

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Die Digitalisierung diffundiert in die industrielle Produktion.¹ Die Unternehmen versprechen sich bei der Umsetzung von Projekten im Zuge der Digitalisierung Produktivitätsgewinne.² Doch gerade die Entscheidung zur Nutzung der technologischen Potenziale bringt Herausforderungen mit sich. So stoßen beispielsweise Entscheider zunehmend an die Grenzen ihrer kognitiven Fähigkeiten in der Informationsaufnahme und -verarbeitung.³ Denn in einem Umfeld von steigender Komplexität übertreffen die Anforderungen an das Entscheiden in Wirtschaftsbetrieben zunehmend die kognitiven Anforderungen an die Entscheider selbst.⁴ Die verantwortlichen Personen sind einer Umwelt mit mehrdeutigen und unvollständigen Informationen ausgesetzt und stoßen gerade bei der Aufnahme und der Verarbeitung von Informationen an ihre kognitiven Grenzen.⁵

Enorme Datenmengen, *Big Data*, verbreitern die Datengrundlage für Entscheidungen im Vergleich zu den vergangenen Jahren zwar enorm, jedoch können Manager die Daten häufig nicht richtig interpretieren.⁶ So gaben 94 % der Befragten im Rahmen einer bereits 2014 veröffentlichten Befragung an, dass sich die zur Verfügung stehende Datenmenge stark bzw. sehr stark erhöht hat, wohingegen nur 38 % der Befragten der Meinung waren, dass die Datenqualität gleichfalls besser geworden ist.⁷ Die dieser Befragung zugrunde liegende Stichprobengröße von 34 Entscheidungsträgern aus vier süddeutschen Maschinenbauunternehmen erfüllt zunächst nicht den Anspruch auf Allgemeingültigkeit, jedoch kann die Befragung als Indikator für anstehende Herausforderungen gelten.

Gerade die derzeitige Dynamik im Umfeld produzierender Unternehmen, getriggert durch den raschen und immer kurzzyklischeren Fortschritt im technologischen

¹ Vgl. zum Beispiel Hirsch-Kreinsen (2015), S. 25

² Vgl. Geissbauer et al. (2014), S. 22

³ Vgl. Wachter (2014), Vorwort

⁴ Ebd.

⁵ Vgl. Berger et al. (2014), S. 126 ff.; Macharzina/Wolf (2012), S. 10 ff.

⁶ Vgl. Shah et al. (2012), S. 8 ff.

⁷ Vgl. Wachter (2014), S. 112

Bereich sowie markt- und unternehmensseitige Einflüsse, lässt darauf schließen, dass auch Entscheidungsprozesse in Unternehmen von diesem Wandel betroffen sind. Nicht zuletzt im Kontext zunehmender Aktivitäten zur Digitalisierung in der Produktion ist diese Entwicklung für betroffene Entscheider in Industrieunternehmen herausfordernd.

1.1.1 Bedeutung der Digitalisierung für produzierende Unternehmen

Unternehmen streben nach Effizienzgewinnen, insbesondere durch Digitalisierung in der Produktion. Daher wird die Digitalisierung in Wissenschaft und Praxis seit einiger Zeit sehr häufig diskutiert. Der Diskurs reicht von papierlosen Prozessen bis zur Entwicklung ganzer Geschäftsmodelle.⁸ Im engeren Sinne beschreibt die Digitalisierung die Umwandlung von analogen Signalen in digitale Daten.⁹ Doch im Hinblick auf die heutige erweiterte Sichtweise umfasst die Digitalisierung die vollständige oder teilweise Ersetzung analoger Dienste durch ein digitales oder computerhandhabbares Modell, das diese Aspekte widerspiegelt.¹⁰ Projektbezogene Initiativen zur Digitalisierung in der industriellen Produktion werden im Rahmen dieser Arbeit als Digitalisierungsprojekte verstanden.

In Bezug auf das verarbeitende Gewerbe wird die Digitalisierung in der Wissenschaft und unter Praktikern häufig unter dem Begriff *Industrie 4.0* diskutiert. Dieser wurde 2011 auf der Hannover Messe geprägt¹¹ und dann in ein deutsches Regierungsprogramm aufgenommen mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen verarbeitenden Gewerbes zu verbessern.¹² In der akademischen Literatur wird das Industrie-4.0-Konzept auch als vierte industrielle Revolution bezeichnet.¹³ In Bezug auf den spezifischen Inhalt des Industrie-4.0-Konzepts ist die wissenschaftliche Landschaft sehr fragmentiert. Die Meinungen darüber, welche Elemente Industrie 4.0 ausmachen und wie diese miteinander zusammenhängen,

