



## **Digitalisierung industrieller Arbeit – Entwicklung einer Referenzarchitektur**

### **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M. Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftswissenschaften der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

### **vorgelegt von:**

Name: Spreen

■■■■■■ ■■■■■■

Vorname: Patrick

■■■■■■ ■■■■■■

Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 17. Januar 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abstrakt</b> .....	II
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	III
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	V
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	VII
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	VIII
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Motivation und Relevanz .....	1
1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit.....	3
<b>2 Forschungsdesign und Methodik</b> .....	6
2.1 Literaturüberblick.....	8
2.2 Design-Science-Research nach Peffers.....	16
2.3 Methodik der Referenzmodellierung.....	19
<b>3 Grundlagen zum Thema Digitalisierung und Industrie 4.0</b> .....	23
3.1 Einordnung und historische Entwicklung .....	24
3.2 Begriffsabgrenzung und konzeptionelle Einbettung .....	31
3.2.1 Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke .....	35
3.2.2 Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette.....	36
3.2.3 Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme.....	37
3.3 Technologische Grundlagen der Industrie 4.0.....	41
3.3.1 Cyber-physische Systeme (CPS).....	43
3.3.2 Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS).....	47
3.3.3 Eingebettete Systeme (Embedded Systems).....	48
3.3.4 Smart Factory .....	50
3.3.5 Big Data.....	52
3.3.6 „Internet der Dienste und Dinge“ .....	55
3.4 Nutzenpotenziale und Chancen der intelligenten Vernetzung .....	57
3.5 Risiken und Herausforderungen der intelligenten Vernetzung .....	61
<b>4 Digitalisierung industrieller Arbeit im Kontext der Industrie 4.0</b> .....	65
4.1 Industrie 4.0 als sozio-technisches System .....	66
4.2 Wandel von Industriearbeit: Trendbestimmungen und Handlungsfelder.....	68
4.2.1 Beschäftigungsperspektiven: Substitution oder Sicherung von Industriearbeit .....	70

---

4.2.2	Qualifikationsanforderungen: Upgrading oder Polarisierung .....	72
4.2.3	Funktionsteilung und Arbeitsorganisation.....	76
4.2.4	Arbeitsbedingungen: Entgrenzung oder Regulierung .....	78
4.3	Bestimmungsgrößen.....	80
4.4	Bilanzierung und Perspektiven.....	82
<b>5</b>	<b>Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0.....</b>	<b>84</b>
5.1	Einführung.....	84
5.2	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0).....	86
5.2.1	Kurzbeschreibung des Modells .....	86
5.2.2	Modellaufbau.....	88
5.2.3	Nutzen von RAMI 4.0 .....	91
<b>6</b>	<b>Referenzarchitektur eines „Arbeitsweltmodells Industrie 4.0“ .....</b>	<b>92</b>
6.1	Anforderungen und Ziele des Modells.....	93
6.2	Darstellung und Erläuterung des Modells .....	97
<b>7</b>	<b>Limitationen.....</b>	<b>101</b>
<b>8</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>103</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
	<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>XVIII</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und Relevanz

*„Die Wirtschaft steht an der Schwelle zu einer vierten industriellen Revolution. Mit dem Zukunftsprojekt Industrie 4.0 haben wir die Chance, diesen Prozess erfolgreich mit zu gestalten und damit das hohe deutsche Wohlstandsniveau auch langfristig zu sichern. Forschung kann dazu beitragen, Produktionsprozesse neu zu organisieren und Strukturen zu verbessern. Aber genauso wichtig ist es, dass diese Ergebnisse auch schnell in den Alltag der Unternehmen einziehen“.<sup>1</sup>*

[Zitat: Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung]

Unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“<sup>2</sup> nimmt die Debatte um die Zukunftsperspektive des Industriestandortes Deutschlands in den letzten Jahren zunehmend an Fahrt auf. Technologische Entwicklungstendenzen, die auf eine neuartige Form der Produktionsautomatisierung abzielen, geraten dabei zunehmend mehr ins Zentrum der Betrachtung. An die immer intensivere und komplexere Vernetzung von „klassischen“ Produktionssystemen mit digitalen Technologien bindet sich die Hoffnung, eine starke industrielle Basis in Deutschland erhalten zu können (vgl. Ittermann et al., 2015, S. 5). Industrie 4.0 steht dabei für einen grundlegenden Paradigmenwandel in der produzierenden Industrie, der durch die „zunehmende Integration von informations- und kommunikationstechnischen Entwicklungen in Prozesse und Abläufe der Produktion ermöglicht“ (Weinert et al., 2017, S. 5) werden soll. Dabei umfasst die sogenannte vierte industrielle Revolution<sup>3</sup> nicht nur einen weiteren Schritt in Richtung einer umfassenderen Automatisierung und digitalen Vernetzung der Industrieproduktion. Vielmehr verbindet sich mit diesem Ansatz ein disruptiver Wandel, der auch die bestehenden industriellen Arbeitssysteme nicht unberührt lassen wird. Es wird sogar erwartet, dass sich die heutigen industriellen Arbeitsmuster und -prozesse grundlegend wandeln werden (vgl. Ittermann et al., 2015, S. 7f.).

Gegenstand der vorliegenden Masterarbeit soll nun die Beantwortung der Frage sein, welche Konsequenzen und Auswirkungen die schnelle Verbreitung digitaler Technologien und die Vernetzung zu „anpassungsintelligenten Produktionssystemen“ für die Arbeitswelt von morgen und ihre Beschäftigten mit sich bringen. Wie eingangs bereits beschrieben soll damit die besonders im deutschsprachigen Raum seit Jahren intensiv geführte Debatte um das „Schlagwort“ Industrie 4.0 und der damit verbundene Fokus auf die Entwicklungstendenzen und Zukunftsszenarien von industrieller Arbeit aufgegriffen werden.

Die mit Industrie 4.0 angestrebte Integration der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in sozio-technische Arbeitssysteme zieht nach und nach eine strukturelle Veränderungen in der operativen Gestaltung von Arbeitssystemen nach sich. An die Mehrheit der Beschäftigten werden somit deutlich erhöhte Komplexitäts-, Kreativitäts- und Problemlösungsanforderungen sowie ein hohes Maß an

---

<sup>1</sup> Quelle: <http://www.acatech.de/?id=2240>.

<sup>2</sup> „Industrie 4.0“ stellt ein zentrales Element der Hightech-/ Innovations-Strategie der Bundesregierung dar. Mit diesem Zukunftsprojekt der deutschen Bundesregierung soll die digitale Vernetzung insbesondere klassischer Fertigungsindustrien wie z. B. der Produktionstechnik, vorangetrieben werden.

<sup>3</sup> „Industrie 4.0“ kann auch als Synonym für die vierte industrielle Revolution angesehen werden.

kommunikativen Kompetenzen und die Fähigkeiten zur Selbstorganisation gestellt. Dabei ist eine systemische Gesamtbetrachtung der Faktoren Mensch, Technik und Organisation (MTO) bei der Entwicklung und Implementierung zukünftiger Arbeitssysteme anzustreben (vgl. Hirsch-Kreinsen und Weyer, 2014, S. 8ff.).

Neue Steuerungs- und umfassende Automatisierungssysteme, die zunehmende Verschmelzung von digitaler und realer Welt sowie die Entwicklung von Cyber-physischen Systemen (CPS) zu Cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) versprechen mehr Effizienz und Flexibilität. Allerdings stellt eine zunehmend voranschreitende Digitalisierung und Vernetzung der Produktion Unternehmen und ihre Beschäftigten auch vor enorme Herausforderungen und neuartige Probleme. Auszugehen ist in diesem Fall von einem disruptiven Wandel von Prozess- und Arbeitsstrukturen, der vor allem dadurch bedingt ist, dass die bisherigen sequentiell und ex-ante optimierten Fabrikabläufen durch in Echtzeit gesteuerte Prozesse ersetzt werden. Neben dem Einsatz smarterer Technologien rücken somit im Kontext einer evolvierenden Industrie 4.0 ebenso neue Arten dezentraler Führungs- und Steuerungsformen, neue kollaborative Formen der Arbeitsorganisation und -gestaltung sowie eine zunehmende technische Unterstützung auf Basis der Anpassung der Arbeit an den Menschen in den Fokus (vgl. Hirsch-Kreinsen und ten Hompel, 2016, S. 364ff.).

