gilt ebenfalls zu prüfen, ob sich Kenndaten von Bauteilen und Geräten geändert haben, oder z.B. Kabelmarkierungen mit der Technischen Dokumentation übereinstimmen (Günther, 2015). Mussten Betriebsmittel bspw. einer Bezeichnungsänderung unterzogen werden, weicht die erstellte Inbetriebnahmedokumentation strukturell von der Ist-Situation beim Anlagenbetreiber vor Ort ab und die Dokumentation ist damit, wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, fehlerhaft oder unvollständig. Die entstandenen Änderungen werden somit in Folge in der Dokumentation durch den Auftragnehmer, zu meist am Unternehmenssitz, eingepflegt (Weber & Schüßler, 2008).

Der Autor Klaus H. Weber (2016) schreibt, dass eine „As Built“-Dokumentation einer Maschine oder Anlage ca. 4 - 7% der Investitionssumme des Auftraggebers ausmacht. Ebenfalls hat diese eine längere Nutzungsdauer als die Maschine oder Anlage selbst. Demzufolge führt dieser weiter an, dass die Erstellung der „As Built“-Dokumentation, welche unter die Gruppe externe

Dokumentation fällt, einen hohen Qualitätsanspruch hat. Denn die „As Built“ bildet die vertraglich vereinbarte Ist-Situation einer Maschine oder Anlage zum Zeitpunkt der Übergabe an den Anlagebetreiber ab (2016). Eine vollständige und fehlerfreie Dokumentation nach der Aufbau- und Inbetriebnahmephase ist bei Änderungen im Verlauf des Baustellenaufenthalts nur mit einem entsprechend geregelten Rückdokumentationsprozess zu gewährleisten.

## **2.2 Rückdokumentationsprozess**

Im vorhergehenden Abschnitt wurde der Begriff Technische Dokumentation erklärt, dass es eine interne sowie externe Dokumentation gibt, wie diese im Kontext eines Produktlebenszyklus entstehen und eingesetzt werden. Damit das Wartungs- und Customer Service Personal ein verlässliches Werkzeug in der Nutzungsphase bereitgestellt bekommen, ist erforderlich, dass sämtliche Änderungen, die im Laufe der Aufbau- und Inbetriebnahmephase entstehen, in die „As Built“-Dokumentation oder Auslieferungsdokumentation eingeflossen sind. Um dies von Seiten des Auftragnehmers zu gewährleisten, bedarf es eines Rückdokumentationsprozesses. Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes wird der Begriff Rückdokumentation betrachtet und Chancen sowie Risiken im Maschinen- und Anlagenbau durch diese untersucht. Zum Abschluss werden Synergien mit anderen Branchen zum Thema Informationsrückgewinnung analysiert.

### **2.2.1 Definition Rückdokumentation**

Der Begriff Rückdokumentation ist in der Fachliteratur nur wenig geläufig. Wobei die Tätigkeiten an sich, welche den Rückdokumentationsprozess umfassen, zum Teil beschrieben werden. Um eine Definition für die Begrifflichkeit Rückdokumentation zu erhalten, wird zunächst im weiteren Verlauf dieses Abschnittes der Prozess beschrieben, wie Änderungen in eine Technische Dokumentation eingepflegt werden. Dazu gilt es zunächst, diesen Prozess in die zeitlich korrekte Phase des Produktlebenszyklus einzuordnen. In der anschließenden Grafik, siehe Abbildung 2-3, ist ersichtlich, dass sich die Rückdokumentation in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einordnet und dabei bedarfsgerecht aufgerufen wird. Der Output des Prozesses ist dabei nicht vorwärtsorientiert, wie der Aufbau der Maschine oder Anlage selbst, sondern wie im Begriff erkennbar ein Rückeinspeisen der gesammelten Informationen der entstandenen Änderungen oder Neuerungen in Bezug auf das Produkt gegenüber der Technische Dokumentation.

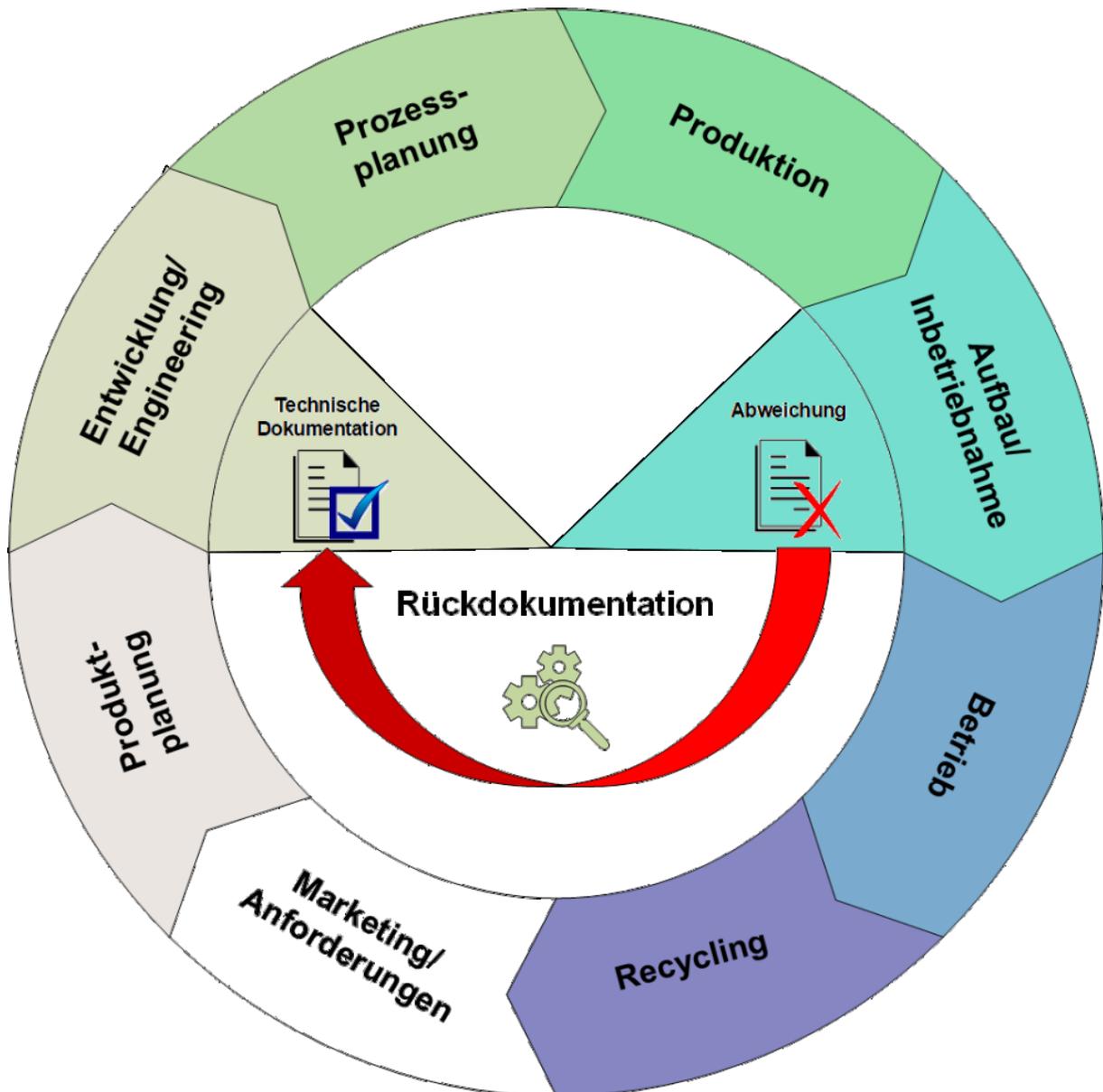


Abbildung 2-3: Einordnung der Rückdokumentation in den Produktlebenszyklus nach Eigner und Stelzer (2009)

Wie am oberen Bild dargestellt, handelt es sich bei der Rückdokumentation um einen Prozess. Die Begriffe Rückdokumentation und Rückdokumentationsprozess können äquivalent eingesetzt werden. Ziel des Prozesses ist es, Informationen zu Abweichungen, die während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase entstanden oder aufgefallen sind, zu sammeln, um diese in die Technische Dokumentation rückkoppeln zu können. Der gesamte Rückdokumentationsprozess unterteilt sich in mehrere Schritte, siehe Abbildung 2-4.

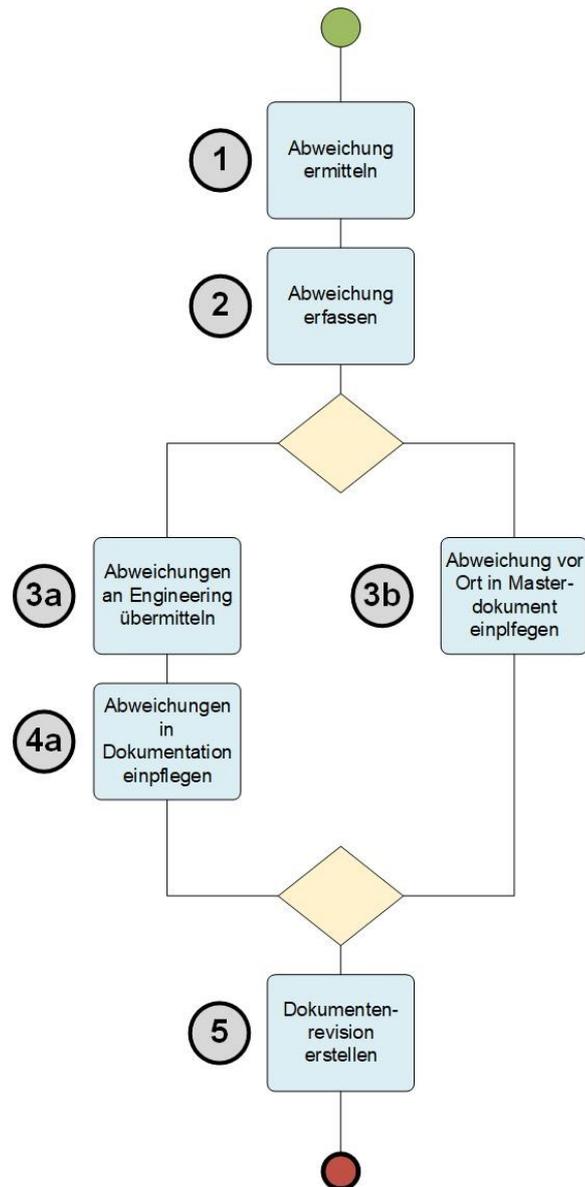


Abbildung 2-4: Rückdokumentationsprozess

Der erste Schritt ist die Ermittlung einer Abweichung durch bspw. das Montage- oder Inbetriebnahmepersonal des Maschinen- und Anlagenbauers während der Arbeiten vor Ort. Eine Abweichung von der Dokumentation zum Aufbau entsteht dann, wenn sich die geplante Maschine oder Anlage vom real aufgebauten Produkt, unter der Betrachtung der örtlichen Gegebenheiten, unterscheidet. Der Autor Thomas Günther (2015) teilt die Ursache für Abweichungen in folgende drei Kategorien auf:

1. Planungsfehler, die im Vorfeld der Aufbauphase entstehen
2. Change Requests zur Änderung des definierten Leistungsumfangs
3. Schaden durch Dritte bspw. Transportschäden

Der zweite Schritt im Rückdokumentationsprozess ist das Erfassen einer Abweichung. Wie Weber und Schüßler (2008) erörtern, gibt es in vielen Fällen einen Dokumentensatz in Papierform für das Montage- und Inbetriebnahmepersonal vor Ort. Die Abweichungen werden per Hand

mittels Stift auf den jeweiligen Seiten vermerkt. Die beiden Autoren sind des Weiteren der Ansicht, dass diese Art der Dokumentation von Abweichungen zwar weniger aufwendig ist, jedoch wesentlich schwieriger für Dritte nachzuvollziehen. Gibt es die Dokumente auch in digitaler Form, zu meist als PDF oder eigener Viewer Ausprägung des erforderlichen CAD Programms, so ist es ebenfalls üblich, Anmerkungen direkt zu hinterlegen. Dies wird basierend auf die gängige Korrekturfarbe Rot als „Redlining“ bezeichnet (Eigner & Stelzer, 2009). Was genau alles erfasst werden muss und wie genau dies zu erfolgen hat, obliegt den Maschinen- und Anlagenbauunternehmen selbst. Diese Vorgaben sind von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich definiert.

Für den weiteren Verlauf des Rückdokumentationsprozesses gibt es zwei Varianten. Die Variante a) beschreibt, dass die Abweichungsanmerkungen der Engineering Abteilung, zumeist im Hauptquartier und nicht vor Ort, übergeben wird. Das Engineering Personal analysiert die Anmerkungen und verzeichnet diese in der Technischen Dokumentation. Gegebenenfalls und abhängig von der Art der Änderungen ist das Engineering Personal gefordert, benötigtes Material für den Aufbau und die Inbetriebnahme erneut bereitzustellen und zu verordnen, dass dieses auf betroffene Baustelle versendet wird. Bei komplexen Konstellationen in den Rückdokumentationsanmerkungen ist vom Engineering Personal ein „Reverse Engineering“ von Nöten, um die Ist-Situation vor Ort auf der Baustelle in der Technischen Dokumentation darzustellen. Es handelt sich hierbei um eine Methode der Analyse von Komponenten, die entweder auf die Erstellung dieser oder auf deren Dokumentation abzielt (Sokół & Cekus, 2017). Im Falle der Rückdokumentation kommt zweites zu tragen. In Variante b) werden die erfassten Abweichungen direkt vor Ort in das Masterdokument oder im CAD Programm geändert. Dies erfordert wiederum Reverse Engineering Tätigkeiten, jedoch von Seiten des Montage- oder Inbetriebnahmepersonals. Ein notwendiger Erfolgsfaktor für dieses Vorgehen ist die Kommunikation zwischen Baustelle und Hauptquartier. Außerdem muss das CAD Programm dafür ausgelegt sein, ansonsten kann es zu Kollisionen in der Datenstruktur kommen.

Abschließend, siehe Schritt fünf in Abbildung 2-4, wird die Technische Dokumentation nach jeder geänderten Abweichung aktualisiert und auf den Ist-Zustand der Maschine oder Anlage gebracht. Der Rückdokumentationsprozess wird so entweder am Ende der Aufbau- und Inbetriebnahmephase aufgerufen oder es kommt zu einem laufenden Austausch der Aufbaudokumentation, durch eine kontinuierliche Aktualisierung auf den realen Zustand der Maschine oder Anlage. Am Ende der Aufbau- und Inbetriebnahmephase und nach Abschluss des letzten Rückdokumentationsprozesses kann von der „As Built“-Dokumentation oder Enddokumentation gesprochen werden (Weber K. H., 2016).

Wie bereits erwähnt, ist der Begriff Rückdokumentation in der Literatur kaum vorhanden. Sie ist jedoch Bestandteil der Auftragsabwicklung um eine fehlerfreie und vollständige Technische Dokumentation bereitstellen zu können. Um den Begriff Rückdokumentation für den weiteren Verlauf dieser Arbeit zu definieren, wurden die einzelnen Schritte betrachtet. Daraus lässt sich folgende Definition schließen:

Die Rückdokumentation beschreibt das Ermitteln, Erfassen und Einpflegen von Abweichungen gegenüber der Technischen Dokumentation, die durch bedingte Änderungen während einer

Aufbau-, Umbau- oder Inbetriebnahmephase einer Maschine oder Anlage entstehen, um so eine fehlerfreie und vollständige „As Built“-Dokumentation gewährleisten zu können, die den Ist-Zustand nach jeder Modifikation einer Maschine oder Anlage gegenüber dem Produktlebenszyklus widerspiegelt.

## 2.2.2 Chancen und Potentiale durch die Rückdokumentation

Das Produkt ist im Maschinen- und Anlagenbau folglich eine Maschine oder Anlage, die einen gewünschten Zweck erfüllt und für KundInnen einen Nutzen stiftet. Die Technische Dokumentation wird in der Nutzungsphase, wenn sich die Maschine oder Anlage im Betrieb befindet, gerade dann benötigt, wenn sich diese oder Teile davon im Störmodus befindet und dadurch nicht produzieren oder arbeiten kann. Der Autor Birolini (1997) ordnet die Technische Dokumentation als Logistische Unterstützung ein. Was eine Sammlung von Aktivitäten beschreibt, die zur wirksamen und wirtschaftlichen Verwendung genutzt werden, wie ein Instandhaltungskonzept. Die Logistische Unterstützung gehört in Anbetracht von komplexen Systemen, oder im Falle von Maschinen oder Anlagen, laut Birolini (1997) zur Gruppe Operationelle Verfügbarkeit. Das umfasst unter anderem folgende weitere Faktoren:

- Zuverlässigkeit
- Instandhaltbarkeit
- Menschliche Faktoren
- Logistische Unterstützung
- Anwendungsdauer

Um die Kosten- und Systemwirksamkeit einer Maschine oder Anlage kontrollieren zu können, benötigt es ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren. Die Logistische Unterstützung ist eine dieser Faktoren, siehe Abbildung 2-5.

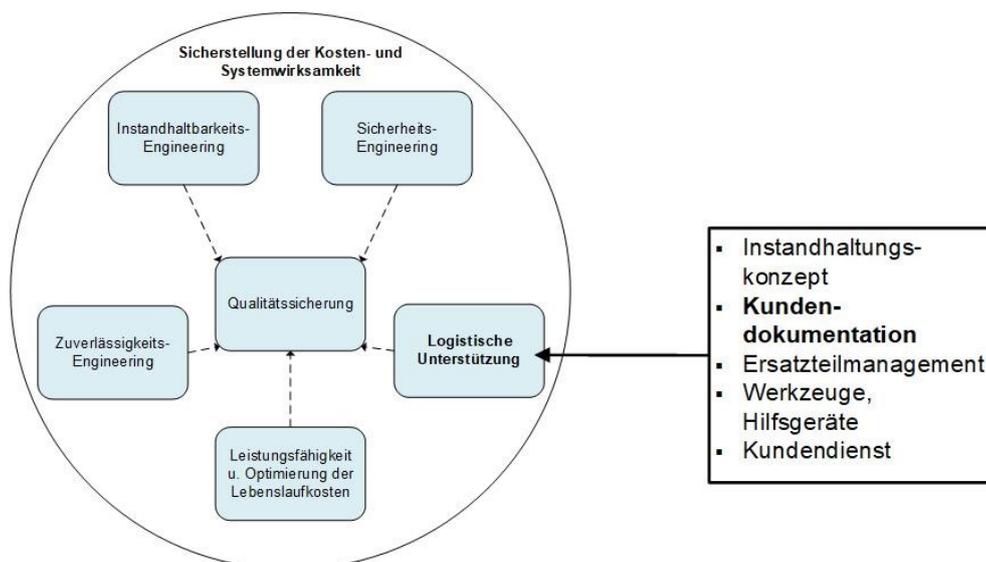


Abbildung 2-5: Kosten- und Systemwirksamkeit vgl. mit Birolini (1997)

Ein oftmals großes Problem für die Technische Dokumentation ist der fehlende Rückhalt oder Stellenwert in den Unternehmen. Selbst in Unternehmen, die über eine professionelle und strukturierte aufgebaute Dokumentationsredaktion verfügen, wird diese oftmals nicht in die Wertschöpfungskette miteinbezogen, wie dies z.B. bei anderen Fachbereichen der Fall ist, so der Autor Lars Kothes (2011). So wird diese nur als Kostenfaktor angesehen, welche keinen direkten Wertbeitrag erwirtschaftet. Die Autoren Hudetz und Friedewald (2001) schließen das auf ein mögliches Fehlen von Promotoren zurück, die die Werbetrommel rühren und die das Verkaufsargument vertreten, welches eine vollständige und fehlerfreie Dokumentation hat: die Kundenzufriedenheit. Die Kundenzufriedenheit ist wiederum ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Kundenbindung. Zu beachten ist hierbei, dass die Dokumentation einer Maschine oder Anlage nach der Übergabe an KundInnen in zwei Fällen eingesetzt wird. Fall Nummer eins ist z.B. bei Wartungsarbeiten und Fall Nummer zwei bei einem Störfall der Maschine oder Anlage. Eine vollständige und fehlerfreie Dokumentation unterstützt zum einen das Fachpersonal vor Ort bei der Störungsbehebung, aber auch das Customer Service Personal des Herstellers bei der Unterstützung im Fehlerfall.

Paulssens und Sommerfelds (2015) Studie hat ergeben, dass negative kritische Ereignisse einen wesentlich größeren Vertrauensbruch in der Kundenbeziehung ergeben, als es ein positives Ereignis aufbauen kann. Die beiden Autoren empfehlen daher, dass zuerst darauf Wert gelegt werden soll negative Erfahrungen zu vermeiden, bevor man positive aufzubauen versucht. Eine mangel- oder fehlerhafte Dokumentation kann eine solch negative Erfahrung für KundInnen sein und zu einem Vertrauensverlust führen. Das Vertrauen der KundInnen zum Unternehmen ist der Faktor Zukunft in der Beziehungsformel. Es sagt aus, ob sich die KundIn ohne weitere Prüfungen auf die Angaben des Anbieters verlassen kann (Bruhn, 2016).

Ein effektiver und effizienter Rückdokumentationsprozess sorgt dafür, dass die Anlagendokumentation vervollständigt wird und so dem Stand der realen Gegebenheit der Anlage entspricht. Die aktuelle Situation muss in der Kundendokumentation erfasst und abgebildet sein (Birolini, 1997). Dies unterstützt dabei die Zeit bis zur Wiederherstellung des Betriebszustandes zu verkürzen. Birolini (1997) bezeichnet diese übergeordnet als Instandhaltung, welche in der Nutzungsphase beheimatet ist. Den Begriff Instandhaltung unterteilt er wiederum in die zwei beinhalteten Aktivitäten, der Wartung und der Instandsetzung. Die Aufgabe der Wartung ist es, die Funktionstüchtigkeit eines Betriebsmittels zu kontrollieren und zu erhalten. Während die Instandsetzung nur ein anderes Wort für Reparatur ist und somit den Fokus auf die Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit legt.

Über den Zeitraum der Lebensdauer einer Maschine oder Anlage werden die vorhin beschriebenen Aktivitäten der Instandhaltung angewandt. Dabei ist die Wartung in Form von Intervallen definiert und wird sukzessive durchgeführt. Eine Reparatur kommt erst dann zu tragen, wenn es ein Gebrechen gibt oder ein Fehler auftritt. Die Maschine, Anlage oder ein Teil dieser befinden sich somit in abwechselnden Betriebszuständen, wo das System verfügbar oder nicht verfügbar ist, siehe Abbildung 2-6. Die Zeitspannen für die Verfügbarkeit eines Systems bezeichnet man als Mean Time to Failure (MTTF). Dies beschreibt den Mittelwert der ausfallfreien Laufzeit (Birolini, 1997). Die Zeit in der sich die Maschine oder Anlage nicht in Betriebszustand befindet nennt man Mean Time to Repair (MTTR), dies entspricht dem Mittelwert der

Instandsetzungszeit (Biolini, 1997). Die in der Abbildung dargestellte MTBF (Mean Time between Failures) Markierung beschreibt den errechneten zeitlichen Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgende Fehler eines Systems. Die Betrachtung dieses Wertes als Mittelwert kann laut Biolini zu Verwirrung führen (1997).

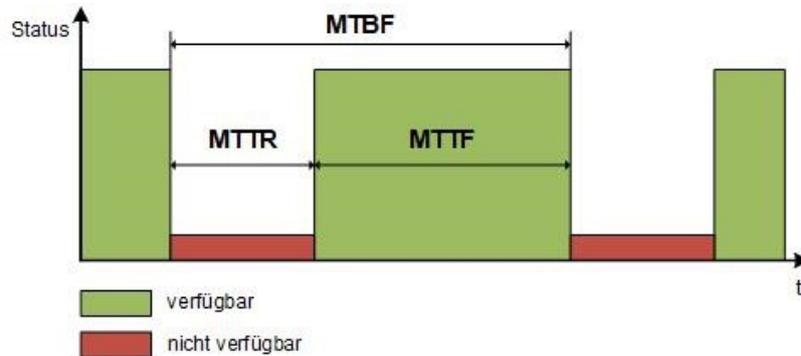


Abbildung 2-6: Zeitspannen der Systemverfügbarkeit

Die MTTR unterteilt sich, wie in der nachfolgenden Abbildung 2-7 grafisch dargestellt, weiter in drei getrennte Zeitspannen, die unterschiedliche Aktivitäten bis zur Wiederherstellung des Betriebszustandes repräsentieren. Die Mean Time to Detect (MTTD) entspricht der Zeit, die vergeht bis ein Störfall auf der Maschine oder Anlage von einem automatischen Überwachungssystem oder einer Person erkannt wird (Wolf & Sahling, 2014). Die anschließende Mean Time to Isolation (MTTI) ist die durchschnittliche Zeit, die erwartet wird, um eine Fehlerursache zu erkennen. Gemessen wird die Zeit von der Erfassung bis zum Zeitpunkt der Isolierung, oder Erarbeiten des Lösungsansatzes (Bateson, 1985). In dieser Zeitspanne spielt die Technische Dokumentation eine entscheidende Rolle, sie dient dem Wartungspersonal aber auch dem Customer Service als Hilfestellung zur Lösungsfindung gegen den vorhandenen Störfall. Eine mangel- und fehlerhaftete Dokumentation kann den Lösungsprozess zusätzlich verlängern bzw. die Situation aufgrund falscher Entscheidungen, durch ein Vertrauen in die Aufzeichnungen, verschlechtern. Eine Aktualisierung der Technischen Dokumentation ist somit bei jeder Änderung auf der Maschine oder Anlage durchzuführen.

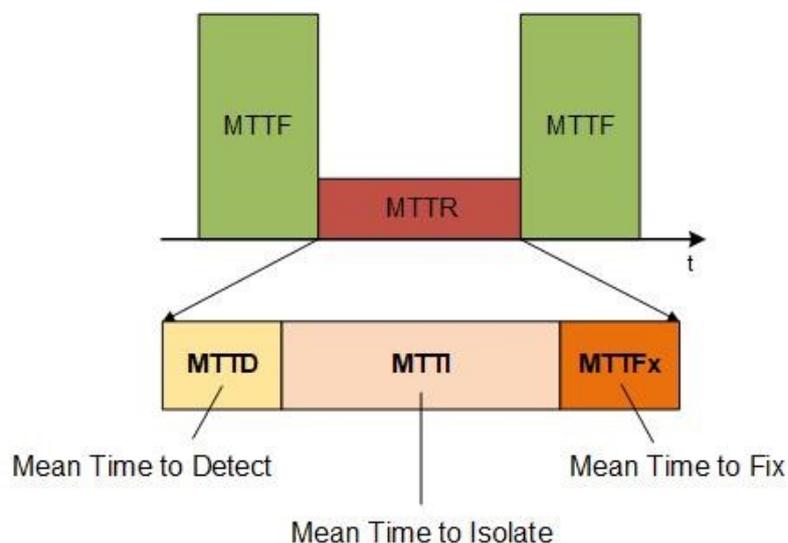


Abbildung 2-7: MTTR Unterteilung

Das Betrachten einer Maschine oder Anlage mittels des Lebenszyklusansatzes führt zu einem neuen verdichteten und zusammenhängenden Denken in Dienstleistungen. CAE-Systeme profitieren z.B. laut Vajna und Kussi (2009) von diesem Ansatz. CAE-Systeme sind Programme, die computerunterstützte Berechnungen, Simulationen und Analysen von Engineering-Daten durchführen (Bracht, Geckler, & Wenzel, 2011). Diese Systeme bilden den Lebenszyklus einer Maschine oder Anlage aus der Engineering-Sicht ab. Jedoch erfordert dies wiederum eine lückenlose Rückdokumentation, um mit solchen Programmen ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzeugen. Im Speziellen bei Maschinen- oder Anlagenerweiterungen ist es notwendig, dass die Daten in den CAE Systemen gewartet und auf dem aktuellsten Stand sind. Da ansonsten bereits die Basis einer Engineering Tätigkeit fehlerbefangen ist, was des Weiteren zu einem höheren Fehlerrisiko führen kann und mit zusätzlichen Kosten für das Unternehmen verbunden ist.

Solche Fehler werden oftmals auch erst in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase entdeckt, wenn es darum geht die neugeplante Erweiterung zu implementieren. Wie Rosenberger und Pointer (2015) erläutern, führt eine mangelhafte Dokumentation zu Fehlern beim Aufbau, der Nutzung und der Wartung. Diese Mängel sind zurückzuführen auf eine mangelnde Rückdokumentation aus den vorangegangenen Montagezeiten an der Maschine oder Anlage. Auch der Autor Klaus Weber (2016) berichtet auf Grund seiner langjährigen Erfahrung, dass im Anlagenbau der Dokumentation zu wenig Aufmerksamkeit zukommt. Des Weiteren behauptet er, dass ein Sparen an Dokumentationsleistung oftmals geduldet wird. Wohl wissend, dass zum anschließenden Korrigieren ein hoher Personal- und Kostenaufwand erforderlich ist.

### **2.2.3 Synergien zu anderen Branchen und Wirtschaftszweigen**

Nicht nur im Maschinen- und Anlagenbau ist eine Dokumentation von Änderung oder Abweichungen von der Soll-Variante ein Rädchen in der Prozesskette, auch in anderen Branchen und Wirtschaftszweigen kommt der Rückdokumentationsgedanke zum Einsatz. So ist es z.B. in der Automobilindustrie, welche in Bezug auf Chargenverfolgung über den gesamten Lebenszyklus zu den Vorreitern gehört. Eine lückenlose Rückdokumentation bei Veränderungen während dem Produktentstehungsprozess ist unumgänglich. Neben einer kontinuierlichen Auftragsfortschrittsüberwachung ist es nach Angaben des Autors Walter Huber (2016) ebenfalls notwendig, eine Bauzustandsdokumentation zu erstellen. Darin werden nicht nur Auftrags- und Kundendaten gespeichert, sondern auch Fehler- und Prüfdaten, welche im Laufe des Produktionsweges entstehen. Vor allem in der Serienfertigung müssen Abweichungen kontrolliert und bewertet werden, dazu werden diese laut Schulz (2014) in sogenannten Umweltmappen dokumentiert. Zusätzlich zu den Produkten werden auch alle Produktionsmaschinen im laufenden Betrieb überwacht und sämtliche Maßnahmen zur Instandhaltung müssen sorgfältig dokumentiert werden (Huber, 2016). So können im Falle eines Gebrechens oder einer Rückholaktion eines Produktes schnell mögliche Ursachen abgeleitet werden.

Eine weitere, aber viel jüngere, Disziplin bei der die Dokumentation eine ebenfalls wichtige Rolle spielt, ist die Softwareentwicklung. Die Besonderheit der Rückdokumentation ist in diesem Fall diese, dass eine erkannte Abweichung am „lebendigen“ Produkt vermerkt und aktualisiert wird.

Das bedeutet, dass eine gewünschte Änderung am Produkt erst dann Wirkung zeigt, wenn diese im Programmcode adaptiert wurde. Vergleichsweise ist es im Maschinen- und Anlagenbau durchaus möglich, einen Asynchronmotor zu verbauen und anzusteuern, ohne diesen in der Dokumentation erfasst zu haben. Der Rotor des Motors wird sich dennoch drehen, auch wenn dieser nicht in den Unterlagen aufscheint. Dieses Vorgehen ist natürlich in keiner Weise tragbar und auch nicht mit den beschriebenen Aspekten aus Abschnitt 2.1.2 vertretbar, es soll lediglich aufzeigen, dass in der Softwareentwicklung Produkt und Dokumentation enger miteinander verschachtelt sind. Wie und in welchen Umfang eine Änderung im Code gekennzeichnet wird obliegt der unternehmensinternen „Definition of Done“. Denn einen anerkannten und allgemeingültigen Standard gibt es in dieser jungen Disziplin nicht (Reiss & Reiss, 2009). In der IT- und Softwarebranche, speziell unter dem Einsatz des ITIL Ansatzes, ist der Rückdokumentationsfokus, wie er in Abschnitt 2.2.1 definiert wurde, stärker auf eine lückenlose und transparente Nachverfolgung von Anforderungsänderung gelegt. Diese sind über Request for Change (RFC) Formulare geregelt. Ein RFC-Formular wird vom Change Manager erstellt und beinhaltet sämtliche Informationen, die für eine Änderung am Produkt notwendig sind (Beims, 2012).

Es gibt natürlich weitere Rückdokumentationsvergleichsaspekte in anderen Branchen, der Einblick in die Automobilindustrie und der Softwareentwicklung diene lediglich der Veranschaulichung.

## **2.3 Zusammenfassung und Fazit**

Das erste Inhaltskapitel der vorliegenden Arbeit behandelte, aufbauend auf das Thema Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau, die zentrale Problemstellung der Arbeit, die mangelhafte Rückdokumentation von Abweichungen während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Maschine oder Anlage. Die Technische Dokumentation ist ein universell einsetzbares Werkzeug und begleitet ein Produkt vom Beginn bis zur Entsorgung. Die Technische Dokumentation ist damit Teil des Produktlebenszyklus einer Maschine oder Anlage und fungiert darin z.B. als Konstruktionsanleitung, sowie schlussendlich auch als Nachschalgerwerk für Servicepersonal im Wartungs- und Reparaturfall. Die Technische Dokumentation wird in Intern und Extern eingeteilt, wobei die als extern deklarierten Dokumente in der internen Sammlung inbegriffen sind. Die externen Dokumente werden mit der Übergabe der Maschine oder Anlage an KundInnen ausgehändigt. In welcher Form die Technische Dokumentation übergeben wird, ist vertraglich zwischen Hersteller und KundInnen zu regeln. Zu dieser vertraglichen Bindung gibt es einen weiteren großen Umfang an Normen und Richtlinien, die im Rahmen der Technischen Dokumentationserstellung befolgt werden müssen. Da die Technische Dokumentation als Teil des Produkts angesehen wird, ist diese Teil der Maschine und auch im Leistungsumfang des Herstellers zuzuordnen. Als sicherheitstechnisch relevantes Hilfsmittel während der Inbetriebnahme, Reparatur oder Wartung einer Maschine oder Anlage ist für die Gestaltung der Technischen Dokumentation vor allem die Maschinenrichtlinie RL 2006/42/EG der EU zu berücksichtigen.

Bei der Erstellung der Technischen Dokumentation ist zu beachten, dass diese sich mit dem Produkt selbst und über den gesamten Zeitraum des Produktlebenszyklus verändert. Die Technische Dokumentation durchläuft wie das Produkt verschiedene Phasen und verfügt damit auch über unterschiedliche Status. Der für die Enddokumentation wichtigste Status ist der „As Built“ Kenner. Dieser besagt, dass die Dokumentation dem realen Aufbau der Maschine oder Anlage entspricht.

Um die Ist-Situation einer Maschine oder Anlage in der Technischen Dokumentation abbilden zu können, bedarf es einer lückenlosen Rückdokumentation aller Abweichungen und Änderungen die im Rahmen des Aufbaus und der Inbetriebnahme entstanden sind. Die Rückdokumentation beschreibt einen Prozess, welcher sich in den Produktlebenszyklus einordnen lässt. In diesem wirkt der Rückdokumentationsprozess entgegen dem Verlauf des Zyklus. Grund dafür ist, dass es sich dabei um ein Rückeinfließen von gesammelten Informationen aufgetretener Abweichungen gegenüber der Montagedokumentation in die spätere „As Built“-Dokumentation handelt. Die Abweichungen werden dabei entweder durch eine Fachabteilung im Unternehmen eingepflegt, oder in der Masterdokumentation direkt auf der Baustelle. Die Rückdokumentation definiert als Prozess das Ermitteln, Erfassen und Einpflegen von Abweichungen gegenüber der Technischen Dokumentation, die durch bedingte Änderungen während einer Aufbau-, Umbau- oder Inbetriebnahmephase einer Maschine oder Anlage entstehen. Ziel dieses Prozesses ist es, eine vollständige und fehlerfreie „As Built“-Dokumentation zu erstellen und gilt es nach jeder Modifikation oder jedem Umbau eine Maschine oder Anlage durchzuführen. Die Chance mit einer lückenlosen Rückdokumentation ist es, die „Mean Time to Isolate“ in der durchschnittlichen Reparaturzeit so gering wie möglich zu halten. Dies erfolgt dadurch, dass die Technische Dokumentation keine Abweichung zum realen Zustand der Maschine oder Anlage aufweist und damit folglich keine weitere Lösungsverzögerung zustande kommt. Des Weiteren führt eine falsche Technische Dokumentation unweigerlich dazu, dass bei Anlagenerweiterung auf eine falsche Basis aufgebaut wird.

### 3 TECHNOLOGISCHE ZUKUNFT IN DER MASCHINEN- UND ANLAGENBAUBRANCHE

*„Mehr als die Vergangenheit interessiert mich die Zukunft,  
denn in ihr gedenke ich zu leben.“  
(Albert Einstein, Physiker)*

Um sich weiter in Richtung eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung vorzuarbeiten, gilt es aktuelle technologische Themen im Maschinen- und Anlagenbau zu behandeln. Es handelt sich hierbei um die Digitale Transformation und der Stärkung des Servicegedankens in der Industrie, welche durch die vierte Revolution, der sogenannten Industrie 4.0, eingeleitet wurde. Im folgenden Abschnitt werden Schlagworte und Begriffe behandelt, die im Kontext von Industrie 4.0 zu tragen kommen, diese sind z.B. Smart Product, Smart Factory oder Smart Service, aber auch der Begriff Industrie 4.0 wird kurz beleuchtet. Alle diese Begriffe sind in der Literatur zur Genüge diskutiert und thematisiert, jedoch gibt es keine einheitlichen Definitionen. Vor allem der Begriff Smart Service umfasst ein breites Spektrum in Bezug auf die Anwendbarkeit und der Zuordnung in den Arbeitsablauf. In den folgenden Abschnitten werden „Industrie 4.0“-nahe Begriffe beschrieben, die auch im weiteren Verlauf der Arbeit und für die Definition eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung im Maschinen- und Anlagenbau benötigt werden, thematisiert.

#### 3.1 Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 (I4.0) steht für die Einleitung der vierten industriellen Revolution. Auch wenn diese in der Literatur bereits oft thematisiert und diskutiert wurde, gibt es keine einheitliche Definition oder Beschreibung über die Bestandteile dieser. Industrie 4.0 ist zu einer Art Marke geworden und wurde vor allem in Form von Projekten durch das Deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016) geprägt, die damit die Digitale Transformation in Deutschland und Europa vorantreiben wollen.

Viele Schlagwörter in der Technologieszene sind seit nahezu 10 Jahren fix in der Literatur verankert, jedoch erst die Zusammenführung dieser ermöglicht es, von der vierten Revolution in der Industrie zu sprechen. Viele Technologische Ansätze haben sich im Vergleich zur dritten Revolution nicht verändert, sondern wurden lediglich erweitert. So werden immer noch Sensoren verwendet, die Informationen an ein übergeordnetes Automatisierungssystem weiterleiten, worin die Daten verarbeitet und genutzt werden, um neue Operationen durchführen zu können. Der elementare Unterschied, der mit I 4.0 entstanden ist, ist, dass die Daten der Sensoren durch die stärkere Vernetzung nicht nur von dessen Master genutzt werden können, sondern auch andere Maschinen auf diese zugreifen können (Hänisch, 2017).

Industrie 4.0 ist laut dem Autor Till Hänisch (2017) eine Zusammensetzung aus vielen verschiedenen Einzeldisziplinen, die bereits länger oder kürzer in der Industrie etabliert sind. So behauptet Dr. Prokop, Leiter der Entwicklung der Firma Trumpf, im Rahmen einer Studie von Bauer, Schlund, Marrenbach und Ganschar (2014) zum Thema Volkswirtschaftliches Potential durch Industrie 4.0 in Deutschland, dass der Ausdruck Revolution lediglich dazu dient, den notwendigen Druck aufzubauen, um die notwendigen Schritte einzuleiten. So sieht dieser es mehr als einen nächsten Schritt in der technologischen Evolution, da die meisten Disziplinen und Methoden im Einzelnen bereits vorhanden sind (Bauer et al., 2014). Einige dieser Disziplinen sind z.B.:

- Big Data
- Internet of Things (IoT)
- Digitalisierung
- Smart Factory
- Machine learning
- Virtualisierung
- Cyber-physischen Systemen (CPS)
- usw. ...

Um hier auf die Koppelung genannter Beispiele einzugehen, Internet of Things (IoT) beschreibt die Vernetzung von Geräten um Daten auszutauschen und zu sammeln, diese Daten können dann z.B. mittels Big Data Methoden ausgewertet und interpretiert werden. Hänisch (2017) spricht bei diesem Verfahren von „Predictive Analytics“, was eine Abwandlung von Predictive Maintenance beschreibt. Mittels effektivem und effizientem Einsatz dieser Disziplin Kombination ist es möglich, Volkswirtschaftliche Erfolge zu erreichen. Laut Bauer et al. (2014) können mit Industrie 4.0 Methoden noch zusätzlich, zu den oben genannten Ausführungen, mit Embedded Systems, Robuste Netze, Cloud-Computing und IT-Security kombiniert werden. Diese werden über die gesamte Wertschöpfungskette angewandt und sind in der Lage, volkswirtschaftliche Erfolge zu erzielen. Die BITKOM in Deutschland, der Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien, sieht durch den Einsatz von Industrie 4.0 ein ergänzendes Wertschöpfungspotential im Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland (Bauer et al., 2014).

Ziel der Kombination ist eine effizientere Nutzung der entstandenen Daten im Betrieb, um damit fundierte Entscheidungen für die Zukunft der Produktion und der Maschine oder Anlage treffen zu können, sowie eine Steigerung des Automatisierungsgrads zu erreichen. Die Autoren Brynjolfsson, Hitt und Kim haben in ihrer Studie (2011) herausgefunden, dass die Entscheidungsfindung basierend durch Algorithmen extrahierte quantitative Daten die Produktivität in Unternehmen steigert und damit eine höhere Profitabilität erzielt. Man spricht bei dieser Methode von „Data driven decision making“ (DDD). In einer im Rahmen der BITKOM durchgeführte Studie durch das Fraunhofer Institut wurde folgende Definition für den Begriff Industrie 4.0 aufgestellt (Bauer et al., 2014): *„Im Mittelpunkt von Industrie 4.0 steht die*

*echtzeitfähige, intelligente, horizontale und vertikale Vernetzung von Menschen, Maschinen, Objekten und IKT-Systemen zum dynamischen Management von komplexen Systemen.“*

Ein wichtiger Bestandteil der Industrie 4.0 Konzeption ist die Kombination der drei Smart Technologieansätze mit ihren einzelnen Fachdisziplinen und Methoden, dem Einsatz von Smart Products, der Fertigung in der Smart Factory und der Nutzung von Smart Service, siehe dazu einen beispielhaften Aufbau in Abbildung 3-1. Mit der Unterstützung von z.B. der Digitalisierungswelle oder dem Cloud-Computing oder auch der Berücksichtigung von IT-Security Richtlinien, wird das kombinierte Nutzen von einzelnen zum Teil bereits etablierten Disziplinen überhaupt möglich. Die in der Abbildung dargestellten „Smart“ Begriffe dienen zusätzlich als Cluster. Jeder dieser drei „Smart“ Begriffe wird in den nachfolgenden Abschnitten genauer beschrieben. Bauer et al. (2014) sehen Industrie 4.0 jedoch nicht nur als reinen Technologieansatz, sondern beschreiben diesen als eine Art Ökosystem, welches nicht nur aus der Technik allein besteht, sondern in Interaktion mit dem Menschen und der Organisation selbst steht, siehe Dreieck links oben in der Abbildung 3-1.

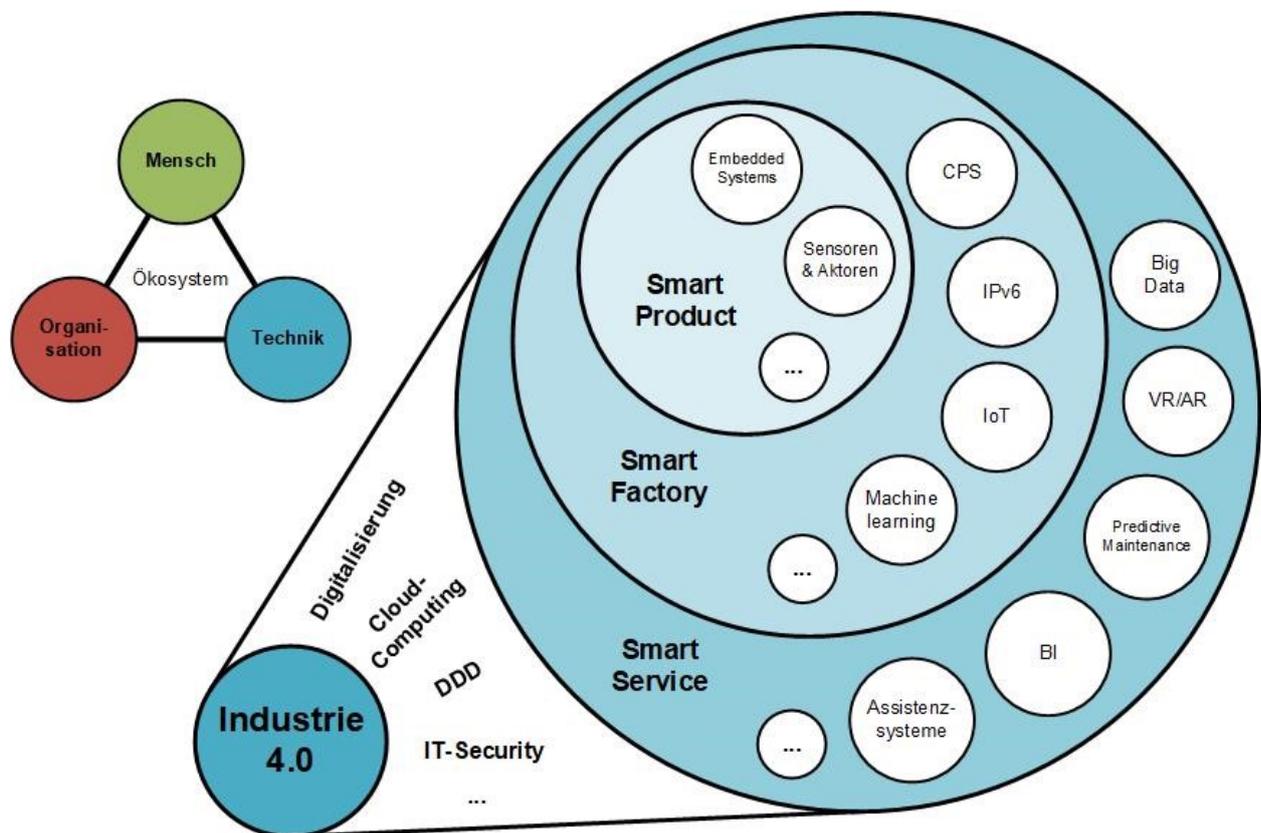


Abbildung 3-1: Auswahl von Disziplinen der Industrie 4.0

Um in der Wertschöpfungsebene Gewinne erzielen zu können, benötigt es laut Schreiber und Felk (2017), aber auch Huber (2016), Industrie 4.0 Lösungen in der eine konsequenten gemeinsamen Integration aller drei Smart Ansätze (Product, Factory und Service) gegeben sind. Diese werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

## 3.2 Smart Product

Wie in der Industrialisierung, gab es auch in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) über die Jahre mehrere Entwicklungssprünge. Die erste IT-Welle umfasste dabei in den 1960er bis 1970er Jahren die ersten automatisierten Einzelabläufe innerhalb der Unternehmenswertschöpfungskette. Mit dem Beginn des Internetzeitalters wurde auch die zweite Welle der IT, welche in den 1980er Jahren startete, eingeleitet. IKT wurde ein fixer integraler Bestandteil der Tätigkeiten von Geschäfts-, wie aber auch von Supportprozessen in Unternehmen. Das Internet hat zusätzlich den Markt für Unternehmen in die Welt getragen und damit neue Möglichkeiten geschaffen. Die ersten beiden Wellen zielten dabei Produktivitätssteigerung in der Wirtschaft ab, um Produkte schneller entwickeln und fertigen zu können. Die dritte und aktuelle Welle in der IKT unterscheidet sich grundlegend zu den vorhergehenden. Porter und Heppelmann (2014) beschreiben die dritte Welle folgendermaßen: *“IT is becoming an integral part of the product itself. Embedded sensors, processors, software, and connectivity in products (in effect, computers are being put inside products), coupled with a product cloud in which product data is stored and analyzed and some applications are run, are driving dramatic improvements in product functionality and performance.”*

Die dritte Welle der IKT wird durch sogenannte Smart Products eingeleitet. Wie im vorhergehenden Abschnitt 3.1 beschrieben, spielen eigenintelligente Produkte eine wesentliche Rolle in der Industrie 4.0 Ausrollung und Stärkung. Dabei sehen Porter und Heppelmann (2014) nicht das Internet als Treiber für die Veränderung der Produkte, sondern deren Fähigkeit Daten zu generieren, die dazu beitragen, den Wettbewerb zu verändern. Das Internet bietet lediglich die Möglichkeit, dass diese Smarten Produkte ihre erzeugenden Daten weitergeben können an bspw. andere Produkte oder Maschinen.

Ein Smart Produkt setzt sich aus den folgenden drei grundlegenden Komponenten zusammen (Porter & Heppelmann, 2014):

- Physikalische Komponente
- Intelligente Komponente
- Konnektivitätskomponente

Die Intelligente Komponente steigert die Fähigkeit und damit den Wert der physikalischen Komponente, indem Daten generiert und verarbeitet werden können. Dies erfolgt durch die Integrierung von Embedded Systemen, die mit Microcontroller, sowie Sensoren und Aktoren ausgestattet sind (Bauer et al., 2014). Die Konnektivität, mittels Kommunikationsmodul im Embedded System, wiederum stärkt die intelligente Komponente, da diese dem Produkt ermöglicht, auch virtuell außerhalb der physischen Hülle zu existieren und Daten mit anderen Teilnehmern auszutauschen.