⁸ Vgl. Wolf/Strohschen (2018), S. 58

⁹ Vgl. Loebbecke (2006), S. 360

¹⁰ Vgl. Wolf/Strohschen (2018), S. 58

¹¹ Vgl. Tortorella/Fettermann (2018), S. 2976

¹² Vgl. Kargermann et al. (2013), S. 19

¹³ Vgl. zum Beispiel Raj et al. (2020), S. 1; da Silva et al. (2020), S. 1; Tortorella et al. (2020), S. 285

sind sehr unterschiedlich.¹⁴ Jüngsten Studien zufolge gibt es mehr als 100 verschiedene Definitionen von Industrie 4.0.¹⁵ Im Verlauf des Forschungsprozesses der vorliegenden Arbeit wird vor allem bei der Betrachtung wissenschaftlicher Literatur immer wieder das Industrie-4.0-Konzept aufgegriffen. Doch aufgrund der sehr vielfältigen Begriffsfassung der *Industrie 4.0* bezieht sich die vorliegende wissenschaftliche Arbeit auf den Begriff Digitalisierung und wendet ihn im Kontext der industriellen Produktion und produktionsbezogener Bereiche des verarbeitenden Gewerbes an. Diese Begriffsauffassung deckt sich auch mit der Sichtweise von MOCKENHAUPT, wonach für Digitalisierung im Kontext der industriellen Fertigung zusätzlich der Begriff Industrie 4.0 verwendet wird.¹⁶

Die Potenziale in der industriellen Produktion, die der zu erlebende Technologiesprung mit sich bringt, sind enorm. Intelligente Assistenzsysteme, etwa im Bereich *Human Augmentation* (Verbesserung der kognitiven und physischen Fähigkeiten von Menschen) oder AR-Headsets (AR, engl. *Augmented Reality*, virtuelle Elemente werden in das reale Umfeld projiziert), werden den Arbeitskomfort und somit zentrale Produktionszielgrößen wie Produktivität, Qualität und Prozessstabilität verbessern. Auch scheint es in nicht allzu ferner Zukunft möglich, dass Menschen und Roboter mit einer gewissen Autonomie mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) nahezu gleichberechtigt in Form einer Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) zusammenarbeiten. Auf dem Gebiet der Planung und Steuerung werden die IT-Systeme zunehmend direkt von den betreffenden Akteuren (Menschen, Maschinen, Produktionsanlagen, Transportsysteme und Produkte) mit Informationen gespeist, welche sie mit stets weiterentwickelten und komplexeren Algorithmen weiterverarbeiten. Auch die fortschreitenden Entwicklungen auf dem Gebiet additiver Fertigungstechnologien (zum Beispiel 3-D-Druck) bieten immer weitere technische Möglichkeiten und eröffnen Spielräume für dezentrale Produktionen und *Mass Customization*.¹⁷

Es bietet sich folglich ein breites Feld an technologischen Potenzialen. Eine Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der

¹⁴ Vgl. Buer et al. (2018), S. 2925

¹⁵ Vgl. Moeuf et al. (2018), S. 1118

¹⁶ Vgl. Mockenhaupt (2021), S. 33

¹⁷ Vgl. Roland Berger (2014), S. 9 ff.

Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONMIK für Industrie 4.0 untersuchte für den Standort Deutschland volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren von Industrie 4.0. Zu diesem Zweck wurden 65 Veröffentlichungen im Kontext von Digitalisierung und Vernetzung industrieller Produktion ausgewertet. Das weltweite volkswirtschaftliche Potenzial wird dabei auf rund 42 Billionen US-Dollar bis zum Jahr 2025 beziffert.¹⁸ Das genannte Potenzial umfasst die Technologiefelder IoT, künstliche Intelligenz (KI), Robotik und Cloud-Computing (CC).¹⁹

Nicht zuletzt darum hat die Digitalisierung für produzierende Unternehmen eine große Bedeutung. So sahen laut einer Studie im Jahr 2020 zur Digitalisierung der deutschen Industrie im Auftrag des Digitalverbands Bitkom 94 % der befragten Industrieunternehmen in Deutschland Industrie 4.0 als Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit an.²⁰ Demnach nutzten oder planten rund 81 % der befragten Industrieunternehmen in Deutschland im Jahr 2020 spezielle Anwendungen für Industrie 4.0.²¹ An der Studie nahmen 552 Industrieunternehmen ab einer Größe von 100 Mitarbeitern teil.²²

1.1.2 Herausforderungen bei Entscheidungen im Kontext von Digitalisierungsprojekten

Zu hebende Potenziale, die sich Industrieunternehmen infolge der Digitalisierung versprechen, bringen auch Herausforderungen beim Lösen von Entscheidungsproblemen im Zusammenhang mit dem Initiieren, dem Planen, dem Umsetzen und der Überwachung von Digitalisierungsprojekten mit sich. In einer Studie des Dienstleistungsunternehmens Deloitte aus dem Jahr 2016 gaben 77 % der 175 befragten mittelständischen Unternehmen in Deutschland an, sich in Zukunft verstärkt mit Industrie 4.0 und dem digitalen Wandel auseinanderzusetzen zu wollen.²³ Zur Strukturierung von Entscheidungen nutzen Manager häufig gängige wissenschaftliche Erkenntnisse und Ansätze der Entscheidungstheorie. Insbesondere

¹⁸ Vgl. BMWi (2015), S. 18; Manyika et al. (2013), S. 18 ff.; Geissbauer et al. (2014), S. 29

¹⁹ Ebd.

²⁰ Vgl. Bitkom (2020), S. 1

²¹ Ebd.

²² Ebd.