Davon ausgehend soll im Hinblick auf ein breites Spektrum divergierender Entwicklungsperspektiven von Arbeit die Betrachtung auf zwei Pole begrenzt werden, die in der Fachliteratur als „*Upgrading*“ und als „*Polarisierung*“ von Qualifikationen klassifiziert werden. Welche konkreten arbeitsbezogenen Veränderungen sich dabei tatsächlich ergeben, ist allerdings von einer Reihe von Zusatzbedingungen wie dem realisierten Automatisierungskonzept, der tatsächlichen Reichweite der Systemverbreitung sowie des betrieblichen Einführungsprozesses abhängig (vgl. Hirsch-Kreinsen et al., 2015, S. 9-11).

Allerdings soll es keinesfalls nur um die Frage gehen, wie sich die Arbeitsformen und Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten auf der operativen Arbeitsebene verändern. Vielmehr ist davon auszugehen, dass neben den klassischen industriellen Arbeitsmustern auch der weite Bereich produktionsnaher Dienste, Verwaltungstätigkeiten sowie besonders Engineeringtätigkeiten und Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in Industrieunternehmen von den zunehmenden Digitalisierungstendenzen direkt betroffen sein werden.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, den gegenwärtigen arbeits- und sozialwissenschaftlichen Forschungsstand über die Entwicklungsperspektiven industrieller Arbeit unter den Bedingungen des Einsatzes digitalisierter Produktionstechniken zusammenzutragen. Darüber hinaus werden die mögliche Reichweite, die Konsequenzen und vor allem die verschiedenen Gestaltungsoptionen der (industriellen) Arbeitsformen vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung systematisch abgeschätzt. Der Einzug neuer digitaler Technologien bietet dazu ein gewaltiges Spektrum an Gestaltungsherausforderungen und Handlungsalternativen. Um die damit verbundenen Wandlungstendenzen hinreichend und detailliert zu erfassen sowie die Gestaltungsmöglichkeiten zukünftiger Arbeitssysteme und -prozesse systematisch auszuloten und anpassen zu können, wird als analytischer Ansatz auf das Konzept des sozio-technischen Systems zurückgegriffen. Darauf aufbauend soll ein Referenzarchitekturmodell unter Einbeziehung bestehender Referenzmodellierungsansätze und Modellentwürfen entwickelt werden, welches die Digitalisierung und Wandel der Arbeitswelt sowie ihre Auswirkungen auf Menschen, Prozesse und Strukturen im Unternehmen möglichst umfangreich abbildet. Primäre Aufgabe

der Architektur ist es demnach die unterschiedlichen Bestandteile und Anforderungen eines zukünftigen sozio-technischen Arbeitssystems strukturiert darzustellen und in eine sinnvolle Beziehung zueinander zu setzen. Dabei werden grundlegende Industrie 4.0 Konzepte und Technologien integriert und in einem problemlösungsorientierten Modellrahmen zusammengeführt.

### **1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit**

Ausgehend von Relevanz und Motivation leiten sich die Zielsetzung und Forschungsfragen für diese Arbeit ab. Zielsetzung ist die strukturierte Aufarbeitung des Themenfeldes Digitalisierung industrieller Produktionsarbeit im Kontext von Industrie 4.0. Aufbauend auf der Betrachtung des zukünftigen Wandels der industriellen Arbeitswelt soll ein Referenzarchitekturmodell unter Einbeziehung bestehender Referenzmodellierungsansätze und Modellentwürfen entwickelt werden, mit denen die folgenden Forschungsfragen hinreichend diskutiert, beantwortet und die ermittelten Forschungsergebnisse evaluiert werden können. Das zu entwickelnde Referenzarchitekturmodell soll demnach primär dazu dienen, die Bestandteile und Anforderungen eines zukünftigen sozio-technischen Arbeitssystems strukturiert darzustellen und in eine sinnvolle Beziehung zueinander zu setzen. Dabei werden grundlegende Industrie 4.0 Konzepte und Technologien integriert und in einem problemlösungsorientierten Modellrahmen zusammengeführt.