In Abbildung 3-2 zeigt sich nochmals die Veränderung eines reinen physikalischen Produkts oder Objekts, in diesem Fall einer Maschine, hin zu einem von Porter und Heppelmann beschriebenen Smart-Connected Product. Durch die Konnektivitätskomponente kann nicht nur mit der externen Steuerungseinheit eine Verbindung aufgebaut und Daten ausgetauscht werden, sondern auch

mit anderen Produkten oder Objekten, die über eine Konnektivitätskomponente verfügen. Dadurch ergibt sich ein Netzwerk aus Produkten, einem sogenannten Produkt System. Die Kommunikation von Produkt zu Produkt wird als „M2M“ Kommunikation bezeichnet, was für „Machine-To-Machine“ steht. Der „M2M“ Informationsaustausch fällt unter den Smart Factory Cluster und wird im anschließenden Abschnitt 3.3 behandelt.

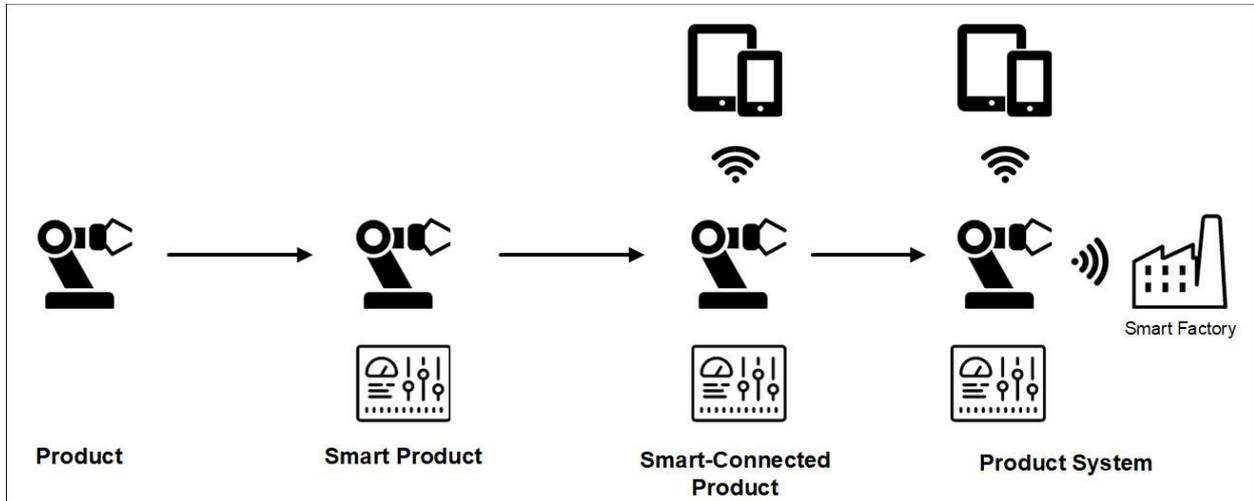


Abbildung 3-2: Vom Produkt zum Produkt System nach Porter und Heppelmann (2014)

Bauer et al. (2014) sehen den Einsatz von Smart Products als eine wesentliche Grundlage für die Vernetzung. Die Erzeugnisse selbst können bspw. zur Identifikation mit Radio-Frequency-Identification (RFID)-Chips ausgestattet werden. Diese sind direkt am Produkt angebracht. Damit ist es möglich, dass ein Produkt oder ein Bauteil die notwendigen Informationen zur Produktion oder weiteren Verarbeitung der Maschine selbst zur Verfügung stellt. Für die Adressierung und eindeutige Zuordnung im Netz bietet sich laut Bauer et al. das IPv6 Schema an, da damit genügend Adressraum zur Verfügung steht.

### 3.3 Smart Production und Smart Factory

Durch die Vernetzung von Produkt und Maschine, oder Maschine und Maschine innerhalb einer Fertigungsorganisation kommt es zur Bildung von intelligenten Netzen, die eine Smarte Produktion ermöglichen. Die Grundlage für die sogenannte Smart Factory ist wie im vorherigen Abschnitt beschrieben die Koppelung von Smart Products und die damit verbundene Bildung eines Product Systems, in Abbildung 3-2. In weiterer Folge ermöglicht laut Porter und Heppelmann (2014) die Koppelung von Systemen ein Konstrukt, in dem mehrere Systeme miteinander kommunizieren, ein System von Systemen. Um ein reibungsloses Zusammenspiel der einzelnen Komponenten ermöglichen zu können, sehen Stocker, Denger, Wilfing, Fritz, Kaiser, Kittl und Richter (2015) diese vier Faktoren gefordert: der Mensch, die Prozesse, die Kultur und die Technologie.

Um den Technologie Aspekt abdecken zu können, bedarf es den Einsatz von sogenannten Cyber-physischen Systemen (CPS). Bauer et al. (2014) umschreiben diese auch als „ein Netzwerk von Social Machines“, welches, wie die bekannten sozialen Netzwerke im Internet,

Daten mit anderen Teilnehmern des Netzwerkes austauscht. Dabei kommt es nicht nur zur Kommunikation zwischen Maschinen, sondern bringt bspw. auch die zu fertigende Produkteinheit die Informationen mit, um gefertigt oder automatisiert bearbeitet zu werden. Ein CPS bedeutet einen kontextbezogenen Datentransfer, welcher Auftragsdaten, Zustände oder auch Termine beinhalten kann. Ziel laut Bauer et al. (2014) ist „[...] das Erreichen eines Gesamtoptimums bezüglich Durchlaufzeit, Qualität und Auslastung“.

Die Stärke der Digitalisierten Produktion ist es, dass die Lücken zwischen den einzelnen Systemen geschlossen werden kann. Durch einen ständigen iterativen Ablauf wird die bekannte lineare Prozessabfolge ersetzt und gleichermaßen auf neu entstandene Gegebenheiten angepasst. Somit lässt sich ein realitätsnaher Soll-/Ist-Stand realisieren, um damit die bestmögliche Produktionsplattform betreiben zu können (Hänisch, 2017). Burger, Lang und Müller (2017) sehen die stärkste Veränderung in der Produktion und den Weg zur Digitalen Fabrik durch die Nutzung des Internets als Kommunikationskanal für CPS. IoT ist die Basis um eine M2M Kommunikation zu ermöglichen, um ein Produktionssystem ohne zusätzliches menschliches Interagieren zu schaffen (Mazak, Wimmer, Huemer, Kappel, & Kastner, 2017).

Mittels IPv6 Adressschema, wie in Abschnitt 3.2 erwähnt, wird der Rahmen für die eindeutige Identifizierung der einzelnen Maschinen bzw. Teilnehmer des Produktionssystems garantiert. Durch die Auslagerung von Planungs-, Steuerungselementen oder auch Service in die Cloud sind laut Burger et al. (2017) keine Hardwareanpassungen an den Schnittstellen oder Änderungen in den Protokollen notwendig. Des Weiteren gilt es, das Ziel zu verfolgen, dass es nicht nur innerhalb einer Anlage zum Datenaustausch kommt, sondern dies auch über mehrere Anlagen der Fall ist (Pötter, Folmer, & Vogel-Heuser, 2014).

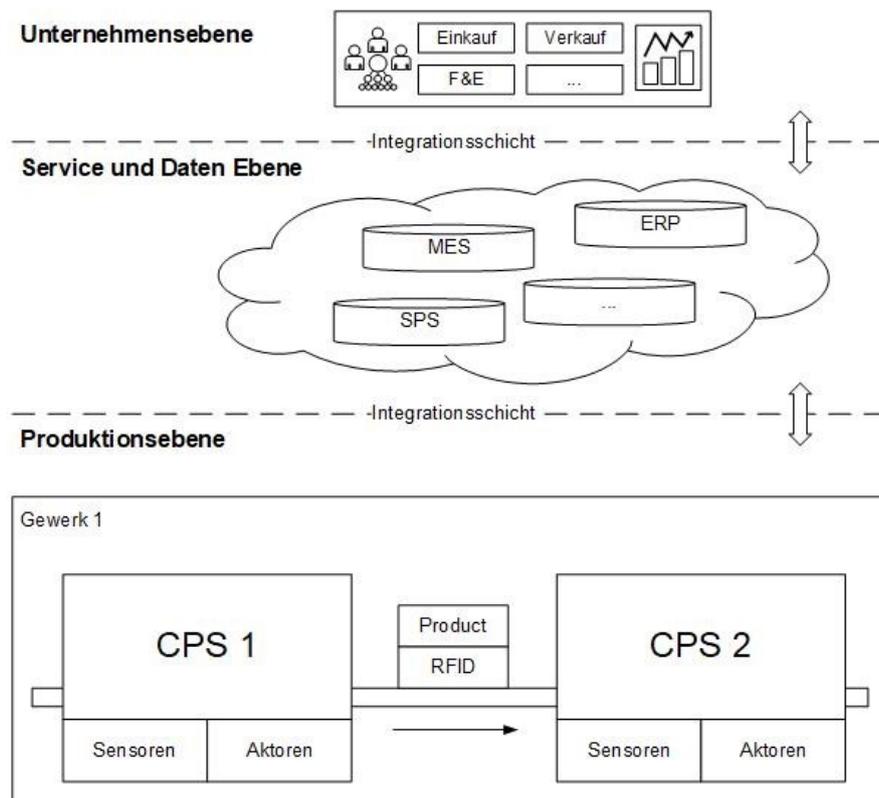


Abbildung 3-3: Smart Factory Schichtenmodell nach Burger et al. (2017)

Wie genau ein Architekturaufbau einer Smart Factory aussehen kann ist nicht definiert, sondern hängt von den Bedürfnissen des Anlagenbetreibers, sowie der gewünschten vertikalen und horizontalen Integration ab. Burger et al. (2017) unterteilen die Systemlandschaft einer digitalen Produktionsstätte bspw. in drei Ebenen: der Produktionsebene mit den CPS, der Service und Datenebene in der sich die Cloud befindet und der Unternehmensebene in der es zur Anknüpfung zu weiteren Systemlandschaften kommt, dargestellt in Abbildung 3-3.

### 3.4 Smart Service

Als Smart Service werden Dienstleistungen und Dienstleistungsmodelle bezeichnet, die darauf abzielen, basierend auf aggregierten Daten einen zusätzlichen Kundennutzen zu stiften. Um dies zu ermöglichen, sind Allmendinger und Lombreglia (2005) der Auffassung, dass die notwendige Intelligenz zur Schaffung eines Smart Service ein Bestandteil des Produktes selbst sein muss. Smart Service setzt demnach auf die Funktionalitäten von Smart Products auf. Wobei Smart Service nicht ausschließlich als Technologie verstanden werden muss, sondern viel mehr beschreibt es eine Denkweise, welche sich vor allem durch die Präemptivität und Proaktivität in der Dienstleistungserbringung auszeichnet.

So ist bspw. das Monitoren von elektromechanischen Produkten und Maschinen durch Wartungspersonal gang und gäbe in den Wartungsprozessen. Ein großer Teil von Maschinen und Anlagen sind so weit ausgerüstet, dass diese über die Konnektivität verfügen um den aktuellen Status auszulesen. Im Zeitalter des Internets und dem Themengebiet „Internet of Things“ (IoT) ermöglicht dies den Anlagenbetreibern, dass eine Maschine oder Anlage auch durch den Support des Maschinen- oder Anlagenerstellers gemonitort werden kann. Weitere Service Angebote, die sich durch die Vernetzung und Digitalisierung ergeben, sind u.a. das Ersatzteilmanagement, Online-Dokumentationen oder auch Online-Trainings bezogen auf eine Maschine oder Anlage (Bullinger, Meiren, & Nägele, 2015).

Wird nach dem Erkennen eines Fehlverhaltens der Maschine oder Anlage eine Maßnahme zur Fehlerbehebung eingeleitet, beschreibt dies ein rein reaktives Vorgehen. Der Schaden ist somit bereits eingetreten. Wie sich die Art der Instandhaltung über die Jahre entwickelt hat, wird in Abbildung 3-4 von Freund (2010) dargestellt. Um von einem Smart Service in Bezug auf Instandhaltungs- und Wartungsmethoden sprechen zu können, muss es nach Allmendinger und Lombreglia (2005) in erster Linie präemptiv sein. Ein Smart Service siedelt sich somit noch weiter rechts auf der Zeitschiene an.

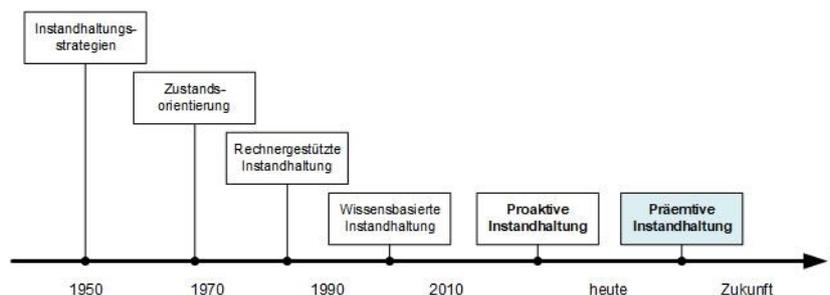


Abbildung 3-4: Entwicklungsschritte in der Instandhaltung nach Freund (2010)

Wie eingangs erwähnt, ist der Begriff Smart Service nicht einheitlich definiert, so beschreibt bspw. der Arbeitskreis Smart Service Welt in Deutschland (2014) diese als internetbasierte und physische verbundene Dienstleistungen, die kundenspezifisch und per Bedarf bereitgestellt werden. Die Daten die dadurch gesammelt werden, werden nach Jens Pöppelbuß (2017) „[...] im Rahmen dienstleistungsbasierter Geschäftsmodelle über digitale Marktplätze und Schnittstellen vermarktet.“ Helmut Aschbacher (2017) schreibt in einem Blog, dass Smart Service auch als „[...] technisches Dienstleistungssystem in einer Ausprägungsbandbreite bis hin zum intelligenten autonomen System entweder beim Endkunden direkt oder indirekt mit Hilfe des Dienstleistungsanbieters wirksam werden.“

Ersatzteilmanagement, Wartungs- und Reparaturvereinbarungen sind seit Jahren fixer Bestandteil in der Geschäftszusammenarbeit zwischen Anlagenbetreiber und -ersteller (Bullinger et al., 2015). Mit dem Einsatz von Smart Service kann ein ganz neuer Kundennutzen entstehenden, der bei entsprechenden Vorteilen auch monetär höher entlohnt werden kann. So verlangt z.B. das Unternehmen General Electric nach der Etablierung ihres Support Service basierte auf Smart Service Aspekten zwischen \$500-600 die Stunde, während andere Anbieter im selben Segment nur um die \$90-110 pro Stunde verlangen können (Allmendinger & Lombreglia, 2005). Der Vorteil liegt hier wiederum in einem präemptiven Handeln, der wie Aschbacher in einem Blog (2017) beschreibt, eng mit den Fachgebieten Datamining und Business Intelligence (BI) zusammenhängt. Mit der Hilfe dieser ist es möglich, die gesammelten Daten zu bewerten und anschließend die richtigen Schlüsse zu ziehen. Bullinger et al. (2015) sind der Ansicht, dass die Produktperformance und das Verhalten der KundInnen mit dem täglichen Wachstum an Daten mehr und mehr transparenter werden.

Präemptives Handeln wie es auch von Allmendinger und Lombreglia (2005) verstanden wird, lässt sich am besten mit einem Beispiel erläutern, in dem eine Maschine oder Anlage durch die integrierte Intelligenz ein möglich auftretendes Fehlverhalten bereits im Vorfeld erkennen kann. Damit besteht für den Anlagenbetreiber die Chance mittels Smart Service automatisiert kosteneffiziente Maßnahmen einzuleiten, um den eintreffenden Schaden zu minimieren, oder dieser erst gar nicht eintritt. Wie in Abbildung 3-5 in der unteren Reihe beispielhaft dargestellt, geht die Maschine oder Anlage mit einer integrierten Intelligenz und Smart Service Ausprägung, im Gegenzug zur Maschine ohne in Teilschritt (3) der oberen Reihe, nicht in den Stillstand über, sondern meldet schon im Vorfeld (2), dass Unregelmäßigkeiten erkennbar sind. Eine Frühwarnung über das bevorstehende Versagen von Teilen oder Komponenten kann Ausfälle reduzieren und eine effizientere Serviceplanung ermöglichen (Porter & Heppelmann, 2014). Dadurch entstehen keine Stillstandskosten, da das System aus den Daten ein mögliches Gebrechen eines Bauteils erkennt und somit präemptive Maßnahmen in die Wege leitet. Wie in Abbildung 3-5 dargestellt, wird bei Schritt (3) der Smart Service Variante eine automatische Bestellung ausgelöst, um das entsprechende Ersatzteil vom Maschinenhersteller geliefert zu bekommen und damit ohne ungeplanten Stillstand einen Bauteiltausch durchzuführen. Schöning und Dorchain (2017) beschreiben dies wie folgt: „Somit kann eine Wartung eingeplant werden, bevor die entsprechende Störung auftritt, Ersatzteile können schon im Voraus beschafft werden, Produktionsausfälle können vermieden oder zumindest reduziert werden“

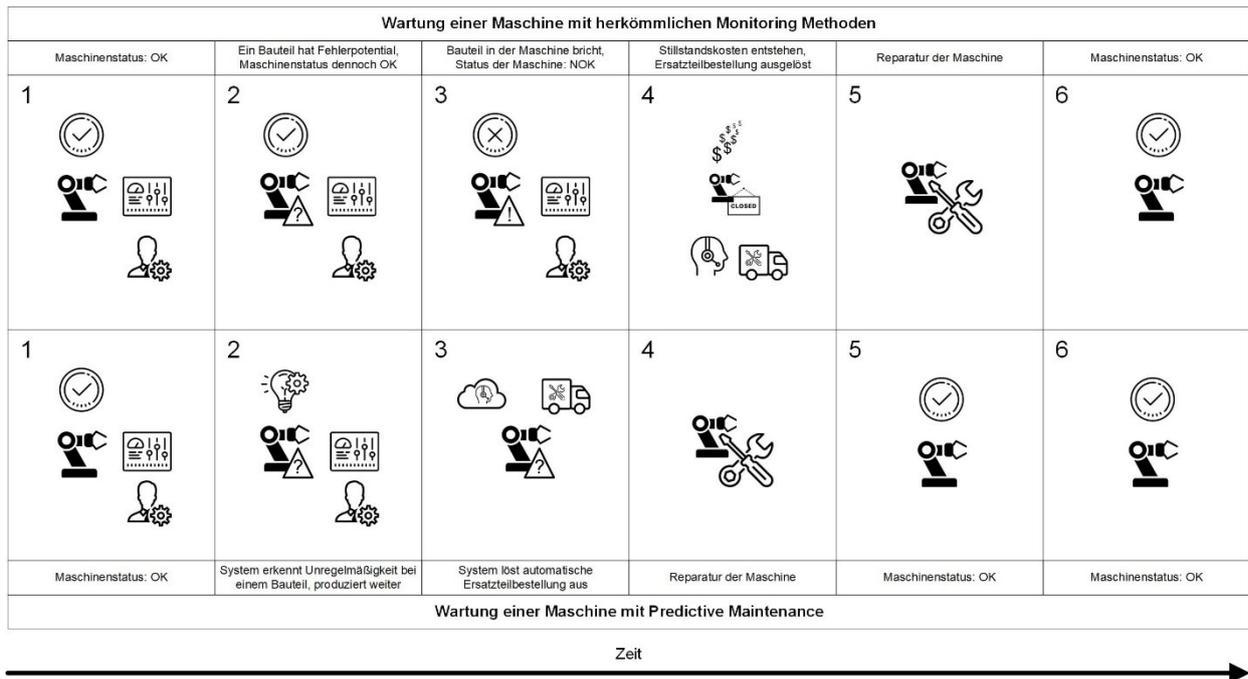


Abbildung 3-5: Wartung einer Maschine mit und ohne Smart Service

Das in Abbildung 3-5 schrittweise dargestellte Verhalten mit Smart Service Konnektivitätsansatz beschreibt einen möglichen Anwendungsfall vom sogenannten Predictive Maintenance. Diese ist eine mögliche Technik um die Wartungs- oder Ausfallzeit zu verkürzen, die im Zuge von Smart Service eingesetzt werden kann. Schöning und Dorchain (2017) sind der Ansicht, dass eine Vorhersage erst bei einer Erfassung und Auswertung über einen längeren Zeitraum sinnvoll und möglichst exakt erfolgen kann. Um die berechneten Prognosen zu verbessern und die Qualität zu steigern werden Verfahren, die auf Basis von Künstlicher Intelligenz aufgebaut sind, eingesetzt, eine davon ist z.B. Machine Learning (Schöning & Dorchain, 2017). Predictive Maintenance profitieren von den Erkenntnissen, die mittels Big Data und Data Mining Techniken gewonnen werden können. Big Data beschreibt Daten, die auf das Prinzip der 3V basiert: Volume, Variety und Velocity (Schöning & Dorchain, 2017).

Predictive Maintenance dient dazu, Störfälle sowie die Ausfallzeiten zu reduzieren. Sie fungiert somit präemptiv zum Ausfall einer Maschine oder Anlage. Ist es dennoch zu einem Bruch gekommen und eine Maschine oder Anlage befindet sich in einem Störbetrieb, können weitere technische Lösungen zum Einsatz kommen. Eine ist bspw. die zur Hilfenahme von Digitalen Assistenzsystemen, die dem Wartungspersonal „die richtige Information, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort“ (Behme & Mucksch, 1996) bereitstellen können. Ein digitales Assistenzsystem kommt in der Schnittstelle Mensch – Maschine zum Einsatz und unterstützt bspw. das Wartungspersonal dabei, Statusinformationen abzurufen oder Konfigurationen zu aktualisieren. Diese Daten können mittels mobilen Endgeräten aufgerufen werden, diese können z.B. Tablets, Smartphones oder auch sogenannte Wearables sein. Wearables sind laut Weber, Gauch, Amini, Kaiser, Tiemann, Schmoll und Henckel (2016) „[...] tragbare Miniaturelektronik mit Sensoren, die als eigenständiges Produkt, integriert in Materialien oder gar als Implantat in Organen vorkommen [...]“. Diese können einerseits als eigenes Accessoire am Körper getragen werden, wie z.B. als Smart Wristband oder als Smart Watch, oder andererseits kann die Elektronik in

bestehende integriert werden, wie z.B. Kleidung oder Brillen, welche dann als Datenbrillen eingesetzt werden können (Weber, et al., 2016).

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Assist 4.0“ wurde der Einsatz von digitalen Assistenzsystemen mit einer Wissensdatenbank in Verbindung gebracht. Damit kann bspw. das Wartungspersonal im Störfall zum einen Informationen zu Bearbeitungsschritten, die bereits schon einmal durch einen Kollegen dokumentiert wurden, direkt über das Endgerät abrufen und zum anderen selbst Tätigkeiten aufzeichnen, um diese zur Verfügung zu stellen (Brandl, Aschbacher, & Hösch, 2015). Dies ist nur ein Beispiel, wie digitale Assistenzsysteme in der Industrie 4.0 Welt eingesetzt werden können. Der Autor August-Wilhelm Scheer (2013) ist der Meinung, dass in Zukunft InstandhalterInnen flächendeckend mit mobilen Endgeräten ausgestattet sind, um damit bspw. Dokumentationen und Informationen zu Maschinen oder Anlagen vor Ort und während der Servicetätigkeit abrufen zu können.

In den vorherigen beiden Abschnitten wurden zwei Möglichkeiten, die im Kontext von Smart Service angewandt werden können, beschrieben, die dabei unterstützen, ein präemptives Handeln zu ermöglichen und damit Zeiten von Wartungs- und Reparaturzyklen zu verkürzen. In weiterer Folge wird es laut Bullinger et al. (2015) auch notwendig sein, nicht nur die technischen Aspekte zu definieren und zu klären, sondern auch Organisatorische und Personelle, wie z.B. die Schulung des Support Personals, um den vollen Nutzen aus Smart Service zu gewinnen. Ebenfalls gilt es ein Smart Service so zu konzipieren, dass es mit der bestehenden IT Architektur im Unternehmen kompatibel ist und so die Erweiterung nicht zu aufwendig wird (Bullinger et al., 2015). Als größte Herausforderung allerdings sehen Allmendinger und Lombreglia (2005) es, produktlastige Senior Manager vom Nutzen des Einsatzes von Smart Service zu überzeugen.

Allmendinger und Lombreglia (2005) sehen, unter Betrachtung des Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 2-2), den größten Nutzen für Einsatz von Smart Service in der Betriebsphase einer Maschine oder Anlage. Hier ergibt sich auch die beste Chance, um als Hersteller selbst von seinem Produkt zu lernen. Ein früher Einsatz wirkt dem Konzept der Datenaggregation zur Laufzeit entgegen. Ein weiterer Grund für den Einsatz ist die Produktkompatibilität und ob dieses unter der Betrachtung des Gesamtsystems überhaupt relevant ist (Allmendinger & Lombreglia, 2005). So hat bspw. die automatisierte Überwachung eines Standventilators in einem Gebäude weitaus weniger Relevanz, als selbiges für ein Kühlaggregat in einer Lagerhalle für Lebensmittel. Die beiden Autoren listen in ihrer Arbeit folgende acht Faktoren auf, die für den Einsatz eines Smart Service sprechen auf (Allmendinger & Lombreglia, 2005):

- die Auswirkungen eines Gerätefehlers
- den Wert der Informationen eines Geräts
- die Wichtigkeit der Informationen
- die Auswirkung auf die Vernetzung mit dem System
- die Kosten und Leichtigkeit der Konnektivität
- die Umsatzrate des Geräts
- den Wartungsbedarf

- die Örtlichkeit eines Geräts

Im letzten Punkt gehen sie darauf ein, dass Geräte, die schwerer zugänglich sind, folglich auch kostenintensiver bei der Wartung sind. Die örtliche Gegebenheit spielt somit eine wesentliche Rolle. Wo sich ein Gerät oder Produkt in einer Anlage befindet, wird aus den Daten der Technischen Dokumentation, sowie den SCADA-Systemen entnommen. Diese Arbeit thematisiert ein IT-basiertes Service zur Unterstützung des Rückdokumentationsprozesse, der ähnlich wie ein Smart Service präemptiv zusehen ist und einem Auftreten von späteren versteckten Kosten entgegenwirkt. Um anschließend im Betrieb einen reibungslosen Wartungsprozess zu ermöglichen, wenn dieser bspw. Smart Service unterstützt ist und ein Ersatzteilmanagement integriert hat, ist es zwingend notwendig, dass die Dokumentation der Anlage dem Stand der Realität vor Ort entspricht.

### **3.5 Zusammenfassung und Fazit**

Die technologische Zukunft des Maschinen- und Anlagenbaus verläuft Hand in Hand mit der stetigen Weiterentwicklung der Industrie 4.0 Ausbreitung. Industrie 4.0 ist das große Schlagwort zum Thema der digitalen Transformation in der industriellen Produktion, aber auch in Hinblick auf Service und Wartung wird dadurch ein neuer Zugang signalisiert. Dieser zielt vor allem auf die Präemptivität und Proaktivität ab, um frühzeitig Veränderungen auf der Anlage erkennen zu können, damit weiters für die entstehende Situation richtige Schlüsse zu ziehen, um so entsprechende Maßnahmen einleiten zu können. Der Industrie 4.0 Ansatz beschreibt einen Überbegriff für die Kombination vieler einzelner Technologien, die durch diesen gemeinsamen Einsatz einen größeren Mehrwert erzeugen können und auch zum Teil voneinander anhängen, wie unter anderem Big Data und Predictive Maintenance. Industrie 4.0 ist nicht nur eine reine Technologiesammlung, sondern setzt sich aus einer Kombination zusammen, welche aus Technik, Organisation und Mensch besteht.

Im I4.0 Technik-Eckpunkt werden weitere Kategorien zugeordnet, welche vor allem die Präemptivitäts- und Proaktivitätskomponente fördern und bezeichnen sich als Smart Product, Smart Factory und Smart Service. Bei Smart Product wird eine Intelligente Komponente direkt im Produkt oder Bauteil integriert und mit einer Konnektivitätskomponente versehen. Produkte sind dadurch in der Lage sich mit anderen Produkten, aber auch Maschinen auszutauschen. Der Informations- und Datenaustausch zwischen Maschinen oder ganzer Produktionsstätten fällt unter den Begriff Smart Factory. Hier trägt vor allem der Einsatz von Cyber-physischen Systemen einen wesentlichen Beitrag zum Austausch von Auftragsdaten, Maschinenzustände oder auch Terminen bei. Die Produktionsstätte wird zur digitalen Werkstatt und organisiert sich zum größten Teil selbst und liefert notwendige Information an die Kontrollebene weiter. Um diese Flut an Daten verarbeiten zu können und daraus Sinnvolles abgewinnen zu können, kommen Technologien aus dem Smart Service Bereich zu tragen. Unter Smart Service versteht sich eine Dienstleistung in der basierten auf aggregierte Daten ein Kundennutzen erzielt wird. Die Daten entstehen dabei z.B. aus den vorhergehenden Smart Product und Smart Factory Vorgehen. Smart Service versteht sich dabei jedoch nicht nur als reinen Überbegriff für Technologien, sondern als eine

Denkweise hin zum präemptiven und proaktiven Handeln. Dieser Ansatz führt vor allem im Support Service zu Vorteilen, so können mögliche Gebrechen von Maschinen frühzeitig erkannt werden. Dies wiederum unterstützt im Ersatzteilmanagement, da Bauteile frühzeitig und zum Teil automatisiert bestellt werden können, was dazu führt, dass Stehzeiten bei einem Ausfall einer Maschine oder Anlage verkürzt werden können.

An diesem Punkt kommt die Rückdokumentation ins Spiel. Vor allem bei einem automatisierten Bestellprozess von Ersatzteilen ist es notwendig, dass nach dem Aufbau und der Inbetriebnahme einer Maschine und Anlage eine lückenlose Rückdokumentation durchgeführt wurde. Eine fehlerhafte Technische Dokumentation oder inkorrekte Datenstände in ERP- und Ersatzteilmanagementsystemen führen zu einer Inkonsistenz gegenüber dem Ist-Stand der Maschine oder Anlage, dies kann dazu führen, dass falsche Ersatzteile bestellt und an KundInnen geliefert werden. Der Faktor Mensch spielt auch in der Welt von Industrie 4.0 eine bedeutende Rolle. So lange Maschinen und Anlagen von Menschenhand konstruiert, geplant, aufgebaut und in Betrieb genommen werden, ist eine Rückführung von Abweichungs- und Änderungsinformation in die Technische Dokumentation und den zentralen Datenverwaltungssystemen notwendig, um so eine korrekte und vollständige Basis für die Methoden und Technologien rund um Industrie 4.0 zu schaffen.

## 4 IT-BASIERTES SERVICE ZUR UNTERSTÜTZUNG DER RÜCKDOKUMENTATION

*“Es gibt eine Möglichkeit, es besser zu machen - finde sie!”*

*(Thomas Alva Edison, Erfinder)*

Ziel dieses Kapitels ist es, das IT-basierte Service zur Rückdokumentationsunterstützung zu definieren und zu beschreiben. Aufbauend auf die beiden vorhergehenden Kapitel wird auf den kommenden Seiten der Einsatz eines solchen Service betrachtet. Zu Beginn dieses Kapitels wird aufbauend auf die Dienstleistungskomponente auf die Definition eines IT-basierten Service eingegangen. Ein einheitliches Verständnis für das IT-basierte Service ist die Grundlage für den weiteren Verlauf dieses Kapitels. Unter dem Abschnitt IT-basiertes Rückdokumentationsservice wird ein möglicher Funktionsumfang, des in der Ideenfindungsphase befindlichen Service, behandelt. Hierbei wird auf Aspekte von digitalen Assistenzsystemen, Wissensmanagement und der allgemeinen Benutzung eingegangen. Die Beispiele für die Funktionen werden dabei mit den Erkenntnissen aus Kapitel 2 und 3 verarbeitet. Anschließend werden in diesem Kapitel Chancen und Möglichkeiten die sich durch den Einsatz eines IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentation ergeben thematisiert, sowie auch daraus resultierende Schwierigkeiten und Herausforderungen.

### 4.1 Definition eines IT-basierten Service

Der Begriff IT-basiertes Service setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der vordere Teil lässt sich über die Abkürzung IT in der Nomenklatur eindeutig der Disziplin der computerunterstützten Informationstechnologien zuordnen. Der abschließende Teil, das Wort Service, ist weitaus breiter gefächert in seiner Definitionsbeschreibung. Ursprünglich stammt das Wort Service aus dem englischen Sprachgebrauch, wo er für Dienst oder Bedienen steht, aber es war auch im Altfranzösischen geläufig, wo es überliefert für servieren steht (Duden online, 2017).

Das Wort Service wird seither in vielen unterschiedlichen Fachdisziplinen verwendet und hat in diesen auch jeweils eine unterschiedliche Bedeutung. Hier nur lediglich ein paar Beispiele, um darzustellen, wie breit gefächert die Verwendung dieses Begriffs ist. So wird dieser synonym für den Begriff Dienstleistung im weiteren Sinn, einer Umschreibung für den Kundendienst einer Unternehmung, der Abkürzung des Servierpersonals in der Gastronomie, über der Wartungstätigkeiten im Sinne einer Kfz-Inspektion, bis hin zum Fachausdruck für eine autarke Einheit in der IT, welche Funktionen in einem abgegrenzten Umfang ausübt, eingesetzt. Um die entsprechende Bedeutung zum Ausdruck zu bringen, gilt es im Detail darauf zu achten, das Wort im richtigen Zusammenhang zu verwenden und zu kombinieren. Im Kontext dieser Arbeit beschreibt der Begriff Service die Aktivitäten und Bereitstellung von Ressourcen im Sinne einer Unterstützung zur Schaffung eines Mehrwerts für KundInnen sowie der NutzerInnen des Service (Zolnowski & Böhmann, 2013).

Ein IT-basiertes Service ist somit per Definition einer IT-basierten Dienstleistung gleich zu setzen, da diese synonym verwendet werden können. Böttcher und Meyer (2004) beschreiben ein IT-basiertes Service als eine softwarebegleitende Dienstleistung. Wobei sie diese zusätzlich nach dem Grad der IT Unterstützung im Zusammenhang mit dem Kernprodukt differenzieren. Ein IT-basiertes Service spannt dabei laut Böttcher und Meyer einen Bogen zwischen einem IT-begleitenden und einem IT-unterstützenden Service. Während bei ersterem die Software oder der IT-Anteil selbst das Produkt beschreibt, ist bei zweit genanntem der IT-Anteil das Werkzeug um das Ziel zu erreichen. Eine Kombination aus beiden Polen wird als Hybridlösung oder Hybridprodukt bezeichnet. In Abbildung 4-1 wird die Einteilung des IT-Anteils nach Böttcher und Meyer (2004) grafisch dargestellt.

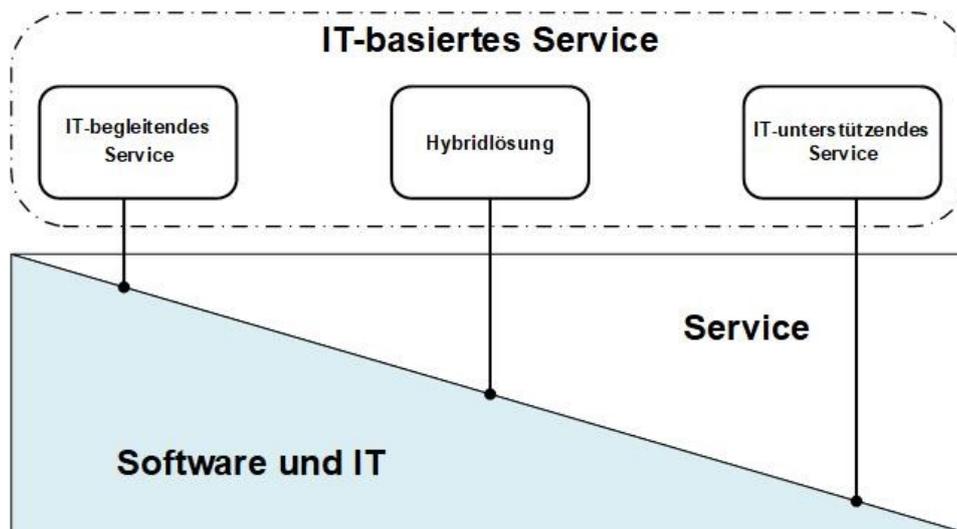


Abbildung 4-1: Aufteilung eines IT-basierten Service vgl. mit Böttcher und Meyer (2004)

Je nach dem durch welchen mehrheitlichen Anteil der beiden Komponenten der gewünschte Mehrwert für NutzerInnen erzielen lässt, wird das Gesamtpaket eingegliedert. Ein IT-basiertes Service ist durch den Einsatz bzw. der zur Hilfenahme von IKT gekennzeichnet (Böttcher & Meyer, 2004).

Die Schwierigkeit bei einem IT-basierten Service ist es, eine gefestigte und abgestimmte Kombination aus Software und Service anzubieten. Der Hauptfokus liegt in der Entwicklung zumeist auf dem Anteil, der mehr zum Kundennutzen beiträgt. Jedoch darf dabei die zweite Komponente nicht vernachlässigt werden. So ist z.B. ein Service, welches IT-unterstützend eingesetzt wird, für der KundInnen oder NutzerInnen nur dann hilfreich, wenn beide Komponenten den Qualitätsansprüchen derer entsprechen. Das heißt, wenn es z.B. möglich ist, Fahrscheine bei einem im Bus eigens aufgestellten Terminal zu kaufen, ist diese Dienstleistung nur bedingt zufriedenstellend, wenn die Software am Terminal nur verfügbar ist, während sich der Bus nicht bewegt. Christian van Husen (2004) spricht dabei vor allem die Qualitätsaspekte im Bereich der Softwareentwicklung an. Denn bei einer IT-basierten Dienstleistung hat die Qualität der Software einen direkten Einfluss auf die Wahrnehmung des Nutzens für KundInnen in Bezug auf das gesamte Produktpaket. So ist die frühzeitige Integration der KundInnen in den Entwicklungszyklus bei IT-basierten Service eine der maßgeblichen Erfolgsrezepte um den

Qualitätsansprüchen der NutzerInnen entsprechen zu können und somit den erhofften Gesamtnutzen zu erzielen (van Husen, 2004).

Im ITIL Ansatz wird ein Service wie folgt definiert: *“A ‘service’ is a means of delivering value to customers by facilitating outcomes customers want to achieve without the ownership of specific costs and risks. There are a variety of contexts in which the definition of a service can be expanded upon, but as a basic concept, service is the means of delivering value, and no matter how your organization chooses to define a service, this must be at the heart of what defines a service.”* (Office of Government Commerce, 2007). Die IT dient vorrangig der Unterstützung des Business Values, der mit einem Service erzielt werden kann. Ein IT Service wird im ITIL Umfeld als strategisches Asset verstanden, welches die Basis für Kernkompetenzen, unverkennbare Leistungen, dauerhafte Vorteile und neue Geschäftsfelder beschreibt. Die Assets setzen sich dabei aus Prozessen, Personal und IT-Infrastruktur zusammen.

Im Kontext dieser Arbeit beschreibt ein IT-basiertes Service eine Art Werkzeug um mittels einer Software oder computerunterstützten Prozessen einen Mehrwert für KundInnen oder NutzerInnen zu erzeugen, der bei der Ausübung ihrer Aktivitäten hilft und diese so erleichtert.

## **4.2 IT-basiertes Rückdokumentationsservice**

Im folgenden Abschnitt wird das thematisierte IT-basierte Service zur Rückdokumentationsunterstützung behandelt. Dazu werden Erarbeitetes und Diskutiertes aus den beiden vorherigen Kapiteln 2 und 3, sowie der Definition eines IT-basierten Service zusammengeführt. Zunächst wird ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentation beschrieben. Dies erfolgt, indem das Ziel eines solchen Service und welchen Nutzen dieses stiften kann, dargelegt wird.

Eine fehler- oder mangelhafte Rückdokumentation führt zu einer Minderung der Support-Qualität im Service Customer Bereich, da das digitale Abbild einer Maschine oder Anlage nicht mit der Realität übereinstimmt. Welche Chancen sich durch eine vollständige „As Built“-Dokumentation ergibt, wurde bereits in Abschnitt 2.2.2 thematisiert. Ziel mit einem IT-basierten Service ist es, zum einen die Anzahl der Rückmeldungen zu verbessern und zum anderen die inhaltliche Qualität dieser zu steigern, indem das Montage- und Inbetriebnahmepersonal mit einem entsprechenden Werkzeug ausgestattet wird. Dieses Werkzeug erleichtert das Erfassen und Dokumentieren von Abweichungen, sowie Änderungen zum aktuellen Stand der Dokumentation.

Servicebasierte Hilfsmittel für Wartungspersonal, die Arbeitsprozesse maßgeblich verändern, haben seit längerem hohen Anklang gefunden. Zum Beispiel mittels Datenbrille und Augmented Reality Einsatz ist das Wartungspersonal in der Lage, jederzeit Informationen in sein Sichtfeld zu projizieren, die ihm in der Problembehandlung unterstützen (Hänisch, 2017). IT-basierte Service werden mittlerweile nicht nur in der Wartungsprozesskette integriert, sondern werden Bestandteil in der Produktion. Man spricht auch von sogenannten Montageassistenzsystemen, welche das in der Planungsphase definierte Ergebnis visuell darstellen und damit Fehler im Aufbau minimieren können. Phoenix Contact nutzt dies im Zusammenspiel mit RFID Tags, um gleichzeitig auch das Erzeugnis zu prüfen (Großmann, Schreiber, & Graeser, 2017).

Im weiteren Verlauf wird auf einen möglichen Funktionsumfang des IT-basierten Service zur Rückdokumentation eingegangen, sowie Chancen und Möglichkeiten dadurch, aber auch Herausforderungen, die eine neue Technologie mit sich bringt, erläutert. Das IT-basierte Service wird dabei als eine Kombination aus Software und Hardware angesehen, bspw. einem Webportal zur Verwaltung der Daten und einem mobilen Endgerät zur Erfassung der erkannten Abweichungen.

#### 4.2.1 Funktionsumfang eines IT-basierten Service

In diesem Abschnitt werden beispielhaft verschiedene Funktionen und Ausführungen eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung aufgelistet und thematisiert. Nachdem sich das Service in einer Ideenfindungsphase befindet, gibt es keinen Anspruch auf Vollständigkeit der übergeordneten Kategorien, die sich wie folgt aufteilen:

- Digitales Assistenzsystem mit mobilen Endgerät
- Wissensmanagement
- Benutzung, Stabilität und Tragfähigkeit

Die unter diesen Kategorien angeführten Beispiele sind dabei so formuliert, als ob diese bereits technisch umgesetzt wurden und sollen so das thematisierte IT-basierte Service beschreiben.

##### **Digitales Assistenzsystem mit mobilen Endgerät**

In den Produktionsstätten von BMW werden bspw. Smartwatches eingesetzt, um Mitarbeiter über die Uhr zu informieren, dass ein Fahrzeug von der Standardausführung abweicht (Huber, 2016). Durch die Ausrüstung des Montage- und Inbetriebnahmepersonals mit mobilen Endgeräten kann der gegenteilige Effekt erzielt werden, sodass Informationen über Abweichungen an die Zentrale zurückgegeben werden. Dies erfolgt bspw. durch das Fotografieren von abweichenden Gegebenheiten auf der Maschine oder Anlage. Eine exaktere Zuordnung auf der Anlage kann realisiert werden, wenn die Abweichungen oder Änderungen einem Betriebsmittel zugewiesen werden kann.

Eine Funktion, die dies unterstützen kann, ist der Einsatz einer QR Scanner App und das Aufbringen eines zusätzlichen QR Codes auf den BMK (siehe Abbildung 4-2). Ein BMK ist auf dem Gerät zumeist via Aufkleber angebracht und dient laut EN 60204-1 zum einen der strukturellen Einordnung in der Anlage, sowie zum anderen der eindeutigen Identifizierung eines Betriebsmittels mit dem Inhalt der Technischen Dokumentation (ÖVE/ÖNORM, 2009).

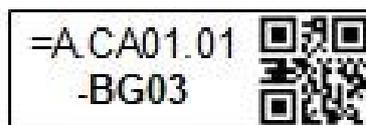


Abbildung 4-2: BMK Aufkleber mit QR Code

In der Abbildung 4-2 wird ein Aufkleber dargestellt, der einen Sensor (-BG03) beschreibt, der sich im Anlagenteil (=A.CA01.01) befindet. Der Aufbau des Anlagenaspekts, durch den Anteil hinter dem „=“ definiert, im Kennzeichen kann vom Maschinen- oder Anlagenbauer gestaltet werden

und ist nicht per Norm geregelt. Der Betriebsmittelaspekt, durch den Anteil hinter dem „-“ definiert, ist in der Elektrotechnik funktionsbezogen normiert und über die EN 81346-2 geregelt (ÖVE/ÖNORM, 2010).

Vor allem der Einsatz von Kameras bietet im Rückdokumentationsprozess eine schnelle Dokumentation von Abweichungen. Kameras sind mittlerweile ein wesentlicher Bestandteil von mobilen Endgeräten und stehen somit nahezu unbeschränkt zur Verfügung. Eine IT-unterstützte optische Identifikation von Bauteilen oder struktureller Elemente bietet laut Störkle, Barthelmey, und Kuhlenkötter (2015) Möglichkeiten, Veränderungen an Maschinen und Anlagen schneller zu erkennen. Dies erfolgt durch die Gegenüberstellung des geplanten Abbildes einer Anlage und des nach der Montage und Inbetriebnahme entstandenen digitalen Abbild. Vor allem bei passiven Bauteilen, wie z.B. Halterungen und angebrachten Befestigungen, kann die Abweichungserhebung durch die optische Identifikation vereinfacht werden.

In Abschnitt 3.4 wurde bereits thematisiert, was ein digitales Assistenzsystem ist. Wächters und Bullingers (2015) Untersuchungen, bei der Befragung von 18 InstandhaltungstechnikerInnen via Experteninterview, hat ergeben, dass der Einsatz von Tablets mit einer Displaydiagonale von acht bis zehn Zoll bevorzugt wird. Das liegt daran, dass Schaltpläne auf einem größeren Bildschirm übersichtlicher dargestellt werden können. Datenbrillen ermöglichen zwar ein Erfassen von Abweichungen, jedoch ist das Vermerken von zusätzlichen Kommentaren erst im Nachhinein über ein entsprechendes Portal möglich. Mittels Tablets kann der Einsatz von Redlining, siehe Abschnitt 2.2.1, direkt an der Stelle der Abweichung praktiziert werden. Durch die dokumentationslastige Tätigkeit in der Rückdokumentationsarbeit ist ein Einsatz von Datenbrillen als digitales Endgerät nur bedingt nützlich. Eine Möglichkeit, um dies zu relativieren, ist die Kombination mit einer Sprachsteuerung oder Tonaufzeichnung.

Um den Faktor mobiles Endgerät für das IT-basierte Service als Assistenzsystem stärken zu können, gilt es dieses flexibel zu gestalten, sodass keine Bindung an einen fixen Gerätetyp erforderlich ist. Mit Responsive Design oder Webdesign, welches durch die Veröffentlichung eines Artikels zum Thema flexibel Websitegestaltung von Ethan Marcotte (2010) in Mode gekommen ist, wird die grafische Oberfläche an das jeweilige Endgerät angepasst und die Nutzung des Service steht damit im Vordergrund nicht das Gerät selbst.

### **Wissensmanagement**

Ein IT-basiertes Service für die Rückdokumentationsunterstützung kann im weitesten Sinn als ein Wissensmanagement Werkzeug beschrieben werden. Betrachtet man den von Schlichter definierten Begriff Wissensmanagement, von Gulbins, Seyfried und Strack-Zimmermann (2013) zitiert, ist ein thematischer Zusammenhang erkennbar: *„Knowledge-Management ist die Disziplin des systematischen Erfassens, Nutzens und Bewahrens von Expertise und Informationen, um die Effizienz, Kompetenz, Innovation und Reaktionsfähigkeit der Organisation zu verbessern.“* Ziel durch den Einsatz eines IT-basierten Rückdokumentationsservice ist es vergleichsweise, erkannte Abweichungen zu erfassen, diese Information bis zur Verarbeitung zu bewahren, um diese dann für die Korrektur der „As Built“-Dokumentation einer Maschine oder Anlage zu nutzen. Somit wird das darin aufgebaute Wissen dafür eingesetzt, um die Kompetenz der Dokumentation und damit das Ansehen des Unternehmens zu steigern.

Die über das Service erfassten Daten entsprechen den durch das Montage- oder Inbetriebnahmepersonal erkannten Unterscheidungen der Ist-Situation zur Montage-dokumentation. Das Erfassen und Speichern einer Abweichung erfolgt unterstützt durch mobile Endgeräte. So können nach Huber (2016) Medienbrüche vermieden und Laufwege eingespart werden. Dies beschreibt er durch den Einsatz von Datenbrillen in der Produktionslinie des Automobilherstellungsprozesses. Eine Datenbrille fällt unter die Kategorie mobiles Endgerät, siehe Abschnitt 3.4, und ist ein mögliches Beispiel für den Einsatz um NutzerInnen dabei zu unterstützen Abweichungen zu dokumentieren. Medienbrüche können durch Schreiben auf der Technischen Dokumentation vermieden werden, wie in Abbildung 2-4 in Prozessschritt 3b beschrieben, und Laufwege verkürzt, in dem das Endgerät der AnwenderIn in jeder Lage der Montagetätigkeit zur Verfügung steht.