²³ Vgl. Deloitte (2016), S. 7

die auf rationalen Entscheidungsmodellen basierenden anwendungsorientierten betriebswirtschaftlichen Ansätze sind weit verbreitet. So gaben beispielsweise 62 % der befragten Personen in der bereits angesprochenen Befragung aus dem Jahr 2014 an, Entscheidungen häufig analytisch zu treffen.²⁴ Bezogen auf Kenntnisse im Bereich verhaltenstheoretischer Ansätze gaben nur 53 % der Befragten an, solche Modelle zu kennen und deren Erkenntnisse in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.²⁵ Jedoch waren 91 % der Befragten der Meinung, dass eine Auseinandersetzung mit deskriptiven Ansätzen eine bessere Entscheidungsqualität mit sich bringen könnte.²⁶

Zusammengenommen ergibt sich das Bild, dass Entscheidungen zwar tendenziell analytisch getroffen werden, jedoch das prinzipiell zur Verfügung stehende Potenzial wissenschaftlicher Ansätze zur Strukturierung von Entscheidungsproblemen noch nicht vollständig ausgeschöpft wird. Doch auch in Hinblick auf die zunehmenden Digitalisierungsaktivitäten in der industriellen Produktion ist eine bessere Nutzung bestehender wissenschaftlicher Erkenntnisse erforderlich. Denn die Vorbereitung, Entscheidung, Umsetzung und Bewertung solcher Digitalisierungsprojekte ist in der Praxis in der Regel schwierig. Zahlreiche Hindernisse bringen während des gesamten Projektverlaufs komplexe Entscheidungsprobleme mit sich und verhindern oder verzögern geplante Digitalisierungsprojekte.

Einige Artikel der wissenschaftlichen Literatur weisen auf bestehende Hindernisse in Bezug auf die Digitalisierung in der Produktion hin. MOKTADIR ET AL. haben sich mit Herausforderungen bei der Implementierung von Industrie-4.0-Konzepten beschäftigt. In dem vorgestellten Literatur-Review führen sie Hindernisse wie etwa den hohen Investitionsbedarf für die Umsetzung von Digitalisierungsprojekten in der Produktion an. Weitere Hindernisse im Kontext der Digitalisierung in der Produktion, welche die Autoren anhand der wissenschaftlichen Literatur identifizierten, sind beispielsweise der Mangel an Datensicherheit, die rückläufigen beruflichen Möglichkeiten in der Produktion infolge zunehmender Digitalisierung, das fehlende

²⁴ Vgl. Wachter (2014), S. 105

²⁵ Vgl. Wachter (2014), S. 115

²⁶ Vgl. ebd., S. 116

Wissen über Digitalisierung im Management oder auch eine fehlende bzw. mangelhafte Einführungsstrategie für Industrie-4.0-Konzepte.²⁷

SCHNEIDER konzentriert sich in einem Beitrag auf die Herausforderungen, die in Bezug auf Industrie-4.0-Konzepte für das Management entstehen. Dabei wertet er die wissenschaftliche Literatur empirisch aus und ordnet die identifizierten Herausforderungen sechs Clustern zu. Beispiele für die von ihm gebildeten Cluster sind „Analyse und Strategie“, „Planung und Umsetzung“, „Geschäftsmodelle“ oder auch „Wandel und Führung“.²⁸ LU hingegen streift auftretende Hindernisse nur am Rande seines Beitrags, der einen Überblick über die eingesetzten Technologien im Kontext von Industrie-4.0-Konzepten geben soll. So nennt er technische Hindernisse im Zusammenhang mit der Interoperabilität²⁹ bei der Umsetzung der Industrie-4.0-Konzepte.³⁰

Diese Studien konzentrieren sich jedoch immer auf eine bestimmte Art von Hindernis (zum Beispiel Management oder Technologie) oder wenden keinen strukturierenden Rahmen an. Darüber hinaus gibt es einige Ansätze zur Übernahme von Digitalisierungskonzepten in der Produktion, die bestimmte Hindernisse bei der Implementierung erwähnen. HECKLAU ET AL. stellen einen ganzheitlichen Personalmanagementansatz für Industrie-4.0-Konzepte vor. Dabei adressieren die Autoren auch Hindernisse wie etwa das exponentielle Wachstum der technologischen Möglichkeiten und der Datenmengen oder auch den steigenden Bedarf an Innovationen.³¹ SCHUMACHER ET AL. präsentieren in ihrem Beitrag einen Ansatz zur Bestimmung der Reife eines Unternehmens bei der Einführung von Industrie-4.0-Konzepten.³² Zugleich zeigen sie einige Hindernisse bei der praktischen

²⁷ Vgl. Muktadir et al. (2018), S. 732 f.

²⁸ Vgl. Schneider (2018), S. 815 ff.

²⁹ Auf Netzwerkebene wird unter Interoperabilität der Mechanismus, der einen reibungslosen Datenaustausch zwischen den Systemen verschiedener Netzwerke für eine End-to-End-Kommunikation ermöglicht, verstanden (vgl. Alsolami et. al. 2021, S. 1).

³⁰ Vgl. Lu (2017), S. 6

³¹ Vgl. Hecklau et al. (2016), S. 3

³² Vgl. Schumacher et al. (2016), S. 163 ff.

Einführung auf, zum Beispiel das Fehlen einer klaren Vorstellung über die Möglichkeiten von Industrie-4.0-Konzepten und den damit verbundenen Nutzen.³³

Auch diese Studien zeigen bestehende Hindernisse nicht in einer strukturgebenden Weise, wie beispielsweise anhand des Verlaufs von Digitalisierungsprojekten, auf. Sie zeigen aber auf, dass an Ansätzen dazu gearbeitet werden sollte, wie auftretende Hindernisse strukturiert angegangen, abgebaut oder vermieden werden können. Zu diesem Zweck ist zunächst zu prüfen, inwieweit bestehende Ansätze aus Wissenschaft und Praxis hierzu bereits Nutzbares bieten. Dazu werden zunächst Ansätze des traditionellen Projektmanagements betrachtet. Anschließend wird der Blick auf entscheidungstheoretische Lösungsansätze gerichtet, bevor schließlich spezifische Ansätze für Einführungsstrategien von Industrie-4.0-Konzepten betrachtet werden.