#### **Forschungsfrage 1:**

*Wie sehen die sozio-technischen Arbeitssysteme im Kontext des vierten industriellen Zeitalters aus und welche (zukünftigen) Anforderungen an Arbeitsorganisation und Qualifikation der Beschäftigten stellen sie?*

#### **Forschungsfrage 2:**

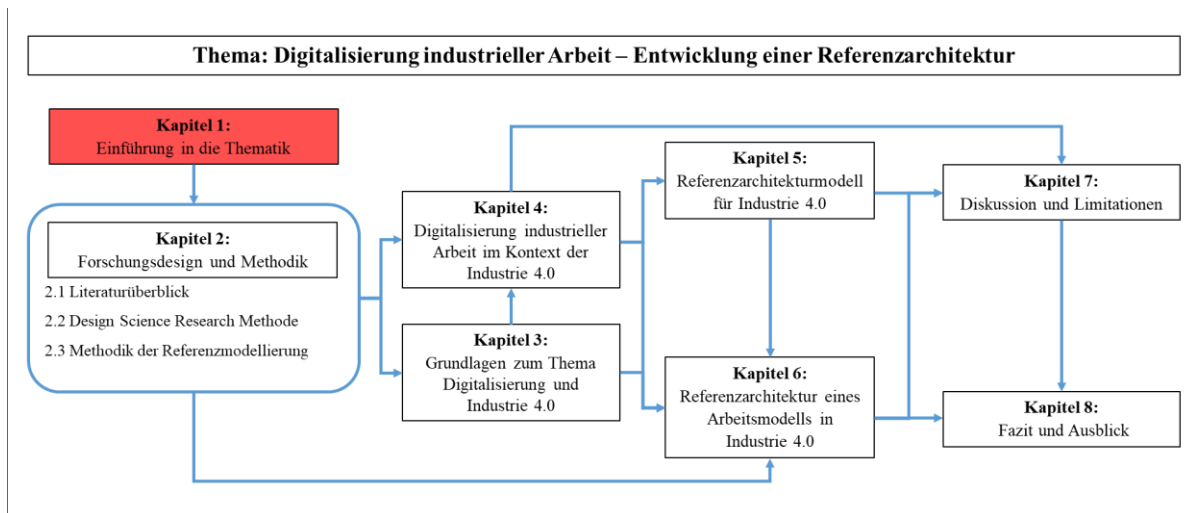
*Wie kann eine geeignete Informations-/ Referenzarchitektur gestaltet sein, welche die Digitalisierung der Arbeitswelt in Industrie 4.0 abbildet?*

Für eine erfolgreiche Implementierung der technologischen Lösungsansätze der Industrie 4.0 in ein sozio-technisches Arbeitssystem der Zukunft sollten die Auswirkungen der laufenden Digitalisierung auf produktionsnahe Mitarbeiter Berücksichtigung erhalten. In diesem Kontext lassen sich aus den Auswirkungen komplexe Anforderungen an die zukünftige Arbeitsorganisation und Qualifikation der Mitarbeiter in der Industrie 4.0 ableiten. Die erste Forschungsfrage zielt also darauf ab die Digitalisierungstendenzen und den Wandel industrieller Arbeit in diesem Kontext genauer zu betrachten. Dazu werden anhand bestehender Trendbestimmungen und Handlungsfelder die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt, Menschen, Prozesse und Strukturen im Unternehmen beleuchtet. Ferner soll das Konzept Industrie 4.0 als ein sozio-technisches System und als ein Konstrukt wechselseitiger Beziehung zwischen den drei Systemkomponenten Mensch, Technik und Organisation betrachtet werden.

Die zweite Forschungsfrage zielt darauf ab, eine Referenzarchitektur zu entwickeln, die alle relevanten Industrie 4.0 Konzepte, Elemente und Technologien in die Architektur einer digitalisierten industriellen Arbeitswelt integriert und somit die bestehenden Zusammenhänge, Wechselwirkungen und Prozesse strukturiert darstellt.

Nachdem die Zielsetzungen und Forschungsfragen der Arbeit formuliert und hergeleitet wurden, gilt es nun, die strukturelle Vorgehensweise, welche die Erreichung der oben genannten Ziele gewährleisten soll, aufzuzeigen. Den Anspruch an Klarheit und Übersichtlichkeit wissenschaftlicher Arbeiten berücksichtigend, gliedert sich die vorliegende Arbeit in acht Hauptkapitel. Um eine hinreichende Beantwortung der abgeleiteten Forschungsfragen (1-3) vornehmen zu können, wird nachfolgend die Vorgehensweise bzw. der Gang der Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit erläutert. Der inhaltliche Aufbau der Arbeit orientiert sich an der in Abbildung 1 dargestellten formalen Struktur.