Abweichungen werden bspw. mit vordefinierten Schlagworten (Tags) versehen, die individuell der auf das Unternehmen zugeschnittenen Kategorien entsprechen. Mittels der Referenzkennzeichnung von Bauteilen auf Maschinen und Anlagen ist es möglich, eine genaue Zuordnung der erfassten Abweichung zur Struktur und der Örtlichkeit auf der Anlage zu erzielen. Das BMK übernimmt auch hier die Aufgabe einer eindeutigen Zuordnung und Sortierung der Abweichungen in der Datenbank des Service. Die erfasste Abweichung entspricht im Allgemeinen einem Container in der Datenbank, in der Informationen zu dieser gesammelt werden. Diese Informationen können in Form von z.B. Fotos, Videos, Texten, oder PDF Dokumenten ausfallen. Ein Beispiel für einen Datencontainer mit Informationen zu einer Abweichung wird in Abbildung 4-3 dargestellt. Hier sind bspw. drei Abweichungen erfasst worden, die über das BMK eine eindeutige Zuordnung in der Datenbank erhalten. Dem Container angefügt sind jeweils Textinformationen oder weitere Anhänge, wie z.B. ein Bild der Gegebenheit vor Ort.

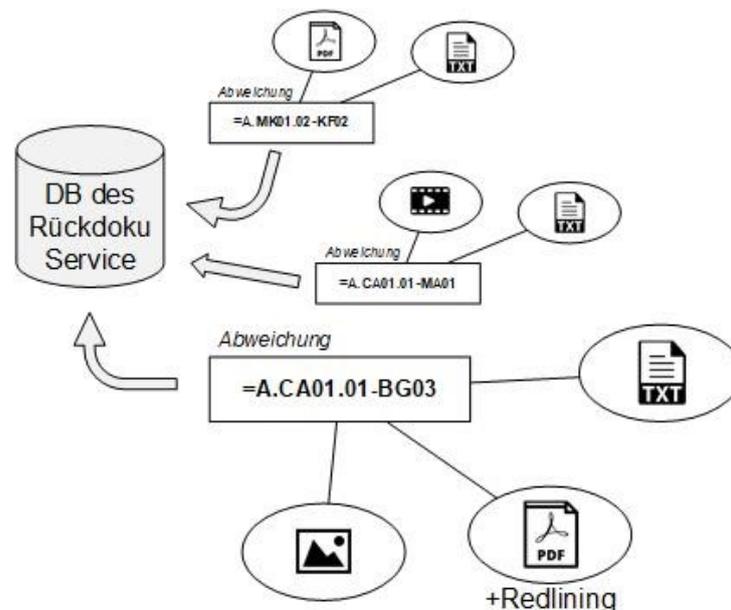


Abbildung 4-3: Daten-Container einer Abweichung in der Datenbank

Eine weitere Form der Informationsweitergabe ist das Vermerken von Abweichungen und Änderungen auf einem digitalen Format der Technischen Dokumentation. Ähnlich der Korrektur von Hausaufgaben werden Änderungsvermerke jedoch nicht direkt am Dokument vermerkt,

sondern auf einer eigenen dafür vorgesehenen digitalen Arbeitsschicht realisiert (Eigner & Stelzer, 2009). Damit sind die Abweichungsinformationen jederzeit verwertbar und nur die sorgfältige Änderung ohne zusätzlichen Kommentar wird in die Technische Dokumentation übernommen. Diese Form des Änderungsvermerks auf Dokumentationsunterlagen nennt sich Redlining, basiert wie erwähnt auf das bekannte Korrigieren mittels rotem Markierer. Abbildung 4-4 zeigt ein Beispiel für eine Redlining Markierung auf einem Stromlaufplan. In der geplanten Dokumentation ist ein Asynchronmotor mit 37kW verzeichnet. Auf der Montage hat sich herausgestellt, dass es sich in Wirklichkeit um einen 55kW Motor handelt. Durch Redlining in einer eigenen Arbeitsschicht des Dokuments wird die Änderung vermerkt, hier mit Rot im mittleren Teil der Abbildung. Die Änderung wird im Rahmen des Rückdokumentationsprozess in die „As Built“-Dokumentation integriert.

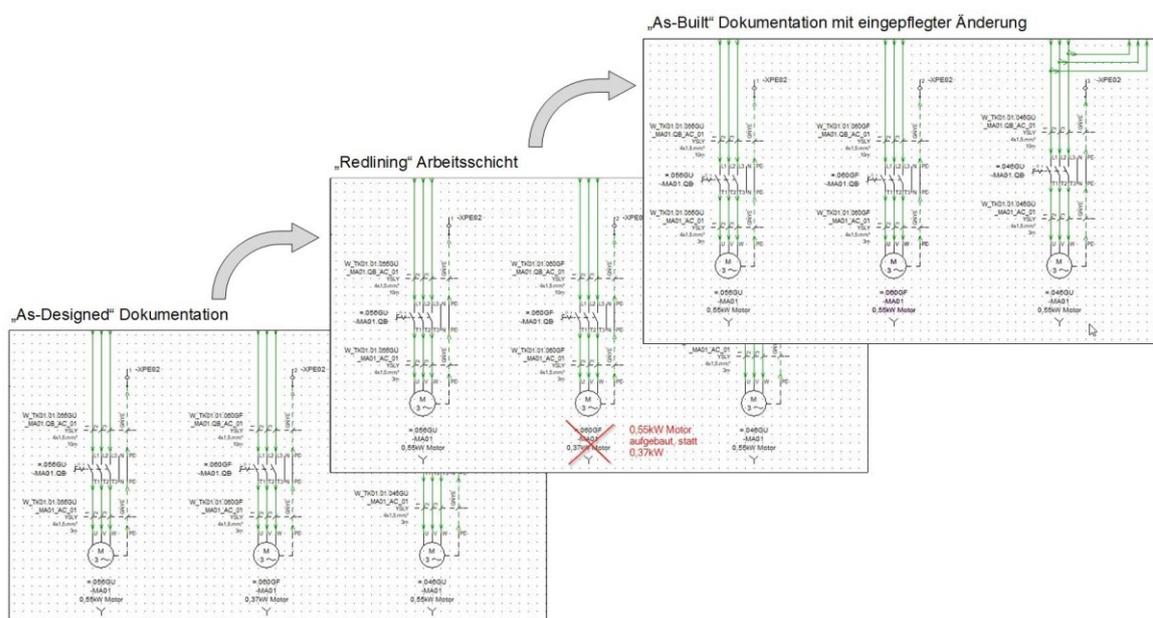


Abbildung 4-4: Redlining Beispiel Anhand eines Stromlaufplans aus dem CAE System Comos

Wie im Mobilen Wissensmanagement System Assist 4.0, in Brandl et al. (2015) beschrieben, ist es möglich, Inhalte bezüglich deren Qualität zu bewerten. Umgelegt auf das IT-basierte Service zur Rückdokumentation werden ebenfalls Bewertungen der Beiträge durchgeführt, um die Qualität und den Informationsumfang dieser zu bewerten. Die Bewertung wird dabei von dem Mitarbeiter gemacht, der die erfassten Abweichungen in die Dokumentation einarbeitet. Damit kann dem Erfasser der Abweichung die Qualität des Beitrags rückgemeldet werden, dass in Zukunft bspw. mehr Bildmaterial angeheftet werden soll. Des Weiteren werden durch eine qualitative Rückmeldung von der Baustelle auch Schulungspotentiale für die Planung kommender Maschinen und Anlagen im Engineering transparent gemacht, das wiederum die Technische Dokumentation verbessert.

### Benutzung, Stabilität und Tragfähigkeit

Bei der Konzipierung eines Rückdokumentationsservice, welches während der Montage und Inbetriebnahmephase unterstützen soll, gilt es zwei wesentliche Faktoren zu beachten, die den Entwicklungsschwerpunkten von Industrie 4.0 Assistenzsystemen entsprechen. Hier wird zum einen die Benutzeroberfläche so entworfen, sodass diese bspw. den Baustellenbedingungen wie

das Tragen von Handschuhen ermöglicht, und zum anderen muss auch die Hardware selbst den Bedingungen standhalten können (Wächter & Bullinger, 2015).

Mobile Endgeräte müssen für die Nutzung auf der Baustelle die notwendige Stabilität aufweisen und über die entsprechende IP-Schutzart verfügen, dass diese vor Staub und Wasser geschützt sind. Sturz- und Stoßfestigkeit ist für mobile Endgeräte ebenfalls ein Kriterium um auf der Baustelle problemlos eingesetzt werden zu können. In der Analyse von Wächters und Bullingers Studie (2015) ergaben sich für die Hardwareumsetzung unter anderem diese beiden Anforderungen:

- Das mobile Endgerät kann auf ebenen Flächen hingestellt werden.
- Das mobile Endgerät kann während der Montage an Maschinenteilen angeheftet werden.

Im Rahmen der Arbeitstätigkeit eines Montage- oder Inbetriebnahmemitarbeiters sind diese beiden Anforderungen an die Hardware wesentlich, vor allem wenn es sich beim eingesetzten Endgerät um sogenannte Handhelds handelt. Unter diese Kategorie fallen bspw. Tablets und Smartphones.

Neben der Haptik eines IT-basierten Service in Kombination mit einem mobilen Endgerät ist es für den Einsatz auf der Baustelle in der Startphase der Montagetätigkeiten notwendig, dass die Bearbeitung auch im Offline-Modus möglich ist. Grund dafür ist, dass durchaus öfter zu Baustellenbeginn noch keine Internetverbindung zur Verfügung steht. Die erfassten Daten über Abweichungen zur Dokumentation müssen damit zunächst auf dem Endgerät gespeichert werden, bevor diese auf das Portal geladen werden können. Beim Hochladen der Daten wird in der Schnittstelle eine Kollisionsprüfung durchgeführt, die bspw. auf Basis des zugeordneten Referenzkennzeichens, der User-ID des Anlegers der Daten und anschließend des Inhalts des Datencontainers die kollidierenden Objekte geprüft und bewertet. Damit wird vermieden, dass inkonsistente Daten in der Rückdokumentationsservice-DB erzeugt werden, welche wiederum bei Einarbeitung der Abweichungsaufzeichnungen zu einer fehlerhaften Enddokumentation führt.

Als Beispiel für ein komplementäres Service zum Rückdokumentationsservice kann die Thematik Baustellensicherheit aufgegriffen werden. Das IT-basierte Service wird hierzu bspw. mit einem Notfallsystem ausgestattet. Dieses kann im Notfall einen Hilferuf abgeben, indem unter anderem die direkt ansässige Notfallorganisation informiert wird, aber auch die Kollegen auf der Baustelle. Je nachdem wie das IT-basierte Service hardwareseitig kombiniert wird, wird dieses vom Montage- oder Inbetriebnahmepersonal mitgeführt. Dies kann laut Teucke, Werthmann, Lewandowski und Thoben (2017) durch Mobile und Wearable Technologien realisiert und unterstützt werden. In Verbindung mit der Sicherheitskomponente ist es damit nützlich, nicht nur ausgewähltes Personal, mit definierter Rollenverantwortung, mit einem mobilen Assistenzsystem auf der Baustelle auszustatten, sondern alle Teilnehmer die im Rahmen der Montage oder Inbetriebnahme vor Ort sind.

Die hier aufgeführten funktionalen Beispiele dienen dazu einen besseren Überblick des IT-basierten Service zu erhalten und damit die Nutzenstiftung dieses zu erläutern. Der Grundgedanke ist, dass das Wissen über eine erkannte Abweichung und deren Behebung dokumentiert wird und dieses Wissen in die Organisation zurückfließt. Ähnlich dem Ansatz von

Brandl et al. (2015): „[...] mittels mobiler Endgeräte haben Mitarbeiter die Möglichkeit, ihre Erfahrungen während der Tätigkeit zu dokumentieren und damit anderen Mitarbeitern in Zukunft ihr Wissen zur Verfügung zu stellen.“

#### **4.2.2 Chancen und Möglichkeiten mit einem IT-basierten Service**

Bullinger et al. (2015) haben mit ihrer Studie, in der 87 Unternehmen in der Deutschen Maschinenbaubranche zum Thema „Service Business in die Rolle des Internets“ befragt wurden, festgestellt, dass bereits 86% der befragten Unternehmen internetbasiertes Service einsetzen, oder in den nächsten 3 Jahren einsetzen wollen. Durch die Notwendigkeit von Informationstechnologie ist eine Einordnung eines Internetbasierten Service in die Kategorie IT-basiertes Service legitim.

IT-basierte Service haben durch die stärkere digitale Vernetzung der Welt einen höheren Stellwert im Dienstleistungsangebot von Maschinen- und Anlagenbauunternehmen bekommen. Klassische Support Aktivitäten wie das Ersatzteilmanagement, die Technische Dokumentation, die Service Hotline oder auch Software Updates können über das Internet abgerufen oder durchgeführt werden. Diese Überführung in die Digitale Welt ist laut der Studie von Bullinger et al. (2015) vor allem auf Grund des Optimierungsgedankens des bestehenden Serviceportfolios, um die Kundenorientierung und -bindung zu stärken gegeben. Die Senkung der Kosten oder auch die Verbesserung der internen Prozesse sind dabei jedoch nebensächliche Aspekte.

Wenn ein IT-basiertes Service die physikalischen Unternehmensgrenzen überschreitet, dann hat dies zu meist den Grund, dass diese zur Kommunikation und Interaktion mit KundInnen genutzt werden. Eine dieser Anwendungsfälle ist die Reparatur und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen. Wie bereits in Abschnitt 3.4 behandelt, gibt es hier, speziell durch mobile Assistenzsystemen, eine breite Basis für den Einsatz von Informationstechnologien zur Unterstützung der Tätigkeiten des Wartungspersonals. Bei der Verwendung von bspw. Datenbrillen, welche die Möglichkeit bieten, die notwendigen Informationen direkt vor das menschliche Auge zu liefern, spielt laut dem Autor Hänisch (2017) das Detailwissen der Ausführenden eine weitaus geringere Rolle. Notwendige Anweisungen werden visuell oder akustisch übermittelt. Damit soll aus seiner Sicht die Instandhaltungsarbeit nicht nur weniger komplex, sondern auch billiger werden.

Aus der Studie von Bullinger et al. (2015) geht weiter hervor, dass die Technische Dokumentation ein Anwendungsfall für ein IT-basiertes Service ist. Aus den Erkenntnissen aus Kapitel 2 ist jedoch erkennbar, dass es in der Enddokumentation durchaus Abweichung zur Realität auf der Anlage, bedingt durch eine mangelhafte Rückdokumentation, geben kann. Eine fehlerhafte zur Verfügung gestellte Technische Dokumentation ist auch, wenn online abrufbar, wertlos. Die Richtigstellung der Unterlagen muss somit früher passieren. Wie im Smart Service Ansatz der Präemption bei Predictive Maintenance, ist auch hier ein präemptives Handeln gefordert. So verhindert eine korrekte und vollständige Technische Dokumentation in einer Fehlerfallsituation einer Maschine oder Anlage einen Vertrauensverlust der KundInnen gegenüber dem Unternehmen. Anlaufstelle für KundInnen ist die Supportabteilung der Maschinen- oder Anlagenhersteller, welche die Schnittstelle zwischen diesen darstellt. Das Service, im Sinne von

Support, versteht sich, sowie auch das Qualitätsmanagement, als Querschnittsprozess und ist mit den Geschäftsprozessen gekoppelt, um die Bedürfnisse und Anforderungen der KundInnen über die Laufzeit des Produktlebenszyklus befriedigen zu können (Feldmann, Slama, Gergs, & Wirth, 2004).

Die Zusammenarbeit während oder auch nach Leistungserbringung wird zwischen Unternehmen und KundInnen im Service Level Management (SLM) abgehandelt. Über dieses werden einzelne Themenpunkte, Kenngrößen oder Vereinbarungen mittels Service Level Agreements (SLA) auf deren Einhaltung geprüft. Ein SLA definiert sich laut Ellis und Käuferstein (2004) als eine Verpflichtung, dass in einer geregelten Zeit eine vereinbarte Dienstleistung in der entsprechenden Qualität erfüllt wird. SLAs definieren sich ebenfalls über die Nichteinhaltung von Abmachungen durch seitens des Dienstleistungserbringers. Das SLM ist vorwiegend in der IT-Dienstleistung angesiedelt, mittlerweile wird dies auch in anderen Bereichen eingesetzt, wie z.B. im Instandhaltungsbereich. Reaktionszeiten und Problemlösungszeiten werden über SLAs geregelt (Ellis & Käuferstein, 2004). Mit einer stärkeren Rückdokumentationsakzeptanz besteht die Chance SLAs in Bezug auf Problemlösungszeit einzuhalten, da der Ist-Stand der Maschine oder Anlage für das Customer Service zur Verfügung steht und die „Mean Time to Isolate“ verkürzt.

Mit dem Einsatz eines IT-basierten Service im Rahmen des Rückdokumentationsprozesses während der Montage- und Inbetriebnahmephase besteht die Chance für Unternehmen, mit erhöhter Montagetätigkeit, die Lücke durch den mangelhaften Rückdokumentationsprozess effizienter zu schließen und die Anzahl an Abweichungen zu reduzieren. Unternehmen kämpfen laut Quint und Loch (2015) mit folgenden Themen: *„Companies are facing difficulties with documenting, managing and sharing knowledge that their employees have acquired“* Hier reiht sich auch das Wissen über Abweichungen, die im Rahmen der Montage oder Inbetriebnahme entdeckt werden, ein. Dieses Wissen gilt es in das Unternehmen über die Technische Dokumentation rückeinfließen zu lassen. Feldmann et al. (2004) sind der Ansicht, dass es möglich ist, nicht nur über die Technologie, der Qualität und dem Design eine differente Stellung innerhalb der Branche zu erhalten, sondern auch mit dem Kundendienst und dem angebotenen Service. Eine vollständige und fehlerfreie Technische Dokumentation bietet diese Chance.

Um dieser Serviceleistung gerecht zu werden, sind der Maschinen- oder Anlagenbauer, sowie auch der Betreiber gefordert, die Technische Dokumentation in Anbetracht des Produktlebenszyklus auf Stand zu halten. Die Aktualität der Daten und Unterlagen ist der Schlüssel um nicht nur schnelle, sondern auch bessere Aussagen und Entscheidungen treffen zu können. Mit einer gewarteten Technischen Dokumentation ist es für Maschinen- und Anlagenbauer möglich, Umbauten und Erweiterung von Beständen effektiver zu planen. Ebenfalls kann bei Störfällen oder Schäden schneller reagiert werden, weil die notwendigen Informationen zur Behebung vorhanden und aktuell sind (Störkle, Barthelmey, & Kuhlenkötter, 2015). Eine vollständige und fehlerfreie Dokumentation ist damit als Kostensenker anzusehen. Es werden keine Umsatzgewinne mit dieser erzielt, sondern ist wie in Kapitel 2 beschrieben, Bestandteil des Produktes und kann bei mangelhafter Ausführung jedoch zu Kosten führen. Diese bilden sich in Form von Supportverzögerungen oder Fehlproduktionen durch Aufbau auf falscher Datenstände ab.

Herausforderung aber auch Chance für Unternehmen ist es, den Aufbau einer über den gesamten Produktlebenszyklus aktuellen und korrekten Dokumentation. Wie in Kapitel 2 erwähnt, geht eine Maschine oder Anlage nach der Abnahme in das Verantwortungsspektrum der KundInnen über. Es ist somit, vor allem bei größeren Anlagen, möglich, dass die KundIn eine eigene Wartungsmannschaft führt, die auch kleine Umbauten und Erweiterung selbst durchführt. Diese Änderungen fließen nicht in die Technische Dokumentation beim Maschinen- oder Anlagenbauer ein. Eine größere, bestellte Erweiterung, welche durch den Maschinen- oder Anlagenbauer realisiert wird, baut somit möglicherweise auf eine fehlerhafte oder unvollständige Dokumentationsbasis auf. Das Portal für das Änderungs- und Abweichungsmanagement muss hier auch für KundInnen eine Möglichkeit bieten, die von ihm durchgeführten Arbeiten in die Dokumentation einfließen zu lassen und sich einen aktualisierten Dokumentensatz zu bilden. Um zu ermöglichen, dass die Technische Dokumentation über den gesamten Produktlebenszyklus aktuell bleibt, benötigt es eine Plattform für die Dokumentation als Service, die auch über die gesamte Lieferkette verfügbar ist (Barthelmey, Lenkenhof, Schallow, Lemmerz, Deuse, & Kuhlenkötter, 2016). Mit diesem Documentation-as-a-Service Ansatz bietet sich laut Barthelmey et al. (2016) für Systemintegratoren, die komplexe Maschinen und Anlagen bauen, die Chance den Aufwand zur Erstellung zu senken. In Abbildung 4-5 wird so ein Documentation-as-a-Service Ansatz dargestellt. Im Zentrum steht die Technische Dokumentation, die z.B. mit Hilfe der XML basierten Sprache AutomationML (Barthelmey et al., 2016) so aufbereitet ist, dass die Teilnehmer des Service die Daten erhalten, die sie benötigen. Zum Teilnehmerkreis zählt dabei auch die Maschine oder Anlage selbst. Auf diese Plattform greifen die unterschiedlichsten Rollen im Rahmen des Produktlebenszyklus zu, um z.B. Daten für die Technische Dokumentation zu erzeugen, diese abzurufen oder auch zu aktualisieren. Die Aktualisierung erfolgt wiederum im Rückdokumentationsprozess, siehe Abschnitt 2.2.1, und wird durch das IT-basierte Service unterstützt. Erkannte Abweichungen auf der Baustelle werden damit sofort in der Technischen Dokumentation aktualisiert und für alle Teilnehmer bereitgestellt.

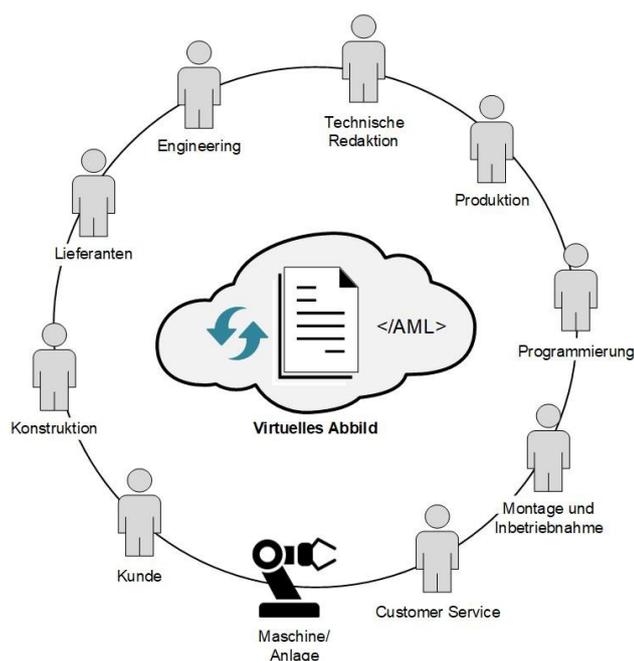


Abbildung 4-5: Documentation-as-a-Service Ansatz am Beispiel des virtuellen Abbilds von Barthelmey et al. (2016)

Eine weitere Möglichkeit durch die Nutzung eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung ist, dass die Eigeninitiative des Montage- und Inbetriebnahmepersonals gesteigert werden kann. Damit steigt auch die Akzeptanz zur Durchführung der Aufzeichnungen von erkannten Abweichungen auf der Baustelle. Wie aus der Studie von Bullinger et al. (2015) hervorgeht, ist die Eigeninitiative der Mitarbeiter ein Treiber für den Einsatz von IT-Service, der mit 37% an dritter Stelle steht. Die Aufzeichnung wird mittels IT-basiertem Service auf einem mobilen Endgerät schneller und übersichtlicher umgesetzt, als durch eine Paper-Pencil Korrektur auf einer Papier Dokumentation.

#### **4.2.3 Schwierigkeiten und Herausforderungen mit einem IT-basierten Service**

Große Herausforderungen für das IT-basierte Service entstehen nach Kohne, Elschner, Winter, Koslowski, Kleinmanns, Dellbrügge und Pöhler (2016) durch den täglichen Umgang mit IT-Serviceapplikationen, die mit Smartphones und Tablets ein fixer Bestandteil im privaten Umfeld geworden sind. Diese entstandene Selbstverständlichkeit für die Unterstützung von automatisierten Prozessen im privaten Leben birgt die Gefahr für hohe Anforderungen und einer Begehrlichkeit nach mehr Automatismen. Gerade der Rückdokumentationsprozess ist zwar in der Systematik standardisierbar, jedoch der Inhalt der Abweichung und die daraus entstandene Änderung in der Technischen Dokumentation oder auch der Maschine selbst kann nicht vorweg definiert werden. Die gesamte Rückdokumentation benötigt somit die notwendige Flexibilität um den Aufgaben eines möglichen Reverse Engineering gewachsen zu sein.

Einen entscheidenden Anteil für den Erfolg mit dem Einsatz eines IT-basierten Service ist vom Faktor Mensch abhängig. Wie in Abschnitt 4.1 definiert, ist der Begriff Service mit dem der Dienstleistung synonym verwendbar. In Bo Edvardssons Arbeit aus dem Jahre 1997 teilt dieser den Dienstleistungsaufbau in die drei Teile:

- Voraussetzung für die Dienstleistung
- Kundenprozess
- Kundenergebnis

Der Prozessanteil bei und mit KundInnen kann laut Edvardsson (1997) weiter unterteilt werden in einen technischen Part, der weitgehend maschinell oder IT unterstützt ist, und dem personellen Part, welcher die Aktivitäten des Dienstleisters beschreibt. Die KundIn spielt dabei eine wesentliche Rolle, da dieser mittels Input den Prozess verändert und mitgestaltet.

Eine in der Literatur auch weitverbreitete Kategorisierung der einzelnen Stadien in der Dienstleistungserbringung unterteilen sich in drei Dimensionen plus der Einwirkung eines externen Faktors, siehe Abbildung 4-6. Die Definition der Phasen wird in Form von Dimensionen abgebildet (Scheer, 2006). Die Potenzialdimension beschreibt die Aktivitäten und Bereitstellung der Leistung. Diese Dimension ist vorrangig nach innen blickend auf die eigenen Potenziale. Die Prozessdimension entspricht dem Zeitraum, in dem die Leistung direkt vor Ort bei KundInnen erbracht wird und ist auch das Kernstück der Dienstleistungserbringung. Die Leistungserbringung erfolgt im Uno-actu-Prinzip und ist geprägt durch externe Einflüsse, die eine Dienstleistung

einzigartig machen. Als externer Faktor wird z.B. die KundIn angesehen, die sich in die Durchführung des Prozesses der Erbringung einbringt. Der Abschluss der Dienstleistung erfolgt in der Ergebnisdimension. Diese ist als separate Dimension gestaltet, da der Abschluss der erbrachten Dienstleistung nicht zwingend mit oder bei KundInnen erfolgt. Im Fokus steht jedoch der entstandene Outcome der Dienstleistung.

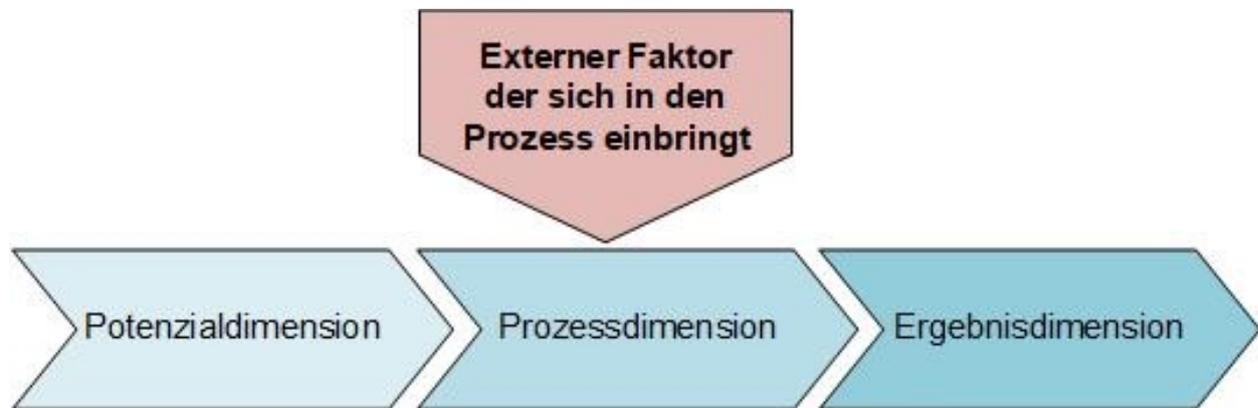


Abbildung 4-6: Dienstleistungsdimensionen vgl. Scheer (2006)

Eine der größten Herausforderungen für das IT-basierte Service zur Rückdokumentationsunterstützung in Bezug auf Erfolg und Akzeptanz ist die Integration des zuvor beschriebenen externen Faktors, der auf den Prozess einwirkt. Legt man die Beschreibung von Edvardsson und auch Scheer (2006) auf den Prozessablauf für die Nutzung des Rückdokumentationsservice um, so wird ersichtlich, dass die personelle Komponente für die Durchführung und der externe Faktor dieselbe Person ist. Die Ergebnisqualität hängt davon ab, wie das Zusammenspiel aus dem IT-basierten Service, den Vorgaben durch einen definierten Prozess zur Rückdokumentation und der AnwenderInnen der Dienstleistung funktioniert.

Wiederum ähnlich dem beschriebenen Forschungsprojekt Assist 4.0 (Brandl et al., 2015), welches ein Wissensmanagement Service in Verbindung mit einem digitalen Assistenzsystem beschreibt, ist auch für das Rückdokumentationsservice die Komponente Mensch einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren. Im Fall des Wissensmanagementsystems erläutern Brandl et al. (2015) die Problematik ohne menschlichen Support so: *„Nachdem Wissen der essentielle zugrunde liegende Baustein des Systems ist, müssen Möglichkeiten evaluiert werden, die Mitarbeiter dazu zu motivieren, ihr Wissen zu teilen“* In Bezug auf das IT-basierte Service zur Rückdokumentationsunterstützung ergibt sich ein ähnliches Bild. Ohne die Bereitschaft des Users kann die Qualität nicht gesteigert werden. Stocker et al. (2015) sind der Ansicht, dass der Mensch, auch trotz Industrie 4.0 und erhöhter Automatisierung, als Experte und Wissensträger eine zentrale Rolle spielen wird.

Damit der Mensch jedoch als Experte im Zentrum des Maschinen- und Anlagenbaus bleibt, bedarf es an Schulungen und Ausbildungen. Hier sind auch die Unternehmen gefordert, dass Möglichkeiten geschaffen werden, die zu diesem Unterfangen beisteuern. Vor allem für die Einführung neuer Anwendungssysteme, wie z.B. das IT-basierte Service zur Rückdokumentation, gilt es das Personal abzuholen und mit den notwendigen Schulungen zu fördern. Eine schlechte Schulung der Mitarbeiter kann in weiterer Folge dazu führen, dass ein neues System aus

Gründen der Überforderung nicht akzeptiert wird (Mertens, Bodendorf, König, Schumann, Hess, & Buxmann, 2017). Weitere Akzeptanzbremsen sind eine Veränderungsträgheit hinsichtlich neuer System und Arbeitsweisen, wie auch Erfahrungen durch gescheiterte oder weniger zufriedenstellende Änderungsversuche im Unternehmen.

Eine wichtige Erkenntnis zum Thema Akzeptanz von neuen Anwendungssystemen liefern Mertens et al. (2017). Denn es ist durchaus möglich, dass zwar die Akzeptanz für das System vorhanden ist, aber dadurch, dass es keinen unmittelbaren Nutzen für die ausführende Person hat, nicht im gewünschten Maße eingesetzt wird. Dies zählt auch für das IT-basierte Rückdokumentationsservice zu den größeren Herausforderungen. Zwar hat die AnwenderIn durch das neue Anwendungssystem die Möglichkeit Abweichung schneller und praktikabler zu erfassen, jedoch ist auch diese Person zu meist nicht der direkte Nutznießer des Service Outcomes. Unternehmen sind damit gefordert das Big Picture an die Person zu transportieren und den Unternehmensgedanken zu fördern.

Auch das Thema Anreizsystem spielt für den Erfolg dieses neuen IT-basierten Service eine tragende Rolle. Mittels Anreizen besteht für Unternehmen die Chance, die Herausforderung der Bereitschaft zur Nutzung von Aktivitäten besser zu steuern. Nicolai (2017) beschreibt ein Anreizsystem als eine Sammlung von Anreizen die eine Unternehmung durchführt, um einerseits ein bestimmtes Verhalten zu fördern und andererseits ein nicht gewünschtes zu vermeiden. Im Fall der Rückdokumentation gilt es deren Durchführung gezielt zu fördern. Ein akzeptiertes IT-basiertes Service führt dazu, dass die Tätigkeit an sich erleichtert wird, jedoch muss dies wie Mertens et al. (2017) darlegen nicht zwingend die Prozesse und damit den gewünschten Outcome des Unternehmens entsprechen. Anreize lassen sich dabei in monetäre und nicht-monetäre kategorisieren. Durch regelmäßige Mitarbeiterbefragungen ist es für Unternehmen möglich, Bedürfnisse zu identifizieren und damit entsprechende Anreize für die Nutzung zu setzen (Nicolai, 2017).

### **4.3 Kriterien für ein IT-basiertes Rückdokumentationsservice**

In diesem Abschnitt werden Kriterien für das in der Ideenfindung befindliche IT-basierte Service zur Unterstützung der Rückdokumentationstätigkeiten während der Montage- und Inbetriebnahmephase beschrieben. Die Liste der hier aufgeführten Kriterien hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sind in den ersten Iterationen durch die theoretische Aufarbeitung des Themas und der Kombination mit angrenzenden ähnlichen Themenfeldern entstanden. Die Definition was ein Kriterium ist, ist in der Literatur ausgiebig diskutiert. Im Duden (2017) wird der Begriff Kriterium folgendermaßen beschrieben: *„unterscheidendes Merkmal als Bedingung für einen Sachverhalt, ein Urteil, eine Entscheidung“*

Die Kriterien für das vorliegende Service werden auf Basis bekannter Kriterien erstellt, sowie der Herleitung aus dem zuvor beschriebenen möglichen Funktionsumfang. Die Reihung der nachfolgenden Kriterien entspricht keiner Wertung. In der Literatur werden zum Teil Unterscheidungen in der Art eines Kriteriums gemacht, wie z.B. Akzeptanz-, Qualitäts- oder auch

Gütekriterium, auf diese Unterteilung wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Die behandelten Kriterien sind:

### **Usability**

Als Usability wird die Benutzbarkeit eines Systems für die AnwenderIn beschrieben. Richter und Flückiger (2016) sehen es in der Softwareentwicklung als ein Gütekriterium für die Entwicklung von GUI-Oberflächen an, den unter anderem die Anordnung von Schaltflächen, die Anzahl an Klicks oder auch die Verständlichkeit beinhaltet. Die Mehrsprachigkeit spielt dabei ebenfalls eine Rolle. In der ISO 9241-11 (DIN, 2016) wird die Usability wie folgt definiert: *„das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“*. Zwei wichtige Komponenten, die in Bezug auf die Usability mitwirken, sind die Effektivität und die Effizienz. Die ISO 9241-11 (DIN, 2016) beschreibt die Effektivität als den Faktor, mit der BenutzerInnen genau und vollständig seine gewünschte Aktivität mit dem Produkt erreicht. Obwohl diese laut Herczeg (2009) in erster Linie nur an Hand der eigentlichen Systemfunktionalität gemessen werden kann. Die Effizienz im Zusammenhang mit Usability umfasst damit z.B. wie schnell eine BenutzerIn zum gewünschten Ziel kommt, was als der dafür aufgebrauchte Aufwand zu verstehen ist.

### **Performance**

Die Performance umfasst vorrangig die zeitliche Komponente während der Nutzung des Service. Dabei spielt vor allem auch die subjektive Zeitwahrnehmung des Benutzers eine entscheidende Rolle. Montagetätigkeiten auf der Baustelle sind bekanntlich durch einen straffen Zeitplan geprägt, was dazu führt, dass gerade Aktivitäten die nicht direkt mit dem Aufbau einer Maschine oder Anlage zusammenhängen, als störend empfunden werden. Zur Performance zählen somit Ausprägung der Geschwindigkeit des Service allgemein, dessen Reaktionszeiten, die Ladezeiten, die Synchronisationszeiten oder weitere Berechnungszeiten. Die Autorin Zeiler (2014) beschreibt die Performance als die Fähigkeit, bestimmte zeitliche Anforderungen durch BenutzerInnen zu bedienen, wie eben Antwortzeiten oder auch der Datendurchsatz. Die BenutzerIn hat eine sogenannte Leistungserwartung gegenüber dem IT-basierten Service.

### **Funktionalität**

Unter dem Kriterium Funktionalität wird die Gesamtheit aller definierten und vorausgesetzten Anforderungen an das IT-basierte Service verstanden. Dies fällt somit auch stark unter das Motto der Kundenbefriedigung, die ein Umsetzen der vereinbarten Leistungen mit sich bringt. Beispiele für Funktionen sind in Abschnitt 4.2.1 ersichtlich.

### **Plattformunabhängig**

Damit wird festgelegt, dass es für die AnwenderIn möglich sein muss, das Service, mit allen festgelegten Funktionen und Kriterien, unabhängig vom Endgerät, nutzen zu können. Laut Liggesmeyer (2009) ist die Portierbarkeit einer Software ein Teil der Qualitätsmerkmale und somit folglich auch ein Kriterium für die Akzeptanz dieser. Die Hardwarekomponente des IT-basierten Service ist damit für die AnwenderIn soweit frei wählbar, dass die von diesen gewünschten Aktivitäten in Verbindung mit dem Service nicht eingeschränkt werden. Cross-Plattform-Apps oder Hybrid-Apps bieten dabei die technologische Basis, dass das Betriebssystem des Endgeräts

eine sekundäre Rolle spielt, vorausgesetzt dass alle hardwareabhängigen Funktionen durchgeführt werden können. Für die Darstellung spielt hier jedoch der Responsive Design Ansatz von Marcotte (2010) eine Rolle, damit die GUI auf dem jeweiligen Anzeigegerät passend skaliert wird.

### **Online-/Offline-Modus**

Auf Baustellen ist vor allem zu Beginn die Internetverfügbar nicht immer gegeben, weswegen die Nutzung des IT-basierten Service im Offline-Modus möglich sein muss. Die Wahl ob das Service online oder offline betrieben wird, liegt dabei in der Hand der NutzerIn. Um die Aktualität der Daten einer Maschine oder Anlage, aber auch die der erfassten Abweichung gewährleisten zu können, benötigt es eine Möglichkeit der Datenübertragung. Laut Teucke et al. (2017) ist eine integrierte Übertragungsschnittstelle notwendig. Diese Schnittstelle dient dazu, dass im Falle der Offline-Arbeit entstandenen Daten regelmäßig bei einer Online-Verbindung mit der Cloud oder dem Server synchronisiert werden. Die Dauer der Synchronisation fällt unter das Kriterium Performance.

### **Tragekomfort und Baustellentauglichkeit**

Das IT-basierte Service soll der AnwenderIn über ein mobiles Endgerät begleiten, ihn aber dadurch nicht im Handlungsspielraum einschränken und ihn an der Ausübung seiner Tätigkeit hindern. Dabei spielt die Verbindung mit der Plattformunabhängigkeit eine Rolle, da das jeweilige Endgerät somit in Eigenverantwortung benutzt wird. Gerade Wearables bieten hierbei neue Potenziale um Arbeitsschritte im Rahmen der Montage oder Inbetriebnahme zu unterstützen und zu optimieren. Ebenfalls gilt es Endgeräte entsprechend der Gegebenheit einer Baustelle auszustatten und auch auszuwählen, da sie wie Teucke et al. (2017) beschreiben „[...] *die rauere Umgebung der Industrie aushalten* [...]“ müssen.

### **Schulungsaufwand**

In Punkto Schulung liegt eine starke Korrelation mit der Usability vor. Wie auch Richter und Flückiger (2016) anmerken, ist es durch eine menschenzentrierte Gestaltung möglich, die Kosten für Schulungen, auf die Bedienung des Systems bezogen, zu reduzieren. Dies bedingt laut Teucke et al. (2017) „[...] *eine ergonomische, einfache und intuitive Bedienbarkeit* [...]“. Das IT-basierte Service soll die Tätigkeit der AnwenderIn erleichtern, dies wiederum fordert eine Akzeptanz gegenüber der neuen Technologie. Durch möglichst schnellen Erfahrungsaufbau und einfache Bedienbarkeit ist es möglich, Ängste gegenüber dem neuen System zu mindern und damit auch die Akzeptanz zu steigern. Gerade beim Einsatz in Kombination mit mobilen Endgeräten oder auch smarten Wearables bietet das IT-basierte Service Unterstützungsmöglichkeiten, von denen ältere und weniger qualifizierte Mitarbeiter profitieren (Teucke et al., 2017).

### **Profitabilität**

Die Profitabilität kann in Bezug auf die Einführung und Nutzung eines neuen IT-basierten Service nicht außer Acht gelassen werden. Neben der Erfüllung der Kundenbedürfnisse und der Integration ins aktuelle Umfeld ist es auch von Nöten, dass die Profitabilität dieses Service gewährleistet werden kann (Ehrenhöfer, Kreuzer, Erhart, & Aschbacher, 2013). Dies entspricht in diesem Fall vor allem die Zeitersparnis in Bezug auf die Tätigkeiten, die im Rahmen des

Rückdokumentationsprozesses anfallen. Durch eine mangel- oder fehlerhafte Technische Dokumentation wird bspw. die Supportqualität gemindert oder auch das Planen und Realisieren von Um- und Zubauten von Maschinen oder Anlagen ungenauer. Um diese Verfehlung korrigieren zu können, bedarf es eines erhöhten Ressourceneinsatzes, welcher mit Kosten verbunden ist. Bei Supportverträgen, die mit einer definierten Reaktions- und Bearbeitungszeit verknüpft sind, ist es fahrlässig auf eine Dokumentation zu setzen, welche nicht den Gegebenheiten vor Ort entspricht. Damit riskiert das Unternehmen mögliche anfallende Strafzahlungen.

### **Arbeits- und Datenschutz**

Das IT-basierte Service wird als Unterstützer im Bereich des Arbeitsschutzes angesehen. Durch die Kombinationen mit mobilen Endgeräten oder Smarten Wearables begleitet dieses die AnwenderIn bei jeder Aktion auf der Baustelle. So ist z.B. möglich durch das Anbringen von Sensoren an der Arbeits- und Schutzkleidung kritische Umgebungsparameter zu erheben oder auch Vitalparameter des Mitarbeiters. Im Falle eines Unfalls ist das Service in der Lage ein akustisches Warnsignal abzugeben oder auch direkt die Ersthelfer zu verständigen (Teucke et al., 2017). Das Assistenzsystem ist dabei gefordert, die ermittelten Daten nur lokal zu verarbeiten, um so einerseits die Datenübertragung schlank zu halten, aber vor allem den Schutz der empfindlichen Daten der AnwenderInnen zu gewährleisten.

## **4.4 Zusammenfassung und Fazit**

Im Inhaltskapitel zum Themengebiet IT-basiertes Service zur Unterstützung der Rückdokumentation während der Montage- und Inbetriebnahmephase wurde zunächst der Begriff Service beschrieben, um in weiterer Folge die Kombinationsmöglichkeit mit dem IT-Aspekt zu definieren. Der Service Begriff bezieht sich im weitesten Sinn auf Aktivitäten, die eine direkte Unterstützung darstellen, und so einen Mehrwert für KundInnen oder NutzerInnen zur Folge haben. Bei einem IT-basierten Service wird der Mehrwert durch die Unterstützung von Informationstechnologien geschaffen. Weiterführend wird das IT-basierte Service selbst als das Werkzeug betrachtet, welches dazu führt, dass die Ausübung Aktivitäten unterstützt und diese dadurch erleichtert werden.

Aufbauend auf die Definition eines IT-basierten Service wurde im vorliegenden Kapitel das Werkzeug zur Rückdokumentationsunterstützung thematisiert. Das Ziel des Einsatzes eines IT-basierten Service ist es, Abweichungen oder Änderungen, die ihm Rahmen der Montagetätigkeit einer Maschine oder Anlage auftreten, effizienter in die Technische Dokumentation rückeinfließen zu lassen. Dadurch soll zum einen die inhaltliche Qualität der Daten für ein digitales Abbild der Maschine oder Anlage und zum anderen die Technische Dokumentation verbessert werden. Damit soll es in weiterer Folge auch möglich sein die Supportqualität zu bessern, da Anfragen schneller behandelt werden können und es keine Verzerrung durch eine mangel- oder fehlerhafte Dokumentation gibt. Unter dem Betrachtungswinkel der Industrie 4.0 Komponente, ist die zur Hilfenahme eines IT-basierten Service à la digitales Assistenzsystem im Bereich der Wartung und Reparatur keine Unbekannte. Im Bereich der Montage und Inbetriebnahme ist dieser Einsatz

nur vereinzelt vorkommend, obwohl einzelne Funktionen, die auf unterschiedliche Fachbereiche verteilt sind, durchaus dafür geeignet sind in Kombinationen als ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung zu fungieren. Im weiteren Verlauf des Kapitels wurden verschiedene Funktionen eines IT-basierten Service beschrieben, die sich in die folgenden drei Kategorien unterteilen lassen: Digitale Assistenzsysteme mit mobilen Endgerät, Wissensmanagement und die Benutzung.

Funktionen des IT-basierten Rückdokumentationsservice sind z.B. das Anfügen von Bilddateien oder Kommentaren an die über das Service erfasste Abweichung. Das IT-basierte Service nutzt hierzu die Kombinationsmöglichkeit mit mobilen Endgeräten, wie z.B. Tablets, Smartphones, oder sogenannten Wearables und baut auf die Responsive Design Technologie auf. Damit ist die AnwenderIn in der Lage, direkt über ein Smartphone eine erkannte Abweichung gegenüber der Technischen Dokumentation zu erfassen, Fotos anzuhängen und in der Rückdokumentations-DB zu speichern. Die Zuordnung erfolgt dabei über die eindeutige Referenzkennzeichnung des betroffenen oder in unmittelbarer Umgebung liegenden Betriebsmittels. Abweichungen oder Änderungen können auch via Redlining Funktionalitäten direkt in der Technischen Dokumentation, oder in einer dafür vorgesehenen Arbeitsschicht verzeichnet werden. Dazu wird das Rückdokumentationsservice als eine Art Documentation-as-a-Service betrieben, die eine aktuelle Version der Technischen Dokumentation führt. Eine weitere wichtige Rolle spielt auch die Hardware, auf der das Service ausgeführt wird. So ist es erforderlich, dass dieses sturz- und stoßfest ausgeführt ist, aber auch das Tragen und Anbringen des mobilen Endgeräts spielt eine Rolle während der Arbeitstätigkeiten im Rahmen der Montage und Inbetriebnahme.

Neben der Beschreibung von ausgewählten Funktionen des Service wurden sowohl die Chancen und Möglichkeiten durch den Einsatz eines solchen IT-basierten Service, als auch die Herausforderungen, die sich damit ergeben, diskutiert. Eine Chance des Einsatzes eines Rückdokumentationsservice ist es z.B. die versteckten Kosten, die in Form von Verzögerung durch inkorrekte Dokumentationsstände während Supportfällen auftreten, zu minimieren. Größte Herausforderung ist es die Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation und der damit verbundenen Erfassung von erkannten Abweichungen oder Änderungen während der Montagezeit vor Ort zu heben. Dies kann z.B. auch in Form von Anreizsystemen durch das Unternehmen erfolgen, um die AnwenderInnen zur aktiven Nutzung oder eben der Rückführung von entstanden Informationen, aus der Montagezeit, zu motivieren.

Resultierend aus der Aufarbeitung in diesem Kapitel lassen sich mögliche Funktionen des IT-basierten Service in folgende drei Themenbereiche ordnen, die auch den chronologischen Ablauf im Umgang mit dem Hilfswerkzeug beschreiben. Diese beschriebenen funktionalen Überbegriffe im Zusammenspiel mit der Hardwarekomponente, welches ein mobiles Endgerät oder ein Smartes Wearable ist, lauten:

1. Erfassen von Abweichungs- und Änderungsdaten
2. Bearbeiten von Abweichungs- und Änderungsdaten
3. Übermitteln von Abweichungs- und Änderungsdaten

Des Weiteren konnten diese neun Kriterien für die weitere Untersuchung und Bewertung des IT-basierten Rückdokumentationsservice identifiziert werden:

- Usability
- Performance
- Funktionalität
- Plattformunabhängig
- Online-/Offline-Modus
- Tragekomfort und Baustellentauglichkeit
- Schulungsaufwand
- Profitabilität
- Arbeits- und Datenschutz

Im anschließenden Kapitel erfolgen die Konzeptionierung, sowie die Durchführung der empirischen Forschungsarbeit im Rahmen dieser Arbeit. Die ermittelten und diskutierten Funktionen und Kriterien des IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung werden im nachfolgenden empirischen Teil der Arbeit weiter eingehend betrachtet.

## 5 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG

*“Wer nicht neugierig ist, erfährt nichts“  
(Johann Wolfgang von Goethe, Schriftsteller)*

Im Rahmen dieser Arbeit werden mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse in Form von Interviews rückdokumentationsbedingte Herausforderungen für Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau ermittelt. Ebenfalls werden funktionale Anforderungen und Kriterien für ein IT-basiertes Service zur Unterstützung der Rückdokumentation behandelt. Auf Basis der Interviewanalyse wird eine Quantitative Befragung durchgeführt. Hierbei fließen Erkenntnisse aus den Interviews, sowie aus der Literaturbearbeitung ein, um Anforderungen und Kriterien für ein IT-basiertes Service zu quantifizieren. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird die Herangehensweise beschrieben und die Ergebnisse dargestellt.

### 5.1 Konzeptionierung des Forschungsprozesses

Ziel dieses Abschnittes ist es, das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit zu erläutern. Unter Zuhilfenahme empirischer Methoden, Techniken und Instrumenten werden unter dem wissenschaftlichen Aspekt Untersuchungen von sozialen Phänomenen und Individuen durchgeführt. Dieses Konstrukt wird als Empirische Sozialforschung verstanden (Häder, 2015).