Für den strukturierten Ablauf traditioneller Projekte stehen umfangreiche Projektmanagementansätze zur Verfügung. Sie bündeln Prinzipien und Richtlinien, um zu definieren, wie Projekte spezifisch gemanagt werden.³⁴ Die Prinzipien traditioneller Projektmanagementansätze reichen bis in die 1950er-Jahre zurück.³⁵ Daher gibt es eine Fülle von Literatur zu diesen Aspekten. Die traditionellen Projektansätze basieren auf der Idee, dass Projekte vorhersehbar, linear und klar abgegrenzt sind, was es einfach macht, einen bestimmten Plan ohne größere Änderungen detailliert auf- und umzusetzen.³⁶ Es gibt langjährige und anerkannte Projektmanagementmethoden für die strukturierte Bearbeitung solcher Projekte. Ansätze wie *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), *Projekte in kontrollierten Umgebungen* (PRINCE2), die individuelle Kompetenzbasis der *International Project Management Association* (IPMA ICB), *Association of Project Management* (APM) oder *Harvard Business School* (HBS) sind weltweit bekannt. All diese Projektmanagementmethoden bieten umfangreiches Wissen und Tools sowie Best-Practice-Ansätze für nahezu jede Projektphase und führen Benutzer strukturiert durch Projekte. Sie bieten strukturierte und ganzheitliche Lösungen für Hindernisse in einer

³³ Vgl. Schumacher et al. (2016), S. 163

³⁴ Vgl. Iivari et al. (2000), S. 186

³⁵ Vgl. Spundak (2014), S. 941; Williams (2005), S. 497

³⁶ Vgl. Saynisch (2010), S. 23

traditionellen Projektumgebung. Sie sind aber nicht auf Projekte im Digitalisierungsumfeld mit häufig nicht vorhersehbarem Ausgang ausgelegt.

Zusätzlich zu den traditionellen Ansätzen gibt es agile Projektmanagementansätze (manchmal auch als *Lean-Ansatz* bezeichnet), deren Entstehung eng mit dem Software-Engineering und der Softwareentwicklung verbunden ist.³⁷ Agile Ansätze (zum Beispiel *Design Thinking*) können durch ihre Fähigkeit charakterisiert werden, Änderungen im Verlauf eines Projekts zu integrieren.³⁸ Daher werden agile Projektmanagementansätze insbesondere in Projekten mit großer Unsicherheit oder mit vagen Projektzielen oder -methoden verwendet.³⁹ Aufgrund laufender Änderungsanforderungen werden diese Projekte iterativ und nicht linear mit ständigen Aktualisierungen des Projektplans ausgeführt und erfordern eine regelmäßige Kommunikation mit zukünftigen Benutzern.⁴⁰ Agile Ansätze finden sich auch im digitalen Kontext. So wurde kürzlich der Lean-Startup-Ansatz entwickelt, der häufig als lernorientierter Innovationsansatz zur Erhöhung der Geschwindigkeit und zur Minimierung des Ausfallrisikos bezeichnet wird.⁴¹

Aufgrund ihrer Fokussierung auf das Lösen neu auftretender Probleme bieten agile Ansätze weder im digitalen noch im nicht-digitalen Projektkontext spezifische Lösungen für bestimmte Probleme, da das Problem immer unterschiedlich ist. Grundsätzlich können agile Ansätze verwendet werden, um Hindernisse zu überwinden. Spezifische Lösungen müssen jedoch immer von Grund auf neu entwickelt werden, da das Projektwissen im Allgemeinen implizites Projektwissen bleibt.⁴²

Basierend auf den allgemeinen entscheidungstheoretischen Ansätzen gibt es einige wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit sehr spezifischen Entscheidungsproblemen im Produktionsumfeld auseinandersetzen. So entwickelte beispielsweise CHUU im Jahr 2009 ein mathematisches Entscheidungsmodell zur Auswahl

³⁷ Vgl. Williams (2005), S. 504

³⁸ Vgl. Aguanno (2004), S. 22

³⁹ Vgl. Dijksterhuis/Silvius (2017), S. 32; Wysocki (2009), S. 384 f.

⁴⁰ Vgl. Boehm (2002), S. 65; Spundak (2014), S. 941; Saynisch (2010), S. 23

⁴¹ Vgl. Eckert (2017), S. 5

⁴² Vgl. Chin (2004), S. 131

von neuen Fertigungstechnologien auf Basis der Fuzzy-Theorie.⁴³ Im Jahr 2016 publizierte eine Gruppe von Wissenschaftlern ein Vorgehensmodell, welches in Bezug auf die hierarchische Produktionsplanung die Entscheidungsfindung beim Eintritt unerwarteter Ereignisse, etwa Maschinenausfälle, Qualitätsprobleme oder Auftragsänderungen, abbildet.⁴⁴ Ein weiteres spezifisches Entscheidungsmodell, das den Unternehmen Wege hin zu nachhaltigem Konsum und einer nachhaltigen Produktion aufzeigen soll, wurde im Jahr 2017 publiziert.⁴⁵ Das Review aktueller wissenschaftlicher Ansätze auf dem Gebiet der Entscheidungstheorie bringt noch weitere spezifische Modelle hervor. Allerdings findet sich kein Ansatz, der sich explizit mit Entscheidungsproblemen im Kontext von Digitalisierung beschäftigt.