Abbildung 1: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit - Kapitel 1



Quelle: Eigene Darstellung

Die Arbeit unterteilt sich, neben der Einführung in die Thematik (*Kapitel 1*) und einer bilanzierenden Schlussbetrachtung (*Kapitel 8*) in sechs weitere aufeinander aufbauende Kapitel. Anschließend an die Einführung in die Thematik der vorliegenden Arbeit und der Ableitung drei relevanter Forschungsfragen soll in *Kapitel 2* „Forschungsdesign und Methodik“ die dieser Arbeit zugrunde liegenden wissenschaftlichen Methoden und Vorgehensweisen zur Entwicklung einer Referenzarchitektur vermittelt werden. Des Weiteren erfolgt in diesem Zusammenhang eine Betrachtung des derzeitigen Forschungsstandes zum Thema des Wandels von industrieller Arbeit im Kontext fortgeschrittener automatisierter Produktionssysteme. Dieser erfolgt mit Hilfe eines gründlichen Literaturüberblicks, der eine entsprechend sinnvolle Eingliederung der Forschungsfragen in die bestehende arbeits- und sozialwissenschaftliche Fachliteratur gewährleisten soll.

Beginnend mit einer Einführung in die aktuelle Debatte um die „Zukunftsvision Industrie 4.0“ liefert *Kapitel 3* die für das grundlegende Verständnis dieser Arbeit notwendigen theoretischen und technologischen Grundlagen. So soll aufbauend auf einem detaillierten Überblick der Historie industrieller Revolutionen (vgl. Abschnitt 3.1), durch Abgrenzung und Einordnung der relevanten Themenbereiche eine theoretische Basis für das Thema Industrie 4.0 geschaffen werden. Relevante Begrifflichkeiten werden definiert und eine konzeptionelle Einbettung in die Thematik vorgenommen (vgl. Abschnitt 3.2 und 3.3). Ferner werden die erwarteten gesamtwirtschaftlichen Nutzenpotenziale und Herausforderungen der intelligenten Vernetzung durch Industrie 4.0 beleuchtet (vgl. Abschnitt 3.4 und 3.5). Mit der Frage

nach dem Wandel von Industriearbeit im Zusammenhang mit der Digitalisierung der industriellen Produktion beschäftigt sich eingehend Kapitel 4. Die Thematik wird dazu in mehreren aufeinander aufbauenden Argumentationsschritten behandelt:

Im ersten Schritt wird mit dem Konzept des sozio-technischen Systems eine sozialwissenschaftliche Analyseperspektive auf autonome Produktionssysteme vorgestellt (vgl. Abschnitt 4.1). Darauf aufbauend werden die sich abzeichnenden Trendbestimmungen und Handlungsfelder, die mit der Digitalisierung der industriellen Arbeitswelt einhergehen, benannt und zusammengefasst. Dabei sollen generelle Trendbestimmungen und erste Forschungsergebnisse zu den Konsequenzen der Digitalisierung für Arbeitsorganisation und Qualifikation der Beschäftigten beschrieben sowie davon ausgehend der absehbare Wandel von Produktionsarbeit in seinen verschiedenen Dimensionen herausgearbeitet werden (vgl. Abschnitt 4.2). Abschnitt 4.3 hebt relevante Bestimmungsgrößen für den Wandel von Arbeit hervor. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf unterschiedliche Automatisierungskonzepte, betriebliche Einführungsprozesse sowie die widersprüchlichen Diffusionschancen von Industrie 4.0-Systemen Bezug genommen (vgl. Abschnitt 4.3). Abschließend wird über die ermittelten Forschungsergebnisse Bilanz gezogen und die Perspektiven der weiteren Entwicklung thematisiert (vgl. Abschnitt 4.4).