In der empirischen Sozialforschung wird vorrangig zwischen zwei Methoden unterschieden, die sich in qualitative und quantitative Methoden einteilen lassen. Der Autor Philipp Mayring (2015) grenzt die beiden Begrifflichkeiten folgendermaßen voneinander ab:

*„Sobald Zahlbegriffe und deren In-Beziehung-Setzen durch mathematische Operationen bei der Erhebung oder Auswertung verwendet werden, sei von quantitativer Analyse zu sprechen, in allen anderen Fällen von qualitativer Analyse.“*

Gläser und Laudel (2010) unterscheiden die beiden Methoden auf Basis der Beschreibung des Sachverhalts der Ergebnisse durch den Einsatz dieser. Die qualitative Methode beruht dabei *„[...] auf der Interpretation sozialer Sachverhalte, die in einer verbalen Beschreibung dieser Sachverhalte resultiert“* (Gläser & Laudel, 2010). Während die quantitative Methode auf *„[...] einer Interpretation sozialer Sachverhalte, die in der Beschreibung dieser Sachverhalte durch Zahlen resultiert“* beruht (Gläser & Laudel, 2010). Beide Methoden können getrennt voneinander angewandt werden, jedoch ist eine Kombination ein gern gesehener Aufbau für das Forschungsdesign in der empirischen Sozialforschung.

Durch die Kombination von qualitativen und quantitativen Daten besteht eine erhöhte Chance ein komplexes Phänomen exakter erklären zu können. Weshalb auch der Einsatz des Methoden-Mix laut Bhattacharjee (2012) wünschenswert ist. Durch die Kombination und den Einsatz der einzelnen Methoden ergeben sich unterschiedliche Modellmuster. Drei dieser Kombinationen nennen sich (Prein, Kelle, & Kluge, 1993):

- Phasenmodell der Methodenintegration:

Die qualitative Methode dient zur Hypothesengenerierung, während die quantitative Methode zur Methodenprüfung herangezogen wird. Eine chronologische Verbindung der beiden Methoden ist unabdingbar (Prein et al., 1993).

- Konvergenzmodell:

Bei diesem Modell werden die beiden Methoden dazu benutzt, um die dadurch erhobenen Daten gegenseitig zu validieren, wobei beide Seiten als gültig angesehen werden. Somit ist keine chronologische Bedingung daran geknüpft (Prein et al., 1993).

- Komplementaritätsmodell:

Eine gegenseitige Validierung der erhobenen Daten ist bei diesem Modell nicht möglich, da die beiden Methoden unterschiedliche Bereiche bedienen. Es ist lediglich möglich, dass sich einzelne oder spezifische Teile gegenseitig ergänzen können (Prein et al., 1993).

Mayring (2001) beschreibt in seiner Forschung vier Modelle, die ähnlich den vorherigen Modellen sind. Diese Modelle tragen folgende Bezeichnungen:

- Vorstudienmodell:

Dies beschreibt ein stärker ausgeprägtes quantitatives Vorgehen, da die qualitative Komponente in erster Linie für die Hypothesengewinnung oder die Ermittlung für Kriterien für eine folgende Befragung verwendet wird und die quantitative zur Überprüfung der ersten Erkenntnisse (Mayring, 2001).

- Verallgemeinerungsmodell:

Chronologisch geprägtes Vorgehen, das von der qualitativen Methode zur quantitativen übergeht. Die qualitative Methode wird bei diesem Modell vollständig durchgeführt und ausgewertet. Erst im Anschluss wird die quantitative Methode angewandt (Mayring, 2001).

- Vertiefungsmodell:

Das Vertiefungsmodell versteht sich invers zum Verallgemeinerungsmodell. Hier wird von einer großen Stichprobe von der quantitativen Methode ausgehend, eine Vertiefung bzw. Interpretation durch eine qualitative Methode realisiert (Mayring, 2001).

- Triangulationsmodell:

Das Triangulationsmodell beschreibt das komplexeste Modell. Hier wird das Untersuchungsobjekt mit unterschiedlichen Methoden konfrontiert. Nicht das Feststellen des richtigen Analysewerkzeugs steht im Vordergrund, sondern dass sich die Ergebnisse gegenseitig stärken und bestätigen (Mayring, 2001).

Der Autor Anol Bhattacharjee (2012) ist in Bezug auf eine Kombination von qualitativen und quantitativen Methoden im Forschungsdesign folgender Ansicht: *„Irrespective of the specific research design employed, the goal of the researcher should be to collect as much and as diverse*

*data as possible that can help generate the best possible insights about the phenomenon of interest.*“

Im Rahmen dieser Arbeit wird das von Mayring (2001) als Verallgemeinerung beschriebene Modell, welches sich von der Systematik mit dem von Prein et al. (1993) diskutierten Phasenmodell deckt, eingesetzt. Hierzu werden in der vorangehenden qualitativen Methode Experteninterviews durchgeführt. Nach der Inhaltsanalyse wird auf Basis dieser Erkenntnisse und der theoretischen Aufarbeitung des Themas die Hypothesengenerierung durchgeführt. Im Anschluss wird ein quantitativer Methodenansatz realisiert, um so eine größere Stichprobe abdecken zu können. Die Durchführung erfolgt mit Hilfe einer Online-Befragung. In Abbildung 5-1 wird das Forschungsdesign und die Kombination, mit der chronologischen Abhängigkeit, der einzelnen Methoden dargestellt.

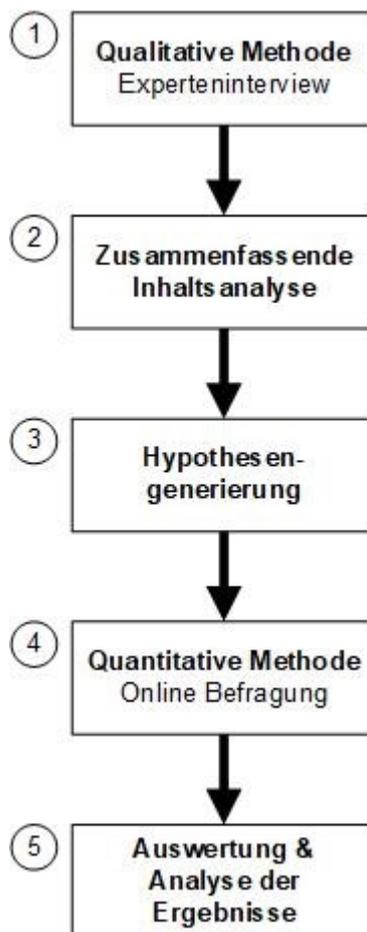


Abbildung 5-1: Forschungsdesign und Methodenkombination der Arbeit

Die Auswertung und Analyse der Ergebnisse der Arbeit erfolgen auf Basis der Daten aus beiden Methodenansätzen. Mayring (2015) beschreibt diese Verkettung, siehe Abbildung 5-2, der Analysen wie folgt: „Von der Qualität zur Quantität und wieder zur Qualität.“ Es gilt Ergebnisse aus einer quantitativen Datenerhebung einer qualitativen Analyse zu unterziehen, damit die resultierenden Zahlenwerte interpretiert werden.



Abbildung 5-2: Phasenmodell qualitativer und quantitativer Analyse vgl. Mayring (2015)

Zur Analyse der qualitativen Methode, bei der es sich um leitfadengestützte Experteninterviews handelt, wird die zusammenfassende Inhaltsanalyse angewandt. Damit wird das Ausgangsmaterial auf die für die Arbeit relevanten Inhalte reduziert. Dieses Vorgehen ist ein dreistufiges Verfahren, das sich aus paraphrasieren, generalisieren und reduzieren zusammensetzt. Die Paraphrasierung dient dazu, um nicht inhaltsrelevante Antwortbestandteile zu entfernen, die Generalisierung hebt die aus der ersten Stufe entstandenen Texte auf eine gemeinsame Abstraktionsebene und die Reduktion streicht Paraphrasen, die nicht benötigt werden (Mayring, 2015). Eine Transkription ist laut Stertkamp und Schüler (2014) nicht zwingend erforderlich, die Auswertung muss lediglich dicht an den Ausgangsdaten erfolgen. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf eine vollständige Transkription für die Analyse verzichtet. Basierend auf den Audioaufzeichnungen und Mitschriften während der Interviews werden die Antworten generalisiert, um so eine zusammenfassende Aussage zu den einzelnen Themenblöcken treffen zu können. Die generalisierten Interviews sind aus Anhang C der Arbeit zu entnehmen.

Die quantitative Methode der vorliegenden Arbeit wird mit Hilfe eines Online-Fragebogens realisiert. Hierzu werden die Erkenntnisse aus den Interviews, wie auch aus der Theorieaufarbeitung herangezogen, um Fragen zu bilden, die eine Wertung möglicher Funktionen des IT-basierten Service darstellen, sowie eine Reihung der Wichtigkeit der Kriterien für das Rückdokumentationsservice. Ziel ist es, damit die nach der qualitativen Methode abgeleitete Hypothese durch eine größere Stichprobe zu überprüfen. Die Auswertung des Fragebogens erfolgt im nachfolgenden Kapitel 6.

## 5.2 Zusammenfassende Inhaltsanalyse der Experteninterviews

Dieser Abschnitt behandelt die ersten drei Teile der Empirischen Untersuchung, siehe Abbildung 5-1, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt werden. Dies umfasst die Befragung von Experten mittels einem Interviewleitfaden. Zu Beginn werden verschiedene in der Literatur bekannte Interviewarten betrachtet, um so die Wahl des Interviewtyps zu begründen. Im Anschluss werden die Interviewten vorgestellt, der Ablauf des Interviews beschrieben und die Ableitungen aus den Befragungen präsentiert. Abschluss dieses Abschnittes ist die Hypothesenbildung, welche neben der Forschungsfrage, mit der quantitativen Methode im nächsten Abschnitt behandelt wird.

### 5.2.1 Interviewarten im Überblick

Dieser Abschnitt dient dazu, einen Überblick über verschiedene Arten von Interviewtypen zu erlangen. Die unterschiedlichen Methodenansätze zu Befragungen werden dazu kurz erläutert und so die Basis für die Auswahl eines Typs für den ersten Teil der empirischen Forschung.

Interviews lassen sich in mehrere verschiedene Kriterien einordnen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt die Einordnung der Befragungsmethoden mittels drei Kategorien. Diese lauten wie folgt (Mey & Mruck, 2011):

- Narrative Interviews:

Dies beschreibt eine Variante, die im Regelfall weitgehend auf Leitfadenunterstützung verzichtet. Es wird lediglich auf die Unterteilung in drei Phasen Eröffnung, Nachfrageteil und Bilanzierung während der Durchführung geachtet. Wesentlicher Punkt bei Narrativen Interviews ist es, eine entsprechende Eröffnungsfrage zu stellen, die das Interview zu einer Art Stegreiferzählung entwickelt. Der Interviewer konzentriert sich dabei auf das Zuhören. Erst im Nachfrageteil wird auf Themen vertieft durch weitere Fragen eingegangen. Die Fragen sind dabei durch die Erzählungen des Interviewten entstanden. Erst mit Abschluss der Erzählung und der Vertiefung oder Förderung zur vermehrten Erzählungen kommt es zur Bilanzierung durch den Interviewer. Dies beschreibt eine aktivere Rolle und striktere Gesprächsgestaltung. Es wird dadurch eine alltagsnähere Situation zwischen Interviewer und Interviewten geschaffen (Mey & Mruck, 2011).

- Diskursiv-dialogische Interviews:

Hierbei handelt es sich um eine problemzentrierte Interviewart. Ähnlich dem narrativen Interview wird auf den Erzählbogen des Interviewten aufgebaut, jedoch wird bereits in den Erzählungen mit Fragen und Kommentaren eingegriffen. Damit entsteht bereits während den Erzählungen ein Dialog zwischen Interviewer und Interviewten. Der Einsatz eines Leitfadens ist nicht zwingend erforderlich, unterstützt den Interviewer jedoch bei der Strukturierung des Gesprächs. Sogenannte Leitfragen sorgen dafür, dass ein Gespräch in einem abgesteckten Scope bleibt und der Interviewte nicht abschweift. Interviewarten, die unter die Kategorie diskursiv-dialogisch fallen, sind bspw. Episodische, Themenzentrierte, Fokussierte oder auch Biographische Interviews (Mey & Mruck, 2011).

- Experteninterviews:

Das Experteninterview ist eine akteurspezifische Befragung. Die Biographie des Interviewten rückt bei diesem Typ in den Hintergrund. Entscheidend für den Inhalt des Interviews ist das themenspezifische Wissen des Befragten, welches für das Interview vorausgesetzt wird. Genau dies ist auch die Schwierigkeit bei diesem Typ von Interview, da es keine allgemeingültige Definition dafür gibt was einen Experten auszeichnet. Experteninterviews werden als leitfadenbasiertes Interview angesehen, bei dem gezielte Fragen gestellt werden (Mey & Mruck, 2011).

Laut Mey und Mruck (2011) ist eine Kombination verschiedene Elemente möglich, wenn dies für die Befragung notwendig ist. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Befragungsart Experteninterview ausgewählt. Ziel ist es dabei, mittels Leitfadenunterstützung Personen mit spezifischen Domänenwissen oder bestimmter Expertise zu befragen. Wie bereits erwähnt, gibt es keine allgemeingültige Definition für Expertenwissen. Laut dem Gabler Wirtschaftslexikon (2017) wird der Begriff Expertise folgendermaßen definiert: *„Kenntnisse und intellektuelle Fähigkeiten einzelner Personen, deren Leistung auf einem bestimmten Fachgebiet weit über dem*

*Durchschnitt liegen. Expertenwissen besteht i.d.R. aus sehr großen Informationsmengen in Verbindung mit Vereinfachungen, wenig bekannten Fakten, Faustregeln und klugen Verfahrensweisen (Heuristiken), die eine effiziente Problemlösung (in diesem Gebiet) ermöglichen.“*

Die Autoren Gläser und Laudel (2010) beschreiben einen Experten im Kontext des Experteninterviews als „[...] die spezifische Rolle des Interviewpartners als Quelle von Spezialwissen über die zu erforschenden sozialen Sachverhalte. Experteninterviews sind eine Methode, dieses Wissen zu erschließen.“ Zweck von Experteninterviews ist es, dem Interviewer „[...] das besondere Wissen der in die Situationen und Prozesse involvierten Menschen zugänglich zu machen.“ (Gläser & Laudel, 2010)

Vorteil des Experteninterviews ist es, dass durch die Strukturierung und dem Leitfaden, aber auch dem abgegrenzten Themenbereich des Interviews selbst, das Risiko des Abschweifens des Interviewten bei der Beantwortung verringert werden kann (Oehlrich, 2015). Im Rahmen der ersten Methode werden leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt.

## **5.2.2 Teilnehmer der Experteninterviews**

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei unterschiedliche leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt. Die Aufteilung ergibt sich dabei aufgrund der Expertise der interviewten Personen. Für die Durchführung der Befragungen der Experten mit unterschiedlichen Domänenwissen wurden ebenfalls zwei differente Leitfäden mit unterschiedlichen Fragen entwickelt. Aufgeteilt wurden die Experten auf Basis ihrer beruflichen Erfahrung und der jeweiligen Expertise in diese zwei Kategorien:

- Customer Service
- Montage oder Inbetriebnahme

Der Grund für eine Aufteilung ist, dass einerseits die Problemstellung durch eine mangel- oder fehlerhafte Rückdokumentation konkreter dargelegt werden kann, andererseits kann dieser in der Literatur zum Teil nur wenig beachtete Aspekt betrachtet werden. Dazu werden die Interviews mit Experten aus dem Bereich Customer Service durchgeführt. Wie in Abschnitt 4.2.2 thematisiert, fungiert das Customer Service als einer der Leidtragenden einer unvollständigen Dokumentation, aber auch als Nutznießer bei korrekter Realisierung des Prozesses. Für die zweite Gruppe werden Experten aus dem Montage und Inbetriebnahme Kontext herangezogen, um den Prozess der Rückdokumentation auf der Baustelle zu betrachten und mögliche Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Unterstützung vor Ort befragt.

Die Interviews wurden anonym durchgeführt. Für eine bessere Übersicht werden die Experten mit einer Kennung versehen, die eine Zuordnung zur jeweiligen Domäne erkennen lässt. Experten mit Customer Service Bezug werden zusätzlich mit einem „C“ gekennzeichnet und Montage oder Inbetriebnahme Experten mit einem „M“. Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes werden die Interviewpartner kurz vorgestellt. Dabei wird in erster Linie auf die Position und den Tätigkeitsbereich im Unternehmen eingegangen.

Interviewpartner EC1 ist eine männliche Person, welche im Customer Service Bereich in der Position als Teamleiter des „2nd Level SPS Technischer Support“ tätig ist. Das Unternehmen in welchem die Person beschäftigt ist, ist in der Anlagenbaubranche beheimatet. Das Aufgabengebiet der Person EC1 umfasst die Teamplanung, Schichtplanung, Ausbildung von neuen Mitarbeitern, sowie die Weitergabe von Expertenwissen. Neben den Planungstätigkeiten in der leitenden Funktion, werden nach wie vor ausgewählte Kundenprojekte von der Person unterstützt und Kleinprojekte realisiert, die als Change Request geführt werden.

Interviewpartner EC2 ist eine männliche Person, welche als Teamleiter im Kundenservice für den Fachbereich Steuerung und Elektrik tätig ist. Das Unternehmen ist in der Anlagenbaubranche geführt. Aufgaben in der Position von EC2 sind das Führen der technischen Kundenhotline, die dabei unterstützt, Fehler in der Verkabelung und Steuerung der Anlagen zu finden. Spezielle Supportfälle werden von der Person selbst behandelt, welche vor allem den Erfahrungsschatz dieser benötigen.

Interviewpartner EC3 ist eine männliche Person, die im Customer Service tätig ist und dort im Bereich „Sales and Realization“ eines Sondermaschinenbau Unternehmens eingesetzt ist. Das Aufgabengebiet erstreckt sich dabei von der Supportbetreuung, dem Vertrieb, bis hin zur Projektierung von Kleinstprojekten zur Optimierung bestehender Maschinen. Die Kundenbetreuung basiert dabei auf einem Key Account Management.

Interviewpartner EM1 ist eine männliche Person, welche aktuell im Engineering Bereich eines Unternehmens der Anlagenbaubranche tätig ist. Dieser verfügt jedoch über mehrjährige Erfahrung in Bezug auf Montagetätigkeiten, was er als Elektromontageleiter ausgeübt hat. Aufgaben des Elektromontageleiters sind die Koordination des Montageteams auf der Baustelle, sowie die Verteilung von Arbeitspaketen.

Interviewpartner EM2 ist eine männliche Person. Seine aktuelle Jobbeschreibung nennt sich Service Engineer, er ist in einem Unternehmen in der Maschinenbaubranche tätig. Die Aufgaben von EM2 befinden sich im Ausland bei KundInnen vor Ort und umfassen unter anderem die Installation, die Inbetriebnahme, die Realisierung von Modifikationen und Durchführung von Reparaturen.

Interviewpartner EM3 ist eine männliche Person, die als Gruppenleiter der Montagebetreuer in einem Anlagenbauunternehmen angestellt ist. Tätigkeiten als Gruppenleiter umfassen die Ressourcenplanung, die Erstellung von Kalkulation und Aufwandsabschätzungen rund um die Montagetätigkeiten, das Schreiben von Umbaukonzepten, sowie das fungieren als Ansprechperson für Montageleiter auf den Baustellen.

Interviewpartner EM4 ist eine männliche Person, welche als Montagebetreuer in der Anlagebaubranche tätig ist. Das Erstellen von Zeitplänen, Sicherstellen von Materialnachschieben und Ermitteln von Ablaufverbesserung gehören zu den Aufgaben von EM4. Ebenfalls werden auch unter Umständen kleine Montageeinsätze und Qualitätskontrollen auf den Baustellen durchgeführt.

Die nachfolgende Tabelle 5-1 listet nochmals alle Interviewpartner mit Kennung auf, die als Experten für die durchgeführten Interviews fungiert haben.

Kennung	Bereich	Position	Branche
EC1	Customer Service	Teamleitung 2nd Level SPS Technischer Support	Anlagenbau
EC2	Customer Service	Teamleiter Kundenservice Steuerung und Elektrik	Anlagenbau
EC3	Customer Service	Customer Service im Bereich Sales and Realization	Maschinenbau
EM1	Montage/ Inbetriebnahme	Electrical Engineer	Anlagenbau
EM2	Montage/ Inbetriebnahme	Service Engineer	Maschinenbau
EM3	Montage/ Inbetriebnahme	Gruppenleiter Montagebetreuung	Anlagenbau
EM4	Montage/ Inbetriebnahme	Montagebetreuer	Anlagenbau

Tabelle 5-1: Teilnehmer an den Experteninterviews

### 5.2.3 Aufbau der Experteninterviews

Die Expertenbefragungen fanden entweder in Räumlichkeiten der jeweiligen Unternehmen statt, oder wurden aufgrund von Montage- oder Inbetriebnahmetätigkeiten per Skype durchgeführt. Zu Beginn jeder Befragung wurde der Interviewte über den Vorgang aufgeklärt und nochmals über die vereinbarte Anonym-Haltung informiert. Im Anschluss wurde ein grober Überblick über die Arbeit und deren Zielsetzung gegeben, sowie die Motivation des Autors zu dieser Arbeit dargelegt. Nach der Bestätigung des Interviewten, dass die Audioaufzeichnung der Befragung für diesen in Ordnung ist, wurde diese gestartet.

Die Befragung wurde jeweils mit Hilfe des entsprechenden Leitfadens durchgeführt, je nach Expertise des Interviewten entweder auf Customer Service oder Montage bezogen. Aufgrund der frühen Phase der Bearbeitung des Themas der Rückdokumentation im Maschinen- und Anlagenbau wird auf eine exakte Herleitung der Fragen aus der Literatur verzichtet. Die Fragen ergeben sich dennoch zum einen aus der theoretischen Auseinandersetzung und zum anderen dadurch, dass das Thema Rückdokumentation selbst in der Literatur nur ein bedingtes Vorkommen aufweist. Somit werden einige Fragen bewusst dazu genutzt um neue Erkenntnisse zu gewinnen, während andere zur Vertiefung des Themas dienen.

Die ersten Fragen im Interview dienen jeweils dazu, einen Überblick über die Tätigkeit der interviewten Person zu erhalten und spielen damit für die Auswertung direkt keine Rolle. Die weiteren Fragen im Leitfaden unterscheiden sich jeweils nach der Expertise des Interviewten und sind nach Schwerpunkten gegliedert. Der Leitfaden für Customer Service Experten gliedert sich in folgende Themenblöcke:

- Dokumente im Supportfall
- Abweichung in der Dokumentation

- Prozess zur Abweichungsbehebung
- Ausblick in die Zukunft

Ziel der Befragung ist es, den Stand und die Auswirkungen einer mangel- oder fehlerhaften Technischen Dokumentation auf die Customer Service Prozesse zu erheben. Damit werden die Auswirkungen einer inkorrekten oder nicht vorhandenen Rückdokumentationskette in der Praxis erhoben.

Der Interviewleitfaden für Montage- und Inbetriebnahmepersonal beinhaltet Fragen, die sich mit diesen Themenschwerpunkten befassen:

- Dokumente vor Ort
- Abweichung
- Rückdokumentation
- IT-basiertes Service
- Ausblick in die Zukunft

Mit diesen Experteninterviews wird zum einen der aktuelle Stand der Rückdokumentations-tätigkeiten auf der Baustelle erhoben und zum anderen die Anforderungen für ein IT-basiertes Service diskutiert.

In Anhang A wird der verwendete Leitfaden für das Interview mit Customer Service Mitarbeitern dargestellt und in Anhang B der Leitfaden für die Expertenbefragungen mit Personen im Montage- oder Inbetriebnahmeumfeld. Der Ablauf der Befragung ist flexibel gestaltet und richtet sich nach der Erzählung des Interviewten.

#### **5.2.4 Auswertung der Experteninterviews**

Die durchgeführten Experteninterviews werden in Anlehnung an das Verfahren von Mayring, siehe Abbildung 5-3, analysiert. Durch den Vorstudiencharakter wird bei der Auswertung der Interviews auf eine vollständige Transkription verzichtet. Die für die Analyse relevanten Passagen in den Interviews werden zwar nicht textuell paraphrasiert, jedoch gesammelt und im Anschluss sofort generalisiert und reduziert, um so zu den einzelnen Themenblöcken eine zusammenfassende Aussage tätigen zu können. Die Generalisierung und Reduktion der Experteninterviews ist in Anhang C jeweils für die Customer Service und Montage ersichtlich. Im weiteren Verlauf dieses Abschnitts wird eine freie Interpretation auf Basis der Reduktionen der Aussagen während der Befragung, welche aufgezeichnet wurden, durchgeführt. Hierzu wird jeweils das Ziel des einzelnen Themenblocks beschrieben und im Anschluss sofort basierend auf die zusammenfassende Inhaltsanalyse die Ergebnisse sowie Erkenntnisse dargelegt.

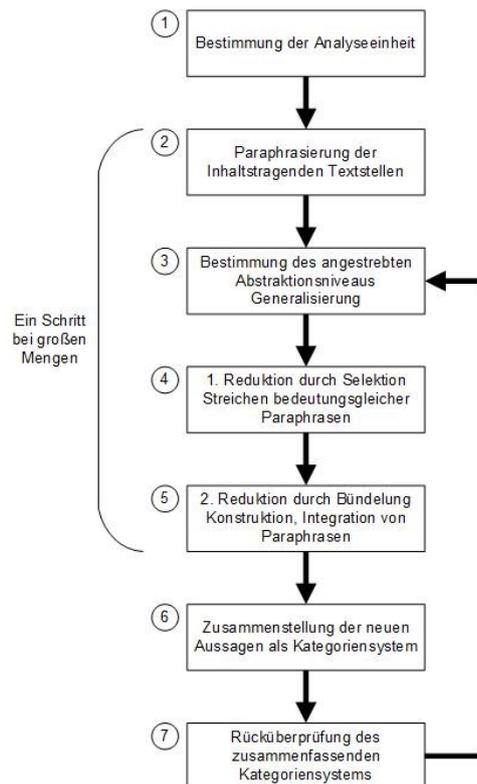


Abbildung 5-3: Ablaufmodell der zusammenfassenden Inhaltsanalyse vgl. Mayring (2015)

### 5.2.4.1 Customer Service Interviews

Die durchgeführten Interviews mit den Experten (n = 3) im Bereich Customer Service, aus jeweils unterschiedlichen Unternehmen, dienen dazu die aktuelle Situation zu erheben, was es bedeutet wenn die Technische Dokumentation nicht den Gegebenheiten der Schilderungen der KundInnen entsprechen. Es wird dabei in weiterer Folge von einer Abweichung gesprochen, welche dann eintritt, wenn die Ist-Situation einer Maschine oder Anlage nicht dem Datenstand der Technischen Dokumentation entspricht. Um die Interviews analysieren zu können, wurden die Fragen in Themenblöcke aufgeteilt. Im weiteren Verlauf wird geschildert, was der Inhalt und Ziel des jeweiligen Blocks ist und im Anschluss eine inhaltliche Zusammenfassung der Expertenantworten beschrieben.

#### Themenblock: Dokumente im Supportfall

##### Ziel des Themenblocks:

Mit den Fragen in diesem Block wird erhoben, welche unterschiedlichen Dokumentenarten und Werkzeuge für die Behebung eines Störfalls benötigt werden. Damit wird ein Überblick geschaffen, in welchem Umfang die Technische Dokumentation im Supportprozess verankert ist. Dies dient dazu, den Stellenwert einer ordnungsgemäßen und vollständig realisierten Rückdokumentation weiter zu erörtern. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-1 des Anhang C ersichtlich.

### Ergebnis des Themenblocks:

Die Dokumentation spielt beim Supportfall Behebung nur eine sekundäre Rolle, vorausgesetzt, diese ist fehlerfrei und weicht im störungsbehafteten Anlagenteil nicht von den Schilderungen der KundInnen ab. Ausschlaggebend für die Dauer einer Behebung ist zum einem der Fehlerfall selbst, aber zum anderen der Gegenpart zum Customer Service bei KundInnen, z.B. verfügt dieser über die notwendigen technischen Kenntnisse um den Störfall entsprechend beschreiben zu können. Ist kein Dokumentationsfehler vorhanden, dann ist es in der Regel möglich, die Störfälle in den definierten Zeiträumen zu behandeln. Dokumente, die im Regelfall für die Störfallbehebung verwendet werden, sind: Elektropläne, mechanische Zeichnungen, SPS-Programme, Bedienungsanleitungen, Übersichten, alte Störfallaufzeichnungen und ein ERP-System

### **Themenblock: Abweichung in der Dokumentation**

#### Ziel des Themenblocks:

Durch die Fragen in diesem Themenblock wird die Häufigkeit der Abweichungen abgefragt, der Umgang mit dadurch entstandenen Workarounds, sowie auch der Umgang mit KundInnen während der Situation, dass die Technische Dokumentation einer Maschine oder Anlage nicht korrekt ist. Es handelt sich bei diesem Fragenblock nicht nur um den größten Teil des Interviews, sondern es werden hier auch der inhaltliche Schwerpunkt und das Ziel dieser Experteninterviews diskutiert. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-2 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Die Schätzung des Auftretens einer Abweichung in der Technischen Dokumentation ist generell schwierig zu handhaben, jedoch ergab sich bei der Befragung eine Spanne von 50-80 Prozent. Dies ist weitaus höher als erwartet und es ist schwierig einzuordnen, wie korrekt diese Angaben sind. Die häufigsten Gründe für eine Verzögerung der Störfallbehebung im Zusammenhang mit einer fehlerbehafteten Dokumentation sind Verkabelungsschemen in der Elektrodokumentation oder auch, dass Teile aufgrund der Gegebenheiten anders aufgebaut werden mussten. Verzögerungen entstehen laut Angabe auch dadurch, wenn Bauteile nachträglich nicht mit einem Betriebsmittelkennzeichen versehen wurden, oder Änderungen inzwischen durch Dritte durchgeführt wurden. Eine geschätzte Verzögerungszeit ist wiederum schwer pauschal zu ermitteln, die Schätzungen der Befragten belaufen zwischen einer Stunde und bis hin zu 300% Mehraufwand. Bei Customer Service Projekten, dies sind kleinere Umbauten die als Change Request deklariert sind, kann eine mangelhafte Dokumentation dazu führen, dass diese um 6-10 Wochen verzögert werden.

Laut Angaben wird die Dokumentation pro Umbauschritt ungenauer und fehlerbehafteter. Die Auswirkungen einer mangelhaften Rückdokumentation führen laut den Interviewten zum Teil soweit, dass die KundIn die Verkabelung selbst überprüfen muss und diese dem Customer Service Mitarbeiter rückmeldet, oder dass auch eine Anreise notwendig ist. Dieses „Trail and Error“ Vorgehen führt zu Kosten für das Unternehmen, aber auch zum Entstehen von Konfliktpotentialen in der Zusammenarbeit mit KundInnen. Ein weiterer Punkt, durch den Kosten

entstehen, ist, dass es zu Fehllieferung bei Ersatzteilen kommt, wenn die Änderungen auf der Baustelle nicht ordnungsgemäß rückdokumentiert wurden.

### **Themenblock: Prozess zur Abweichungsbehebung**

#### Ziel des Themenblocks:

Hier wird das Vorgehen der unterschiedlichen Unternehmen der Experten beschrieben, was gemacht werden muss, wenn eine Abweichung gegenüber der Technischen Dokumentation erkannt wird. Grund für diesen Prozess ist es, zu erkennen, ob Abweichungen nicht wiederkehren und zu erneuten Verzögerungen in der Supportfallbehebung führen. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-3 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Das Vorgehen mit im Customer Service erkannten Abweichungen ist in allen Unternehmen gleich. Die Änderungen werden der jeweiligen Fachabteilung mitgeteilt und müssen dann durch diese in die Technische Dokumentation eingepflegt werden. In einem Unternehmen ist es der Fall, dass bei ausgewählten Projekten im Vorfeld ein Soll-Ist Abgleich vor Ort durchgeführt wird, wenn eine Erweiterung der Maschine oder Anlage angekündigt ist. Dies erfolgt wiederum durch die Fachabteilungen.

### **Themenblock: Ausblick in die Zukunft**

#### Ziel des Themenblocks:

Ziel dieser Fragen ist es, mögliche Zukunftsmaßnahmen, die aus der Sicht der Interviewten getroffen werden können, zu erfassen. Dabei werden auch Aspekte von Industrie 4.0 beachtet. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-4 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Chancen für eine Verbesserung des Dokumentationswesens im Customer Service Bereich sehen die Befragten vor allem durch eine Änderung in der Änderungsprozessabwicklung. Damit ist gemeint, dass der Prozess der Rückdokumentation und die Einpflege der ermittelten Abweichung anders realisiert werden muss. Eine weitere Chance ist der Aufbau einer Plattform die den Ist-Stand einer Anlage abbilden, die auch KundInnen zugänglich ist und Änderungen durch Dritte ermöglicht. In Punkto I4.0 haben alle drei Unternehmen eigene Projektteams, die sich mit speziellen Industrie 4.0 Themen auseinandersetzen, jedoch befinden sich diese zum Teil noch im Anfangsstadium.

### **5.2.4.2 Montage und Inbetriebnahme Interviews**

Die zweite Gruppe der Experteninterviews wurde mit Personen (n = 4) im Montage- und Inbetriebnahme-Kontext durchgeführt. Ziel der Interviews ist es, zum einen die Ist-Situation mit den aktuellen Problemstellungen zum Thema Rückdokumentation auf der Baustelle zu erheben, und zum anderen mögliche Anforderungen aus Sicht der potentiellen BenutzerInnen abzufragen. Wiederum werden die Fragen definierten Themenblöcken zugeordnet.

### **Themenblock: Dokumente vor Ort**

#### Ziel des Themenblocks:

Damit werden Dokumente, die von den Interviewten während der Montage und Inbetriebnahme zum Einsatz kommen, abgefragt. Eine Rolle spielt dabei nicht nur die Art der Dokumente, sondern auch das Format in dem diese übergeben werden. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-5 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Die Auswahl der Dokumente, die dem Montagepersonal auf der Baustelle zur Verfügung steht, bietet ein weites Spektrum an. Da dem Monteur einerseits alle verfügbaren Dokumente zu einer Anlage oder Auftrag bereitgestellt werden, bis andererseits nur ausgewählte Dokumente, die eigens für die Zeit auf der Baustelle erstellt werden. Hier kann in den befragten Unternehmen nochmals unterschieden werden, ob nur eine leitende Person auf der Baustelle über eine Dokumentenhoheit verfügt, oder alle in der Montage beteiligten Personen mit einem eigenen Dokumentensatz ausgestattet sind. In ersteren, wo nur der sogenannte Montageleiter über die für die Montage notwendigen Dokumente verfügt, erfolgt durch diesen eine bedarfsorientierte Verteilung an weitere Baustellenbeteiligte. Das Format der Montagedokumente kommt auf die Art des Dokuments und ob nur der Montageleiter über die Dokumente verfügt an, es ergibt sich eine Mischung aus Dokumenten in Papier und Digital.

### **Themenblock: Abweichung**

#### Ziel des Themenblocks:

Mit diesem Themenblock wird behandelt, wie Abweichungen erkannt werden, wie oft diese vorkommen, welche Auswirkungen diese haben und wie ein Vorgehen aussieht, wenn diese erkannt werden. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-6 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Laut Angaben der Befragten gibt es keine Anlage, die nicht über Abweichungen gegenüber der Dokumentation verfügt. Jedoch ist eine Abschätzung bezüglich der Häufigkeit viel zu komplex, um hier eine fundierte Aussage treffen zu können. Vorsichtige Schätzungen belaufen zwischen 5 und 10% bei Standard Maschinen oder Anlagen und 10 bis 30% ist die geschätzte Anzahl an Abweichungen beim Erstaufbau von Neuentwicklungen. Ebenfalls sind Zukaufprodukte und -gewerke schwieriger zu integrieren, da hier zum Teil in der Planung die Informationen fehlen und so das Montagepersonal als erstes damit konfrontiert wird. Worüber sich die Befragten wiederum einig waren ist, dass Maschinen und Anlagen mit einer Mehrzahl an Umbauschritten stärker betroffen sind. Als Grund dafür wird der Faktor Mensch in der Kette der Rück-dokumentation angesehen.

Dies kann dadurch bedingt sein, dass es einen Mangel an Richtlinien zur Durchführung der Rückdokumentationen in den Unternehmen gibt. Das Montagepersonal ist dafür verantwortlich, dass Abweichungen erfasst werden, dass einpflegen in die Technische Dokumentation wird dann

entweder direkt durch den Entdecker der Abweichung durchgeführt, oder an den jeweiligen Montageleiter übergeben.

Bei vor allem größeren Abweichungen oder Veränderungen gegenüber dem Geplanten auf der Baustelle wird zusätzliches Material benötigt, welches entweder im Reservematerial enthalten ist oder extra beschafft werden muss. Dabei können Nachlieferungen aus dem Unternehmen aufgrund großer Distanzen oder auch Zollbestimmungen sehr kostspielig werden.

### **Themenblock: Rückdokumentation**

#### Ziel des Themenblocks:

Hier wird die Ist-Situation zum Thema Rückdokumentation auf der Baustelle erhoben. Das dient dazu, dass zum einen bereits in der Theorie Diskutierte zu prüfen und zu verdichten und zum anderen, um weitere detaillierte Erkenntnisse zu gewinnen. Wenn Abweichungen gegenüber der Technischen Dokumentation erkannt wurden, wie diese nach aktuellem Stand erfasst werden, ist der zentrale Fokus in diesem Frageblock. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-7 des Anhang C ersichtlich.

#### Ergebnis des Themenblocks:

Eine schnelle Notiz mit Stift und Papier durch den Entdecker einer Abweichung ist der bei allen Befragten die gängige Vorgehensweise. Dabei unterscheidet sich wiederum, ob die Notiz direkt in der Montagedokumentation erfolgt, oder diese zunächst gesammelt werden. So ist ein Einpflegen aller Änderungen am Ende des Montageaufenthalts vor Ort eine gängige Vorgehensweise. Hierzu ist laut den Befragten bei Maschinen und Anlagen mittlerer Größe des jeweiligen Unternehmens, zwischen drei und fünf Tage der Zeit vor Ort für die Dokumentationsarbeit reserviert. Durch die nicht direkte Einpflege ergibt sich laut Angaben die Gefahr, dass Informationen zu Abweichungen verloren gehen, bevor diese zum Ende der Baustellentätigkeit in die Technische Dokumentation eingepflegt wurden.

Das Einpflegen erfolgt dabei durch den Rotstift auf Papier oder mittels Kommentarfelder bei einer digitalen Variante als PDF. Das am Ende der Baustellentätigkeit alle Abweichungen erkannt und dokumentiert wurden, geht einer Vertrauensbasis voraus. Auch hier kommt wiederum laut Angaben der Befragten Experten der Faktor Mensch ins Spiel. Schlussendlich liegt die Verantwortung beim Montageleiter, dass dieser alle Änderungen von den Monteuren erhalten und entsprechend in den Montageunterlagen, für die Aktualisierung der Technischen Dokumentation im Unternehmen, eingetragen hat.

### **Themenblock: IT-basiertes Service**

#### Ziel des Themenblocks:

Ziel mit den Fragen zum Thema eines Einsatzes des IT-basierten Service ist es, herauszufinden, welche Anforderungen dieses aus Sicht der Interviewten haben muss, kann oder soll. Es wird damit exemplarisch ermittelt, was direkt vor Ort unterstützen kann, um den Rückdokumentationsprozess effektiver und effizienter gestalten zu können. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-8 des Anhang C ersichtlich.

### Ergebnis des Themenblocks:

Die Befragung der Experten im Bereich Montage und Inbetriebnahme hat folgende Anforderung für ein IT-basiertes Rückdokumentationsservice ergeben:

- Bei Kombination mit einem mobilen Endgerät soll dieses über ein Display verfügen, welches einer Größe von 10-15 Zoll Diagonale entspricht.
- Es soll möglich sein, in den Dokumenten via Querverweise zu weiteren Dokumenten zu navigieren.
- Die AnwenderIn soll mit dem Rückdokumentationsservice Symbole, Betriebsmittel und weitere Grafikteile in der Dokumentation kopieren und auf andere Dokumente einfügen können.
- Die AnwenderIn soll in der Lage sein selbst Betriebsmittel verzeichnen zu können. Jedoch mit weniger Komplexität ausgestattet, als das übergeordnete CAD System.
- Betriebsmittel der Maschine können über eine Suchfunktion in der Dokumentation gefunden werden.
- Die BenutzerIn des IT-basierten Service bekommt Informationen, wenn sich der aktuelle Stand der Technischen Dokumentation verändert hat.
- Das IT-basierte Service soll über eine Historie und Tracking Funktionalität verfügen, um so eine Verwaltung der erfassten Abweichungen und Änderungen zu ermöglichen.
- Das Rückdokumentationsservice soll über die Fähigkeit verfügen, im Offline-Modus benutzt werden zu können, da nicht alle Baustellen zu Beginn über eine entsprechende Datenverbindung verfügen. Ein Datenabgleich soll dann durch bewusstes Durchführen einer Synchronisation erfolgen.

Den Einsatz des IT-basierten Service in Kombination mit einer Datenbrille als mobiles Endgerät sehen die Befragten als wenig brauchbar. Hier sehen diese den Nutzen von Datenbrillen in erster Linie in der Wartung und nicht in der Montage. Benefits durch das Service sehen die Befragten vor allem dann, wenn eine Einfachheit und Schnelligkeit der Bedienung gegeben ist. Ebenfalls wird das zusätzliche Verfassen und Verwalten von Notizen auf Papier, bevor eine Abweichung in die Dokumentation vermerkt wird, entfallen, da diese mit dem Einsatz des Service direkt an der unmittelbaren Stelle der erkannten Abweichung erfasst und gespeichert werden kann.

Gefahrenpotential sehen die Experten darin, dass ein solches IT-basiertes Service für den Baustellenbetrieb zu komplex ist und einen hohen Schulungsaufwand mit sich bringt. Des Weiteren kann es laut Angaben zu einer Verminderung der Rückdokumentationsqualität kommen, wenn jede im Rahmen der Montage tätige Person mit einem solchen Service ausgestattet wird. Die größte Herausforderung bildet, wie schon zuvor oftmals durch die Befragten Experten erwähnt, der Faktor Mensch. Was diese damit ausdrücken, ist, dass das Service selbst wenn es allen Anforderungen entspricht, nicht genutzt wird.

## **Themenblock: Ausblick in die Zukunft**

### Ziel des Themenblocks:

Den Abschluss der Interviews bilden Fragen, die auf weitere Maßnahmen abzielen, die zusätzlich zu einem Service unternommen werden können, um den Rückfluss der erkannten Abweichungen ins Unternehmen zu erhöhen. Die Generalisierung und Reduktion der Interviews zu diesem Themenblock ist in Tabelle 7-9 des Anhang C ersichtlich.

### Ergebnis des Themenblocks:

Erkenntnisse aus dem Interviewabschluss in Bezug auf zusätzliche Maßnahmen sind unter anderem bei Umbauten oder Erweiterungen eine detaillierte Bestandsaufnahme mit einem Soll-Ist Abgleich der Maschine oder Anlage mit der Technischen Dokumentation. Des Weiteren soll auch der Anlagenbetreiber aufgefordert werden, durchgeführte Änderungen durch Dritte in die Technische Dokumentation einzupflegen. Als Hebel für eine Reduzierung der Abweichungen und der damit verbundenen Rückdokumentation wird vorhergehende Planungstätigkeit angesehen. Je genauer diese erfolgen kann, desto weniger muss auf der Baustelle geändert werden.

## **5.2.5 Hypothesenbildung**

Nach Betrachtung der zusammenfassenden Analyse der Experteninterviews kann aus den Customer Service Befragungen rückgeschlossen werden, dass eine mangel- oder fehlerhafte Technische Dokumentation ein Zeit- und damit Kostenfaktor ist. Bedingt ist dieses unter anderem durch einen nicht immer vollständigen oder korrekt ausgeführten Rückdokumentationsprozess. Aus den Interviews mit Montage und Inbetriebnahme nahen Experten lässt sich entnehmen, dass es unterschiedliche Herangehensweisen gibt, um Abweichungen zu erkennen und zu notieren. Ein Zusammenhang mit dem geringen Aufkommen an Vorgaben für die Rückdokumentation kann nicht ausgeschlossen werden. Jedoch spielt laut den Angaben der Experten vor allem der Faktor Mensch eine wesentliche Rolle im Erfassen von Abweichungen gegenüber der geplanten Montagedokumentation einer Maschine oder Anlage.

So liegt es oftmals auch an der Einstellung gegenüber der Dokumentationsarbeit des Montage- und Inbetriebnahmepersonals, ob eine Rückdokumentation sorgfältig durchgeführt wurde. Die vorhandene Akzeptanz gegenüber dem Rückdokumentationsprozess ist damit Personenbezogen und basiert auf einer starken Ausprägung in Form von Freiwilligkeit. Was Gründe für eine nicht Durchführung sind, kann nicht pauschal eruiert werden. Hier gilt es vor allem von den Unternehmen bewusstseinsbildende Maßnahmen zu setzen, um die Auswirkungen einer Abweichung der Technischen Dokumentation gegenüber dem realen Zustand einer Maschine und Anlage transparent zu machen.

Das IT-basierte Service kann dabei als zusätzliches Hilfsmittel fungieren, um das Personal vor Ort dabei zu unterstützen, Abweichungen schneller und leichter zu erfassen, um diese zu dokumentieren. Damit soll der Aufwand der Dokumentationstätigkeit auf der Baustelle gesenkt werden. Diese Vereinfachung soll dazu führen, dass der Rückdokumentation eine größere

Beachtung geschenkt wird und so am Ende auch die Zahl der Abweichungen des realen Zustands einer Maschine oder Anlage gegenüber der „As Built“-Dokumentation stärker gegen Null geht.

In Bezugnahme auf die Theorieaufbereitung und der Erkenntnisse aus der Experteninterviews wird für die quantitative Methode, in Form einer Online-Befragung, folgende in Tabelle 5-2 aufgestellte Hypothese untersucht:

<b>H1</b>	Die zusätzliche Zuhilfenahme eines IT-basierten Service in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase steigert die Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation von erkannten Abweichung gegenüber der Technischen Dokumentation einer Maschine oder Anlage.
<b>H0</b>	Der Einsatz eines IT-basierten Service hat keinen Einfluss auf die Steigerung der Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase.

*Tabelle 5-2: Hypothese*

Um für die Überprüfung der Hypothese die passenden Fragen zur Verfügung zu stellen, wird für die Akzeptanzerhebung ein Modell herangezogen. Die Aufarbeitung des Modells und der Fragen erfolgt im nachfolgenden Abschnitt.

### 5.3 Quantitative Befragung

In diesem Abschnitt wird Schritt Nummer vier des gewählten Forschungsdesigns, siehe Abbildung 5-1, der vorliegenden Arbeit beschrieben. Im ersten Teil werden der Aufbau und die Auswahl des Fragebogens diskutiert. Im zweiten Abschnitt wird das für die Umfrage benötigte Akzeptanzmodell diskutiert. Anschließend werden Fragen entwickelt, deren Reihung im Online-Fragebogen, sowie notwendige Antwortskalen behandelt.

#### 5.3.1 Aufbau des Fragebogens

Die Befragung wird in Unternehmen der Maschinen- und Anlagenbaubranche durchgeführt. Vorrangig sind dies Unternehmen in der Steiermark und ausgewählte Mitgliederunternehmen des Styrian Service Cluster (SSC). Verteilt wird die Online-Befragung durch einen Eintrag im Forschungs-Hub des SSC sowie durch eine Aussendung per Mail. Aufgrund der organisatorisch einfacheren Handhabung in Bezug auf die geographischen Komponenten, aber auch des zeitlichen Faktors und dem Faktor Datenerhebung für die Analyse, wird die Befragung statt in Papierform mittels Online-Fragebogen realisiert.

Für die Auswahl der entsprechenden Plattform, auf der die Umfrage erstellt und durchgeführt wird, ist es entscheidend, dass bestimmte Kriterien erfüllt werden können, einerseits den gewünschten Aufbau der Befragung gewährleisten zu können und andererseits eine möglichst

hohe Rücklaufquote zu erhalten. Nicht ansprechendes Design, aber auch ein wenig benutzerfreundlicher Aufbau kann diese Quote verringern. Kriterien für die Auswahl der Plattform sind:

- Antwortformate für die Fragstellungen sind gegeben
- Es gibt keine Vorselektion bei Antwortmöglichkeiten
- Daten müssen für die Datenauswertung exportfähig sein
- Aufbau der Plattform muss über Responsive Design verfügen

Die für die Befragung herangezogenen Plattformen sind Google Forms, SurveyMonkey.de und Onlineumfrage.com. Die Plattform von Google ist dabei kostenfrei, während die beiden anderen nur bis zu einem bestimmten Punkt ohne finanzielle Mittel nutzbar sind. Da jedoch die Einschränkungen zu erheblich sind, wird der Kostenfaktor nicht ausdrücklich für die Auswahl der Plattform herangezogen, weil sich die Kosten im finanziell gesteckten Rahmen der vorliegenden Arbeit befinden. Da alle drei Befragungsinstrumente den Auswahlkriterien entsprechen und die dabei entstehenden Kosten kalkuliert sind, wird die Befragung mittels der Online-Plattform SurveyMonkey.de durchgeführt. Grund dafür ist, dass diese den professionellsten Eindruck auf den Autor dieser Arbeit erweckt. Design und Professionalität ist eine wichtige Komponente für die Evaluation eines Online-Fragebogens. Gerade in Bezug auf Internetzusammenhänge sehen Kuckartz, Ebert, Rädiker und Stefer (2009) den Grund für Befragungsabbrüche darin, weil man ist „[...] gewohnt hier mit perfektem Design konfrontiert zu werden und hat einen geschulten Blick für Dilettantismus.“

Für den Fragebogaufbau ist es auch entscheidend, im Vorfeld die Art des Fragetyps zu definieren, der vorrangig zum Einsatz kommt. Dies ist vor allem für das Design des Fragebogens entscheidend, das so für den Befragten ein einheitliches Bild ergibt, welches sich auch in der Logik der Beantwortung nur geringfügig differenziert. Jegliche Art der Beantwortungsmöglichkeit muss laut Porst (2014) der befragten Person zu Beginn des Ausfüllens per Hinweis oder Beispielen dargelegt werden, um so vor allem bei Skalenbewertungen nicht auf die Selbsterklärung vertrauen zu müssen.