Der technologische Fortschritt im Kontext der Digitalisierung induziert in produzierenden Unternehmen mehr denn je den Bedarf von Befähigungs- und Einführungsstrategien. Eine Hilfestellung hierzu bietet der VDMA mit dem „Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand“.⁴⁶ Der Leitfaden soll mittelständische Unternehmen darin unterstützen, ein auf sie zugeschnittenes Industrie-4.0-Geschäftsmodell zu entwickeln. Dabei stützt sich der Leitfaden auf die zwei „Werkzeugkästen“ *Produkt* und *Produktion*, mit deren Hilfe Industrie-4.0-Potenziale in den zwei genannten Bereichen aufgezeigt werden sollen.

Die Werkzeugkästen sind in verschiedene Kategorien untergliedert, wobei jede Kategorie für sich genommen wie ein Stufenmodell (jeweils 5 Stufen) aufgebaut ist. So besagt beispielsweise die geringste Industrie-4.0-Stufe der Kategorie *Integration von Sensoren/Aktoren* aus dem Werkzeugkasten *Produkt*, dass keine Sensoren/Aktoren in Produkte eingebunden sind, wohingegen gemäß der höchsten Industrie-4.0-Stufe das Produkt eigenständig auf der Basis gewonnener Daten reagiert. Die gesamte Anwendung des Leitfadens basiert auf der Durchführung von Workshops. Anhand der zwei Werkzeugkästen werden zunächst Kompetenzprofile erstellt, die die aktuelle Industrie-4.0-Kompetenz eines Unternehmens abbilden. Anschließend erfolgt eine Kreativphase in der die Workshop-

⁴³ Vgl. Chuu (2009), S. 1033 ff.

⁴⁴ Vgl. Vargas et al. (2016), S. 5 ff.

⁴⁵ Vgl. Tseng et al. (2018), S. 118 ff.

⁴⁶ Vgl. VDMA (2015), S. 4 ff.

Teilnehmenden potenzielle Ideen für Geschäftsmodelle erarbeiten. Die generierten Ideen werden dann anhand der zwei Kriterien *Marktpotenzial* und *benötigte Ressourcen für die Umsetzung* qualitativ bewertet. Abschließend sieht der Leitfaden eine Einführungsphase vor. Hinweise auf entscheidungsmodelltheoretische Ansätze, etwa in Form von Handlungsgrundsätzen oder Modellierungen, lassen sich in diesem Leitfaden nicht finden.

Eine weitere wissenschaftliche Arbeit dazu, wie die digitale Transformation von Unternehmen gestaltet werden kann, liefert eine Studie der deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech), die 2017 veröffentlicht wurde.⁴⁷ In diesem Zusammenhang entwickelte das Forscherteam den *Maturity Index*, der als Leitfaden hin zu einem lernenden agilen Unternehmen gelten soll. Auch dieser Leitfaden ist im Sinne eines Reifegradmodells aufgebaut (6 Stufen). Das Modell bezieht sich auf die vier Gestaltungsfelder *Ressourcen*, *Informationssysteme*, *Organisationsstruktur* und *Kultur*. Der Schwerpunkt des Leitfadens liegt auf der Generierung von Wissen, das die Grundlage für schnelle Entscheidungs- und Anpassungsprozesse in allen Unternehmensbereichen bilden soll.

In diesem Ansatz werden Entscheidungsprozesse zwar angesprochen, sie werden aber weder beschrieben noch mittels wissenschaftstheoretischer Erkenntnisse untermauert. Der beschriebene Ansatz kann folglich als eine Art Sammlung von Industrie-4.0-Wissen, inklusive einer beschriebenen Methodik zur Identifizierung eines sinnvollen individuellen Entwicklungspfads, verstanden werden. Demnach steht im Ergebnis der Anwendung des Leitfadens eine individualisierte digitale Roadmap für Unternehmen.

Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts „Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0“ (Intro 4.0) entwickelt eine Gruppe von Wissenschaftlern ein Vorgehensmodell für Industrie 4.0 für mittelständische Unternehmen. Dieser in vier Phasen untergliederte Ansatz umfasst eine Initiative zur Formulierung der Zielstellung (die für die nachfolgende Einordnung von Potenzialen basierend auf einem Reifegradmodell als Filter dient), eine Methodenspezifizierung vorselektierter

⁴⁷ Vgl. Schuh et al. (2017), S. 7 ff.

Methoden samt einer Risikoabschätzung sowie einer Implementierungsphase.⁴⁸ Ein weiterer Aspekt dieses Modells ist die Auslegung eines unternehmensspezifischen Changemanagements zur Begleitung des Transformationsprozesses. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Modellen ist der Ansatz konkret auf den Produktionsbereich ausgelegt und schließt diesbezüglich die Forschungslücke. Jedoch liegt der Fokus des Ansatzes, ähnlich wie beim zuvor beschriebenen *Maturity Index* für die Industrie 4.0, auf dem Reifegradmodell, mit dessen Hilfe ein evolutivonärer Weg zur Einführung von Industrie 4.0 aufgezeigt werden soll. Entscheidungstheoretische Erkenntnisse lassen sich auch in diesem Ansatz nicht identifizieren.