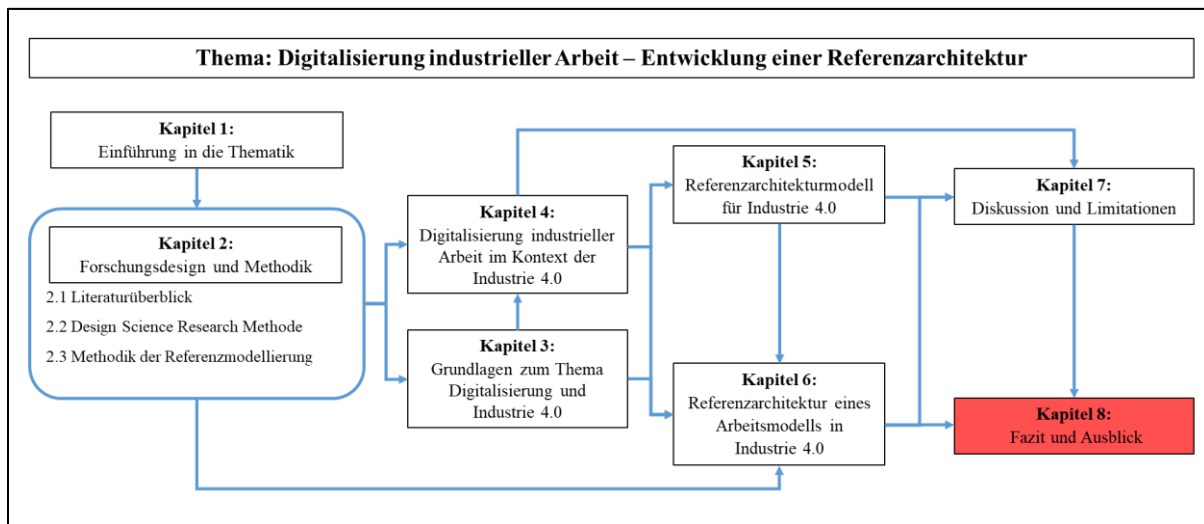
Die darauffolgenden Kapitel (5 + 6) dienen zur Vorbereitung bzw. zur Entwicklung eines Referenzarchitekturmodells, welches eine möglichst realitätsnahe Abbildung der Arbeitswelt in der Industrie 4.0 ermöglichen soll. Struktur und Ablauf der Entwicklung sind dabei an der verwendeten Forschungsmethode des sog. „Design Science Research Methode“ nach Pepper et al. (2007) angelehnt. Dazu wird zunächst in *Kapitel 5* das Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0 (kurz RAMI 4.0) vorgestellt. Darin werden die Industrie 4.0-Komponenten in ihrem Aufbau und ihrer Arbeitsweise definiert sowie die Idee/Anspruch des „RAMI-Modells“ beschrieben. Der eigentliche Entwicklungsschritt des angestrebten Arbeitsarchitekturmodells in Industrie 4.0, inklusive Ziele- und Anforderungsbestimmungen an die Architektur, den Aufbau der Systemarchitektur sowie eine zusammenfassende Darstellung des Modells bilden den Arbeitsumfang des *6. Kapitels*.

*Kapitel 7* diskutiert abschließend die vorliegenden Ergebnisse der Arbeit und geht auf Limitationen und Grenzen der gewählten Forschungsmethoden und -ergebnisse sowie der entwickelten Systemarchitektur kontrovers ein. Mit einem abschließenden Fazit und einem Ausblick in *Kapitel 8* werden ferner mögliche zukünftige Forschungsthemen und -bedarfe aufgezeigt und benannt.



## 8 Fazit und Ausblick

Abbildung 44: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit - Kapitel 8



Quelle: Eigene Darstellung

Unter dem prominenten Schlagwort „Industrie 4.0“ versteht man die digitale Vernetzung der virtuellen Computerwelt mit der physischen Welt der industriellen Fertigung und Produktion, auf Basis neuartiger informations- und kommunikationstechnischer Systeme. Vereinfachend gesagt führt Industrie 4.0 zu einer Digitalisierung und damit zu einem Wandel der Arbeit. In dieser Masterarbeit wurde der dadurch ausgelöste Wandel der Produktionsarbeit untersucht. Dabei lag der Fokus auf der Gestaltung sozio-technische Arbeitssystemen im Kontext von Industrie 4.0. Des Weiteren stellte sich die Frage, wie eine geeignete Referenzarchitektur gestaltet werden kann, welche die Digitalisierung der Arbeitswelt geeignet abbildet. Auf Basis grundlegender Aspekte wurde zunächst die Digitalisierung der industriellen Arbeit im Kontext der Industrie 4.0 betrachtet und mögliche Trendbestimmungen und Handlungsfelder beleuchtet, die sich im Zusammenhang mit den fortschreitenden Digitalisierungstendenzen für die Arbeitswelt ergeben. Dabei legte die Durchsicht der vorliegenden Befunde den Verdacht nahe, dass die weitere Diffusion von Industrie4.0-Technologien erhebliche Veränderungen in industrieller Produktion, Organisation und Arbeit nach sich ziehen wird:

Im Anschluss wurden ein Referenzarchitekturmodell für die Industrie 4.0 (RAMI) vorgestellt und anschließend auf Basis vorheriger Überlegungen und der Durchsicht der entsprechenden Fachliteratur, ein Referenzarchitekturmodell zur Abbildung digitalisierter Arbeitssysteme in der industriellen Produktion entwickelt. Das zu entwickelnde Referenzarchitekturmodell soll dabei primär dazu dienen, die Bestandteile und Anforderungen eines zukünftigen sozio-technischen Arbeitssystems strukturiert darzustellen und in eine sinnvolle Beziehung zueinander zu setzen. Dabei werden grundlegende Industrie 4.0 Konzepte und Technologien integriert und in einem problemlösungsorientierten Modellrahmen zusammengeführt.

Es ist unstrittig, dass die Digitalisierung von Industriearbeit kurzfristig zu Arbeitsplatzverlusten führen wird. In der Wissenschaft herrscht jedoch keine Einigkeit darüber, inwiefern diese Freisetzungseffekte langfristig durch neu entstehende Aufgaben und Arbeitsplätze ausgeglichen werden können. Bei Beschäftigten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen, die einfache Tätigkeiten ausführen, besteht eine

latente Gefahr der Substitution durch digitale Systeme. Auch über die Auswirkungen der Digitalisierung von Industriearbeit herrscht kein Konsens. Nach dem Upgrading-Ansatz hebt die Industrie 4.0 die Tätigkeiten und Qualifikationen der Beschäftigten. Dagegen werden nach dem Polarisierung-Ansatz Tätigkeiten und Qualifikationen der Gering- und Hochqualifizierten Arbeitnehmer immer weiter auseinander gehen. Die Bedeutung der mittleren Beschäftigungsgruppen wird signifikant abnehmen.

Die Implementierung von Industrie 4.0 Technologien in den industriellen Produktionsprozess ist von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich. Es ist davon auszugehen, dass die konkreten Anwendungsbedingungen, Systemfunktionen und betrieblichen Strukturbedingungen über die neue Aufgaben- und Organisationsgestaltung von Arbeit entscheiden. In den meisten Betrieben wird die Einführung neuer Technologien nicht widerspruchsfrei verlaufen. Insbesondere soziale Effekte sind kaum vorhersagbar, weshalb die Analyse des sozio-technischen Gesamtsystems der Produktion in Zukunft eine wichtige Rolle spielt. Auch der Einfluss der Industrie 4.0 auf die Gestaltung der Arbeit ist bisher noch unklar. Nach dem technologiezentrierten Automatisierungskonzept werden die menschlichen Arbeitsschritte im zukünftigen Produktionsprozess nur noch eine Lückenbüßerfunktion einnehmen und irgendwann komplett verschwinden. Nach dem komplementären Automatisierungskonzept wird weiterhin eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine bestehen bleiben. Es muss festgehalten werden, dass die Implementierung von Industrie 4.0-Systemen aufgrund schwer überwindbarer technischer, ökonomischer und sozialer Einführungsbarrieren erschwert wird. Aus diesem Grund wird sich im deutschen Industriesektor mittelfristig eine differenzierte Landschaft von Industrie 4.0-Systemen durchsetzen. Daher wird der Wandel von Industriearbeit nicht schnell erfolgen und viel Zeit in Anspruch nehmen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Industrie 4.0 das Potential hat sich in den Bereichen Wirtschaft und Gesellschaft zu einer vierten industriellen Revolution zu entwickeln. Damit es allerdings nicht zu erheblichen Härtefällen kommt, müssen alle Beteiligten bereit sein sich an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen. Neben der Akzeptanz der Beschäftigten sich durch Weiterqualifizierungen an die veränderten Anforderungen anzupassen, müssen die Führungsebenen bereit sein bestimmte zu komplexe Steuerungs- und Entscheidungskompetenzen an untere Hierarchieebenen abzutreten. Die Politik muss durch geeignete Rahmenbedingungen den Übergang zur Digitalisierung der industriellen Arbeit erleichtern und begleiten. Damit ist jedoch nicht gemeint, dass sie sich aufgrund der Angst vor Arbeitsplatzverlusten komplett der Industrie 4.0 verschließt. In diesem Fall würde mittelfristig ein zunehmender Wettbewerbsnachteil der heimischen Unternehmen im globalen Wettbewerb zu einem noch umfangreicheren Jobabbau führen.