Bezüglich Fragetypen selbst gibt es vorrangig drei Arten, die offene, die halboffene und die geschlossene Frage. Bei der offenen Frage liegen keine vordefinierten Antwortmöglichkeiten vor, die befragte Person antwortet in Form von Freitext. Wichtig ist hier, dass die Frage so formuliert ist, dass das Ziel der Frage für die Person verständlich ist (Porst, 2014). Die halboffene Frage kommt trotz ihres Aufbaus, die eine Entscheidungsschwierigkeit bei den Antwortmöglichkeiten unterstützt, in der Praxis laut Porst (2014) sehr häufig vor. Hier ist zusätzlich zu vordefinierten Antwortkriterien ein Feld mit z.B. „sonstige“ angeführt oder sie wird mit einem Freitextfeld ausgestattet (Hollenberg, 2016). Der dritte mögliche Fragetyp ist die geschlossene Frage. Laut Porst (2014) handelt es sich hier um den „[...] Fragetyp *par excellence* in standardisierten Befragungen“. Hier ist die Anzahl und Aussage der Antwortmöglichkeiten fix vordefiniert. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der geschlossenen Frage ist, wie viele Antworten zu einer Frage gewählt werden können. Bei der Einfachnennung ist dies folglich eine Antwort pro Frage und bei der Mehrfachnennung sind so viele Antwortmöglichkeiten wählbar, wie es laut der Frage

oder der Anleitung des Fragebogens definiert ist (Porst, 2014). Bei Mehrfachnennungen soll dies laut Hollenberg (2016) an der Frage zusätzlich gekennzeichnet sein.

Für die Auswahl des Fragetyps wird vorwiegend die geschlossene Frage verwendet. Damit werden die Antwortmöglichkeiten eingegrenzt, die dadurch einerseits eine einheitliche Datenerhebung, andererseits auch eine performantere Datenauswertung ermöglicht. Nachteilig ist, wenn der Befragte das Ziel der Fragestellung nicht versteht und dadurch fälschlicherweise eine so nicht gewollte Antwort gibt (Porst, 2014). Hier ist es vor allem bei Online-Fragebogen wichtig, dass die Fragen kurz und prägnant gestaltet sind. Das Lesen von langen Texten auf Bildschirmen ist für viele Befragte eine Herausforderung. Komplizierte Formulierungen führen hier schneller zu Abbrüchen als bei der Papierversion (Kuckartz et al., 2009).

Ein weiterer entscheidender Aspekt für den Aufbau des Fragebogens ist es, den Zeitaufwand so gering wie nötig zu halten, um damit eine möglichst hohe Rücklaufquote zu bekommen ohne zwischenzeitige Abbrüche zu erhalten. Im Vergleich zu Fragenbögen, die im klassischen Stil mittels Stift und Papier ausgefüllt werden, ist ein Weglegen und späteres Fortsetzen nur bedingt möglich. Es ist somit damit zu rechnen, dass ein Abbruch dazu führt, dass diese Person die Befragung nicht erneut aufrufen wird (Kuckartz et al., 2009). Deshalb soll der geplante Zeitrahmen von 15 Minuten für die Beantwortung des geplanten Online-Fragebogens nicht überschritten werden. Eine längere Inanspruchnahme wird laut Kuckartz et al. (2009) nur akzeptiert, wenn das eigene Interesse des Befragten groß genug ist. Um dem Abbrechen entgegenwirken zu können, ist es möglich, durch den Einsatz einer Fortschrittsanzeige die offenen und bereits absolvierten Fragen gegenüberzustellen (Kuckartz et al., 2009).

Kuckartz et al. (2009) empfehlen eine Strukturierung des Fragebogens in fünf Teile: Aufwärmfrage, inhaltlicher Einstieg, Hauptteil, sozialstatistische Fragen und der Abschlusstext. Die sozialstatistischen Fragen kommen dabei erst gegen Ende zu tragen. Der Grund dafür ist, dass diese auch noch mit bedingter Aufmerksamkeit beantwortet werden können.

Die ausgewählten Fragen werden zusätzlich definierten Kategorien, die sich zum einen aus der Theorie und zum anderen aus den Experteninterviews ergeben haben, zugeordnet. Dies dient der besseren Übersicht und der leichteren Orientierung des Befragten während der Beantwortung. Zum Abschluss jeder Kategorie gibt es eine offene Frage zum Inhalt der Kategorie, welche auf freiwilliger Basis ausgefüllt werden kann. Dies dient dazu, zusätzliche Aspekte erfassen zu können, da der Befragte vielleicht eine Fragestellung nicht sinngemäß interpretieren konnte, oder für diesen, wichtige Punkte zur jeweiligen Kategorie nicht betrachtet wurden. Zu Beginn der Befragung werden einfache und weniger komplexe Fragen gestellt, um so den Befragten nicht zu verunsichern oder zu überfordern.

### **5.3.2 Akzeptanzmodell zum IT-basierten Service**

Dieser Abschnitt befasst sich mit dem Themenfeld der Akzeptanz gegenüber neuer Technologien. Im Gabler Wirtschaftslexikon (2017) wird der Begriff Akzeptanz wie folgt durch eine Kurzerklärung definiert: „*Bereitschaft, einen Sachverhalt billigend hinzunehmen*“. Der Begriff Akzeptanz beschreibt sich, zusätzlich neben der Definition selbst, auch durch ausgewiesene

Merkmale. Diese entsprechen z.B. einer hohen Nützlichkeit für AnwenderInnen, sowie eine entstandene Übereinstimmung der eigenen Wertvorstellungen mit der Ausprägung der neuen Technologie (Gabler Wirtschaftslexikon, 2017).

Das von Fred D. Davis im Jahr 1986, im Rahmen der Dissertation, entstandene Technologieakzeptanzmodell (TAM) beschreibt eines der bekanntesten Modelle in Bezug auf die Ermittlung, ob eine neue oder auch bestehende Technologie von potentiellen AnwenderInnen genutzt oder auch nicht genutzt wird. Mit dem TAM ist sozusagen der Grundstein für die Akzeptanzforschung in der Wirtschaftsinformatik gelegt worden. Über die Jahre wurden verschiedenste Ausprägungen und Erweiterungen des TAM entwickelt und veröffentlicht. Das ursprüngliche TAM geht davon aus, dass es zwei Konstrukte gibt, die über die Akzeptanz gegenüber einer Technologie entscheiden. Diese beiden Konstrukte sind die wahrgenommene Nützlichkeit (Perceived Usefulness) und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use), siehe Abbildung 5-4, und von Davis (1986) folgendermaßen definiert:

- Perceived Usefulness: *„the degree to which an individual believes that using a particular system would enhance his or her job performance“*
- Perceived Ease of Use: *„the degree to which an individual believes that using a particular system would be free of physical and mental effort“*

Beide Konstrukte des TAM haben dabei direkten Einfluss auf die Einstellung zur Nutzung (Attitude Toward Using) durch die potentielle AnwenderIn. Selber wird die wahrgenommene Nützlichkeit und Bedienfreundlichkeit von externen Variablen beeinflusst, die in diesem Modell nicht genau betrachtet werden. Externe Variablen sind laut Davis (1986) z.B. demographische Merkmale einer Person oder ein vorhergehendes Verhalten. Die Logik des Modells beschreibt sich weiter dadurch, dass die Einstellung in Bezug auf die Nutzung Auswirkung auf die Absicht die Technologie zu nutzen hat (Behavioral Intention to Use), bevor es dadurch im besten Falle zur wirklichen Nutzung (Actual System Use) führt.

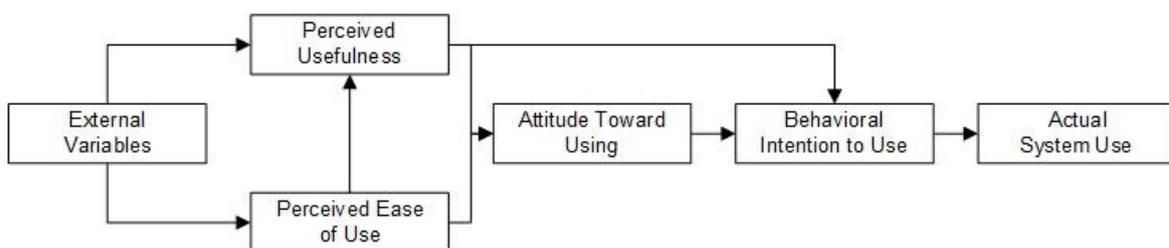


Abbildung 5-4: Technologieakzeptanzmodell vgl. Davis (1986)

Nach allgemeiner Kritik aus der Forschung, dass die Anzahl der Einflussfaktoren für komplexere Zusammenhänge nicht ausreichen, wurde das Modell durch die Verkettung mehrerer Konstrukte erweitert. Das erweiterte Modell wird als TAM2 bezeichnet und wurde von Venkatesh und Davis (2000) entwickelt, siehe Abbildung 5-5. Modifiziert wurde das Modell durch die Hinzufügung von sozialen und kognitiv-instrumentellen Prozessvariablen, die eine Akzeptanz der Nutzung einer Technologie zusätzlich beeinflussen. Vorrangig wurde die Erweiterung auf die externen Variablen bezogen, um diese genauer spezifizieren zu können. Im Rahmen ihrer Forschungsarbeit haben Venkatesh und Davis (2000) festgestellt, dass Teile der externen Faktoren einen direkten

Zusammenhang und damit Einfluss auf die Nutzungsabsicht haben. Als soziale Prozessvariablen verstehen sich die subjektive Norm (Subjective Norm), das Image der Technologie und die freiwillige Bereitschaft zur Nutzung (Voluntariness) dieser. Dem gegenüber sind die kognitiv-instrumentellen Prozessvariablen, die durch die berufliche Relevanz (Job Relevance), der Ergebnisqualität (Output Quality), der Wahrnehmbarkeit der Ergebnisse (Result Demonstrability) und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use) repräsentiert werden. Ein weiteres Konstrukt im TAM2 ist die Erfahrung (Experience), dieser Einfluss ist zu Beginn noch wenig ausgeprägt und wird von den sozialen Variablen überdeckt. Über die Zeit steigt die Erfahrung und schwächt so die Einflussgröße der sozialen Variablen ab.

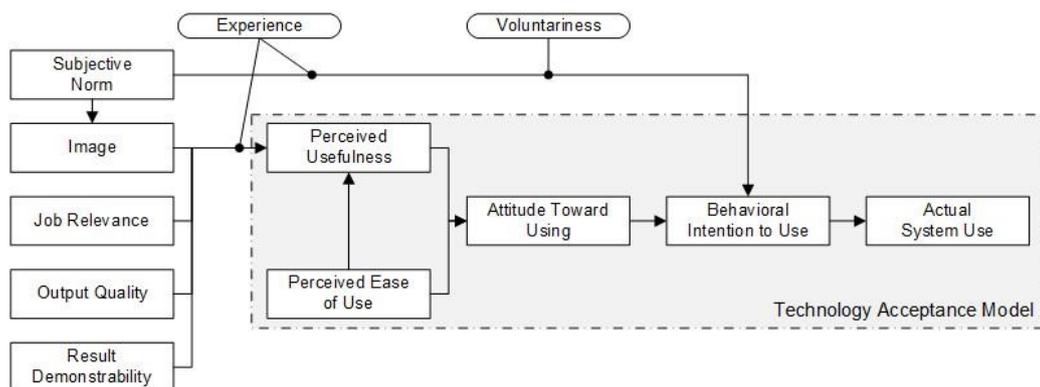


Abbildung 5-5: Technologieakzeptanzmodell 2 vgl. Venkatesh und Davis (2000)

Die Subjektive Norm hat deshalb einen direkten Einfluss auf die Absicht der Nutzung, weil bspw. andere Personen den Nutzen positiv beeinflussen, so dass dieser im Vertrauen gestärkt ist und die Nutzung eher in Betracht zieht. Sinn und Zweck der Modelle ist es, damit anschaulich zu machen, welche Konstrukte dazu beitragen, dass die Akzeptanz bei der BenutzerIn gesteigert wird. Die Autorin Maike Jockisch (2010) beschreibt den Nutzen des TAM folgendermaßen: „Die Kernaussage des TAM ist, dass Benutzer eine Informationstechnologie akzeptieren, wenn diese sinnvoll und einfach zu handhaben ist.“

Im Rahmen dieser Arbeit kommt das TAM2 zum Einsatz, da dieses für den Kontext am geeignetsten erscheint. Das originale TAM ist in der Anwendung aufgrund der unscharfen Eingangsvariablen zu simple gestaltet und die TAM3 Entwicklung von Venkatesh und Bala (2008) zielt weniger auf die Frage ab, wie es zum Akzeptanzgewinn kommt, sondern auf die Bewertung von Empfehlungen. Für die quantitative Befragung mittels Online-Fragebogen wird das TAM2 in modifizierte Form herangezogen um für diesen die theoretische Basis zu bilden. Dazu werden Konstrukte entfernt, welche aufgrund der frühen Phase der Entwicklung des IT-basierten Service nicht geprüft werden können. So ist die Akzeptanzprüfung nur mit einem adäquaten Produkt, oder Prototyp möglich. Aus diesem Grund wird auf die Konstrukte wie die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, das Image, der Ergebnisqualität und auch der Erfahrung verzichtet. Ebenfalls ist es nicht möglich, die aktuelle Systemnutzung zu prüfen, da es sich um eine Ideenfindung und Vorstudie zum Thema der IT-unterstützung während der Rückdokumentation handelt. In Abbildung 5-6 ist das modifizierte Modell für die vorliegende Arbeit abgebildet. Die nicht verwendeten Konstrukte werden strichliert dargestellt.

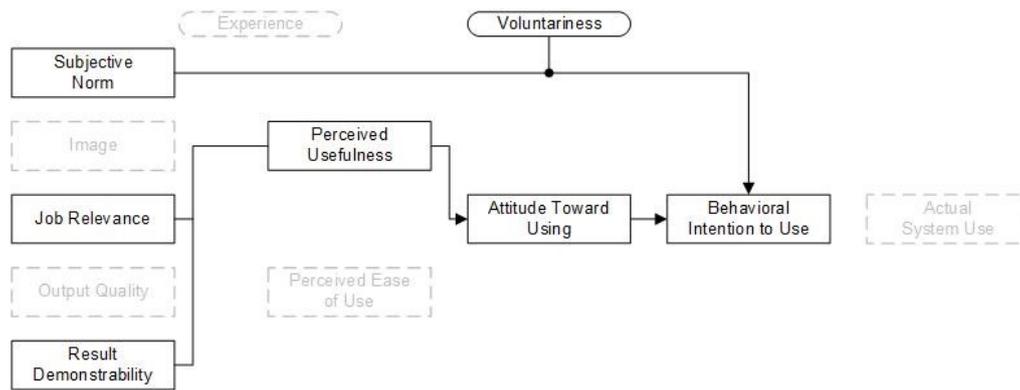


Abbildung 5-6: Akzeptanzmodell in Anlehnung an das TAM2 von Venkatesh und Davis (2000)

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Fragen für den Online-Fragebogen, sowie die Antwortskalen beschrieben.

### 5.3.3 Auswahl der Fragestellungen und der Antwortskala

Der Online-Fragebogen wird basierend auf die Forschungsfrage, sowie der Hypothese, aus der zusammenfassenden Inhaltsanalyse, in drei Inhaltsbereiche unterteilt. Diese befassen sich jeweils mit einem anderen Themenschwerpunkt im Zusammenhang mit dem IT-basierten Service und ist entsprechend der Fragestellungen mit der jeweiligen Beantwortungs- und Bewertungsmethode ausgestattet.

Der Autor Porst (2014) ist der Ansicht, dass ein Beantworten einer Frage auch als ein Messen angesehen werden kann. Als Messen im Kontext der Beantwortung oder Bewertung von Fragen versteht dieser „[...] jegliche regelhafte und kodifizierte Zuordnung von Symbolen oder Ziffern zu Aspekten oder Ausprägungen manifester oder latenter Variablen.“ (Porst, 2014) Als Bewertungssystem werden Skalen verwendet, die sich je nach Aufbau in folgende vier Arten unterteilen lassen: Nominal-, Ordinal-, Intervall- und der Ratio-Skala.

Eine Nominal-Skala ist dabei so aufgebaut, dass diese eine eindeutige Zuordnung zu einer Variable zulässt. Klassisches Beispiel dafür ist eine Frage, die mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet wird, oder auch bei der Frage nach dem Geschlecht. Nominal-Skalen müssen jedoch nicht zwingend dichotom sein, sondern können eine Mehrfachauswahl zulassen, wenn dies bei der Frage hinterlegt ist (Porst, 2014). Die ordinale Ausprägung verfügt wie die Nominal-Skala über Variablen, jedoch stehen diese in einer Relation zueinander. Eine Ordinal-Skala entspricht einer Rangordnung und lässt sich durch die Zuteilung zu Zahlenwerten empirisch interpretieren, jedoch nicht die Abstände zwischen den Werten (Häder, 2015).

Wenn es darum geht, dass die Abstände untersucht werden müssen, gilt es die Intervall-Skala zu verwenden. Diese sind laut Porst nur selten in der Sozialwissenschaft eingesetzt. Ein bekanntes Beispiel für die Intervall-Skala ist die Temperatur. So ist bspw. der Abstand zwischen 20 und 21°C gleich groß wie der Abstand zwischen -2 und -3°C. Eine endpunktbenannte Skala spielt dem Befragten vor, dass die Abstände gleich groß sind und es einen Nullpunkt gibt (Porst, 2014). Die Ratio-Skala ist eine Intervallskala mit echtem Nullpunkt. Bekanntes Beispiel dafür ist die Messung der Länge. Eine Länge kann 0m betragen, aber wenn dieser größer ist, dann sind

alle Abstände zwischen den Werten gleich groß. Der Abstand zwischen 2m und 3m ist gleich wie der zwischen 5m und 6m (Porst, 2014).

Eine weitere verbreitete Skala ist die sogenannte Likert-Skala nach Rensis Likert (1932), welche offiziell unter der Ordinal-Skala geführt wird, jedoch als eine quasi-metrische Ordinal-Skala eingesetzt wird. Die Originalvariante von Likert ist 5-stufig und beschreibt eine endpunktbenannte Skala, die von „stimmt gar nicht zu“ bis „stimmt voll zu“ verläuft. Die Abstände dazwischen werden dadurch von den Befragten als gleich weit voneinander empfunden. Likert-Skala gibt es in mehrstufiger Ausführung, die häufigsten anzutreffenden sind die 5- und 7-stufige.

Die Reihenfolge und der Inhalt der Themenblöcke werden im weiteren Verlauf des Abschnitts beschrieben. Der Aufbau des Fragebogens ist in Anhang D ersichtlich.

### 1. Bewertung von möglichen Funktionen des IT-basierten Service

Der erste Themenschwerpunkt befasst sich mit dem Funktionsumfang des IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentation während der Montage oder Inbetriebnahme. Hierzu werden auf die Kombination von Funktionen verschiedenster Technologien und Anwendungsfälle von bestehenden IT-basierten Service, welche im Theorieteil unter Abschnitt 4.2.1 behandelt wurden, mit den ermittelten Anforderungen aus den Experteninterviews aus Abschnitt 5.2.4 zusammengeführt, um so für die quantitative Erhebung Aussagen mit funktionalen Anforderungen zu bilden.

Die Online-Befragung startet deshalb mit den funktionellen Anforderungen, um so einerseits das Ziel mit dem IT-basierten Service darzustellen, ohne zusätzlich lange Erklärung im Vorfeld anbieten zu müssen, und andererseits damit ein Bewusstsein für das Service beim Befragten zu erzeugen, welches für die anschließende Benutzerakzeptanzerhebung von Nöten ist. Dadurch kann auf einen ausführlicheren Text über das IT-basierte Service zu Beginn der Befragung verzichtet werden, welcher oftmals als abschreckend empfunden wird und so zu vorzeitigen Abbrüchen oder nicht Durchführungen der Befragung führt.

Die Anforderungen werden natürlichsprachig dargestellt und ermöglichen so ein Entfallen von Vorwissen bezüglich Notationen des Befragten. Um den sprachlichen Effekt zu vermeiden werden die Satzschablonen von Pohl und Rupp (2015) angewendet. Für die Bewertung der Anforderung wird eine Ordinal-Skala verwendet, welche durch die Vergabe von Sternen realisiert wird. Die hinter den Sternen liegende Wertigkeit wird in der anschließenden Tabelle 5-3 dargestellt. Die Logik dieser Bewertung ist folgende, eine Anforderung welche z.B. 4 Sterne vom Befragten erhalten hat, ist wichtiger als eine Anforderung mit weniger Sternen.

<b>Antwort</b>	<b>Wichtigkeit</b>	<b>Wertigkeit</b>
5 Sterne	Sehr wichtig	5
4 Sterne	Wichtig	4
3 Sterne	Neutral	3
2 Sterne	Wenig wichtig	2
1 Stern	Nicht wichtig	1

*Tabelle 5-3: Antwortskalierung der funktionalen Anforderungen*

Dargestellt wird diese Bewertung im Online-Fragebogen wie in Abbildung 5-7 ersichtlich. Die ausgefüllten Sterne zeigen an, wie viele ausgewählt wurden, in dieser Beispieldarstellung sind dies vier Sterne und entspricht damit einer Wertigkeit von 4 der möglichen 5 Punkte pro Anforderung.



Abbildung 5-7: Bewertungsdarstellung für die funktionalen Anforderungen im Online-Fragebogen

Abgeschlossen wird der Funktionale Schwerpunkt mit einer offenen Frage, welche optional für die Befragten zu beantworten ist. Damit wird die Möglichkeit geboten, weitere nicht erwähnte Funktionalität aufzuführen, welche in einer Pilotierungsphase nach der Ideengenerierung des IT-basierten Service eingepflegt werden kann.

## 2. Benutzerakzeptanz gegenüber dem Rückdokumentationsservice

Der anschließende Fragenschwerpunkt umfasst den Hauptteil der Online-Befragung und beschäftigt sich mit der Akzeptanz gegenüber dem IT-basierten Service. Mit den Fragen aus diesem Schwerpunkt gilt es die aufgestellte Hypothese aus Abschnitt 5.2.5 zu prüfen, welche auf eine Steigerung der Rückdokumentationsaktivitäten abzielt. Dies soll in Folge durch die Nutzung eines IT-basierten Service während der Montage und Inbetriebnahme vor Ort erfolgen. Je höher die Akzeptanz gegenüber die Nutzung eines solchen Service ist, desto stärker kann die Rückdokumentation und deren qualitativer wie quantitativer Inhalt gesteigert werden.

Für die Durchführung wurden die von Venkatesh und Davis (2000) entwickelnden Frage so umformuliert, dass diese für die Evaluierung des vorliegenden IT-basierten Service geeignet sind. Ebenfalls wurde die Anzahl der Fragen zu einzelnen Konstrukten gekürzt und inhaltlich ähnliche Fragen bewusst entfernt, da sonst die Beantwortung des Online-Fragebogens mehr als die anberaumte Zeit in Anspruch nehmen wird. Dazu wurden nur die Fragen verwendet, die für die vorhandenen Konstrukte des in Abschnitt 5.3.2 entwickelnden Akzeptanzmodell stehen. Damit ergibt sich in Summe eine Anzahl von 12 Aussagen zur Akzeptanz, die auf drei Seiten des Online-Fragebogens aufgeteilt wurden, ersichtlich in Anhang D ab Abbildung vier. Die verwendeten Fragen und deren Zuordnung zu den Konstrukten werden in der anschließenden Tabelle 5-4 aufgelistet. Alle Fragen sind dazu mit einer Kennung versehen, die für die Auswertung der Rückmeldungen benötigt wird.

Konstrukt	Aussage	Kennung
Intention to Use	Wenn ich ein IT-basiertes Rückdokumentationsservice habe, dann werde ich es auch benutzen.	IU1
Perceived Usefulness	Die Nutzung des IT-basierten Service verbessert meine Produktivität im Rahmen der Rückdokumentation.	PU1
	Die Verwendung des IT-basierten Service verbessert meine Wirksamkeit in meinem Beruf.	PU2
	Ich würde ein IT-basiertes Service im Rahmen der Rückdokumentation als nützlich empfinden.	PU3
Subjective Norm	Menschen, die mein Verhalten beeinflussen, werden der Meinung sein, dass ich das System verwenden soll.	SN1
	Menschen, die mir wichtig sind, werden der Meinung sein, dass ich das System verwenden soll.	SN2
Voluntariness	Ich würde das IT-basierte Service zur Rückdokumentation freiwillig verwenden.	V1
	Die Verwendung des IT-basierten Service ist, wenn es hilfreich ist, mit Sicherheit nicht obligatorisch in meinem Beruf.	V2
Job Relevance	In meiner Tätigkeit ist die Nutzung des IT-basierten Service zur Rückdokumentation wichtig.	JR1
	In meiner Tätigkeit ist die Nutzung des IT-basierten Service zur Rückdokumentation relevant.	JR2
Result Demonstrability	Die Ergebnisse durch die Verwendung des IT-basierten Service sind mir bewusst.	RD1
	Ich würde Schwierigkeiten damit haben, wenn ich erklären muss warum das IT-basierte Service von Vorteil sein kann.	RD2

Tabelle 5-4: Fragen zum Akzeptanzmodell nach Venkatesh und Davis (2000)

Für die Bewertung der ausgewählten Aussagen zur Akzeptanzerhebung wird eine 7-stufige Likert-Skala verwendet. Die Skala verfügt über sieben Auswahlmöglichkeiten und basiert auf eine numerisch ansteigende Punktebewertung, beginnend bei der Variable „sehr unwahrscheinlich“, welche einem Punkt entspricht, bis zur gegenüberliegenden Variable „sehr wahrscheinlich“, die für den höheren Wert sieben steht. Die Wertigkeit der Auswahl steigt von links nach rechts um jeweils eine Punktezahl pro selektierter Auswahl. In Abbildung 5-8 wird die im Online-Fragebogen verwendete Bewertungsskala zur Akzeptanzerhebung dargestellt.



Abbildung 5-8: 7-stufige Bewertungsskala für die Akzeptanzerhebung vgl. Likert (1932)

### 3. Reihung der Kriterien nach Wichtigkeit

Den inhaltlichen Abschluss des Hauptteils der Online-Befragung bilden die Kriterien, welche für die Entwicklung des IT-basierten Service notwendig sind. Hierzu ist der Befragte gefordert, die in Abschnitt 4.3 ermittelten, Kriterien nach ihrer empfundenen Priorität zu ordnen. Gereiht werden die Kriterien von 1 bis 9, wobei keine Doppelplatzierung erlaubt ist, um so den Befragten zu einer Entscheidung zu zwingen. Das Prinzip der Reihung entspricht einer Rangordnung in Form einer Platzierung. Je niedriger die vergebene Priorität, desto höher gereiht wird dieses Kriterium empfunden. Die höchste zu vergebende Priorität entspricht dem Wert 1 und die niedrigste dem Wert 9. Die zur Auswahl stehenden Kriterien sind mit einer stichwortartigen Beschreibung versehen, um so dem Befragten den Inhalt und das Ziel des jeweiligen Kriteriums zu vermitteln. Die Kriterien, welche zur Reihung herangezogen wurden sind folgende:

- Usability - *Einfache und effiziente Bedienung des Werkzeugs*
- Performance - *Geschwindigkeit in Bezug auf Lade- oder Synchronisationszeiten*
- Funktionalität - *Nutzen und Umfang der Funktionalitäten des Werkzeugs*
- Plattformunabhängig - *Flexible Wahl des Mobilten Endgeräts*
- Online-/Offline-Modus - *Arbeiten mit lokalen Daten bei keiner oder schlechter Internetverbindung*
- Tragekomfort und Baustellentauglichkeit - *BenutzerIn wird nicht in ihrer primären Arbeit eingeschränkt*
- Schulungsaufwand - *Dauer bis das Werkzeug bedient werden kann*
- Profitabilität - *Dokumentationsaufwand auf der Baustelle reduzieren*
- Arbeits- und Datenschutz - *Alarmierung im Falle eines Unfalls*

Abgeschlossen wird dieser Schwerpunkt mit einer offenen Frage, welche optional für den Befragten zu beantworten ist. Mit der Beantwortung dieser Frage hat der Befragte die Möglichkeit Ergänzungen zu den Kriterien oder dem Thema anzuführen, welche aus dessen Sicht nicht behandelt wurden.

Den Abschluss des Online-Fragebogens bilden drei sozialstatistische Fragen, welche das Alter des Befragten, die Anzahl an Mitarbeiter im Unternehmen, welche im Rahmen der Montage und Inbetriebnahme tätig sind, sowie die Angabe der aktuellen Berufsbezeichnung.

Die Auswertung, Interpretation und Diskussion, der durch die Online-Befragung ermittelten Daten, erfolgt im anschließenden Kapitel.

## 6 AUSWERTUNG UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE

*„Wir können uns keinen Gegenstand denken,  
ohne durch Kategorien.“  
(Immanuel Kant, Philosoph)*

Ziel dieses Kapitels ist es, die ermittelten Daten aus der quantitativen Befragung auszuwerten und zu interpretieren. Dazu wird zu Beginn die Analysemethoden beschrieben und im Anschluss der Zielbereich mit den demographischen Angaben aus den sozialstatistischen Bereich der Online-Befragung behandelt. Des Weiteren werden die Fragen zu den Kriterien und Funktionen eines IT-basierten Service zur Rückdokumentation analysiert. Diese Auswertung zielt dabei speziell auf die Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit ab. Zur Behandlung der Hypothese erfolgt des Weiteren die Auswertung der Fragen zur Akzeptanzerhebung gegenüber dem IT-basierten Service. Zum Abschluss des Kapitels erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit.

### 6.1 Datenauswertungsverfahren

Ziel dieses Abschnitts ist es, das Analyseverfahren für die Auswertung der erhobenen Daten aus der Online-Befragung zu beschreiben. Die analysierten Daten unterstützen in weiterer Folge dabei die Forschungsfrage der Arbeit, sowie die Hypothese zu beantworten. Zur Beschreibung der Datensätze gibt es laut Cleff (2012) die Möglichkeit ein deskriptives Vorgehen zu wählen. Die deskriptive Statistik beinhaltet das Durchführen von Berechnungen, Erstellen von Grafiken und Wertetabellen um die Daten der erhobenen Stichprobe in weiterer Folge analysieren und interpretieren zu können.

In Rahmen dieser Datenauswertung werden folgende, in Tabelle 6-1 aufgelistete, Berechnungen durchgeführt:

Wert	Beschreibung	Formel
Mittelwert	Arithmetischer Mittelwert wird umgangssprachlich auch Durchschnitt genannt. Hier werden alle Beobachtungen summiert und durch die Anzahl der Beobachtungen dividiert (Cleff, 2012).	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Median	Hier werden die Datensätze der Größe nach geordnet und anschließen in zwei Hälften getrennt. Der resultierende mittlere Wert entspricht dem Median (Cleff, 2012).	<p>n = ungerade <math display="block">\tilde{x} = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}</math></p> <p>n = gerade <math display="block">\tilde{x} = \frac{1}{2} \left( x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right)</math></p>

<p>Varianz</p>	<p>Wird als Streuungsmaß für Datenabstände verwendet und entspricht dem wichtigsten Streuungsparameter. Um ein gegenseitiges Aufheben der Werte zu verhindern, gilt es diese zuvor zu quadrieren (Cleff, 2012).</p>	$Var(x)_{emp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
<p>Standardabweichung</p>	<p>Die Quadratwurzel der Varianz ergibt die Standardabweichung und wird als die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert interpretiert (Cleff, 2012).</p>	$S_{emp} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
<p>Korrelationskoeffizient nach Pearson</p>	<p>Mit dem Korrelationskoeffizienten kann bestimmt werden ob zwei metrische Merkmale einen linearen Zusammenhang besitzen. Der Wert r kann einen Bereich zwischen -1 und 1 einnehmen. Je ausgeprägter dieser Koeffizient gegen 1 geht, desto stärker ist die Korrelation und die mögliche lineare Abhängigkeit (Cleff, 2012).</p>	$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right) \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2\right)}}$

Tabelle 6-1: Formelsammlung für die deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik verfolgt laut Blanz (2015) das Ziel, eine Population auf Basis bestimmter Merkmale durch eine kleinere Stichprobe zu charakterisieren, um so eine Generalisierung aufstellen zu können. Aufbauend auf den Ergebnissen der deskriptiven Statistik gilt es die Inferenzstatistik aufzusetzen. Dieses Verfahren wird auch schlussfolgernde Statistik genannt und verfolgt das Ziel, die berechneten Ergebnisse in eine interpretierbare Form zu bringen.

## 6.2 Beschreibung des Zielbereichs

Wie in Abschnitt 5.3.1 beschrieben, wurde der Online-Fragebogen vorrangig an Unternehmen des SSC, die im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus tätig sind, übermittelt. Der SSC umfasst eine Anzahl von 10 Betrieben in der Maschinen- und Anlagenbaubranche. Die Teilnahme wurde dabei speziell an Mitarbeiter mit Montage- und auch Inbetriebnahmetätigkeiten adressiert.

In Summe wurden 79 valide und damit vollständige Rückmeldungen abgeben. Gesamt wurde der Online-Fragebogen 105-mal gestartet, was bei einem Abschluss von 79 vollständigen Befragungen zu einer Rücklaufquote von 75% führt. Unter einer validen Rückmeldung versteht sich ein vollständiger Datensatz, der einer korrekt abgeschlossenen Online-Befragung vorausgeht. Diese wird als gültig gewertet und ist somit für die Auswertung relevant. Im weiteren Verlauf wird für eine vollständige Rückmeldung der Begriff gültiger Datensatz verwendet.

Von den 79 gültigen Datensätzen entsprechen 35 der Altersgruppe 18 bis 29, 28 Datensätze können der Altersgruppe 30 bis 44 zugeordnet werden und 16 Datensätze der Gruppe 45 bis 59 Jahre. Zu sehen ist diese Aufteilung in der Abbildung 6-1, welche die Anzahl der Datensätze pro Altersgruppe zeigt.

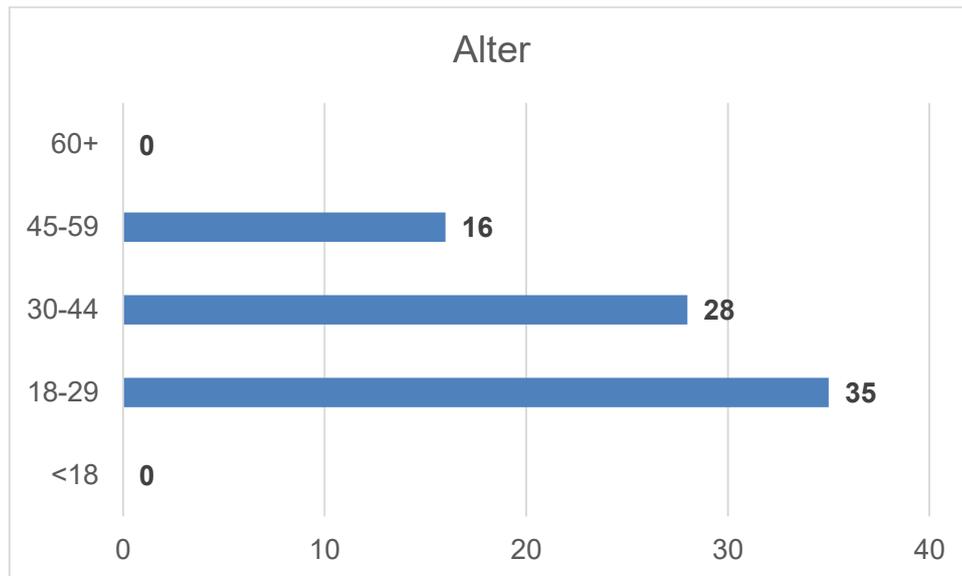


Abbildung 6-1: Altersgruppen der UmfrageteilnehmerInnen (Balkendiagramm)

In Abbildung 6-2 wird die Anzahl der gültigen Datensätze, je nach angegebener Größenordnung des Montage- und Inbetriebnahmepersonalstamms des jeweiligen Unternehmens des Befragten in einem Balkendiagramm dargestellt. Die überwiegende Mehrheit, mit 59 Datensätzen, gibt ab mehr als 100 Monteure und Inbetriebnehmer im Unternehmen zu haben.

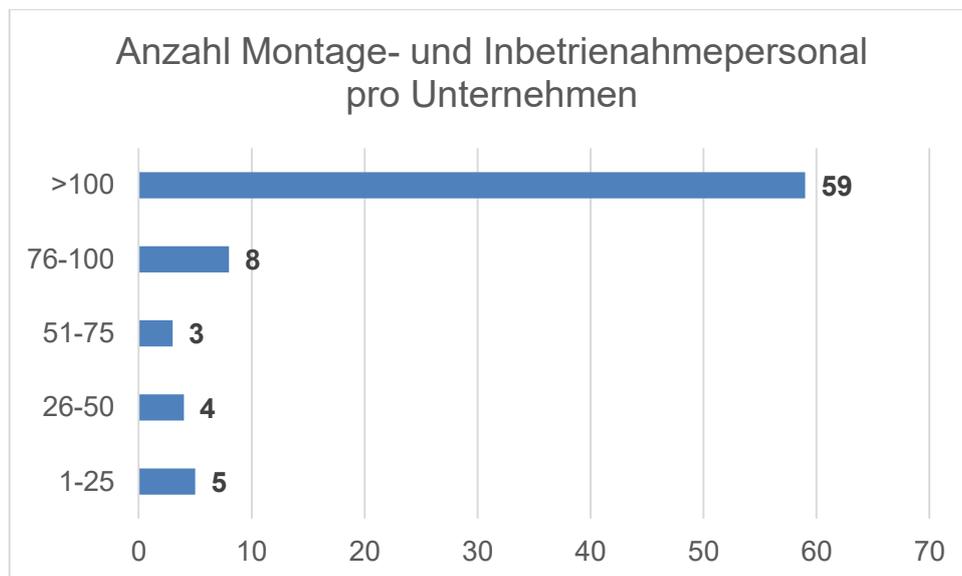


Abbildung 6-2: Montage- und Inbetriebnahmepersonal pro Unternehmen (Balkendiagramm)

### 6.3 Bewertung der Kriterien und Funktion des IT-basierten Service

Die Datenerhebung zur Bewertung der Kriterien und Funktionen des IT-basierten Service bilden jeweils den Beginn, sowie den Abschluss des Hauptteils der Online-Befragung. Die Auswertung dieser beiden Teilabschnitte behandelt dabei einen wesentlichen Anteil der Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit, welche wie folgt lautet: *Welche Kriterien muss ein IT-basiertes Service zur*

*Rückdokumentation während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Industrieanlage aufweisen, um die Akzeptanz der Durchführung zu steigern?*

### 6.3.1 Auswertung der Funktionen

Die Erhebung zur Bewertung der Funktionen umfasst neun Aussagen und sind in Abbildung 7-2 und Abbildung 7-3 des Anhang D dargestellt. Wie in Abschnitt 5.3.3 beschrieben, erfolgt die Bewertung an Hand einer Punktevergabe in Form von Sternen. Die funktionalen Anforderungen werden mit einer Kennung versehen und zielen in ihrer Definition auf folgende, in Tabelle 6-2 beschriebenen, Inhalte der Funktionen des IT-basierten Service ab:

Nummer	Inhalt	Kennung
1	Service über Webportal aufrufbar	F1
2	Dokumentation darstellen	F2
3	Abweichungen erfassen	F3
4	Mit mobilen Endgeräten kombinieren	F4
5	Abweichungsinformationen ergänzen	F5
6	Redlining auf eigenen Arbeits-Dokumenten	F6
7	Kopie der Dokumentation am Endgerät	F7
8	Suchfunktion für Betriebsmittel in der Dokumentation	F8
9	Materialnachbestellungen auslösen	F9

*Tabelle 6-2: Inhalt der funktionalen Anforderungen*

Für die Analyse der Funktionen des Service werden statistische Berechnungen zu den einzelnen Aussagen durchgeführt. Die Berechnungen umfassen die Ermittlung des Mittelwerts, des Median, der Standardabweichung, sowie der Varianz. In der anschließenden Tabelle 6-3 werden die berechnenden Werte zu den Funktionen dargestellt.

Wie aus den Daten ersichtlich wird, verfügt die Anforderung F2, welche dem Darstellen der Technischen Dokumentation für die Baustelle entspricht, über den höchsten Mittelwert und Median, sowie zusätzlich auch über die niedrigste Standardabweichung und Varianz. Damit kann F2 als die wichtigste Funktion für die Befragten identifiziert werden und liegt damit nur um wenige Punkte vor F3, welches das Erfassen und Speichern von Abweichungen durch das IT-basierten Service betrifft. Als die Anforderung mit der niedrigsten Wertigkeit kann das Erstellen einer Kopie der Dokumentation auf einem mobilen Endgerät (F7) ermittelt werden.

Anforderung	Min.	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Varianz	Max.
F1	1	4,063	4	0,911	0,829	5
F2	1	4,392	5	0,823	0,677	5
F3	1	4,367	5	0,908	0,825	5
F4	1	3,671	4	1,195	1,429	5
F5	2	4,304	5	0,952	0,907	5
F6	1	3,759	4	1,179	1,390	5
F7	1	3,215	3	1,374	1,889	5
F8	1	4,000	4	1,166	1,359	5
F9	1	3,646	4	1,321	1,745	5

Tabelle 6-3: Deskriptive Statistik der funktionalen Anforderungen

Die Reihung der Funktionen wird an Hand der Mittelwerte aus den gültigen Datensätzen der Online-Befragung in Abbildung 6-3 darstellt. Hier werden die Funktionen absteigend von höchsten Mittelwert in einem Säulendiagramm dargestellt.

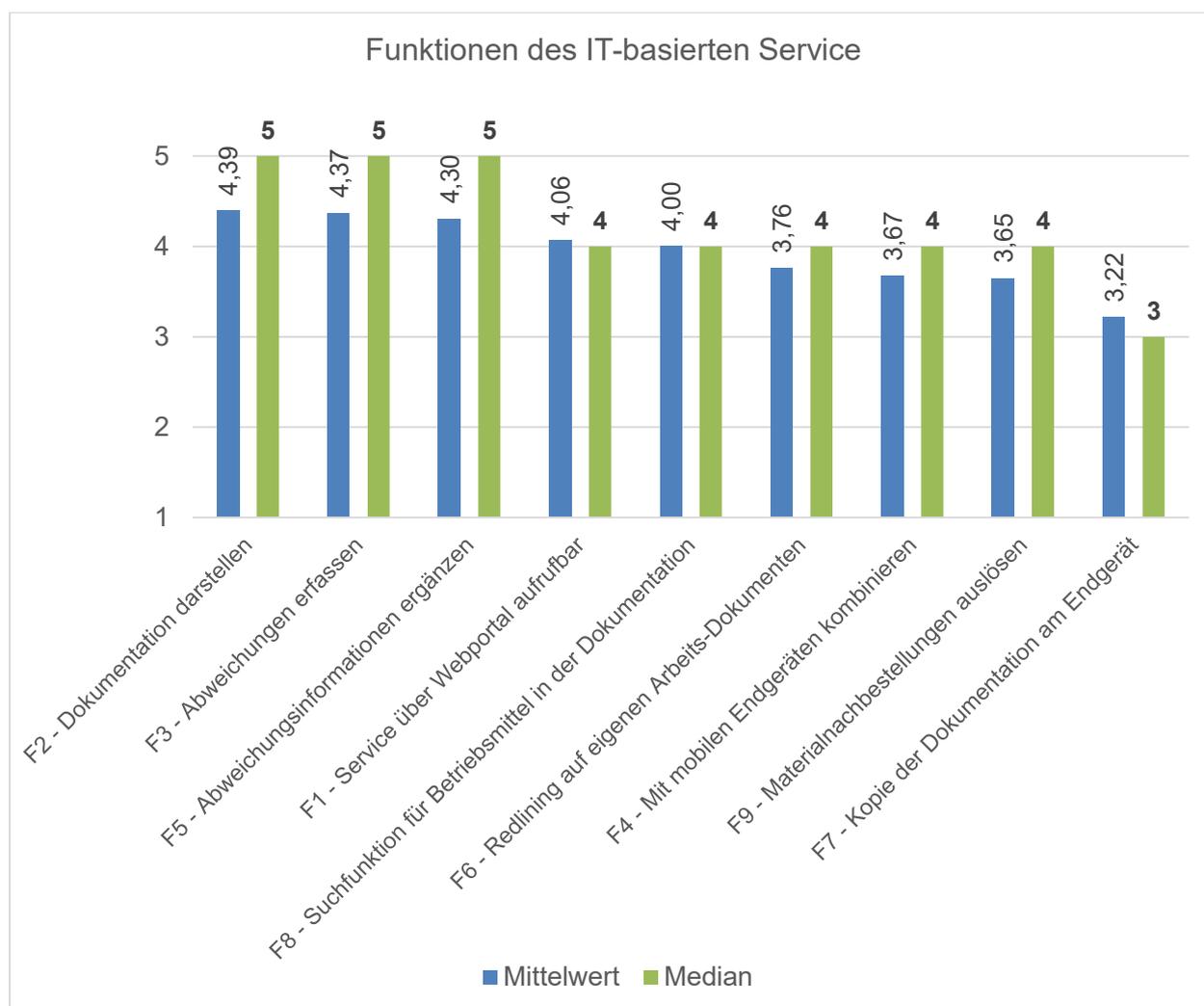


Abbildung 6-3: Mittelwert und Median der Punkte pro Funktionen (Säulendiagramm)

Im Anhang E, der vorliegenden Arbeit, werden ab Abbildung 7-9 bis Abbildung 7-17, alle funktionalen Anforderungen, mit der jeweiligen Anzahl vergebener Sternbewertung, in einem eigenen Kreisdiagramm dargestellt. Damit ist grafisch ersichtlich, wie oft eine Anforderung wie viele Sterne innerhalb der Evaluierung erhalten hat.

Im Rahmen der Evaluierung der funktionalen Anforderungen eines IT-basierten Service zur Rückdokumentationsunterstützung war es auch möglich, dass die Befragten optional Anmerkungen oder Ergänzungen anführen. Die optionale Frage zu den Funktionen wurden von 11 Befragten ausgefüllt. Die Ergebnisse werden in der anschließenden Tabelle 6-4 dargestellt. In der ersten Spalte wird die originale Antwort angezeigt und in der gegenüberliegenden Spalte wird die jeweils mögliche zusätzliche interpretierte Funktionalität aufgelistet.

<b>Originale Antworten der optionalen Frage</b>	<b>Interpretation</b>
<i>„Benachrichtigungs- und Feedbackfunktion an entsprechend betroffene Personen“</i>	Benachrichtigungs- und Bewertungssystem
<i>„QR Scanner“</i>	Bildverarbeitung
<i>„Anzeige eines Änderungsverlauf [sic]. Was wurde verändert. Wer hat geändert. Wann wurde geändert“</i>	Änderungsverlauf und -überwachung
<i>„Alle Funktionen wurden oben schon erwähnt, würde es dies geben wäre es perfekt.“</i>	-
<i>„Übersicht ALLER Änderungen seit der Ersterstellung der Dokumentation für den Planer als "LessonsLearned"“</i>	Änderungsverlauf und -überwachung
<i>„Grafik kopieren in plänen [sic]“</i>	Grafische Bearbeitung der Dokumente
<i>„- Erstellung von KVP Tickets. - "Ersatzteil Katalog" für die bestellung [sic] von Teilen oder ganzen Baugruppen.“</i>	Benachrichtigungssystem
<i>„Anbindung an E-Mail um Änderungen direkt zu versenden. Eine Versionierung der Änderungen wenn öfter hintereinander etwas geändert wird“</i>	Benachrichtigungssystem und Änderungsverlauf und -überwachung
<i>„digitale Unterschrift bzw. Benutzer gesicherter Modus, Änderungen Beschriftung lvl1, tausch von Hardware lvl 3, etc.,“</i>	Änderungsverlauf und -überwachung
<i>„Nachrichten, wenn Dokumentationen (extern) aktualisiert werden“</i>	Benachrichtigungssystem
<i>„offline Arbeit“</i>	Mit Kriterium abgedeckt

Tabelle 6-4: Antworten zur optionalen Frage bzgl. Funktionen des IT-basierten Service

Mit vier Nennungen und damit am häufigsten konnte der zusätzliche Bedarf des Erzeugens eines Änderungsverlaufs, so wie einer damit verbundenen Überwachung, ermittelt werden. Des Weiteren ist auch der Wunsch eines Benachrichtigungssystems aufgekommen, welches zum einen den Engineer im Unternehmen benachrichtigt und zum anderen der NutzerInnen des Service über Änderungen in der Technischen Dokumentation informiert. Eine weitere Funktion,

welche über die offene Frage ermittelt wurde, ist das Kopieren von Grafiken in der Technischen Dokumentation. Aufgrund der häufigen Nennung bzgl. des Wunsches eines Änderungsverlaufs, sowie eines Benachrichtigungssystems für das IT-basierte Service zur Rückdokumentation, ist es für die weitere Entwicklung des Service erstrebenswert, diese in den Funktionsumfang aufzunehmen.

### 6.3.2 Auswertung der Kriterien

Zur Ermittlung der am wichtigsten empfunden Kriterien, aus den über die Online-Befragung erfassten gültigen Datensätzen, werden die vergebenen Prioritäten in Punkte umgerechnet. Wie in Abschnitt 5.3.3 beschrieben, werden die Kriterien von den Befragten mittels einer Prioritätenvergabe mit der Wichtigkeit von 1 bis 9 gereiht. Der Wert 1 entspricht dabei der höchsten und 9 der niedrigsten Wichtigkeit.