Allen in diesem Kontext betrachteten Ansätzen ist gemein, dass sie als Anknüpfungspunkt zur Einführung und Befähigung von Industrie 4.0 stets auf zu identifizierende Potenziale referenzieren. Jedoch wird in keinem der beschriebenen Ansätze darauf eingegangen, wie mit auftretenden Entscheidungen im Verlauf von Projekten im Kontext der Digitalisierung in der Produktion umzugehen ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Hindernisse bei der Anbahnung, Planung, Durchführung und Sicherstellung der Zielerreichung von Digitalisierungsprojekten existieren. Ebenso finden sich in der wissenschaftlichen Literatur wenig Hinweise auf die Existenz von Ansätzen, die Hindernisse entlang ihres Auftretens im Verlauf von Digitalisierungsprojekten strukturieren. Darüber hinaus lässt sich ein Bedarf an Lösungen zum Abbau und zur Vermeidung auftretender Hindernisse im Kontext von Digitalisierungsprojekten feststellen. Zwar gibt es im Rahmen der Forschung zu den Themenkomplexen Projektmanagement, Digitalisierung in der Produktion und Entscheidungstheorie durchaus Ansätze, die sich mit Entscheidungsproblemen innerhalb von Produktionsbereichen beschäftigen. Dennoch findet sich bis dato keine wissenschaftliche Publikation, die explizit Entscheidungsprobleme in der Produktion im Kontext von Digitalisierung aufgreift, die eine strukturierte Einordnung auftretender Hindernisse entlang des Projektverlaufs vornimmt und die Lösungen zum Abbau dieser Hindernisse anbietet.

⁴⁸ Vgl. Hübner et al. (2017), S. 266 ff.

1.2 Ziel der Arbeit und Forschungsfragen

Der in Kapitel 1.1 beschriebene wissenschaftlich nur stellenweise untersuchte Sachverhalt ist Anknüpfungspunkt der vorliegenden Arbeit. Daher kann das konkrete Ziel dieser Arbeit wie folgt formuliert werden:

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Konzept zur Entwicklung und Priorisierung von Handlungsempfehlungen zu erarbeiten, das die Entscheidungsqualität bei Digitalisierungsprojekten in der industriellen Produktion verbessert.

Dabei sollen sich die gegebenen Handlungsempfehlungen nach dem Verlauf von Digitalisierungsprojekten richten. Die gegebenen Handlungsempfehlungen gehen in zwei Richtungen. Zum einen sollen damit Empfehlungen ausgesprochen werden, die auf ein verbessertes Umfeld für Digitalisierungsprojekte abzielen. Zum anderen werden Handlungsempfehlungen für Verbesserungen in Digitalisierungsprojekten gegeben. Die Handlungsempfehlungen werden abgeleitet von potenziell auftretenden Hindernissen. Weiterhin sollen die gegebenen Handlungsempfehlungen mit Blick auf gegebene Rahmenbedingungen im Vorfeld selektiert werden können. Als finales Ergebnis des Konzepts soll allen gegebenen Handlungsempfehlungen ein Rang für deren Umsetzung zugeordnet sein, auf deren Basis eine anschließende detaillierte Umsetzungsplanung durchgeführt werden kann. Das Zustandekommen der Rangfolge fußt auf einer Bewertung der einzelnen Handlungsempfehlungen nach definierten Kriterien.

Für das, was jemand an einem Forschungsgegenstand in der Lage ist, wahrzunehmen, ist nach STRÜBING der Blick auf die Forschungsfragen (FF) eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende, Bedingung.⁴⁹ Denn Forschungsfragen legen die Blickrichtung fest, erweitern oder verengen den Fokus der Betrachtung.⁵⁰ Demzufolge soll zunächst das durch die bisherige Literatursichtung entstandene Bild in Hinblick auf bestehende Hindernisse in Entscheidungsprozessen bei der Digitalisierung in der Produktion detailliert werden. Dieser Forschungsschritt stellt

⁴⁹ Vgl. Strübing (2018), S. 26

⁵⁰ Vgl. Kluge (1999), S. 219; Strübing (2018), S. 26

zunächst die Grundlage für das Erreichen der für diese Arbeit gesetzten Zielstellung dar. Die damit korrelierende Fragestellung lautet daher:

FF1: Was sind die Hindernisse in Entscheidungsprozessen für die Digitalisierung in der Produktion?

Im weiteren Verlauf des Forschungsprozesses richtet sich der Blick darauf, mit welchen Lösungen die im Kontext der Digitalisierung in der Produktion auftretenden Hindernisse überwunden oder vermieden werden können. Somit schließt sich im Folgenden die zweite Forschungsfrage an:

FF2: Gibt es Ansätze, wie Hindernisse in Entscheidungsprozessen bei der Digitalisierung in der Produktion systematisch überwunden werden können?