Zunächst wird die Anzahl ermittelt, wie oft ein Kriterium jeweils einer der Prioritäten zugeordnet wurde. Dazu werden die Daten aus der Tabelle 7-10 in Anhang E, welche einen Auszug der gültigen Datensätze aus der Online-Befragung repräsentieren, verwendet und in der nachfolgenden Tabelle 6-5 umgewandelt. Fettgedruckt wird jeweils die Position angezeigt, welche ein Kriterium am Häufigsten zugeordnet wurde.

Kriterium	Priorität 1	Priorität 2	Priorität 3	Priorität 4	Priorität 5	Priorität 6	Priorität 7	Priorität 8	Priorität 9
Usability	<b>30</b>	16	10	10	4	2	0	2	5
Performance	3	<b>16</b>	8	13	9	10	10	8	2
Funktionalität	12	11	<b>14</b>	8	5	10	10	7	2
Plattformunabhängig	4	3	3	1	15	13	13	<b>16</b>	11
Online-/Offline-Modus	9	14	<b>22</b>	13	7	4	1	6	3
Tragekomfort und Baustellentauglichkeit	3	2	7	7	14	14	8	<b>16</b>	8
Schulungsaufwand	1	3	4	10	10	13	<b>17</b>	11	10
Profitabilität	12	9	10	<b>16</b>	11	8	7	2	4
Arbeits- und Datenschutz	5	5	1	1	4	5	13	11	<b>34</b>

Tabelle 6-5: Häufigkeit der Platzierungen pro Kriterium

Das Kriterium „Usability“ ist laut Angaben in Tabelle 6-5 nicht nur selbst am Häufigsten der Priorität 1 zugeordnet, sondern hat auch innerhalb der Priorität 1 den höchsten Wert. Somit wird die Usability mit 30-mal am öftesten mit der höchsten Priorität versehen. Am häufigsten mit der niedrigsten Priorität ausgezeichnet wurde das Kriterium „Arbeits- und Datenschutz“, was eine Anzahl von 34 Nennungen entspricht. Das ist ebenfalls der Höchstwert bei der Kombination „Kriterium pro Priorität 9“.

Um eine Reihung der Kriterien zu ermitteln, bedarf es einer Umrechnung der Prioritätenplatzierung in Punktwerte. Dazu werden die einzelnen Häufigkeiten aus Tabelle 6-5

mit Zahlenwerten, die der Platzierung entsprechen, multipliziert und erhalten so eine absolute mathematische Wertigkeit. Die Punkte pro Platzierung werden der folgenden Tabelle 6-6 entnommen.

Priorität	Punkte
1	9
2	8
3	7
4	6
5	5
6	4
7	3
8	2
9	1

Tabelle 6-6: Punkte pro Priorität für ein Kriterium

Damit ergeben sich folgende, in Tabelle 6-7 ersichtlichen, Summenwerte der Punkte pro Kriterium. Der Mittelwert pro Kriterium ergibt sich durch eine Division der Summe mit der Anzahl an gültigen Datensätzen aus der Evaluierung, was einem Wert von 79 Datensätzen entspricht. Nach Umkehr der Prioritätenwerte in Punktwerten aus Tabelle 6-6, ist es auch möglich den Median jedes Kriteriums zu berechnen, welche in der letzten Spalte der anschließenden Tabelle 6-7 dargestellt ist.

Kriterium	Punkte Prio. 1	Punkte Prio. 2	Punkte Prio. 3	Punkte Prio. 4	Punkte Prio. 5	Punkte Prio. 6	Punkte Prio. 7	Punkte Prio. 8	Punkte Prio. 9	Summe	Mittelwert	Median
Usability	270	128	70	60	20	8	0	4	5	565	7,152	8,0
Performance	27	128	56	78	45	40	30	16	2	422	5,342	6,0
Funktionalität	108	88	98	48	25	40	30	14	2	453	5,734	6,0
Plattformunabhängig	36	24	21	6	75	52	39	32	11	296	3,747	3,0
Online-/Offline-Modus	81	112	154	78	35	16	3	12	3	494	6,253	7,0
Tragekomfort und Baustellentauglichkeit	27	16	49	42	70	56	24	32	8	324	4,101	4,0
Schulungsaufwand	9	24	28	60	50	52	51	22	10	306	3,873	4,0
Profitabilität	108	72	70	96	55	32	21	4	4	462	5,848	6,0
Arbeits- und Datenschutz	45	40	7	6	20	20	39	22	34	233	2,949	2,0

Tabelle 6-7: Summierte Punktwertung und Mittelwert pro Kriterium

Aus der vorherigen Tabelle kann entnommen werden, dass das Kriterium „Usability“ als das wichtigste für die verwendete Stichprobe empfunden wird. Die Fähigkeit Funktionalitäten des Service offline ausführen zu können wird als das zweitwichtigste empfunden. Der Arbeits- und Datenschutz geht aus den gültigen Datensätzen als das am wenigsten wichtige Kriterium hervor.

Die Reihung der Kriterien nach dem berechneten Median und Mittelwert der Punkte ist im Balkendiagramm der Abbildung 6-4 ersichtlich. Der Median ist vor allem robust gegen Ausreißer in der Datenreihe und ebenfalls sagt dieser aus, dass 50% mindestens den Wert gewählt haben, den der Median einnimmt. So lässt sich in Abbildung 6-4 vor allem bei den beiden letztgereihten Kriterien ein Aufkommen von Ausreißern andeuten.

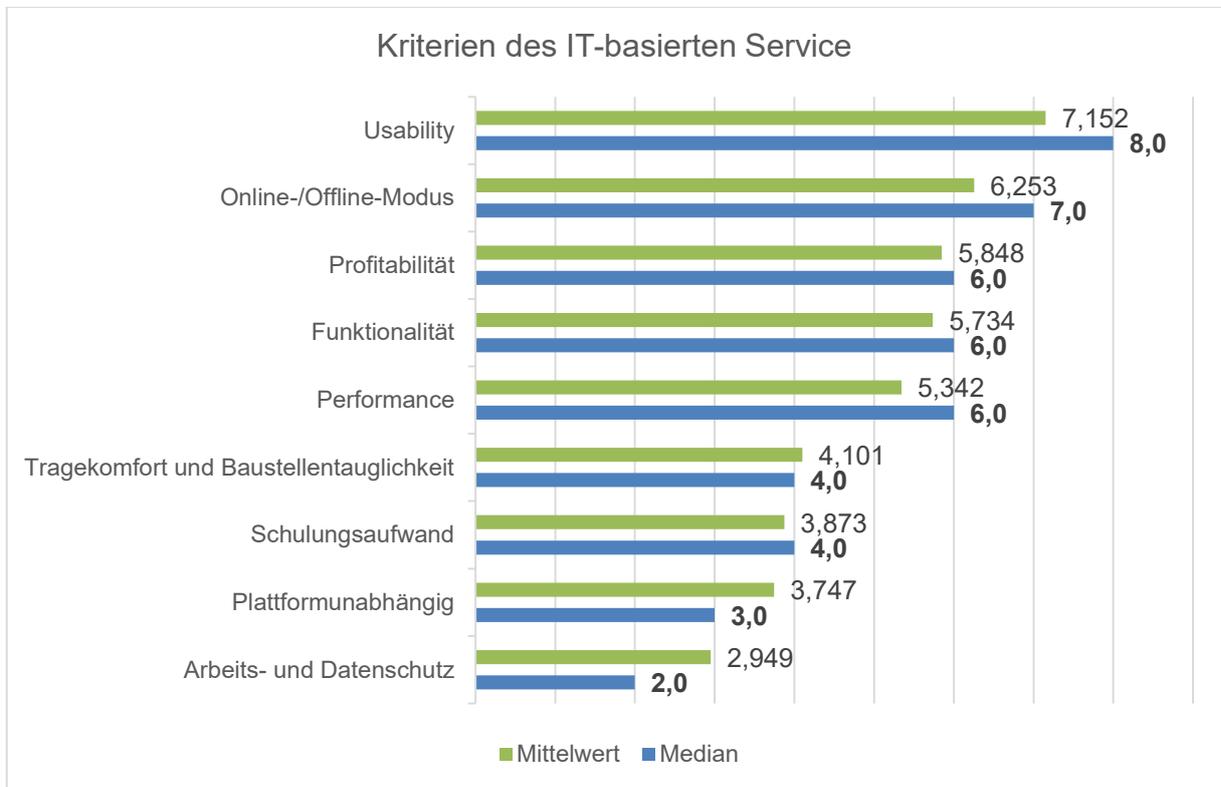


Abbildung 6-4: Mittelwert und Median der Punkte pro Kriterium (Balkendiagramm)

In Tabelle 6-8 wird die Anzahl der Erstreichungen eines Kriteriums pro Altersgruppe in Prozent dargestellt. Ziel dieser Aufstellung ist es, zu ermitteln ob es in den Altersgruppen unterschiedliche Bedürfnisse in punkto Kriterien-Wichtigkeit für das IT-basierte Service gibt.

Altersgruppen	Usability	Performance	Funktionalität	Plattformunabhängig	Online-/Offline-Modus	Tragekomfort und Baustellentauglichkeit	Schulungsaufwand	Profitabilität	Arbeits- und Datenschutz
<18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-29	37	6	20	3	6	3	3	20	3
30-44	34	3	10	10	14	7	0	10	10
45-59	47	0	13	0	20	0	0	13	7
60+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 6-8: Anzahl Erstreichungen der Kriterien pro Altersgruppe in Prozent

Wie in der vorhergehenden Tabelle ersichtlich, wird die Usability bei allen teilgenommenen Altersgruppen am häufigsten mit Priorität 1 versehen. Es empfiehlt sich somit in der Umsetzungsphase des Rückdokumentationsservice gerade auf diesen Aspekt besonderen Wert zu legen, um so eine hohe Nutzungsakzeptanz der späteren AnwenderInnen des Service zu erhalten.

Zum Abschluss der Prioritätenvergabe der Kriterien wurde eine optionale offene Frage angeführt, welche den Befragten die Möglichkeit bietet Ergänzungen zu den angeführten Kriterien des IT-basierten Rückdokumentationsservice mitzuteilen. Dies wurde in den gültigen Datensätzen von fünf Befragten genutzt. Die Ergebnisse werden in der Tabelle 6-9 dargestellt und interpretiert.

Originale Antworten der optionalen Frage	Interpretation
<i>„Baustellentauglichkeit im Sinne von das Gerät wird nicht kaputt sobald es mir einmal aus der Hand fällt oder unabsichtlich etwas auf das Gerät fällt, wenn es am Boden liegt“</i>	Entspricht inhaltlich dem Kriterium „Tragekomfort und Baustellentauglichkeit“
<i>„Die Frage muss sich gestellt werden warum es zu einer Rückdoku [sic] kommt. Meines ersichtens [sic] ist es sehr davon abhängig wer die Planung macht.“</i>	Inputqualität
<i>„Das [sic] es für alle nur das eine gibt“</i>	„All in One“ Lösung
<i>„Schneller und effektiver Support. Fehler verursachen im Alltag viel Mehraufwand, Stehzeiten und somit hohen Schaden. Daher ist schnelle Fehlerbehebung relevanter denn je.“</i>	Entspricht dem Mehrwert einer vollständigen und lückenlosen Rückdokumentation
<i>„Am wichtigsten ist das [sic] es einfachst [sic] zu bedienen ist. Am leichtesten noch mit einem stift [sic] wie auf einem platt [sic] Papier. Das [sic] dadurch eine anständige Rückdoku [sic] erstellt wird und diese wider [sic] zu uns zurückkommt ist Mehrwert genug und schon weitaus mehr als heute passiert [...]“</i>	Entspricht inhaltlich dem Kriterium „Usability“

Tabelle 6-9: Antworten zur optionalen Frage bzgl. Kriterien des IT-basierten Service

## 6.4 Auswertung des Akzeptanzmodells und Hypothesenprüfung

Ziel dieses Abschnitts ist es, die nach der Auswertung der Experteninterviews aufgestellte Hypothese zu prüfen, deren H1 wie folgt lautet: Die zusätzliche Zuhilfenahme eines IT-basierten Service in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase steigert die Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation von erkannten Abweichungen gegenüber der Technischen Dokumentation einer Maschine oder Anlage.

Für die Hypothesenprüfung werden die erhobenen, gültigen Datensätze aus der Online-Befragung herangezogen, die sich mit dem Akzeptanzmodell aus Abschnitt 5.3.2

auseinandersetzen. Zur Ermittlung der Akzeptanz gegenüber dem IT-basierten Rückdokumentationsservice werden 12 Aussagen mittels einer 7-stufigen Likert-Skala von den Befragten bewertet. Alle Aussagen werden mit einer eindeutigen Kennung versehen und im weiteren Verlauf der Datenanalyse als Item beschrieben. Bis auf das Item RD2 sind alle anderen Items als positivbesetzte Aussage geführt. Das bedeutet, RD2 ist invers ausgeführt und zielt demzufolge auf den negativen linken Pol der Likert-Skala ab. Für die Datenanalyse ist es damit im Vorfeld notwendig die Werteskala für dieses Item zu invertieren. Das bedeutet aus dem Wert 1 wird 7, aus 2 wird 6, usw., bis alle Beantwortungsmöglichkeiten über eine inverse Punktezahl verfügen. Das invertierte Item RD2 wird für die Berechnung als RD2i geführt

In Tabelle 6-10 sind alle 12 Items aus der Akzeptanzerhebung aufgelistet mit deren berechneten Werten bezüglich Mittelwert, Median, Standardabweichung und der Varianz. In der anschließenden Tabelle ist jeweils der beste Wert fett und in grün gedruckt, sowie der schlechteste Wert fett und mit roter Schrift gekennzeichnet. Das Item IU1, das einer Absicht der Nutzung entspricht, hat den höchsten Mittelwert und Median aller Items und ist damit am nächsten dem Likert-Skala Höchstwert. Der niedrigste gemessene Mittelwert wird mit einem Wert von 4,241 und einem Median von 4 bei Item SN2 evaluiert. Das Item SN2 ist dem Konstrukt der subjektiven Norm zugeordnet und behandelt den Einfluss von Menschen durch Personen, die dem Befragten wichtig sind. Der gemessene Wert ordnet sich auf der 7-stufigen Likert-Skala im neutralen Bereich ein. In Bezug auf die Standardabweichung in den erhobenen Daten der einzelnen Items weist das Item IU1 die besten Werte auf, in dem dies die niedrigsten Werte repräsentiert. Die schlechtesten Werte der Standardabweichung, sowie auch der Varianz wurden bei Item SN1 berechnet und dies sagt aus, dass die Beeinflussung zur Nutzung des Service durch andere Personen eine größere Streuung auf der Likert-Skala hat.

Item	Min.	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Varianz	Max.
IU1	1	<b>6,152</b>	<b>6,0</b>	<b>1,075</b>	<b>1,156</b>	7
PU1	3	5,823	6,0	1,095	1,199	7
PU2	1	5,051	5,0	1,431	2,049	7
PU3	2	5,924	6,0	1,238	1,533	7
SN1	1	4,709	4,0	<b>1,770</b>	<b>3,132</b>	7
SN2	1	<b>4,241</b>	<b>4,0</b>	1,635	2,672	7
V1	2	5,646	6,0	1,321	1,745	7
V2	1	5,342	6,0	1,753	3,074	7
JR1	1	5,152	5,0	1,594	2,541	7
JR2	1	5,759	6,0	1,351	1,826	7
RD1	2	5,595	6,0	1,214	1,475	7
RD2i	1	5,810	6,0	1,586	2,515	7

Tabelle 6-10: Deskriptive Statistik der Aussagen des Akzeptanzmodells

Das Item IU1 schneidet im Vergleich zu allen anderen Items und der damit verbundenen zu bewerteten Aussagen in der Akzeptanzerhebung am besten ab. In der anschließenden Abbildung 6-5 wird die Häufigkeit der einzelnen Skalenpunkte dargestellt. Bis auf einen Ausreißer in

Richtung „sehr unwahrscheinlich“, auf der linken Seite der Likert-Skala, befindet sich der überwiegende Anteil der gültigen Datensätze im Bereich der sehr wahrscheinlichen Nutzung des IT-basierten Service. Dies ist ein erstes Indiz für die Akzeptanz gegenüber dem IT-basierten Service und kann als eine grundsätzlich positive Einstellung zur Nutzung angesehen werden.

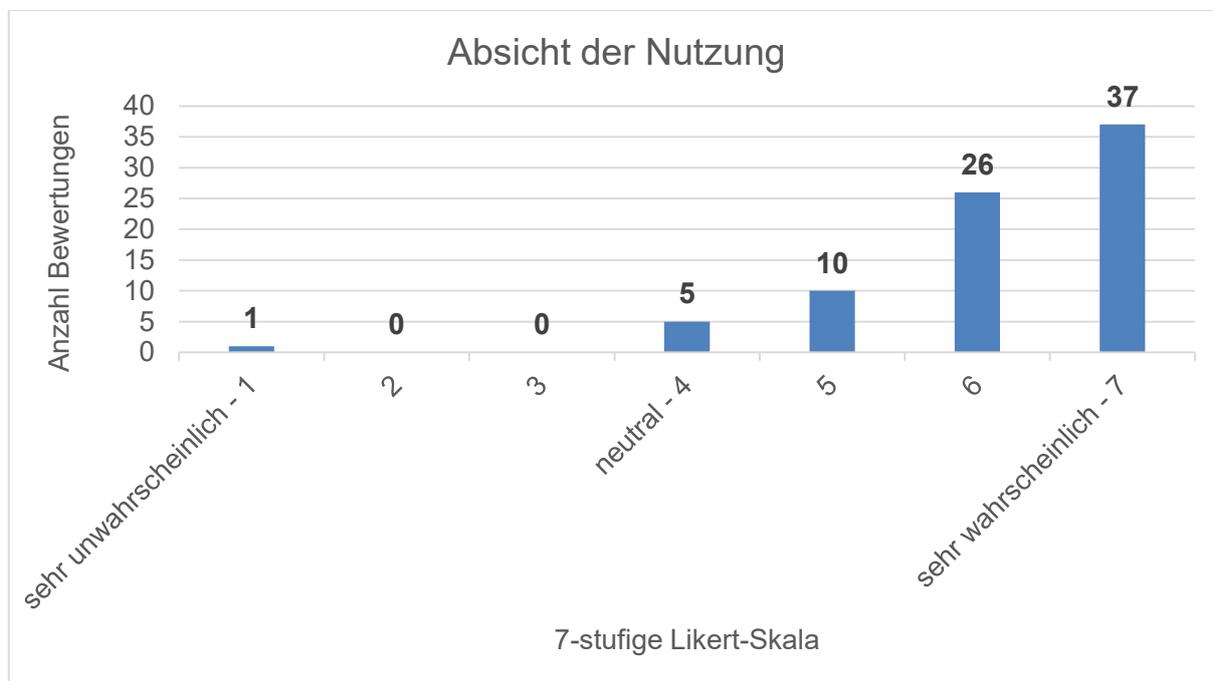


Abbildung 6-5: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des IU-Konstrukts (Säulendiagramm)

Bis auf das Item IU1, ist jedes weitere zusätzlich einem übergeordneten Konstrukt des Akzeptanzmodells zugeteilt, weswegen für den weiteren Verlauf der Datenanalyse eine Clusterung der Daten auf Basis dieser Konstrukte durchgeführt wird. Auf Basis der Werte pro Konstrukt wird, wie zu den einzelnen Items, eine deskriptive Statistik durchgeführt, die den Mittelwert, den Median, die Standardabweichung und die Varianz umfasst. Die berechneten Werte sind in der folgenden Tabelle 6-11 zu sehen.

In der Tabelle 6-11 sind die besten Werte wiederum fett gedruckt und mit grün markiert, sowie im Gegenzug die schlechtesten ebenfalls fett gedruckt, jedoch in roter Schriftfarbe. Die Absicht zur Nutzung hat auch im Vergleich zu den Konstrukten den höchsten Mittelwert und Median, während die subjektive Norm ebenfalls als Konstrukt den niedrigsten Mittelwert und Median aufweist. Die Daten des Konstrukts der subjektiven Norm haben auch die höchste Standardabweichung und Varianz. Bei der Subjektiven Norm ist auch die Differenz zwischen Mittelwert und Median am größten. Das SN-Konstrukt hat deutlich am meisten Ausreißer. Weitere Ausreißer sind im RD-Konstrukt zu entnehmen, auch hier gibt es eine größere Differenz zwischen Mittelwert und Median. Die niedrigste Standardabweichung und auch geringste Varianz führt die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit auf, beide liegen bei einem Wert knapp unter 1.

Konstrukt	Min.	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Varianz	Max.
IU	1,00	6,152	6,0	1,075	1,156	7,00
PU	2,67	5,599	5,7	0,995	0,990	7,00
SN	1,00	4,475	4,0	1,456	2,121	7,00
V	2,50	5,494	5,5	1,122	1,260	7,00
JR	1,00	5,456	5,5	1,261	1,591	7,00
RD	2,50	5,703	6,0	1,105	1,221	7,00

Tabelle 6-11: Deskriptive Statistik der Konstrukte des Akzeptanzmodells

Die ausgewerteten Daten des IU-Konstrukt wurden bereits beschrieben und es kann durch die Analyse eine positive Einstellung gegenüber dem Rückdokumentationsservice erkannt werden. Im weiteren Verlauf werden die restlichen fünf Konstrukte, mit deren Items, beschrieben und wie diese auf die Nutzungsakzeptanz gegenüber dem IT-basierten Service einwirken.

Die in Abbildung 6-6 dargestellten Daten entsprechen der Anzahl der Bewertungen je Skalen-Punkt pro Item des Konstrukts zur wahrgenommenen Nützlichkeit. Gesamt verfügt das PU-Konstrukt über den einen Mittelwert von 5,599 Punkten auf einer Skala von 1 bis 7, was als durchaus positive Einstellung interpretiert wird. Es kann angenommen werden, dass den Befragten die Nützlichkeit eines Tools zur Unterstützung der Rückdokumentationsaktivitäten bewusst ist und der Einsatz als nützlich erachtet wird. Bezogen auf die Auswertung des übergeordneten Konstrukts, verfügt diese über die geringste Standardabweichung, sowie Varianz im Vergleich zu den anderen Konstrukten. In der Analyse der einzelnen Items ist vor allem das Item PU2 auffällig, welches auf die Besserung der eigenen Wirksamkeit im Beruf durch die Nutzung des IT-basierten Service abzielt. Diese Ansicht wird von den Befragten überwiegend als neutral interpretiert. Während vergleichsweise die meisten Skalenpunkte der beiden anderen Items PU1 und PU3, welche sich auf die Nützlichkeit im Rahmen der Rückdokumentationsaktivität konzentrieren, im rechten Teil der 7-stufigen Likert-Skala zu finden sind.

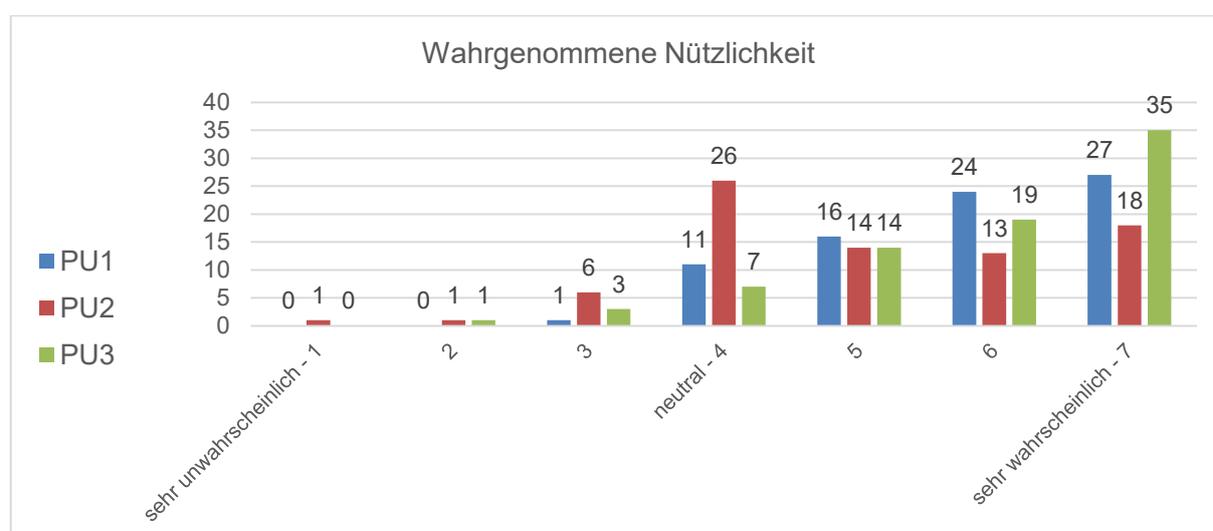


Abbildung 6-6: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des PU-Konstrukts (Säulendiagramm)

Die Subjektive Norm entspricht dem Faktor der Beeinflussung zur Nutzung des IT-basierten Service. Der Mittelwert über beide Items ist im Vergleich zu den anderen Konstrukten des Akzeptanzmodells am niedrigsten. In der Abbildung 6-7 ist dies auch ersichtlich, denn beide Items haben ihren Höchstwert im neutralen Bereich der Likert-Skala. Auf der Skala ist zu sehen, dass es zusätzlich Ausschläge auf beiden Enden der Skala gibt. Die Varianz der Daten ist gegenüber den anderen Konstrukten am höchsten. Eine Aussage bezüglich der Beeinflussung von außen für eine Nutzung zu treffen ist aufgrund der erhobenen Datensätze nicht möglich.

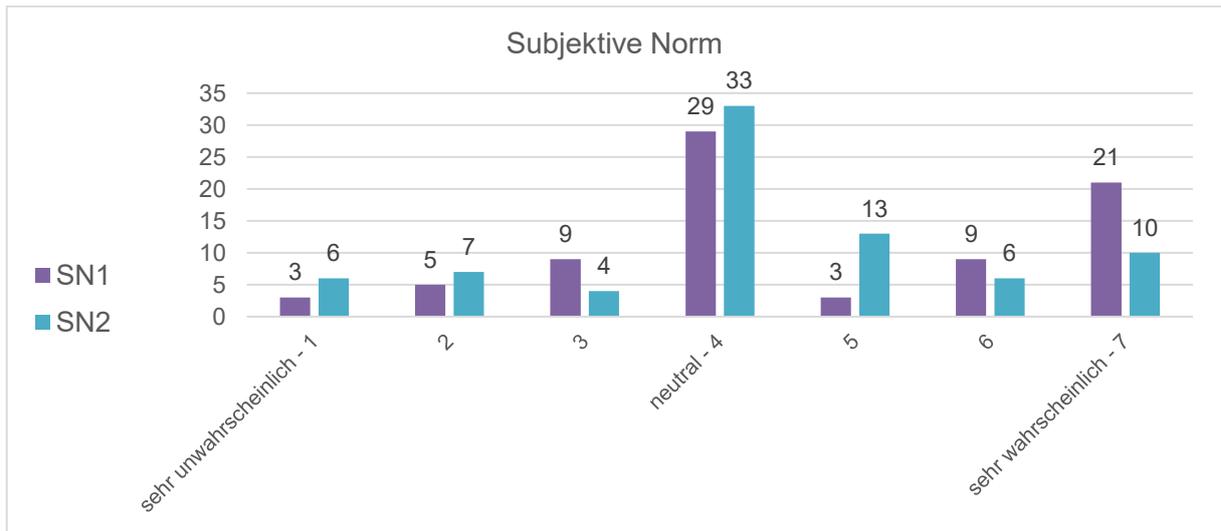


Abbildung 6-7: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des SN-Konstrukts (Säulendiagramm)

Das nächste Konstrukt beschreibt den Aspekt der freiwilligen Bereitschaft zur Nutzung des IT-basierten Service. Die häufigsten Antworten beider Items sind jeweils am rechten Pol der Likert-Skala vergeben. Dies kann vor allem aus Sicht der Unternehmen für die Einführung eines Rückdokumentationsservice als positiv interpretiert werden, da V1 die freiwillige Nutzung bedient und V2 angibt, dass eine Nutzung des Tools bei einer wahrgenommenen Unterstützung im Rückdokumentationsprozess nicht obligatorisch sein wird. Davon kann abgeleitet werden, dass sich der Widerstand gegen eine Einführung in Grenzen halten wird.

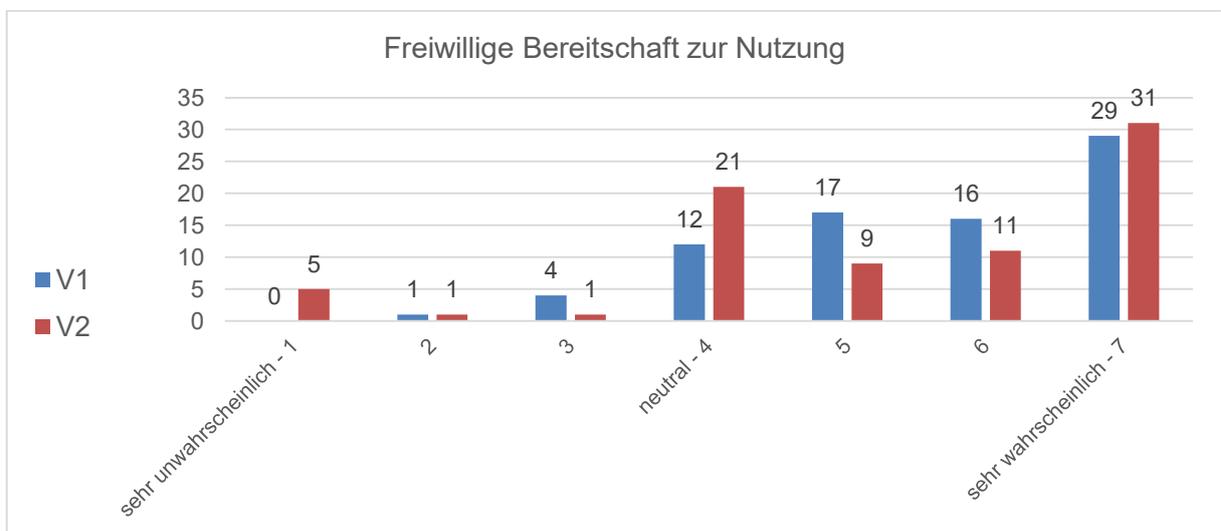


Abbildung 6-8: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des V-Konstrukts (Säulendiagramm)

Ob die Nutzung des IT-basierten Service in der aktuellen beruflichen Tätigkeit des Befragten als wichtig und als relevant einzuordnen ist, beschreiben die Aussagen der beiden Items des JR-Konstrukts, welches sich mit der beruflichen Relevanz auseinandersetzen. In der anschließenden Abbildung 6-9 ist ersichtlich, dass die wahrgenommene Relevanz höher gemessen wird und somit mit 24 und 29 Nennung auf den Werten 6 und 7 der Likert-Skala als sehr wahrscheinlich eingeschätzt wird. Die subjektive Wichtigkeit der Befragten gegenüber dem Rückdokumentationsservice verteilt sich über die rechte Hälfte der Skala. Dies Ergebnis kann so interpretiert werden, dass der überwiegende Mehrheitsanteil der Befragten ein IT-basiertes Werkzeug befürwortet.

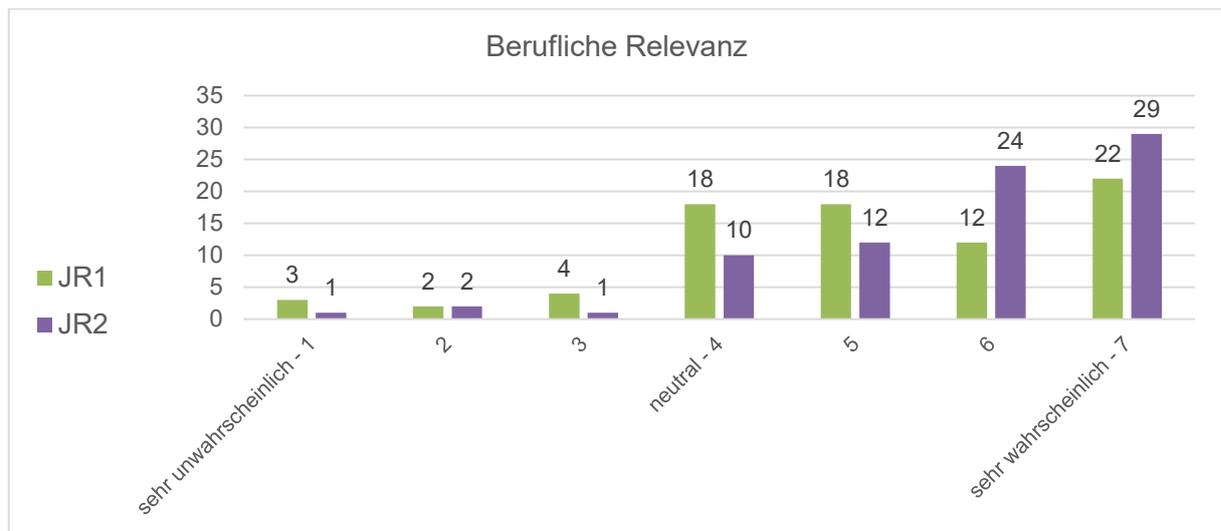


Abbildung 6-9: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des JR-Konstrukts (Säulendiagramm)

Das letzte Konstrukt des Akzeptanzmodells umfasst die Ergebniswahrnehmbarkeit. Wie in Abbildung 6-10 erkennbar, ist das Item RD2 stark linkslastig. Grund dafür ist, dass die Aussage für dieses Item, anders als bei den übrigen Items, nicht positiv besetzt ist, sondern aussagt, dass der Befragte Schwierigkeiten damit hat die Vorteile der Nutzung des IT-basierten Service wiederzugeben. Die Antworten zum Ergebnisbewusstsein, durch den Einsatz eines solchen Service, sind überwiegend positiv ausgefallen.

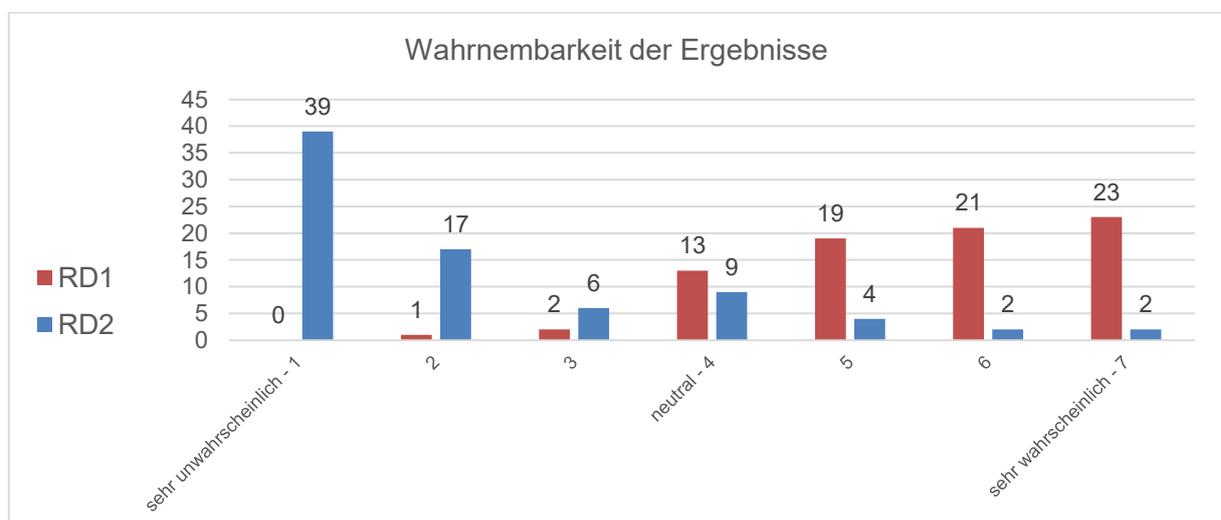


Abbildung 6-10: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des RD-Konstrukts (Säulendiagramm)

Um Zusammenhänge zwischen den Konstrukten des Akzeptanzmodells erheben zu können, werden diese in eine Korrelation zueinander gestellt. Die Aufstellung der Korrelationsmatrix, dargestellt in Tabelle 6-12, basiert auf den berechneten Mittelwerten der einzelnen Konstrukte aus Tabelle 6-11. Die Matrix zeigt die einzelnen Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$  = Korrelationskoeffizient), wenn jeweils zwei Konstrukte gegenübergestellt werden.

	IU	PU	SN	V	JR	RD
IU	1					
PU	0,513	1				
SN	0,232	0,525	1			
V	0,155	0,371	0,174	1		
JR	0,133	0,255	0,277	0,353	1	
RD	0,351	0,310	0,065	0,329	0,241	1

Tabelle 6-12: Korrelationsmatrix der Konstrukte des Akzeptanzmodells

Um den Korrelationskoeffizienten  $r$  interpretieren und einordnen zu können, empfiehlt Schlittgen (2008) folgende, in Tabelle 6-13 dargestellte, Klassifizierung:

perfekte Korrelation	$r = 1$
starke Korrelation	$r > 0,8$
mittlere Korrelation	$r > 0,5$
schwache Korrelation	$r \leq 0,5$
keine Korrelation	$r = 0$

Tabelle 6-13: Klassifikation des Korrelationskoeffizienten vgl. Schlittgen (2008)

Das Konstrukt IU betrifft die Nutzungsabsicht und hat mit einem Mittelwert von 6,152 und einem Median von 6 bereits eine sehr hohe positiv gesinnte Ausprägung, jedoch stellt sich die Frage inwiefern andere Konstrukte mit dieser in einer Korrelation stehen. Der höchste Korrelationskoeffizient in Bezug auf IU besteht zum PU-Konstrukt, mit einem Wert von 0,513, welches die wahrgenommene Nützlichkeit abdeckt. Dieser Wert liegt damit jedoch nur knapp über 0,5 und ist nach Schlittgen (2008) bei einer Klassifizierung der mittleren Korrelationsstärke einzuordnen. Die niedrigste Korrelation zum IU-Konstrukt tritt bei der beruflichen Relevanz (JR) auf und entspricht einem Wert von 0,133. Dieser Wert liegt jedoch nur knapp unter der freiwilligen Nutzung mit 0,155.

Durch den niedrigen Korrelationskoeffizienten gegenüber dem IU-Konstrukt kann nur ein schwacher kausaler Zusammenhang mit den einzelnen Konstrukten aus dem Akzeptanzmodell erkannt werden. Bei Betrachtung aller gegenseitigen Korrelation in Tabelle 6-12 kann nur ein zweiter Wert erkannt werden, der, neben der IU – PU Korrelation, über einen Wert größer als 0,5 verfügt und dies entspricht die wahrgenommene Nützlichkeit zur subjektiven Norm mit einem Wert von 0,525.

Durch die erhobenen Daten und der Auswertungen der einzelnen Konstrukte des Akzeptanzmodells kann eine Tendenz in Richtung einer Nutzungsintention des IT-basierten Service abgeleitet werden. So befinden sich alle Mittelwerte der einzelnen Konstrukte in einem Bereich zwischen 4,4 und 6,1 und einem Median von 4,0 und 6,0 in Bezug auf die 7-stufige Likert-Skala. Vor allem die wahrgenommene Nützlichkeit spielt eine wesentliche Rolle für die Nutzung und weist auch die geringste Abweichung aller Konstrukte auf. Jedoch kann durch eine Korrelationsmatrix kein Zusammenhang der einzelnen Konstrukte des Akzeptanzmodells festgestellt werden.

Ziel dieses Abschnitts ist es, die Hypothese zu überprüfen, die wie folgt lautet: Die zusätzliche Zuhilfenahme eines IT-basierten Service in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase steigert die Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation von erkannten Abweichung gegenüber der Technischen Dokumentation einer Maschine oder Anlage.

Mit der Auswertung der Daten kann die, auf Basis der Literatur und der Interviewanalyse aufgestellte, Hypothese zwar nicht eindeutig bestätigt werden, jedoch ist eine Tendenz erkennbar, welche in Richtung Bestätigung abzielt. Das heißt die Hypothese kann nicht verworfen werden, sondern bedarf einer weiteren nähen Untersuchung in Form eines Experiments mit dem IT-basierten Service als Artefakt oder einem entsprechenden Prototyp. Eine positive Tendenz kann deshalb schlussgefolgert werden, da aufgrund der hohen Absicht zur Nutzung des IT-basierten Service, welches bedingt durch die wahrgenommene Nützlichkeit, die vor allem durch die erhobenen Kriterien und Funktionen unterstützt wird, sowie auch der evaluierten freiwilligen Bereitschaft zur Nutzung, eine Durchführung der Rückdokumentation mit dem IT-basierten Service durch Montage- und Inbetriebnahmepersonal gewünscht und demnach akzeptiert wird.

Durch die wahrgenommene Nützlichkeit kann abgeleitet werden, dass ein Rückdokumentations-service den Zweck erfüllt und entsprechend eingesetzt wird. Zusammen mit der hohen Freiwilligkeitskomponente kann eine Akzeptanz gegenüber dem Service interpretiert werden, wodurch weiter abgeleitet werden kann, dass eine Durchführung der Rückdokumentation von Abweichungen gesteigert werden kann. Aufgrund der frühen Phase des Entwicklungsprozesses eines IT-basierten Rückdokumentationsservice bedarf es einer weiteren Untersuchung, um hier speziell die Akzeptanz in punkto Kriterien und Funktionen zu vertiefen und vor allem die aufgestellte Hypothese einer erneuten Verifizierung oder Falsifizierung zu unterziehen.

## **6.5 Diskussion der Ergebnisse**

Die Auswertung der erhobenen Daten aus der Online-Befragung konnte für die Beantwortung der Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit herangezogen werden. Für die Ergebniserhebung wurden die Daten in drei Gruppen aufgeteilt, um so die jeweilig benötigten Informationen für die Kriterien-, Funktionsbewertung und Akzeptanzerhebung zur Verfügung zu stellen.

Die Forschungsfrage der Arbeit befasst sich mit der Ermittlung von Kriterien, die ein IT-basiertes Service zur Unterstützung der Rückdokumentationsaktivitäten aufweisen muss, um so auch die Akzeptanz der Durchführung steigern zu können. Die Auswertung der, aus der im Theorieteil erarbeiteten, Kriterien hat ergeben, dass für die Stichprobe der größten Wert auf die „Usability“

des IT-basierten Service gelegt wird. Davon kann abgeleitet werden, dass es für die Entwicklung des Service unabdingbar ist, den späteren AnwenderInnenkreis in den Entwicklungsprozess aufzunehmen und eine Kultur mit regelmäßigen Abstimmungen zu praktizieren. Als ein weiteres wichtiges Kriterium konnte die Offlinefähigkeit identifiziert werden. Dies ist bedingt durch die Gegebenheit vor Ort, da vor allem zu Beginn der Baustellentätigkeit nur selten eine Internetanbindung vorhanden ist. Eine interessante Auffälligkeit konnte diesbezüglich im Zusammenspiel mit der Bewertung der Funktionen des Service erkannt werden. So ist die Funktionalität „Kopie der Dokumentation am Endgerät“ deutlich abgeschlagen am letzten Platz gereiht, jedoch ist dies eine Grundbedingung um die Offline-Arbeit in Kombination mit einem mobilen Endgerät zu ermöglichen. Gründe für diese Diskrepanz könnten sein, dass die übrigen Funktionen von der Stichprobe wesentlich bedeutender angesehen werden, oder aber auch, dass die Aussage für die Bewertung zu ungenau war und so zu Interpretationsschwierigkeiten führte.

Als sehr eindeutig und auch mit den häufigsten Letztplatzierungen ist der Kriterium „Arbeits- und Datenschutz“ abgeschlagen am Ende der Reihung zu sehen. Eine mögliche Splitting des Kriteriums in zwei getrennte wäre für die Erhebung im Nachhinein interessant gewesen, da so nicht entnommen werden kann ob eines der beiden das andere mit nach unten zieht, oder ob sich dieses ausgleicht. Es bedarf eine genauere Betrachtung dieses Kriteriums in den weiteren Entwicklungsphasen des IT-basierten Service. Die Plattformunabhängigkeit ist mit einem Median von 3 am vorletzten Platz gereiht. Es kann daraus gefolgert werden, dass die freie Wahl des Endgeräts keine hohe Relevanz für BenutzerInnen hat. Die Vorgabe des Endgerätyps kann damit durchaus vom Unternehmen gegeben werden, sollte jedoch in einer weiteren Studie genauer betrachtet werden welche Typen am besten geeignet sind.

Eine wichtige Rolle für die Stichprobe spielt die Profitabilität des IT-basierenden Service, wobei das Kriterium im Sinne der Reduzierung des Dokumentationsaufwands auf der Baustelle verstanden wird. Bei diesem Kriterium ist vor allem die Betrachtung der Ergebnisse aus der dritten Auswertungsgruppe, der Akzeptanzerhebung zu betrachten. Die wahrgenommene Nützlichkeit hat nicht nur den höchsten Korrelationskoeffizienten gegenüber der Absicht der Nutzung des Service, sondern sagt deutlich aus, dass die Befragten das Service durchaus als Unterstützung im Rückdokumentationsprozess ansehen. Es können somit die Rückschlüsse gezogen werden, dass die wahrgenommene Nützlichkeit die Nutzungsabsicht beeinflusst und diese wiederum selbst von der Profitabilität des Einsatzes auf der Baustelle abhängig sind. Neben der Usability des Service sind die angebotenen Funktionen ausschlaggebend für den Einsatz. Hier hat die Analyse der Daten bezüglich der Funktionsbewertung ergeben, dass das IT-basierte Service um eine Änderungsüberwachung inklusive Historie versehen werden soll. Dies gilt es ebenfalls mit in die nächsten Phasen der Entwicklung des Rückdokumentationsservice zu nehmen.

Die Auswertung des Akzeptanzmodells hat ergeben, dass die Intention zur Nutzung bei der Stichprobe vorhanden ist. Dabei muss bedacht werden, dass dies nur Gültigkeit hat, wenn auch die Kriterien und damit verbunden Funktionen entsprechend umgesetzt werden. Eine Stichprobe mit der Anzahl von 79 Befragten kann für diese erste Anforderungserhebung, sowie Akzeptanzprüfung als repräsentative Größe herangezogen werden, um eine weitere Phase in der Entwicklung anzustreben. Eine Tendenz zur Bestätigung der Hypothese konnte durch Interpretation der Ergebnisse aus der Datenanalyse erkannt werden. Aufgrund einer hohen

Absicht zur Nutzung, sowie der wahrgenommenen Nützlichkeit des IT-basierten Service kann in Verbindung mit deren freiwilligen Benutzung so schlussgefolgert werden, dass der Einsatz im Rahmen der Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle als erwünscht eingestuft werden kann. Es kann damit auch weiters angenommen werden, dass die Anzahl der Rückmeldungen erkannter Abweichungen gegenüber der Technischen Dokumentation gesteigert wird, was wiederum die Qualität der Technischen Dokumentation und der Daten einer Maschine oder Anlage steigert.

Es kann ebenfalls festgehalten werden, dass durch die hohe Intention zur Nutzung, wie auch der wahrgenommenen Nützlichkeit, das Bedürfnis einer zusätzlichen Unterstützung durch die Zuhilfenahme eines IT-basierten Service im Rückdokumentationsprozesses auf der Baustelle gegeben ist. In Kombination mit den Erkenntnissen aus der Theorieaufarbeitung und den Experteninterviews kann des Weiteren abgeleitet werden, dass es neben dem Einsatz eines IT-Tools auch eine Bewusstseinsbildung in den Unternehmen bezüglich der Wichtigkeit der Rückdokumentation geben muss. Damit so vor allem die Konsequenzen einer mangel- und fehlerbehafteten Dokumentation und Datenbestands für Unternehmen hervorgehoben werden. Die freiwillige Nutzung des IT-basierte Service ist, wie das dafür vorgesehen Konstrukt des Akzeptanzmodells ergibt, von seitens der Befragten gegeben.

## 7 ABSCHLUSS DER ARBEIT

*„Das Staunen ist der Anfang der Erkenntnis.“  
(Platon, Philosoph)*

Zum Abschluss werden alle Teile der Arbeit Revue passiert und die Kernaspekte zur Beantwortung der Forschungsfrage beleuchtet. Ebenfalls wird ein Ausblick darüber gegeben, wie ein weiteres Vorgehen im Rahmen der Entwicklung eines IT-basierten Service aussieht. Der Beginn des Kapitels ist die Zusammenfassung der Arbeit und das schrittweise Vorgehen bis hin zum Forschungsergebnis.

### 7.1 Zusammenfassung der Arbeit

Den Beginn der Arbeit machte eine Literaturlaufarbeit zu den unterschiedlichen Themengebieten, wie die Technische Dokumentation, dem Rückdokumentationsprozess im Maschinen- und Anlagenbau, dem technologischen Wandel in der Industrie mit I4.0, der Einordnung eines IT-basierten Service, bis hin zum Schwerpunkt der Arbeit, der Definition eines IT-basierten Rückdokumentationsservice zur Unterstützung der Dokumentationsaktivitäten während der Montage und Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage.

Aus der Literatur geht hervor, dass sich die Technische Dokumentation in zwei Teile unterteilen lässt, die interne und externe Dokumentation. Dabei entsprechen die externen Dokumente einer Teilmenge der internen. Von externer Dokumentation wird dann gesprochen, wenn diese an KundInnen übergeben wird. Wie die Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau aufgebaut ist und was sie beinhalten muss, ist aufgrund zweier Bedingungen geregelt. Dies ist zum einen durch den Vertragsbestand zwischen Hersteller und KundIn und zum anderen durch Richtlinien, sowie Normen geregelt. Die wichtigsten Vorgaben zum Thema liefert dabei die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Die Technische Dokumentation fungiert nicht nur als Nachschlagewerk und sicherheitstechnisches Hilfswerkzeug, sondern ist per Definition aus der Literatur ein Teil des Produkts selbst. Damit ist eine mangel- oder fehlerhafte Dokumentation wie ein Sachmangel zu behandeln, welcher unter die Gewährleistung fällt. Für eine Nachbesserung und Aktualisierung der Technischen Dokumente fallen für Unternehmen versteckte Kosten an, die bspw. eine zusätzliche Anreise zu KundInnen inkludieren kann.

Um Abweichungen der Dokumentation gegenüber dem Ist-Stand nach dem Aufbau und der Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage zu vermeiden, bedarf es der Durchführung des Rückdokumentationsprozesses. Im Rahmen dieses Prozesses gilt es sämtliche erkannten Abweichungen oder Änderungen zu erfassen, um diese dann folglich in die Dokumentation rückzuspeisen zu können. Ziel ist es, dass damit ein Delta zwischen dem realen Zustand einer Maschine oder Anlagen zur „As Built“-Dokumentation vermieden werden kann. Vor allem im Rahmen der Störfallbehebung führt eine fehlerhafte Dokumentation zu Verzögerung und verlängert dadurch zusätzlich die „Mean Time to Isolate“, bevor man mit dem eigentlichen Fix des

aufgetretenen Fehlers beginnen kann. Selbiges ist bei Erweiterungen oder Umbauten von Maschinen oder Anlagen der Fall. Eine nicht dem Ist-Stand getreue Dokumentation führt zu Verzögerungen und zusätzlichen Materialkosten für ein Unternehmen, da möglicherweise falsches Material angefertigt oder bestellt wird. Wiederum fallen für das Unternehmen Kosten an.

Genau wie beim Aufbau einer Maschine oder Anlage und der damit verbundenen Daten, wie z.B. ein SPS-Programm oder auch ein SCADA-System, gilt es beim Auftreten von Abweichungen und Änderungen so rückzudokumentieren, dass die Dokumentation am Ende den realen Gegebenheiten vor Ort entspricht. Gerade in Bezug auf Industrie 4.0 Aspekten ist die Aktualisierung der Dokumentation und der Daten ein entscheidender Faktor. Methoden für I4.0 setzen auf Daten auf um damit teil- oder vollautomatisiert Entscheidungen treffen zu können. Ein Beispiel dafür ist Predictive Maintenance, wo auf Basis von Big Data Verfahren Vorhersagungen getroffen werden, um damit bspw. ein Gebrechen eines Bauteils frühzeitig zu erkennen und somit schon präemptiv Maßnahmen einzuleiten. Ein solches Handeln in Verbindung mit IKT wird als Smart Service bezeichnet. Ein wichtiger Faktor für den Einsatz von I4.0 ist und bleibt der Mensch, denn so lange Maschinen und Anlagen von Menschenhand gebaut werden, ist ein Auftreten von Abweichungen und deren Rückdokumentation unumgänglich.

Um die Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle effektiver und vor allem effizienter zu gestalten, soll ein sogenanntes IT-basiertes Service zum Einsatz kommen. Ein IT-basiertes Service definiert sich dabei dadurch, dass es aus einer Kombination von IT-Komponenten und dem Dienstleistungsgedanken besteht. Je nach Grad der IT wird von begleitendem oder unterstützendem Service gesprochen. Genau dieses Zusammenspiel aus IKT und Dienstleistung wird für das IT-basierte Rückdokumentationsservice genutzt, welches dem thematischen Inhalt der Arbeit entspricht.

In weiterer Folge wurden Funktionen und Kriterien aus der Literatur abgeleitet, die für ein IT-basiertes Service, welches als Werkzeug für Montage- und Inbetriebnahmepersonal gesehen werden kann, geeignet sind. Ziel ist es damit Abweichungen und entstandene Änderungen gegenüber der Dokumentation digital zu erfassen und so den Rahmen zu schaffen, die Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle effektiver und effizienter zu gestalten. Um dadurch die Zahl der Rückmeldung von Abweichungen zu erhöhen und damit z.B. die Support-Qualität durch eine genauere Technische Dokumentation zu steigern. Als größte Herausforderung konnte dabei die Akzeptanz zur Nutzung des IT-basierten Service identifiziert werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Literatur und der damit verbunden Definition eines IT-basierten Service wurde der empirische Teil der Arbeit durchgeführt. Hierzu wurde ein Methoden-Mix, bestehend aus Experteninterviews und einer Online-Befragung, angewandt. Die Experteninterviews wurden mit Personen aus dem Customer Service und der Montage geführt. Dies hat den Zweck um einerseits die Problematik einer fehlerhaften Dokumentation im Rahmen des Supportprozesses zu erheben und andererseits die aktuelle Situation der Rückdokumentation auf der Baustelle zu beschreiben, sowie Anforderung für ein IT-basiertes Service zu erheben. Zusammen mit der Literaturlaufarbeitung und des Erkenntnisgewinns aus

der zusammenfassenden Inhaltsanalyse der Interviews wurde für die zweite Forschungsmethode die Hypothese aufgestellt, welche wie folgt lautet:

*Die zusätzliche Zuhilfenahme eines IT-basierten Service in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase steigert die Akzeptanz zur Durchführung der Rückdokumentation von erkannten Abweichung gegenüber der Technischen Dokumentation einer Maschine oder Anlage.*

Damit soll auch folglich die Qualität der Technischen Dokumentation einer Maschine oder Anlage gesteigert werden.

Für die Akzeptanzprüfung wurde, auf Basis des TAM 2, ein Akzeptanzmodell aufgesetzt und dazu Aussagen entwickelt, welche im Rahmen der Online-Befragung mittels 7-stufiger Likert-Skala bewertet wurden. Des Weiteren wurden für den Fragebogen Funktionen des IT-basierten Service zur Verfügung gestellt, die es im Rahmen der Evaluierung zu bewerten gilt. Ebenfalls wurden die Kriterien mit Prioritäten versehen, um damit eine Wertung dieser zu erlangen. Durchgeführt wurde die Online-Befragung in ausgewählten Unternehmen des Styrian Service Cluster, die in der Maschinen- und Anlagenbaubranche tätig sind.

Der Auswertung der erhobenen Daten aus dem Fragebogen konnte entnommen werden, dass die Hypothese zwar nicht bestätigt, aber eine Tendenz zur Bestätigung erkennbar ist. Dies kann aufgrund der hohen evaluierten Absicht zur Nutzung des Service schlussgefolgert werden. Weitere Konstrukte der Akzeptanz, welche auf die Nutzungsabsicht einwirken und relevant für eine erfolgreiche Zuhilfenahme des IT-basierten Service sind, entsprechen der wahrgenommenen Nützlichkeit des IT-basierten Service, sowie auch der freiwilligen Absicht zur Nutzung. Durch die hohe Freiwilligkeit ist ebenfalls abzuleiten, dass einer Einführung eines IT-basierten Service, bei entsprechendem Funktionsumfang, nur wenig Widerstand entgegengebracht wird und der Einsatz eines IT-Werkzeugs zur Unterstützung bei den Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle gewünscht wird. Für eine genauere Untersuchung der Hypothese bedarf es eines Experiments mit der direkten Anwendung eines solchen IT-basierten Service als Artefakt im Feld.

Wie ein solches IT-basierte Service für die späteren AnwenderInnen als nützlich erachtet werden kann, setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen. Ziel mit der Forschungsfrage war es Kriterien für ein solches Service zu ermitteln. Die Forschungsfrage selbst lautet folgendermaßen:

*Welche Kriterien muss ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentation während der Aufbau- und Inbetriebnahmephase einer Industrieanlage aufweisen, um die Akzeptanz der Durchführung zu steigern?*

Im Rahmen der Evaluierung wurden aus der Theorie abgeleitete Kriterien, sowie funktionelle Anforderungen bewertet. Das Kriterium mit dem höchstem Zustimmungswert ist die „Usability“. Damit wird eine einfache und effiziente Bedienung des IT-basierten Service als am wichtigsten angesehen und bedient damit weiters die Intention zur Nutzung dieses. Als zweitwichtigstes Kriterium konnte die Offline-Fähigkeit ermittelt werden, was vor allem dadurch bedingt ist, dass zu Beginn der Aufbauphase nicht immer eine entsprechende Internetverbindung auf der Baustelle gegeben ist. Das Profitabilitätskriterium kann zusätzlich mit der hohen wahrgenommenen

Nützlichkeit aus der Akzeptanzerhebung gekoppelt werden, was wiederum durch die Funktionalitäten des IT-basierten Service bedingt ist.

Die Ergebnisse der Arbeit lassen darauf schließen, dass der Einsatz eines IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentation in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase durch die möglichen späteren AnwenderInnen als erwünscht erachtet werden kann und als nützlichen angesehen wird.

## 7.2 Ausblick

Wie die Ergebnisse der Arbeit zeigen, ist der Einsatz eines IT-basierten Rückdokumentations-service auf der Baustelle als erwünscht von Seiten der möglichen AnwenderInnengruppe einzustufen. Ein Schritt in Richtung nächster Stufe der Entwicklung eines solchen Hilfswerkzeugs ist anzustreben.

Die aufgestellte Hypothese konnte zwar nicht bestätigt werden, jedoch ist eine deutliche Tendenz in Richtung Nutzungsabsicht erkennbar. In einer weiteren Entwicklungsphase ist es notwendig die Akzeptanz gegenüber dem konkreten Service, in Form eines Prototypen, zu erheben, denn die Akzeptanz für den Einsatz eines solchen Service kann aufgrund der Ergebnisse bestätigt werden.

Mögliche weitere Schritte im Verlauf der Entwicklung können folgendermaßen aussehen:

- Erstellen eines Business Case um die Rentabilität der Entwicklung eines IT-basierten Service zu ermitteln und eine Kosten-Nutzen-Analyse durchführen.
- Entwicklung eines Prototypen eines IT-basierten Service, aufbauend auf die erarbeiteten Kriterien der Arbeit, sowie den am höchsten bewerteten Funktionalitäten.
- Aufbau eines Quasiexperiments mit Zweigruppen-Pretest-Posttest-Plan um Unterschiede zwischen der Gruppe mit dem IT-basierten Service als Artefakt und ohne Artefakt zu erheben.
- Verifizierung oder falsifizieren der im Rahmen dieser Arbeit aufgestellten Hypothese.

Bedingt durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können weitere Fragestellungen im Zusammenhang mit dem IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentations-tätigkeiten in der Aufbau- und Inbetriebnahmephase generiert werden:

- Wie hoch ist das Kosteneinsparungspotenzial durch den Einsatz eines IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentationsaktivitäten auf der Baustelle?
- Inwiefern verändert sich die Ergebnisqualität des Engineerings aufgrund einer qualitativ hochwertigeren Rückdokumentation mit daraus resultierendem Erkenntnisgewinn?
- Wie muss ein Geschäftsmodell aufgebaut sein, um damit IT-basierte Rückdokumentationsservice an Unternehmen der Maschinen- und Anlagenbaubranche zu vertreiben?

- Wie können Service Engineering Methoden zur Entwicklung eines IT-basierten Service zur Unterstützung der Rückdokumentation angewandt werden?
- Wie ist ein Kriterienkatalog für Usability Tests eines IT-basierten Service zur Rückdokumentation in Kombination mit Mobilgeräten aufgebaut?

Die Ergebnisse der Arbeit geben einen breiten Überblick über das Potential von IKT im Rahmen des Rückdokumentationsprozess während der Montage- und Inbetriebnahmetätigkeiten.

## ANHANG A - Interviewleitfaden Customer Service

Name des Interviewten:		Nr.:	
Datum:			

### Jobposition

Welche Bezeichnung hat Ihre derzeitige Position im Unternehmen?

Haben Sie in Ihrer Position direkten Kontakt mit dem KundInnen?

Welche Aufgabengebiete sind damit verbunden?

Gibt es spezielle Supportfälle, die sie behandeln und wenn ja, welche?

### Dokumente im Supportfall

Welche Hilfsmittel und Dokumente stehen Ihnen während einem Supportfall zur Verfügung?

In welcher zeitlichen Größenordnung bewegt sich ein Supportfall im Schnitt, wenn die Dokumentation korrekt ist?

### **Abweichung in der Dokumentation**

Wie häufig kommt es vor, dass die Dokumentation nicht mit den Schilderungen von vor Ort übereinstimmt?

Wie schaut die Vorgehensweise im Support aus, wenn die vorliegende Dokumentation abweicht?

Wie behilft man sich dann bei der Lösungsfindung im Problemfall weiter?

Bei einer Abweichung der Dokumentation, um wieviel verzögert sich die Lösungsfindung?

Wenn es Abweichungen gibt, welche sind dabei die häufigsten?

Gibt es bestimmte Abweichungen, die in einem bestimmten Muster wiederkehren?

Gibt es Maschinen oder Anlagen die schwerer betroffen sind in Bezug auf Abweichungen, wie bspw., wenn bereits mehrere Umbauschritte durchgeführt wurden?

Wie reagieren KundInnen darauf, wenn die Dokumentation abweicht?

**Prozess zur Abweichungsbehebung**

Wenn die Dokumentation abweicht, was wird dann gemacht um diese mit dem realen Zustand abzugleichen?

**Ausblick in die Zukunft**

Welche Maßnahmen können Ihrer Meinung nach dazu beitragen, dass die Qualität der Rückdokumentation gesteigert werden kann?

Inwiefern werden bei Ihnen bereits Industrie 4.0 Ansätze angewandt, wie bspw. Predictive Maintenance oder andere Smart Serviceleistungen?

## ANHANG B - Interviewleitfaden Montage und Inbetriebnahme

Name des Interviewten:		Nr.:	
Datum:			

### Jobposition

Welche Bezeichnung hat Ihre derzeitige Position im Unternehmen?

Welches Aufgabengebiet haben Sie im Unternehmen?

Wie viele Jahre haben Sie als Monteur oder Inbetriebsetzer gearbeitet?

Wie viele Personen sind auf der Baustelle im Schnitt in der Montage und Inbetriebnahme tätig?

Gibt es eine spezielle Rollenaufteilung z.B. auf Basis einer besonderen Fähigkeit?

### Dokumente vor Ort

Welche Unterlagen stehen Ihnen im Rahmen der Montage oder Inbetriebnahme zur Verfügung?

In welchem Format stehen diese zur Verfügung?

Sind alle Personen auf der Baustelle mit einem Dokumentationssatz ausgestattet?

**Abweichung**

Wie oft kommt es vor, dass die Dokumentation nicht mit den Gegebenheiten von vor Ort übereinstimmt oder unvollständig ist?

Wie sieht dies zum einen bei Neuanlagen aus und zum anderen bei bestehenden Anlagen?

Wie sieht das Vorgehen aus wenn eine Abweichung erkannt wird?

Was wird gemacht, wenn benötigtes Material für die Behebung einer Abweichung nicht auf der Baustelle verfügbar ist?

Wie oft kommt dies vor?

### **Rückdokumentation**

Wann werden erkannte Abweichungen dokumentiert? Ist es immer möglich diese sofort zu erfassen?

Welche Werkzeuge werden dazu zur Hilfe genommen, damit ein Rückdokumentationseintrag erstellt wird? (Stift und Papier, Tablet, Laptop, ...)

Wie viele Personen sind im Rückdokumentationsprozess auf der Baustelle involviert?

Wie ist der Prozess der Rückdokumentation in Ihrem Unternehmen geregelt? Gibt es dazu klare Vorgaben was und wie dokumentiert wird?

Erfolgt die Rückdokumentation direkt in der „As-Built“-Dokumentation oder wird diese an eine weitere Organisationseinheit übergeben?

Wie viel Zeit nimmt Ihrer Meinung nach der Rückdokumentationsanteil auf der Baustelle in Anspruch?

Bei einer erkannten Abweichung zur Dokumentation und notwendigen Änderung vor Ort, wie wird diese gekennzeichnet und zugeordnet?

Verfügen die Maschinen oder Anlagen Ihres Unternehmens über ein Referenzkennzeichen für eine eindeutige Zuordnung?

Wenn ja, wie ist geregelt, dass diese bei Änderungen aktualisiert werden?

Wie wird sichergestellt, dass jede notwendige vorgenommene Änderung erfasst und dokumentiert wurde?

### **IT-basiertes Service**

Ist Ihnen der Begriff IT-basiertes Service bekannt? Wenn ja, was stellen Sie sich darunter vor?

Wie muss Ihrer Meinung nach ein Service aufgebaut sein, damit dieses eine Unterstützung für die Rückdokumentation auf der Baustelle ist?

Welche Anforderungen haben Sie gegenüber einem IT-basierten Service zur Rückdokumentation?

Was ist Ihrer Meinung nach ein „Must-have“ für das IT-basierte Service?

Welche Rolle spielen Ihrer Meinung nach Digitale Assistenzsysteme in einem IT-gestütztem Rückdokumentationsprozess?

Wenn Sie jetzt ein IT-basiertes Service zur Verfügung hätten, welche Tätigkeit des Rückdokumentationsprozesses kann am besten unterstützt werden?

Welchen Einfluss hat Ihrer Meinung nach ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentation auf die Tätigkeit während der Montage oder Inbetriebnahme?

Sehen Sie dabei auch Gefahren, die dadurch entstehen können? Wenn ja, welche?

### **Zukunft**

Welche Maßnahmen können Ihrer Meinung nach noch zusätzlich dazu beitragen, dass die Qualität der Rückdokumentation gesteigert werden kann?

Inwiefern werden in Ihrem Unternehmen Industrie 4.0 Ansätze angewandt, wie z.B. Predictive Maintenance oder andere Smart Serviceleistungen?

## ANHANG C - Zusammenfassende Inhaltsanalyse

### Customer Service:

<b>Themenblock: Dokumente im Supportfall</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EC1	Supportportal, Elektropäne, SPS Programme, DMS; Störfallbearbeitungszeit kann nicht pauschaliert werden; Dokumente machen, wenn vollständig, nur einen kleinen Bruchteil im Supportfall aus; Wichtig ist der Gegenpart auf Seite der KundInnen, TechnikerIn oder nicht TechnikerIn; Art des Störfall Inputs mit entscheidend	<u>Dokumente:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrodokumentation</li> <li>• SPS-Programme</li> <li>• Mechanikdokumentation</li> <li>• Anlagenübersichten</li> <li>• Störfallaufzeichnungen</li> <li>• Bedienungsanleitungen</li> <li>• ERP-System</li> </ul>
EC2	Aufzeichnung von alten Störfällen, Elektrodokumentation, Anlagendokumentation, Systemdesign, Konfigurationen der Anlage, Bedienungsanleitungen; Priorisierung der Störung von 1-5; Behebung eines Anlagenstillstands innerhalb von 4 h, Teilstillstand innerhalb von 8h und einfacher Störfälle und ähnliches innerhalb von 72h; Behebung bewegt sich innerhalb der definierten Zeitraumen;	<u>Störfallbehebung:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht pauschalierbar</li> <li>• Dokumentation, wenn korrekt, nachrangig</li> <li>• Kundenseite ist entscheidend und Eingang des Supportfalls</li> <li>• Kategorisierung mit Dauer für Behebungen gegeben und können eingehalten werden</li> </ul>
EC3	einfach gehalten; Mechanik und Elektrik Ordner von der Baustelle, die von Monteuren gewartet wurden und in der Fachabteilung korrigiert wurden; Zugriff auf Dokumente im Supportfall direkt die Systeme, wie z.B. Navision, ePlan oder SolidWorks; Supportfall Rückmeldung und Behebung ist innerhalb von 5 Tagen und nicht länger als 3 Wochen bei einer Umbauanfrage	

Tabelle 7-1: EC-Interview Themenblock Dokumente im Supportfall

<b>Themenblock: Abweichung in der Dokumentation</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EC1	sehr häufiges Auftreten von Dokumentations- abweichungen; vorsichtig geschätzt 80% der Dokumente nicht korrekt; sehr schlimm bei Verkabelungen; Störfallverzögerung geschätzt bis zu 300%, wenn Dokumentation benötigt; Elektro- und Busverkabelungen am meisten Betroffen; Neue Maschinen haben weniger Dokumentations- probleme als Bestand;	<u>Häufigkeit:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzungen von 50-80% der Dokumentation</li> </ul> <u>Gründe für Verzögerungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E-Verkabelungen am häufigsten</li> </ul>

	<p>Umbau macht für CS keinen Unterschied, Aufbau der Anlage beruht jedoch auf falsche Daten;                  KundIn muss zum Teil der Verkabelung nachgehen bei Störfallbehebung;                  Reaktion der KundInnen ist individuell und Kundenabhängig;                  wenn gefordert, dann Baustellenanreise und Dokumentation prüfen und korrigieren;                  erheblicher Kostenfaktor;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versetzung durch Platzgründen bei der Montage</li> <li>• Suche von Bauteilen, die nicht beschriftet wurden</li> <li>• Änderungen durch Dritte</li> </ul> <p><u>Verzögerung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1h Mehraufwand bei einfachen Störfällen bis hin zu 300% länger</li> <li>• Bei CS-Projekten Verzögerungen von 6-10 Wochen möglich</li> </ul> <p><u>Auswirkungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KundIn muss Verkabelung nachgehen</li> <li>• Baustellenanreise mit hohen Kosten, wenn notwendig</li> <li>• Konfliktpotential KundInnen</li> <li>• Fehllieferungen bei Ersatzteilen</li> </ul> <p><u>Abwicklung des Supports:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trail and Error</li> <li>• Mit jedem Umbauschritt wird die Dokumentation ungenauer</li> </ul>
EC2	<p>Sehr oft und meist bei Elektroverkabelung im Detail; Busverkabelung sind vertauscht;                  Trail and Error;                  Punkt für Punkt mit KundIn durchgehen;                  Abhängig vom KundInnen, wieder TechnikerIn ja/nein;                  Häufig wird etwas auf der Baustelle gesucht, dass nicht beschriftet ist;                  Schätzung ungefähr 1h Mehraufwand bei einfachen Störfällen;                  Genauigkeitsgrad sinkt bei jedem Umbauschritt;</p>	
EC3	<p>Abweichung tritt zu 50% auf;                  Faktor Mensch als Grund - Rückmeldung an Fachabteilung fehlen und Zeitfrage wann dies dann durch Fachabteilung eingepflegt wird;                  Soll/Ist Vergleich bei Beauftragung vor Ort bei ausgewählten Projekten;                  Grundlegende Änderung und Änderungen durch KundInnen führen zu einer Verzögerung von 6-10 Wochen bei Projektabwicklung;                  Versetzen von Bauteilen durch Platzgründen bei der Montage häufigste Dokumentationsabweichung;                  Änderungen durch Dritte auch Gründe für Abweichungen;                  Personenbezogen kann es zu Streitthemen – Konfliktpotential;                  Fehllieferungen durch fehlerhafter Rückdokumentation;</p>	

Tabelle 7-2: EC-Interview Themenblock Abweichung in der Dokumentation

<b>Themenblock: Prozess zur Abweichungsbehebung</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EC1	Abweichungen werden vom CS mit KundInnen rückdokumentiert und an Fachabteilungen übergeben;	<u>Prozess im CS:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergabe an Fachabteilung</li> <li>• Änderungen werden durch Fachabteilungen realisiert</li> <li>• Soll-Ist Aufnahme</li> <li>• Anreise</li> </ul>
EC2	Fachabteilung wird informiert; Anreise bei großen Abweichungen, im Jahr 2017 ist dies einmal vorgekommen;	
EC3	Soll-Ist Abgleich vor Ort: CS leitet die Änderungsabwicklung weiter an Fachabteilung;	

Tabelle 7-3: EC-Interview Themenblock Prozess zur Abweichungsbehebung

<b>Themenblock: Ausblick in die Zukunft</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EC1	Prozess wurde im Unternehmen gerade geändert und ist am Anlaufen; Änderungen werden sofort zurück ins Unternehmen gemeldet und dort geändert; InstallBase wird aufgebaut, in der die Dokumentation und verbauten Produkte vorhanden sind;	<u>Maßnahmen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessänderung</li> <li>• Plattform, die eine Ist-Situation abbildet</li> <li>• Reifegrad der Projekte und Planung steigern</li> <li>• Änderungen durch Dritte vertraglich regeln</li> <li>• I4.0 Projektteam</li> </ul>
EC2	So planen, dass es keine Abweichungen während der Montagetätigkeit gibt; Reifegrad der Produkte steigern; Big Data Collection als I4.0 Projekt für Lebenszyklus Erhebung; Dokumentation keinen Zusammenhang mit der Leistungserhebung einer Anlage;	
EC3	Faktor Mensch; Online Plattform mit Dokumenten pro Projekt für Montage; Portal wird bei Projektabschluss an KundInnen übergeben; Vertraglich geregelt, dass Änderungen durch Dritte ebenfalls erfasst werden;	

Tabelle 7-4: EC-Interview Themenblock Ausblick in die Zukunft

Montage und Inbetriebnahme:

<b>Themenblock: Dokumente vor Ort</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EM1	A3 Format Stromlaufpläne in Papier; Planungsunterlage aus Engineering mit Schaltschrank; Anlagenlayout A0 Papier; Elektronischer Form nur auf Anfrage; Nur Montageleiter mit Dokumentation ausgestattet; Im Montagebüro sind alle Dokumente ausgelegt und bleiben dort; Informationen holt sich der Monteur indem er sich die notwendigen selbst Daten notiert;	<u>Dokumente:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromlaufpläne</li> <li>• Aufbaupläne</li> <li>• Sämtliche Layouts</li> </ul> <u>Formate und Zugang:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Papier</li> <li>• Digital</li> <li>• Zugriff auf Dokumentenshares</li> <li>• Verteilung durch Montageverantwortlichen</li> <li>• Dokumentationsverteilung durch Montageverantwortlichen</li> <li>• Liegen beim Montageleiter auf</li> </ul>
EM2	Alles was an Projektdaten vorhanden sind, von Vertrag bis Pläne; Dokumente sind digital verfügbar; Dokumente hat nur der Hauptmonteur, Verteilung nur über diesen;	
EM3	Aufbaupläne, Versandlisten, alle Sharepoint Dokumente; Alles in PDF oder Excel; Nur Montageleitung ist mit Dokumenten ausgestattet;	
EM4	Layouts und Teilbereichslayouts alles in elektronischer Form; Kabellisten in Papier; Benötigtes wird vor Ort ausgedruckt; Alle Personen bekommen notwendige Dokumente in Papierform bei Bedarf;	

Tabelle 7-5: EM-Interview Themenblock Dokumente vor Ort

<b>Themenblock: Abweichung</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EM1	Kommt auf die Komplexität drauf an; Umbauten schwieriger zu schätzen; 5-10% ist die Schätzung auf eine Baustelle gesehen; Zukaufprodukte machen Anlage komplexer; Funktionell bedingte Abweichungen zum Teil nur bei der Inbetriebnahme erkennbar; Aufbau oder kleinere Abweichungen direkt umsetzen, wenn Material vor Ort; Größere Abweichungen benötigen Material, welches angefordert werden muss; 5% der Abweichungen benötigen zusätzliches Material; Bedarfsanforderung, wenn Reservematerial nicht ausreichend;	<u>Häufigkeit:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frage der Komplexität, schwer abschätzbar</li> <li>• Vorsichtige Schätzungen bei 5-10% bei Standard, 10-30% Neuentwicklungen</li> <li>• Kleine Abweichungen nicht vermeidbar</li> <li>• Standardanlagen und -maschinen haben kaum Abweichungen</li> <li>• Zukaufteil deutlich mehr Abweichungen erkennbar</li> </ul>
EM2	Wenn nicht Standardprodukt, dann kann gibt es immer Abweichungen; Sondermaschinenbau heißt Prototype auf die Baustelle;	

	<p>Abweichung geschätzt bei 10-30% Abweichungen;                  Änderung fließt nicht in die Betriebsanleitung, sondern ist Kundenwissen;                  Elektropläne werden aber aktualisiert, Anleitung nicht;                  Täglicher Bericht und werden im Unternehmen ausgewertet;                  Rückmeldung über hausinterne Software;                  20-30% der Abweichungen benötigen zusätzliches Material aus dem Unternehmen oder direkt vor Ort;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umbauten ebenfalls stärker betroffen → Faktor Mensch</li> </ul> <p><u>Erfassen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Richtlinien nicht in allen Unternehmen gegeben</li> <li>• Jeder Monteur für Erkennen verantwortlich, dokumentarisch erfasst nur durch Montageleiter</li> </ul>
EM3	<p>Abweichungen ständig der Fall;                  Fremdgewerke sind schwierig Hand zu haben, da noch nicht fixiert;                  Standardteile der Maschinen passen;                  Umbauten stark abhängig von vorherigen Montagebetreuer und der einpflege in die Dokumentation;                  Zeitnaheprüfung der Rückdokumentation ist das Ziel um Umbauten zu bessern;                  Neues Planungssystem verschafft Verbesserung;                  Unternehmensrichtlinie ist vorhanden wie Dokumentiert werden muss;                  Materialanforderung über eigenes Portal im Sharepoint;</p>	<p><u>Nachsendungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Größere Umbauten durch Abweichungen benötigen Material</li> <li>• Wird entweder aus dem Unternehmen übermittelt oder vor Ort besorgt</li> <li>• Eigenes Portal für Anforderungen</li> </ul>
EM4	<p>Abweichung so gut wie immer;                  Grund oft der Platzbedarf;                  Bestandsanlagen haben mehr Abweichungen im Vergleich zu Neuanlagen steht bei 60-40;                  Elektriker informiert Montageleiter und dieser Entscheidet das weitere Vorgehen;                  Baustellenanforderungen, wenn Material nicht vorhanden;</p>	

Tabelle 7-6: EM-Interview Themenblock Abweichung

<b>Themenblock: Rückdokumentation</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EM1	<p>Notiz mit Bleistift über wichtige Daten zur Änderung direkt auf den Plänen;                  Am Ende der Montage wird alles genau nachgezeichnet was sich geändert hat und kopiert für die Fachabteilung, das restliche Original bleibt dabei vorübergehend bei KundInnen;                  Notizen um zu wissen was man gemacht hat;                  Leitfaden über Vorgabe gibt es nicht oder ist nicht bekannt;                  Bei einer Änderung ist es erforderlich, dass der Monteur wieder in Montagebüro kommt um eine Änderungsnotiz zu erstellen;                  Vergessen möglich, wenn nicht gleich alles notiert wird;</p>	<p><u>Dokumentieren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notizen durch Monteur</li> <li>• Gefahr durch Verlust, durch die Zeit bis zur wirklichen Einpflege</li> <li>• Vollständige einpflege alle Änderungen am Ende der Baustellentätigkeit</li> <li>• Änderungen am Ende durch Unternehmen</li> </ul>

	<p>Mittelmäßiges Projekt ca. 1-2 Tage für Dokumentation auf der Baustelle reserviert;                  Beschriftung per Hand, Dokumentation auf gleichen Seiten und ähnlich gezeichnet;                  Kann nicht sicher gesagt werden, dass alle Änderungen erfasst wurde;                  Abweichung nur im SPS Programm möglich;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montageleiter mit Rotstift oder im PDF</li> </ul> <p><u>Dauer:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischen 3-5 Tage der Reservierten Baustellenzeit für Dokumentationsarbeit auf der Baustelle</li> </ul>
EM2	<p>Eigene Arbeitsweise wann eine Abweichung erfasst wird;                  Dringlichkeit der Rückdokumentationseinpfege wird im Unternehmen gesteuert;                  Dokumentationsaufwand in etwa 10-20% der Baustellenzeit;                  Änderungen werden genau dokumentiert, wer hat wann, was und wie geändert;                  Beschriftung wird vor Ort behelfsmäßig gemacht, sonst vom Unternehmen schicken;                  Vertrauensbasis, dass alles geändert wird - Personenbezogen;</p>	<p><u>Prüfung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertrauensbasis → Faktor Mensch</li> <li>• Verantwortung bei Montageleiter, dass alle Änderung von Monteur erhalten und dann dokumentiert</li> </ul>
EM3	<p>Sofortige Erfassung macht keinen Sinn;                  Änderungen werden erst am Ende rückdokumentiert für ganze Anlage;                  In Zukunft pro Hauptverteiler, da Anlagen immer größer werden;                  Stift und Papier als Werkzeug;                  PDF Writer ist im Kommen → Redlining;                  Fotos von Dokumentationen mit Vorgabe, was alles am Foto erkennbar sein muss;                  Monteur erfasst Abweichung mit Stift und Papier am Plan;                  Montageleiter zeichnet diese Änderungen via PDF Writer in die Dokumentation ein (Redlining);                  Nur Montageleiter mit Laptop ausgestattet;                  Mittlere Anlagen (3000h) ungefähr 3-5 Tage für Dokumentationsarbeit auf der Baustelle;                  Beschriftung auf der Baustelle;                  Abreiseprotokoll das der Montageleiter ausfüllt mit Abnahmeprotokolle;</p>	
EM4	<p>Abweichungen und Änderung werden sofort dokumentiert;                  Notiz am Dokument mit Vermerk;                  Hardcopy Änderungen per Rotstift, wenn notwendig dann macht der Montageleiter vermerke im PDF;                  Alle Personen sind im Rückdokumentationsprozess involviert;                  10% der Baustellenstunden werden für Dokumentationstätigkeiten benötigt;</p>	

	Anweisung das alles sofort Dokumentiert werden muss;	
--	--	--

Tabelle 7-7: EM-Interview Themenblock Rückdokumentation

<b>Themenblock: IT-basiertes Service</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EM1	<p>Laptop aufgrund der Displaygröße optimal, da Pläne in A3 Format und Layouts in A0;                      Größer 10 – 15 Zoll;                      Navigieren über Querverweise als Verlinkung der Planseiten;                      Suchfunktion und Navigation;                      Kopieren von Grafik und dann nur noch Texte ändern;                      Datenbrillen für Montage nicht geeignet, eher Service und Wartung;                      Änderung unmittelbar bei der Abweichung als größter Nutzen des IT-basierten Service;                      Dokumentation als Stiefkind, welches als letztes realisiert wird;                      Wenn schnell einsetzbar, dann wird die Rückdokumentation mehr gelebt und die Dokumentation dadurch genauer;                      Gefahr ist trotz des Service die Rückdokumentation nicht zu machen;                      „Falsch machen kann man nichts, außer es nicht zu tun“;</p>	<p><u>Anforderungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Großes Display</li> <li>• Navigation in den Dokumenten und kopieren von Symbolen, Betriebsmitteln und Grafikeilen</li> <li>• Selbst Betriebsmittel verzeichnen, jedoch mit weniger Komplexität als in den CAD Systemen</li> <li>• Betriebsmittelsuche</li> <li>• Retourweg → Planer informiert Engineer wie Service über neue Änderungen</li> <li>• Historie und Tracking</li> <li>• Offline-fähig</li> </ul>
EM2	<p>Für das Unternehmen schwer vorstellbar ein IT-basiertes Service zu verwenden;                      Mobile Endgeräte nicht nützlich für Montage und Inbetriebnahme;                      Datenauswertung wichtig für die Relevanz der Nutzung;                      Zeitverschiebungen beachten;                      Erfassung erfolgt einmal und muss nicht mit mehr Personen diskutiert werden;</p>	<p><u>Mobiles Endgerät:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenbrille wenig Nutzen</li> <li>• Tablets zu teuer</li> </ul> <p><u>Benefit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfachheit und Schnelligkeit muss gegeben sein</li> <li>• Keine Wege zum Montageleiter, sondern direktes und einmaliges Erfassen einer Abweichung</li> </ul>
EM3	<p>Änderungen durch Engineering während der Montage sollen eingepflegt werden und Monteur informiert;                      Tracking, History mit Benutzerdaten und Änderung;                      Service soll als Austausch mit Planung taugen;                      Mehr als PDF Writer nicht möglich für Montageunterstützung;                      Mobile Endgeräte wie Datenbrillen ist nicht notwendig in der Montage;                      Monteur kann zusätzliche Betriebsmittel in das Dokument einzeichnen;                      System muss offline sein und wird einmal die Woche synchronisiert;</p>	<p><u>Gefahr:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu Komplex für Baustelle</li> <li>• Großer Schulungsaufwand</li> <li>• Qualität wird schlechter, wenn jeder auf der Baustelle mit einem Service Zugang ausgestattet ist</li> </ul>

	Tablets zu teuer in Anschaffung und Wartung; Aus jetziger Sicht ist es besser, wenn nur Montageleiter alles hat; Wenn Monteur direkt ein Service hat, dann entgleitet die Qualität, weil es keine Kontrolle durch den Leiter gibt;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service wird dennoch nicht genutzt</li> </ul>
EM4	„As stupid as possible“ und Umfang nicht zu breit; Offline-fähig und einmal täglich Synchronisation, da Internet zur Baustellenzeit nicht immer in guter Datenrate vorhanden; Datenbrillen wenig sinnvoll; Symbole und Betriebsmittel sollen im Dokument verändert oder verschoben werden können; Aktives durchführen von Veränderung in Dokumenten; Einfluss kommt auf den Umfang und die Bedienung des IT-basierten Service an; Schulung ist sehr aufwendig, wenn es aber zu komplex ist dann wird es nicht jeder nutzen;	

Tabelle 7-8: EM-Interview Themenblock IT-basiertes Service

<b>Themenblock: Ausblick in die Zukunft</b>		
<b>Experte</b>	<b>Generalisierte Aussagen</b>	<b>Reduktion</b>
EM1	Ansatz den Soll-Ist vorab erheben; Jedoch von den Kosten her nicht tragbar; Änderungen durch KundInnen werden bei Erweiterungen nicht berücksichtigt;	<u>Zusätzliche Maßnahmen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorab Soll-Ist Abgleich, jedoch sehr teuer</li> <li>• Kundenänderungen ebenfalls rückmelden lassen</li> <li>• Hebel einer besseren Dokumentation ist in der Planung zu finden</li> </ul>
EM2	Maschinenstruktur genauer einpflegen; Bezeichnungen von Maschinen sortieren und abgleichen; Maintenance pro Maschine;	
EM3	Bessere Planung ist der Hebel; Rückdokumentation ist nur, wenn die ursprüngliche Planung nicht passt; Planer braucht Informationen früher, um Dummy Informationen zu meiden;	
EM4	Input verbessern, dann ist auch der Output besser; 75% der Rückdokumentation kommen aufgrund von Planungsfehler aus dem Unternehmen; Durchlaufzeiten für Projekt passen nicht;	

Tabelle 7-9: EM-Interview Themenblock Ausblick in die Zukunft

## ANHANG D - Online-Fragebogen

**CAMPUS**  
FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

**02**

### Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung

Herzlich Willkommen

1 / 8 13%

Mein Name ist **Stephan Altenbacher** und ich bin Student der **FH Campus02** im Masterlehrgang "**Wirtschaftsinformatik**".

Die im Rahmen des Studiums verfasste Diplomarbeit befasst sich mit der Thematik wie ein **IT-basiertes Service die Rückdokumentation während der Montage und Inbetriebnahme einer Industrieanlage unterstützen** kann. Ein IT-basiertes Service definiert sich dabei als ein digitales Assistenzsystem, welches in Kombination mit einem Mobilien Endgerät, wie z.B. einem Smartphone oder Tablet, als computergestütztes Werkzeug genutzt wird.

Ziel ist es mit dem Einsatz dieses computergestützten Werkzeugs die Tätigkeiten der **Rückdokumentation** auf der Baustelle zu **vereinfachen** und damit die **Technische Dokumentation** besser dem **Ist-Stand** der Anlage abzugleichen. Somit ist es in weiterer Folge möglich, bei **Umbauten, Modifikation und auch Störfällen** einer Maschine oder Anlage auf eine **aktuelle Dokumentation** zurückzugreifen.

In Summe erwarten Sie **27 Fragen**, die auf die **Akzeptanz** gegenüber den Einsatz eines solchen **IT-basierten Service** abzielen, sowie eine **Bewertung möglicher Kriterien** des IT-basierten Service. Die Beantwortungszeit nimmt **zwischen 10 und 15 Minuten** in Anspruch. Die Befragung ist vollkommen **anonymisiert** und alle erfassten Daten werden **vertraulich** behandelt.

Bitte füllen Sie den Fragebogen vollständig und gewissenhaft entsprechend Ihrer Einschätzung aus.

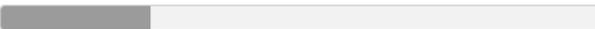
**Danke.**

Weiter

Abbildung 7-1: Online-Fragebogen Seite 1

## Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung

### Funktionsbewertung

2 / 8  25%

Bewerten Sie Funktionen des IT-basierten Service zur Rückdokumentation durch die Vergaben von Sternen. Je mehr Sterne eine Funktion hat, als desto wichtiger wird diese für Sie empfunden.

Fragen mit \* Markierung sind verpflichtend.

- \* 1. Das IT-basierte Service kann auch über ein Webportal aufgerufen und genutzt werden.

- \* 2. Die Dokumentation der Anlage kann über das Service abgerufen und angezeigt werden.

- \* 3. Erkannte Abweichungen auf der Anlage gegenüber der Dokumentation können über das IT-basierte Service gespeichert und bearbeitet werden.

- \* 4. In Kombination mit einem Mobilten Endgerät kann eine Abweichung sofort über die eingebaute Kamera erfasst werden.

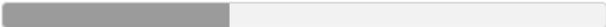
- \* 5. Eine erfasste Abweichung kann im Service mit Kommentaren, Bildern, Videos oder Tonaufzeichnungen ergänzt werden.

Weiter

Abbildung 7-2: Online-Fragebogen Seite 2

## Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung

### Funktionsbewertung

3 / 8  38%

Bewerten Sie Funktionen des IT-basierten Service zur Rückdokumentation durch die Vergaben von Sternen. Je mehr Sterne eine Funktion hat, als desto wichtiger wird diese für Sie empfunden.

Fragen mit \* Markierung sind verpflichtend.

- \* 6. Änderungen können per Redlining auf einer eigenen Arbeitsschicht der Dokumentation durchgeführt werden.

- \* 7. Das Service kann eine Kopie der Dokumentation erstellen und diese auf dem Mobilien Endgerät speichern.

- \* 8. Das IT-basierte Service bietet eine Suchfunktion für Betriebsmittel, um diese in der Dokumentation effizienter zu finden.

- \* 9. Materialnachbestellungen können direkt über das IT-basierte Service ausgelöst und verwaltet werden.

10. Welche Funktionen würden Sie noch zusätzlich ins IT-basierte Service integrieren?

Weiter

Abbildung 7-3: Online-Fragebogen Seite 3







## Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung

### Kriterien des IT-basierte Rückdokumentationsservice

7 / 8  88%

Reihen Sie die nachfolgenden Kriterien für das IT-basierte Service nach der von Ihnen empfundenen Wichtigkeit. Die Reihung erfolgt dabei von 1 mit der höchsten Priorität bis 9 mit der niedrigsten. Die Kriterien können entweder nummeriert oder per Drag&Drop verschoben werden.

Fragen mit \* Markierung sind verpflichtend.

#### \* 23. Welches Kriterium hat für Sie die höchste Priorität?

<input type="checkbox"/>	<b>Usability</b> - Einfache und effiziente Bedienung des Werkzeugs
<input type="checkbox"/>	<b>Online-/Offline-Modus</b> - Arbeiten mit lokalen Daten bei keiner oder schlechter Internetverbindung
<input type="checkbox"/>	<b>Plattformunabhängig</b> - Flexible Wahl des Mobilten Endgeräts
<input type="checkbox"/>	<b>Funktionalität</b> - Nutzen und Umfang der Funktionalitäten des Werkzeugs
<input type="checkbox"/>	<b>Tragekomfort und Baustellentauglichkeit</b> - Benutzer wird nicht in seiner primären Arbeit eingeschränkt
<input type="checkbox"/>	<b>Schulungsaufwand</b> - Dauer bis das Werkzeug bedient werden kann
<input type="checkbox"/>	<b>Arbeits- und Datenschutz</b> - Alarmierung im Falle eines Unfalls
<input type="checkbox"/>	<b>Performance</b> - Geschwindigkeit in Bezug auf Lade- oder Synchronisationszeiten
<input type="checkbox"/>	<b>Profitabilität</b> - Dokumentationsaufwand auf der Baustelle reduzieren

24. Möchten Sie noch etwas in Bezug auf Kriterien ergänzen? Was ist Ihnen wichtig? Was wurde nicht behandelt?

Weiter

Abbildung 7-7: Online-Fragebogen Seite 7

## Anforderungen für ein IT-basiertes Service zur Rückdokumentationsunterstützung

Abschluss

8 / 8  100%

Fragen mit \* Markierung sind verpflichtend.

\* 25. Alter

- <18
- 18-29
- 30-44
- 45-59
- 60+

\* 26. Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen im Rahmen der Montage oder Inbetriebnahme tätig?

- 1-25
- 26-50
- 51-75
- 76-100
- >100

27. Wie lautet Ihre aktuelle Berufsbezeichnung?

Vielen Dank für die Beantwortung dieser Umfrage!

Mit "Fertig" wird die Umfrage gespeichert und beendet.