Um diese beiden Forschungsfragen zu beantworten, wird zunächst eine strukturierte Überprüfung der vorhandenen akademischen Literatur durchgeführt, um Hindernisse im Entscheidungsprozess bei der Digitalisierung in der Produktion zu identifizieren und etwaige Lösungsansätze zu eruieren. Als Hilfestellung zur Einordnung der Hindernisse, die sich aus der Beantwortung der Forschungsfrage FF1 ergeben, wird ein Phasenmodell hinzugenommen, das den Entscheidungsprozess in seinen Elementen darstellt. Gleichzeitig soll dieses Modell auch für die Beschreibung des Verlaufs von Digitalisierungsprojekten genutzt werden.

Das im Rahmen des Überblicks über die akademische Literatur erworbene Wissen wird anschließend durch eine im deutschsprachigen Raum durchgeführte empirische Studie dokumentiert und erweitert. In diesem Zuge soll auch das zur Strukturierung der Hindernisse und zur Beschreibung des Ablaufs von Digitalisierungsprojekten herangezogene Phasenmodell des Entscheidungsprozesses auf seine Verwendbarkeit im beschriebenen Kontext hin überprüft werden.

1.3 Forschungskonzeption der Arbeit

Zum Abstecken des wissenschaftlichen Rahmes wird die vorliegende Arbeit zunächst in das System der wissenschaftlichen Disziplinen eingeordnet. Anschließend soll die zur Anwendung kommende Forschungsstrategie, die den wissenschaftlichen Prozess leitet, dargelegt und begründet werden. Schließlich gibt dieses Kapitel noch einen Überblick über den Aufbau dieser Arbeit.

1.3.1 Einordnung im System der Wissenschaften

In Anlehnung an RAFFÉE untergliedert sich das System der Wissenschaften zunächst in metaphysische und in nicht-metaphysische Wissenschaften.⁵¹ Zu den metaphysischen (jenseits der Erfahrung liegenden) Wissenschaften lassen sich Philosophie (teilweise) sowie Theologie zählen. Die nicht-metaphysischen Wissenschaften sind wiederum unterteilt in Real- und Idealwissenschaften.

Zu den Letztgenannten zählen Mathematik und Logik. Zu den Realwissenschaften zählen Geistes- und Naturwissenschaften (etwa Biologie, Physik, Chemie etc.). Geisteswissenschaften gliedern sich gemäß RAFFÉE wiederum in Kunst, Recht sowie Sozialwissenschaften.⁵² Sozialwissenschaften wiederum umfassen Pädagogik, Soziologie, Politologie und die Wirtschaftswissenschaften, die sich wiederum in Volkswirtschaftslehre und Betriebswirtschaftslehre aufteilen lassen (Abbildung 1). In der wissenschaftlichen Literatur ist kein einheitlicher Standard des wissenschaftlichen Systems zu finden. Andere Autoren ordnen das System etwas anders, wobei die grundlegenden Untergliederungen, etwa Meta-/Nichtmetawissenschaft oder Real-/Idealwissenschaft in der Regel in allen Systemvarianten zu finden sind. Zur Einordnung der Ingenieurwissenschaft in das wissenschaftliche System ist der wissenschaftliche Diskurs nicht eindeutig. Wird bei den Realwissenschaften so wie ULRICH & HILL auf die Erreichung eines Ziels geblickt, lässt sich dieses in ein theoretisches Ziel und ein praktisches Ziel aufteilen.⁵³ Das Erreichen eines theoretischen Ziels lässt sich dem Feld der Grundlagenwissenschaften (etwa Naturwissenschaften) zuordnen, wohingegen das Erreichen eines praktischen Ziels im Bereich der angewandten Wissenschaften (etwa Sozial- und Wirtschaftswissenschaften) liegt.⁵⁴

⁵¹ Vgl. Raffée (1995), S. 23

⁵² Vgl. Raffée (1995), S. 21 ff.