Fertig

Abbildung 7-8: Online-Fragebogen Seite 8

## ANHANG E - Ergebnisse des Online-Fragebogen

Usability	Performance	Funktionalität	Plattformunabhängig	Online-/Offline-Modus	Tragekomfort und Baustellentauglichkeit	Schulungsaufwand	Profitabilität	Arbeits- und Datenschutz
1	7	2	5	3	6	8	4	9
4	7	2	5	3	9	6	1	8
1	7	3	9	2	8	5	4	6
2	6	3	7	4	8	5	1	9
2	7	8	5	3	1	6	4	9
5	4	3	6	2	8	7	9	1
9	6	8	1	4	7	3	5	2
9	2	6	8	1	3	5	4	7
2	6	1	7	4	8	3	5	9
4	9	6	7	3	5	2	1	8
1	5	7	6	3	8	4	2	9
8	2	1	7	9	5	6	3	4
3	2	4	1	8	7	9	6	5
1	3	5	9	7	6	8	4	2
2	4	3	8	6	1	9	5	7
1	3	7	2	6	4	9	5	8
3	6	7	9	4	5	8	2	1
1	3	7	6	8	4	5	2	9
1	4	2	8	5	6	3	9	7
1	8	2	7	4	3	9	6	5
4	5	8	6	2	3	9	1	7
2	4	5	9	3	6	8	1	7
1	4	3	9	5	6	7	2	8
4	5	3	2	9	8	7	1	6
4	1	3	8	2	6	7	5	9
1	2	3	6	8	5	7	4	9
2	1	3	9	8	5	4	7	6
4	2	5	8	1	6	9	3	7
4	3	7	5	2	6	9	1	8
6	4	7	5	1	2	8	3	9
2	3	6	5	4	8	7	1	9
1	2	7	5	3	6	8	4	9
3	4	6	8	2	9	5	7	1
1	2	6	8	3	7	4	5	9
2	5	3	7	1	4	8	6	9
3	2	1	6	5	8	4	7	9
1	8	4	3	2	6	7	5	9
1	4	7	2	3	8	5	6	9
4	6	3	9	2	8	5	1	7
5	1	2	6	4	9	8	7	3
4	7	1	3	2	5	8	6	9
1	5	7	8	3	4	9	2	6
3	4	2	5	6	9	1	8	7
3	4	6	8	5	9	2	1	7

3	2	1	9	5	7	6	4	8
5	3	6	7	1	9	4	2	8
1	6	4	7	3	8	5	2	9
3	4	5	8	1	9	2	6	7
6	3	1	9	2	5	4	7	8
2	5	3	9	1	8	6	4	7
8	3	7	1	9	6	4	5	2
9	5	8	7	4	1	3	6	2
5	6	4	7	3	2	8	1	9
4	6	2	1	5	8	7	3	9
1	2	3	8	4	6	7	5	9
2	7	8	6	1	3	4	5	9
1	4	5	8	3	7	6	2	9
1	7	2	5	4	8	6	3	9
1	2	6	5	3	4	7	9	8
2	6	4	7	1	8	9	3	5
1	6	2	8	4	3	5	9	7
1	2	4	8	6	5	7	3	9
1	2	4	6	5	3	7	8	9
1	5	4	8	3	7	6	2	9
1	5	3	7	2	8	6	4	9
3	2	8	5	4	9	7	1	6
9	2	6	7	8	5	4	3	1
2	8	1	6	3	5	7	4	9
2	7	1	5	3	6	8	4	9
9	4	1	3	8	7	5	6	2
2	8	1	6	3	5	7	4	9
1	9	2	8	3	5	6	4	7
1	7	9	5	2	4	6	3	8
1	2	8	5	3	6	4	7	9
2	8	1	6	3	5	7	4	9
1	8	6	4	2	3	9	7	5
3	8	2	9	4	7	6	5	1
1	7	9	5	2	4	6	3	8
2	8	1	6	3	5	7	4	9

Tabelle 7-10: Kriterienplatzierungen der gültigen Datensätze

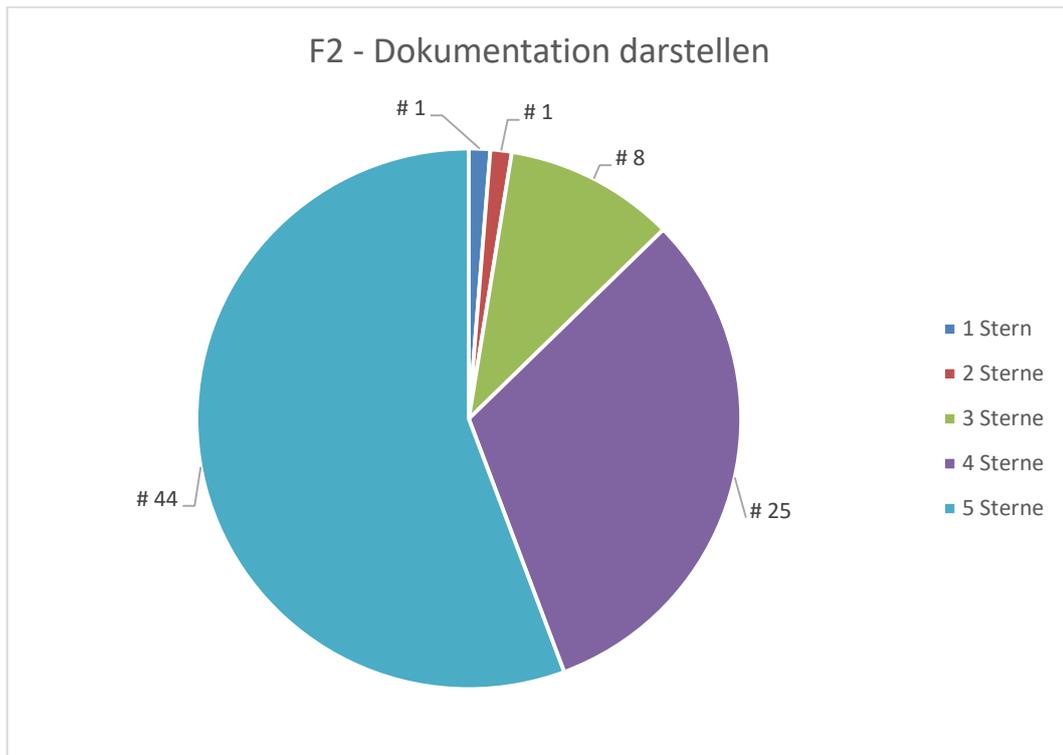


Abbildung 7-9: Anzahl Sterne pro Funktion F2 (Kreisdiagramm)

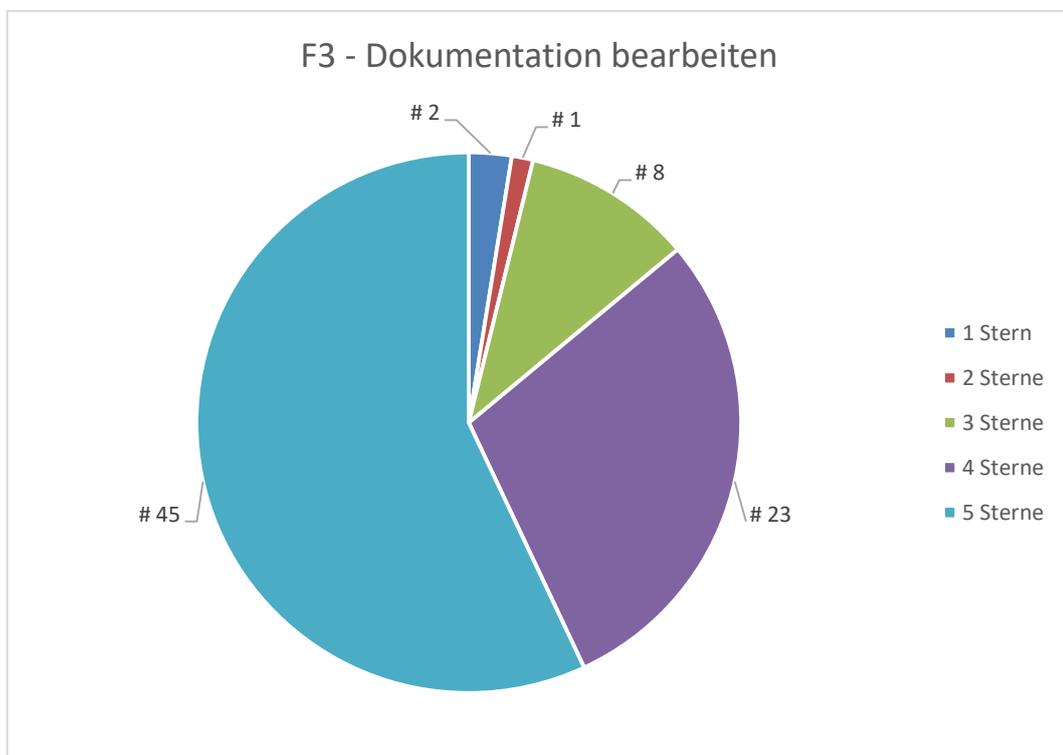


Abbildung 7-10: Anzahl Sterne pro Funktion F3 (Kreisdiagramm)

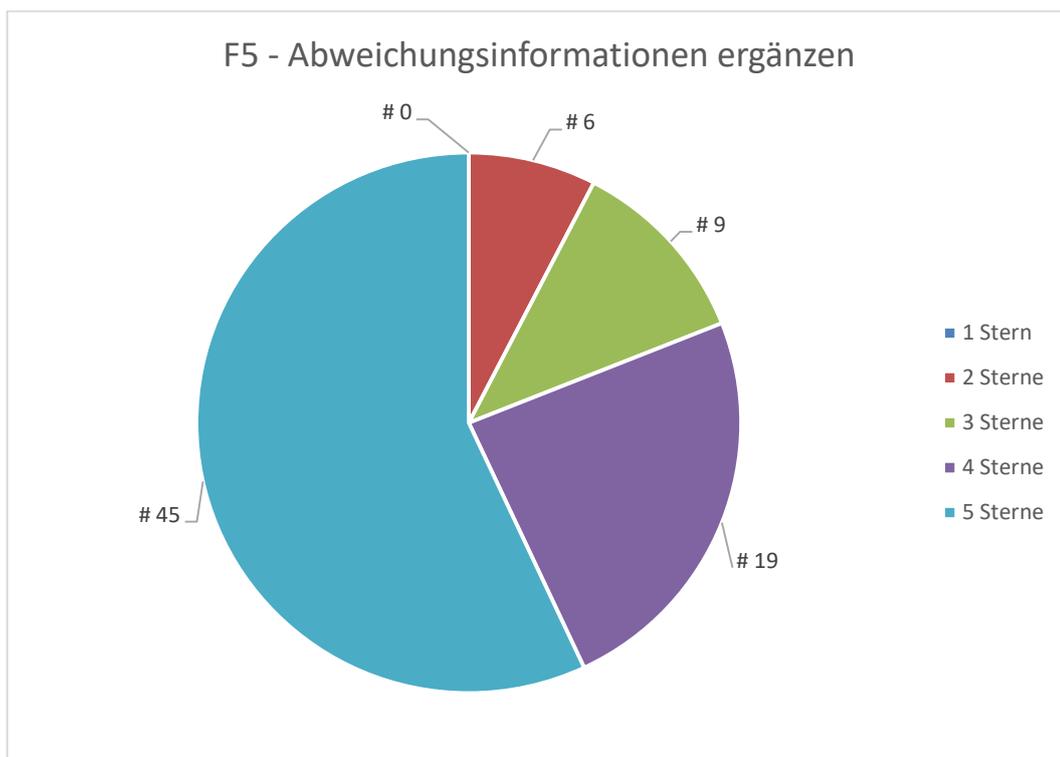


Abbildung 7-11: Anzahl Sterne pro Funktion F5 (Kreisdiagramm)

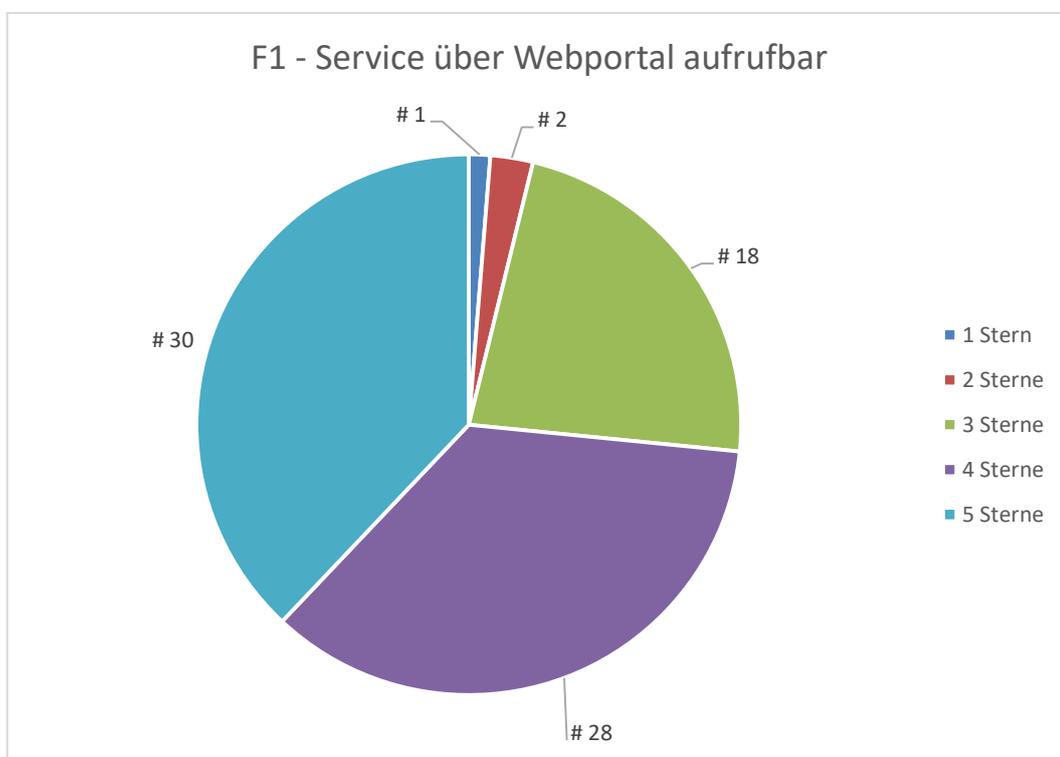


Abbildung 7-12: Anzahl Sterne pro Funktion F1 (Kreisdiagramm)

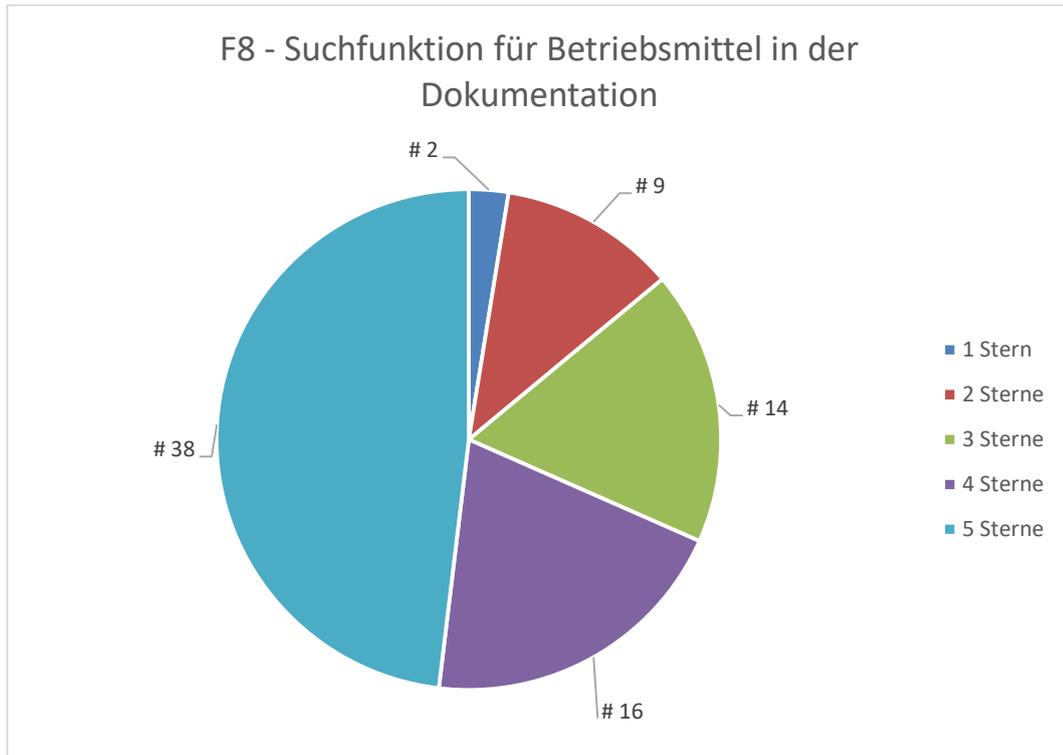


Abbildung 7-13: Anzahl Sterne pro Funktion F8 (Kreisdiagramm)

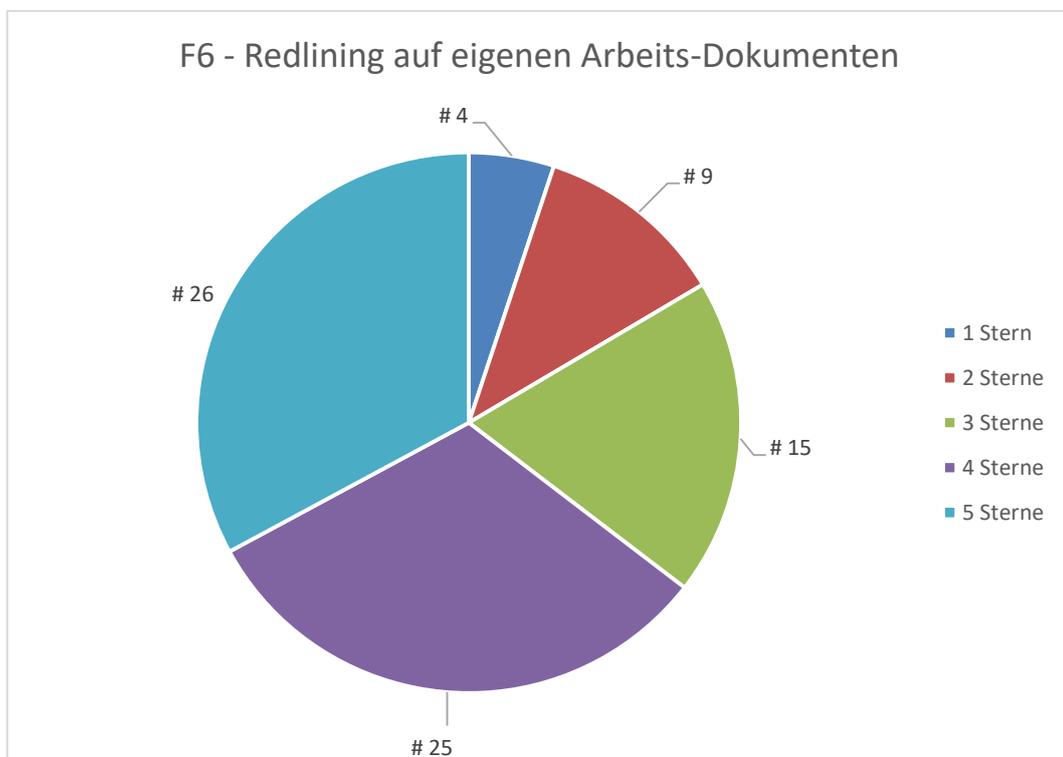


Abbildung 7-14: Anzahl Sterne pro Funktion F6 (Kreisdiagramm)

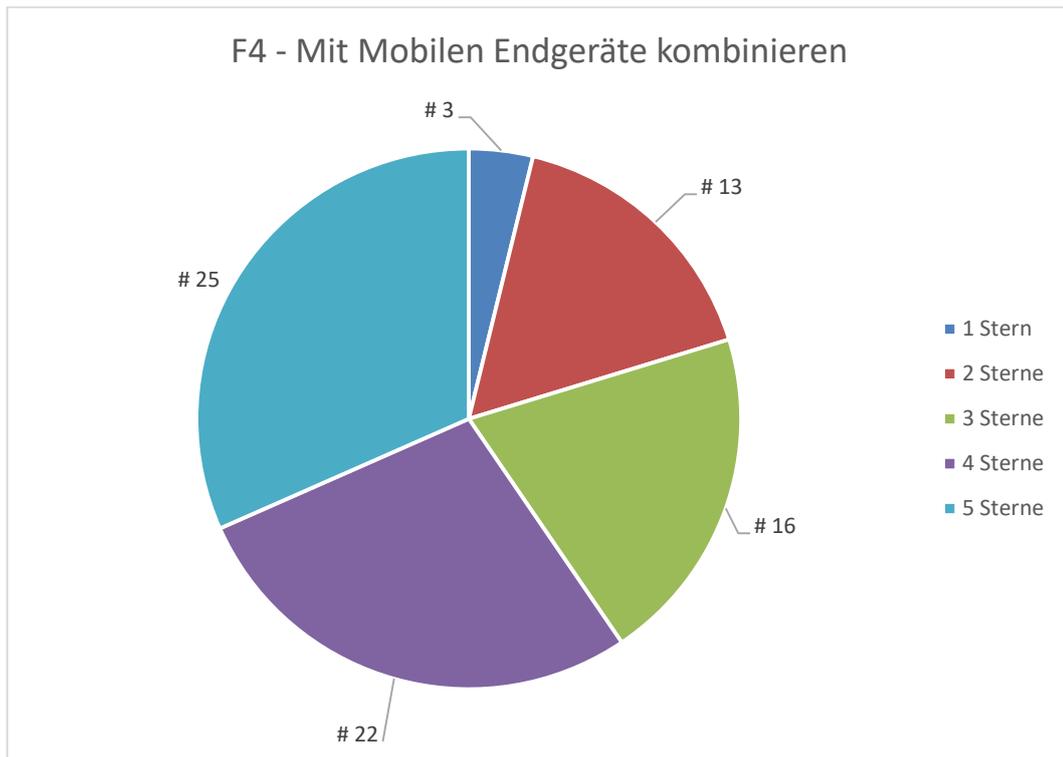


Abbildung 7-15: Anzahl Sterne pro Funktion F4 (Kreisdiagramm)

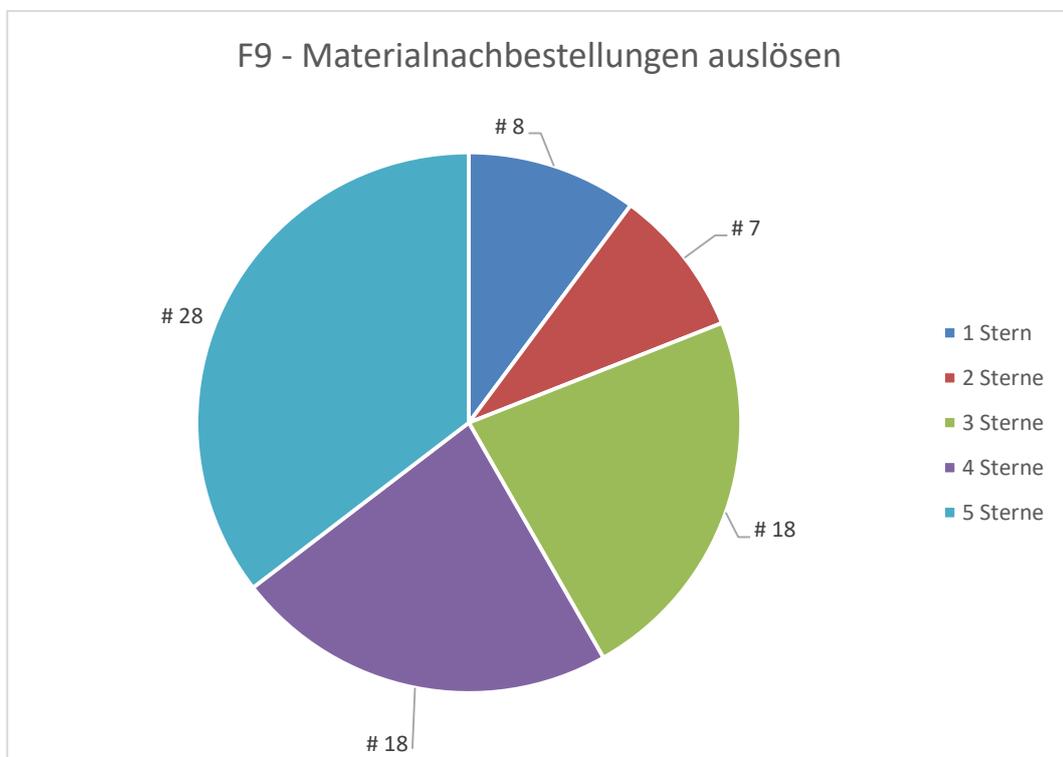


Abbildung 7-16: Anzahl Sterne pro Funktion F9 (Kreisdiagramm)

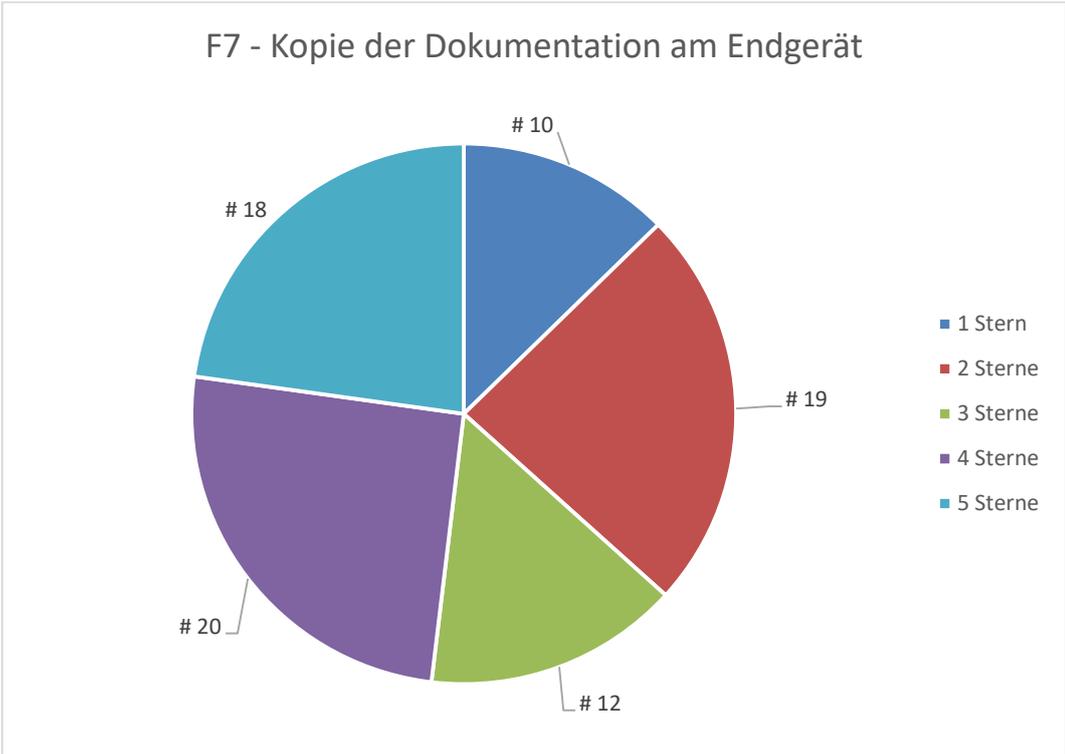


Abbildung 7-17: Anzahl Sterne pro Funktion F7 (Kreisdiagramm)

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BI	Business Intelligence
BMK	Betriebsmittelkennzeichen
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
CAE	Computer-aided Engineering
CPS	Cyber-physische Systeme
DDD	Data driven decision making
ERP	Enterprise-Resource-Planning
GUI	Graphical User Interface
I4.0	Industrie 4.0
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	Internet of Things
MTBF	Mean Time between Failures
MTTD	Mean Time to Detect
MTTF	Mean Time to Failure
MTTF <sub>x</sub>	Mean Time to Fix
MTTI	Mean Time to Isolation
MTTR	Mean Time to Repair
RFC	Request for Change
RFID	Radio-Frequency-Identification
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SLA	Service Level Agreement
SLM	Service Level Management
SSC	Styrian Service Cluster
TAM	Technologieakzeptanzmodell
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit .....	5
Abbildung 2-1: Einteilung einer Dokumentation vgl. Birolini (1997) .....	8
Abbildung 2-2: Produktlebenszyklus vgl. mit Eigner und Stelzer (2009) .....	12
Abbildung 2-3: Einordnung der Rückdokumentation in den Produktlebenszyklus nach Eigner und Stelzer (2009) .....	14
Abbildung 2-4: Rückdokumentationsprozess .....	15
Abbildung 2-5: Kosten- und Systemwirksamkeit vgl. mit Birolini (1997) .....	17
Abbildung 2-6: Zeitspannen der Systemverfügbarkeit .....	19
Abbildung 2-7: MTTR Unterteilung .....	19
Abbildung 3-1: Auswahl von Disziplinen der Industrie 4.0 .....	25
Abbildung 3-2: Vom Produkt zum Produkt System nach Porter und Heppelmann (2014) .....	27
Abbildung 3-3: Smart Factory Schichtenmodell nach Burger et al. (2017) .....	28
Abbildung 3-4: Entwicklungsschritte in der Instandhaltung nach Freund (2010) .....	29
Abbildung 3-5: Wartung einer Maschine mit und ohne Smart Service .....	31
Abbildung 4-1: Aufteilung eines IT-basierten Service vgl. mit Böttcher und Meyer (2004) .....	36
Abbildung 4-2: BMK Aufkleber mit QR Code .....	38
Abbildung 4-3: Daten-Container einer Abweichung in der Datenbank .....	40
Abbildung 4-4: Redlining Beispiel Anhand eines Stromlaufplans aus dem CAE System Comos .....	41
Abbildung 4-5: Documentation-as-a-Service Ansatz am Beispiel des virtuellen Abbilds von Barthelmey et al. (2016) .....	45
Abbildung 4-6: Dienstleistungsdimensionen vgl. Scheer (2006) .....	47
Abbildung 5-1: Forschungsdesign und Methodenkombination der Arbeit .....	56
Abbildung 5-2: Phasenmodell qualitativer und quantitativer Analyse vgl. Mayring (2015) .....	57
Abbildung 5-3: Ablaufmodell der zusammenfassenden Inhaltsanalyse vgl. Mayring (2015) .....	63
Abbildung 5-4: Technologieakzeptanzmodell vgl. Davis (1986) .....	73
Abbildung 5-5: Technologieakzeptanzmodell 2 vgl. Venkatesh und Davis (2000) .....	74
Abbildung 5-6: Akzeptanzmodell in Anlehnung an das TAM2 von Venkatesh und Davis (2000) .....	75
Abbildung 5-7: Bewertungsdarstellung für die funktionalen Anforderungen im Online-Fragebogen .....	77
Abbildung 5-8: 7-stufige Bewertungsskala für die Akzeptanzerhebung vgl. Likert (1932) .....	78
Abbildung 6-1: Altersgruppen der UmfrageteilnehmerInnen (Balkendiagramm) .....	82
Abbildung 6-2: Montage- und Inbetriebnahmepersonal pro Unternehmen (Balkendiagramm) .....	82
Abbildung 6-3: Mittelwert und Median der Punkte pro Funktionen (Säulendiagramm) .....	84
Abbildung 6-4: Mittelwert und Median der Punkte pro Kriterium (Balkendiagramm) .....	88
Abbildung 6-5: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des IU-Konstrukts (Säulendiagramm) .....	91
Abbildung 6-6: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des PU-Konstrukts (Säulendiagramm) .....	92
Abbildung 6-7: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des SN-Konstrukts (Säulendiagramm) .....	93
Abbildung 6-8: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des V-Konstrukts (Säulendiagramm) .....	93
Abbildung 6-9: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des JR-Konstrukts (Säulendiagramm) .....	94

Abbildung 6-10: Anzahl Bewertung pro Skalen-Punkt des RD-Konstrukts (Säulendiagramm).....	94
Abbildung 7-1: Online-Fragebogen Seite 1 .....	121
Abbildung 7-2: Online-Fragebogen Seite 2 .....	122
Abbildung 7-3: Online-Fragebogen Seite 3 .....	123
Abbildung 7-4: Online-Fragebogen Seite 4 .....	124
Abbildung 7-5: Online-Fragebogen Seite 5 .....	125
Abbildung 7-6: Online-Fragebogen Seite 6 .....	126
Abbildung 7-7: Online-Fragebogen Seite 7 .....	127
Abbildung 7-8: Online-Fragebogen Seite 8 .....	128
Abbildung 7-9: Anzahl Sterne pro Funktion F2 (Kreisdiagramm).....	131
Abbildung 7-10: Anzahl Sterne pro Funktion F3 (Kreisdiagramm).....	131
Abbildung 7-11: Anzahl Sterne pro Funktion F5 (Kreisdiagramm).....	132
Abbildung 7-12: Anzahl Sterne pro Funktion F1 (Kreisdiagramm).....	132
Abbildung 7-13: Anzahl Sterne pro Funktion F8 (Kreisdiagramm).....	133
Abbildung 7-14: Anzahl Sterne pro Funktion F6 (Kreisdiagramm).....	133
Abbildung 7-15: Anzahl Sterne pro Funktion F4 (Kreisdiagramm).....	134
Abbildung 7-16: Anzahl Sterne pro Funktion F9 (Kreisdiagramm).....	134
Abbildung 7-17: Anzahl Sterne pro Funktion F7 (Kreisdiagramm).....	135

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Teilnehmer an den Experteninterviews .....	61
Tabelle 5-2: Hypothese .....	70
Tabelle 5-3: Antwortskalierung der funktionalen Anforderungen .....	76
Tabelle 5-4: Fragen zum Akzeptanzmodell nach Venkatesh und Davis (2000) .....	78
Tabelle 6-1: Formelsammlung für die deskriptive Statistik.....	81
Tabelle 6-2: Inhalt der funktionalen Anforderungen .....	83
Tabelle 6-3: Deskriptive Statistik der funktionalen Anforderungen .....	84
Tabelle 6-4: Antworten zur optionalen Frage bzgl. Funktionen des IT-basierten Service .....	85
Tabelle 6-5: Häufigkeit der Platzierungen pro Kriterium .....	86
Tabelle 6-6: Punkte pro Priorität für ein Kriterium .....	87
Tabelle 6-7: Summierte Punktwertung und Mittelwert pro Kriterium.....	87
Tabelle 6-8: Anzahl Erstreichungen der Kriterien pro Altersgruppe in Prozent .....	88
Tabelle 6-9: Antworten zur optionalen Frage bzgl. Kriterien des IT-basierten Service.....	89
Tabelle 6-10: Deskriptive Statistik der Aussagen des Akzeptanzmodells .....	90
Tabelle 6-11: Deskriptive Statistik der Konstrukte des Akzeptanzmodells .....	92
Tabelle 6-12: Korrelationsmatrix der Konstrukte des Akzeptanzmodells.....	95
Tabelle 6-13: Klassifikation des Korrelationskoeffizienten vgl. Schlittgen (2008) .....	95
Tabelle 7-1: EC-Interview Themenblock Dokumente im Supportfall .....	113
Tabelle 7-2: EC-Interview Themenblock Abweichung in der Dokumentation .....	114
Tabelle 7-3: EC-Interview Themenblock Prozess zur Abweichungsbehebung .....	115
Tabelle 7-4: EC-Interview Themenblock Ausblick in die Zukunft .....	115
Tabelle 7-5: EM-Interview Themenblock Dokumente vor Ort .....	116
Tabelle 7-6: EM-Interview Themenblock Abweichung .....	117
Tabelle 7-7: EM-Interview Themenblock Rückdokumentation.....	119
Tabelle 7-8: EM-Interview Themenblock IT-basiertes Service.....	120
Tabelle 7-9: EM-Interview Themenblock Ausblick in die Zukunft.....	120
Tabelle 7-10: Kriterienplatzierungen der gültigen Datensätze .....	130

## LITERATURVERZEICHNIS

- Allmendinger, G., & Lombreglia, R. (2005). Four strategies for the age of smart services. *Harvard Business Review*, 83(10), 131-4, 136, 138.
- Aschbacher, H. (2017). *Smart Services - Service Engineering Blog*. Abgerufen am 20. September 2017 von [http://www.serviceengineering.at/blog/?page\\_id=274](http://www.serviceengineering.at/blog/?page_id=274)
- Barthelme, A., Lenkenhof, K., Schallow, J., Lemmerz, K., Deuse, J., & Kuhlenkötter, B. (2016). Technical Documentation as a Service – An Approach for Integrating Editorial and Engineering Processes of Machinery and Plant Engineers. *Procedia CIRP*, 52, 167–172. doi:doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.070
- Bateson, J. (1985). *In-Circuit Testing*. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-011-7009-3
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., & Ganschar, O. (2014). *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. (BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., & Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Hrsg.) Abgerufen am 22. September 2017 von <http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potential-fuer-Deutschland.pdf>
- Behme, W., & Mucksch, H. (1996). Die Notwendigkeit einer unternehmensweiten Informationslogistik zur Verbesserung der Qualität von Entscheidungen. In H. Mucksch, & W. Behme, *Das Data-Warehouse-Konzept* (S. 3–26). Wiesbaden: Gabler Verlag. doi:10.1007/978-3-663-13657-6\_1
- Beims, M. (2012). *IT-Service Management mit ITIL®* (3. Ausg.). München: Hanser.
- Bhattacharjee, A. (2012). *Social science research* (2. Ausg.). Tampa, Florida: Anol Bhattacharjee.
- Biolini, A. (1997). *Zuverlässigkeit von Geräten und Systemen* (4. Ausg.). Berlin: Springer.
- Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Böttcher, M., & Meyer, K. (2004). IT-basierte Dienstleistung. In K.-P. Fähnrich, & C. van Husen, *Entwicklung IT-basierter Dienstleistungen in der Praxis* (S. 10–20). Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Bracht, U., Geckler, D., & Wenzel, S. (2011). Datenmanagement und Softwarewerkzeugklassen. In U. Bracht, D. Geckler, & S. Wenzel, *Digitale Fabrik* (S. 163–217). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-540-88973-1\_5
- Brandl, P., Aschbacher, H., & Hösch, S. (2015). Mobiles Wissensmanagement in der Industrie 4.0. In A. Weisbecker, A. Schmidt, & M. Burmester, *Mensch und Computer 2015 – Workshopband* (S. 225–232). De Gruyter.

- Bruhn, M. (2016). Grundlagen des Qualitätsmanagements für Dienstleistungen. In M. Bruhn, *Qualitätsmanagement für Dienstleistungen* (10. Ausg., S. 19–56). Berlin Heidelberg: Springer Gabler.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L. M., & Kim, H. H. (2011). *Strength in Numbers - How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance?* Abgerufen am 25. September 2017 von [http://ebusiness.mit.edu/research/papers/2011.12\\_Brynjolfsson\\_Hitt\\_Kim\\_Strength%20in%20Numbers\\_302.pdf](http://ebusiness.mit.edu/research/papers/2011.12_Brynjolfsson_Hitt_Kim_Strength%20in%20Numbers_302.pdf)
- Bullinger, H.-J., Meiren, T., & Nägele, R. (2015). Smart Services in Manufacturing Companies. In *23rd International Conference of Production Research (ICPR23)*. Manila: Philippine Institute of Industrial Engineers.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2016). *Digitalisierung der Industrie – Die Plattform Industrie 4.0*. München.
- Burger, A., Lang, A., & Müller, Y. (2017). Mögliche Veränderungen von System-Architekturen im Bereich der Produktion. In V. P. Andelfinger, & T. Hänisch, *Industrie 4.0* (S. 57–68). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. doi:10.1007/978-3-658-15557-5\_4
- Cleff, T. (2012). *Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse* (2. Ausg.). Wiesbaden: Gabler.
- Davis, F. D. (1986). *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems*. Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts: Sloan School of Management.
- DIN. (2016). EN ISO 9241-11. In *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte* (Bd. 01.110; 29.020). Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- Duden online. (2017). *Kriterium*. Abgerufen am 04. November 2017 von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Kriterium>
- Duden online. (2017). *Service*. Abgerufen am 11. August 2017 von <http://www.duden.de/node/690730/revisions/1661038/view>
- Edvardsson, B. (1997). Quality in new service development. *International Journal of Production Economics*, 52(1-2), 31–46. doi:doi.org/10.1016/S0925-5273(97)80765-7
- Ehrenhöfer, C., Kreuzer, E., Erhart, W., & Aschbacher, H. (2013). Optimierung von Logistikprozessen durch den Einsatz von Smart Service. In H. E. Zsifkovits, & S. Altendorfer (Hrsg.), *Logistics Systems Engineering: 1. Wissenschaftlicher Industrielogistik-Dialog in Leoben* (S. 121–134). München: Rainer Hampp Verlag.

- Eigner, M., & Stelzer, R. (2009). *Product Lifecycle Management*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ellis, A., & Kauferstein, M. (2004). *Dienstleistungsmanagement*. Berlin: Springer.
- Europäische Union. (2006). RL 2006/42/EG. In *Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)*. Brüssel: Europäischen Union (EU).
- Feldmann, K., Slama, S., Gergs, H.-J., & Wirth, U. (2004). *Montage strategisch ausrichten - Praxisbeispiele marktorientierter Prozesse und Strukturen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Freund, C. (2010). Die Instandhaltung im Wandel. In M. Schenk, *Instandhaltung technischer Systeme* (S. 1–22). Berlin; Heidelberg: Springer.
- Gabler Wirtschaftslexikon. (2017). *Definition Akzeptanz*. Abgerufen am 03. November 2017 von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/akzeptanz.html>
- Gabler Wirtschaftslexikon. (2017). *Definition Expertenwissen*. Abgerufen am 24. Oktober 2017 von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/expertenwissen.html>
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse* (4. Ausg.). Wiesbaden: VS Verl. f. Sozialwiss.
- Großmann, C., Schreiber, A., & Graeser, O. (2017). ClipX: Auf dem Weg zur Industrialisierung des Schaltschrankbaus. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 - Band 2: Automatisierung* (2. Ausg., S. 169–187). Berlin: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-53248-5\_58
- Gulbins, J., Seyfried, M., & Strack-Zimmermann, H. (2013). *Dokumenten-Management* (3., Aufl. 2002. Ausg.). Berlin: Springer Berlin.
- Günther, T. (2015). Grundlagen der Montage. In T. Günther, *Baustellenmanagement im Anlagenbau* (S. 55–140). Berlin: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-45861-7\_4
- Häder, M. (2015). Die Bedeutung des Methodenwissens für das Verständnis empirischer Daten. In M. Häder, *Empirische Sozialforschung* (3. Ausg., S. 5–16). Wiesbaden: Springer VS. doi:10.1007/978-3-531-19675-6\_2
- Häder, M. (2015). Forschungs- und Untersuchungsplanung. In M. Häder, *Empirische Sozialforschung* (3. Ausg., S. 69–137). Wiesbaden: Springer VS. doi:10.1007/978-3-531-19675-6\_4
- Hänisch, T. (2017). Grundlagen Industrie 4.0. In V. P. Andelfinger, & T. Hänisch, *Industrie 4.0* (S. 9–31). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Herczeg, M. (2009). *Software-Ergonomie* (3. Ausg.). München: Oldenbourg.
- Hollenberg, S. (2016). *Fragebögen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Huber, W. (2016). Fachliche Grundlagen. In W. Huber, *Industrie 4.0 in der Automobilproduktion* (S. 23–32). Wiesbaden: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-658-12732-9\_3
- Huber, W. (Hrsg.). (2016). *Industrie 4.0 in der Automobilproduktion*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Huber, W. (2016). Umsetzungen der Automobilhersteller und Zulieferer. In W. Huber, *Industrie 4.0 in der Automobilproduktion* (S. 117–181). Wiesbaden: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-658-12732-9\_6
- Hudetz, W., & Friedewald, M. (2001). *Technische Produktdokumentation im Maschinen- und Anlagenbau*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- Jockisch, M. (2010). Das Technologieakzeptanzmodell. In G. Bandow, & H. H. Holzmüller, *"Das ist gar kein Modell!"* (1. Aufl. Ausg., S. 233–254). Wiesbaden: Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-8484-5\_11
- Juhl, D. (2015). Technische Unterlagen. In D. Juhl, & W. T. Küstenmacher, *Technische Dokumentation* (3. Ausg., S. 165–175).
- Juhl, D., & Küstenmacher, W. T. (Hrsg.). (2015). *Technische Dokumentation* (3. Ausg.).
- Kagermann, H., Riemensperger, F., Hoke, D., Helbig, J., Stocksmeier, D., Wahlster, W., . . . Schweer, D. (2014). *Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft*. (Arbeitskreis Smart Service Welt, Hrsg.) Berlin.
- Kohne, A., Elschner, H., Winter, K.-U., Koslowski, L., Kleinmanns, P., Dellbrügge, S., & Pöhler, U. (2016). Einleitung. In A. Kohne, H. Elschner, K.-U. Winter, L. Koslowski, P. Kleinmanns, S. Dellbrügge, & U. Pöhler, *Die IT-Fabrik* (S. 1–5). Wiesbaden: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-658-15931-3\_1
- Kothes, L. (2011). Grundlegendes. In L. Kothes, *Grundlagen der Technischen Dokumentation* (S. 1–4). Berlin: Springer.
- Kothes, L. (2011). Inhalte der Anleitung. In L. Kothes, *Grundlagen der Technischen Dokumentation* (S. 67–129). Berlin: Springer.
- Kuckartz, U., Ebert, T., Rädiker, S., & Stefer, C. (2009). *Evaluation online*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Liggesmeyer, P. (2009). *Software-Qualität: Testen, Analysieren und Verifizieren von Software* (2. Ausg.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 5-55.

- Marcotte, E. (2010). *Responsive web design*. Abgerufen am 15. Oktober 2017 von <https://alistapart.com/article/responsive-web-design>.
- Mayring, P. (2001). Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum Qualitative Social Research*, 1(2). doi:10.17169/fqs-2.1.967
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12. Ausg.). Weinheim: Beltz.
- Mazak, A., Wimmer, M., Huemer, C., Kappel, G., & Kastner, W. (2017). Rahmenwerk zur modellbasierten horizontalen und vertikalen Integration von Standards für Industrie 4.0. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 - Band 2: Automatisierung* (2. Ausg., S. 433–454). Berlin: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-53248-5\_94
- Mertens, P., Bodendorf, F., König, W., Schumann, M., Hess, T., & Buxmann, P. (2017). Planung, Realisierung und Einführung von Anwendungssystemen. In P. Mertens, F. Bodendorf, W. König, M. Schumann, T. Hess, & P. Buxmann, *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik* (12. Ausg., S. 131–158). Berlin: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-662-53362-8\_5
- Mey, G., & Mruck, K. (2011). Qualitative Interviews. In G. Naderer, & E. Balzer, *Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis* (2. Ausg., S. 258–288). Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Nicolai, C. (2017). *Personalmanagement* (4. Ausg.). Konstanz; München: UVK.
- Oehrich, M. (2015). Arbeit mit Literatur und Quellen. In M. Oehrich, *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben* (S. 21–75). Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-44099-5\_3
- Office of Government Commerce. (2007). *The official introduction to the ITIL service lifecycle*. London: Stationary Office.
- ÖVE/ÖNORM. (2009). EN 60204-1. In *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen Teil 1: Allgemeine Anforderungen* (Bd. 13.110; 29.020). Wien: ÖVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik.
- ÖVE/ÖNORM. (2010). EN 81346-2. In *Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung Teil 2: Klassifizierung von Objekten und Kennbuchstaben von Klassen* (Bd. 01.110; 29.020). Wien: ÖVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik.
- ÖVE/ÖNORM. (2013). EN 82079-1. In *Erstellen von Gebrauchsanleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung Teil 1: Allgemeine Grundsätze und ausführliche Anforderungen* (Bd. 01.110; 29.020). Wien: ÖVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik.

- Paulssen, M., & Sommerfeld, A. (2015). The impact of critical incidents on customer relationships. *Die Betriebswirtschaft*(75), 291–308. doi:10.1300/j033v08n01\_02
- Pohl, K., & Rupp, C. (2015). *Basiswissen Requirements Engineering* (4. Ausg.). Heidelberg: dpunkt.
- Pöppelbuß, J. (2017). *Enzyklopaedie der Wirtschaftsinformatik - Smart Service*. Abgerufen am 21. September 2017 von <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/smart-service>
- Porst, R. (2014). *Fragebogen: Ein Arbeitsbuch* (4. Ausg.). Wiesbaden: Springer VS.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*(11), 64–88.
- Pötter, T., Folmer, J., & Vogel-Heuser, B. (2014). Enabling Industrie 4.0 – Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie. In T. Bauernhansl, M. Hompel, & B. Vogel-Heuser, *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 159–171). Wiesbaden: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-658-04682-8\_8
- Prein, G., Kelle, U., & Kluge, S. (1993). *Strategien zur Integration quantitativer und qualitativer Auswertungsverfahren*. Bremen: Der Vorstand des Sfb 186. Abgerufen am 27. Oktober 2017 von <http://www.sfb186.uni-bremen.de/download/paper19.pdf>
- Quint, F., & Loch, F. (2015). Using Smart Glasses to Document Maintenance Processes. In A. Weisbecker, A. Schmidt, & M. Burmester, *Mensch und Computer 2015 – Workshopband* (S. 203–208). De Gruyter.
- Reiss, M., & Reiss, G. (2009). *Praxisbuch IT-Dokumentation*. München: Addison-Wesley.
- Richter, M., & Flückiger, M. D. (2016). Strategie. In M. Richter, & M. D. Flückiger, *Usability und UX kompakt* (4. Ausg., S. 145–158). Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-49828-6\_6
- Richter, M., & Flückiger, M. D. (2016). Usability und UX. In M. Richter, & M. D. Flückiger, *Usability und UX kompakt* (4. Auflage Ausg., S. 7–19). Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-49828-6\_2
- Rosenberger, M., & Pointer, F. (2015). Hochverfügbarkeit: Definition, Einflussfaktoren und Lösungen. *Signal + Draht*(107), 6-12.
- Scheer, A.-W. (2006). Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In H.-J. Bullinger, A.-W. Scheer, & K. Schneider, *Service Engineering* (2. Ausg., S. 19–52). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Scheer, A.-W. (2013). *Industrie 4.0 - Wie sehen Produktionsprozesse im Jahr 2020 aus?* (IMC AG, Herausgeber) Abgerufen am 4. Oktober 2017 von

[https://www.researchgate.net/publication/277717764\\_Industrie\\_40\\_-\\_Wie\\_sehen\\_Produktionsprozesse\\_im\\_Jahr\\_2020\\_aus](https://www.researchgate.net/publication/277717764_Industrie_40_-_Wie_sehen_Produktionsprozesse_im_Jahr_2020_aus)

- Schlagowski, H. (2015). *Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau* (2. Ausg.). (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg.) Berlin; Wien; Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- Schlittgen, R. (2008). *Einführung in die Statistik: Analyse und Modellierung von Daten* (11. Ausg.). München: Oldenbourg.
- Schöning, H., & Dorchain, M. (2017). Big Smart Data – Intelligent Operations, Analysis und Process Alignment. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 - Band 2: Automatisierung* (2. Ausg., S. 457–470). Berlin: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-53248-5\_70
- Schreiber, F., & Felk, K. (2017). Status-Quo und Wertschöpfungsperspektiven digitaler Geschäftsmodelle in der Textilbranche. In D. Schallmo, A. Rusnjak, J. Anzengruber, T. Werani, & M. Jünger, *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen* (S. 433–450). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. doi:10.1007/978-3-658-12388-8\_18
- Schulz, M. D. (2014). Produktentstehung in der Automobilindustrie 2025. In M. D. Schulz, *Der Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie* (S. 27–32). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Sokół, K., & Cekus, D. (2017). Reverse Engineering as a Solution in Parts Restoration Process. *Procedia Engineering*, 177, 210–217. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.191
- Stertkamp, W., & Schüler, L. (2014). Transkription multimodaler Gefüge. In C. Moritz, *Transkription von Video- und Filmdaten in der Qualitativen Sozialforschung* (S. 311–358). Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi:10.1007/978-3-658-00879-6\_14
- Stocker, A., Denger, A., Wilfing, M., Fritz, J., Kaiser, C., Kittl, C., & Richter, A. (2015). Smart Factories: Mitarbeiter-zentrierte Informationssysteme für die Zusammenarbeit der Zukunft. In A. Weisbecker, A. Schmidt, & M. Burmester, *Mensch und Computer 2015 – Workshopband* (S. 155–163). De Gruyter.
- Störkle, D., Barthelmey, A., & Kuhlenkötter, B. (2015). Technische Dokumentation in der Smart Factory. *Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme 2015*. Paderborn.
- Teucke, M., Werthmann, D., Lewandowski, M., & Thoben, K.-D. (2017). Einsatz mobiler Computersysteme im Rahmen von Industrie 4.0 zur Bewältigung des demografischen Wandels. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 - Band 2: Automatisierung* (2. Ausg., S. 575–603). Berlin: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-662-53248-5\_81
- Vajna, S., & Kussi, J. S. (2009). Plant Lifecycle Management – CAE-Anwendungen im Anlagenbau. *Chemie Ingenieur Technik*, 81(8), 1112.

- van Husen, C. (2004). Entwicklung IT-basierter Dienstleistungen als Problemstellung. In K.-P. Fähnrich, & C. van Husen, *Entwicklung IT-basierter Dienstleistungen in der Praxis* (S. 21–27). Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. doi:10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model. *Management Science*, 46(2), 186–204. doi:doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926
- Wächter, M., & Bullinger, A. (2015). Gestaltung gebrauchstauglicher Assistenzsysteme für Industrie 4.0. In A. Weisbecker, A. Schmidt, & M. Burmester, *Mensch und Computer 2015 – Workshopband* (S. 165–169). De Gruyter.
- Weber, K. H. (2016). Beachtung der Inbetriebnahme bei der Entwicklung und Planung. In K. H. Weber, *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen* (4. Ausg., S. 45–115). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Weber, K. H. (2016). Durchführung der Inbetriebnahme. In K. H. Weber, *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen* (4. Ausg., S. 479–601). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Weber, K. H. (2016). Phasenmodell der Anlagen-Projektentwicklung. In K. H. Weber, *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen* (4. Ausg., S. 1–77). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Weber, K. H., & Schüßler, M. (2008). *Dokumentation verfahrenstechnischer Anlagen*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Weber, M., Gauch, S., Amini, F., Kaiser, T., Tiemann, J., Schmoll, C., & Henckel, L. (2016). *Wearables*. (Kompetenzzentrum Öffentliche IT, Herausgeber) Abgerufen am 4. Oktober 2017 von <http://www.oeffentliche-it.de/-/wearables>
- Wolf, K., & Sahling, S. (2014). *Incident Management*. München: Carl Hanser Verlag.
- Zeiler, V. (2014). *Kriterien zur Bewertung von Cloud Angeboten*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Zolnowski, A., & Böhmman, T. (2013). Grundlagen service-orientierter Geschäftsmodelle. In T. Böhmman, M. Warg, & P. Weiß, *Service-orientierte Geschäftsmodelle* (S. 1–29). Berlin, Heidelberg: Springer.