⁵³ Vgl. Ulrich/Hill (1976), S. 305

⁵⁴ Vgl. Ulrich/Hill (1976), S. 305

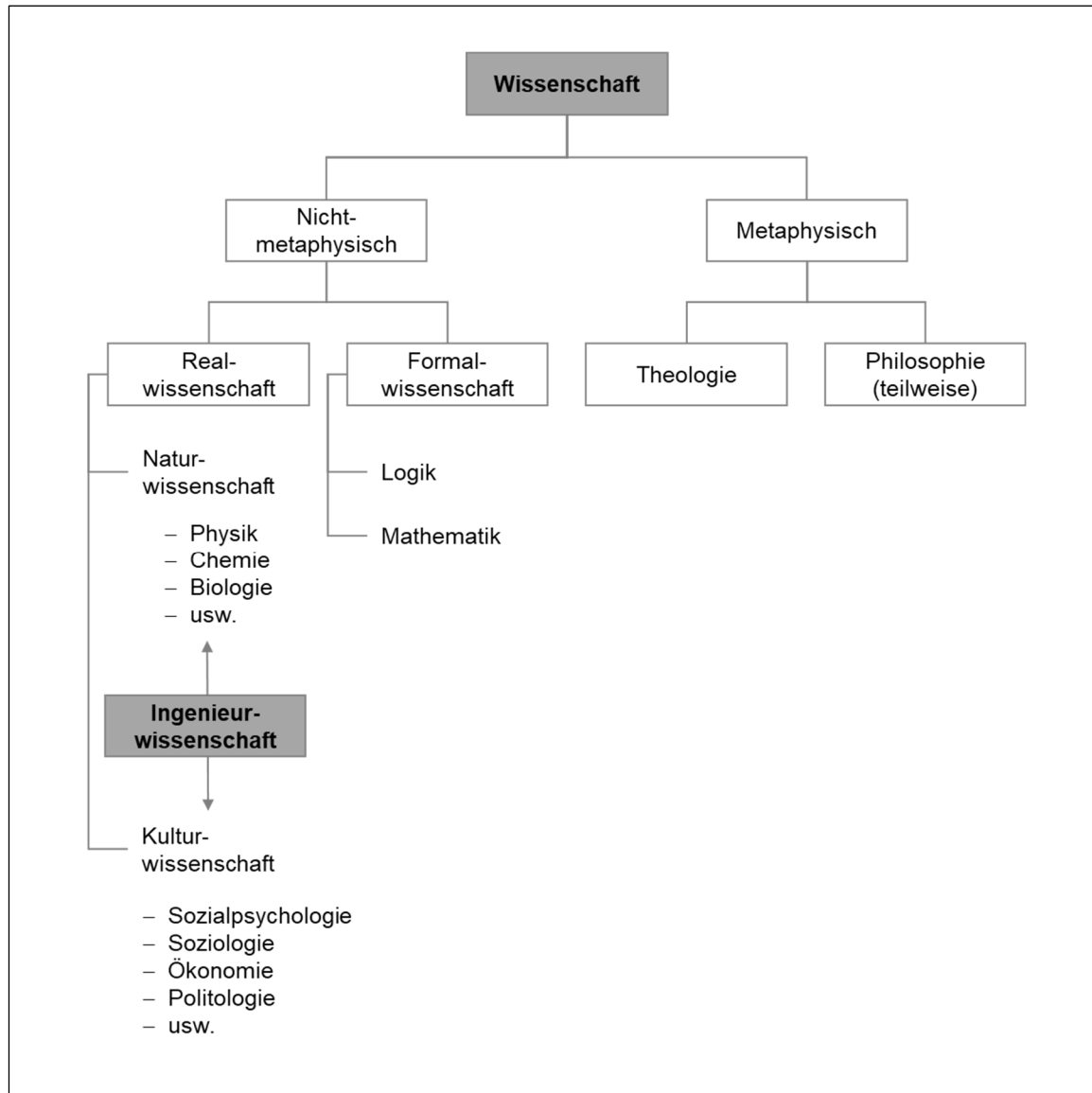


Abbildung 1: Einordnung der Ingenieurwissenschaft in die Wissenschaften⁵⁵

Disziplinen wie Chemie oder Physik lassen sich eindeutig den Grundlagenwissenschaften zuordnen, während die Betriebswirtschaftslehre als angewandte Wissenschaft zu verstehen ist.⁵⁶ Hingegen ist die Ingenieurwissenschaft zwar grundsätzlich den angewandten Wissenschaften (mit technischem Fokus) zuordenbar,⁵⁷ jedoch gibt es auch zahlreiche grundlagenbezogene Forschungsarbeiten. Insofern ist die Zuordnung der Ingenieurwissenschaft sowohl zur grundlagenbezogenen

⁵⁵ Quelle: Raffée (1995), S. 23; Ulrich/Hill (1976), S. 305 (modifiziert)

⁵⁶ Vgl. Ulrich/Hill (1976), S. 305

⁵⁷ Ebd.

Naturwissenschaft als auch zur handlungsorientierten Kulturwissenschaft, wie in Abbildung 1 dargestellt, möglich.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der systematischen Beschreibung und Einordnung auftretender Hindernisse sowie der Entwicklung entsprechender Lösungen in Form von Handlungsempfehlungen im Zuge der Digitalisierung im Produktionsumfeld. Die Produktion als solche ist eine interdisziplinäre Angelegenheit. Die Schwerpunkte dieses Vorhabens liegen jedoch auf dem Forschungsbereich der Produktionswirtschaft. Ihr Kern ist die Transformation von Objekten im Sinne einer Leistungserstellung (Produktion) durch die Erhöhung des Nutzens (Wertschöpfung).⁵⁸ Da die Digitalisierung im Kontext industrieller Produktion auch vor dem Hintergrund ihres technologischen Potenzials diskutiert wird, ist die vorliegende Arbeit dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich zugeordnet. Generell soll die avisierte Arbeit einen Lösungsansatz für die Realwissenschaften bieten und ist daher nicht grundlagenorientiert, sondern hat den Anspruch, im Ergebnis anwendungsorientiert zu sein.

1.3.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die gewählte Forschungsmethodologie lehnt sich an die von ULRICH publizierte Strategie der angewandten Forschung an.⁵⁹ Somit orientiert sich der Aufbau der Arbeit ebenfalls an diesem Vorgehen.

Die gewählte Strategie sieht zunächst eine umfassende Analyse der Theorie und Praxis vor (terminologisch-deskriptiv sowie empirisch-induktiv). Darauf basierend soll im Anschluss der modelltheoretische Ansatz analytisch-deduktiv (Erstellen von Handlungsempfehlungen sowie der Systematik für deren Anwendung) abgeleitet und detailliert werden. Abschließend soll dieser vor einem praxisrelevanten Hintergrund angewendet und validiert werden (empirisch-induktiv).

⁵⁸ Vgl. Dyckhoff/Sprenger (2010), S. 3

⁵⁹ Vgl. Ulrich (1984), S. 193

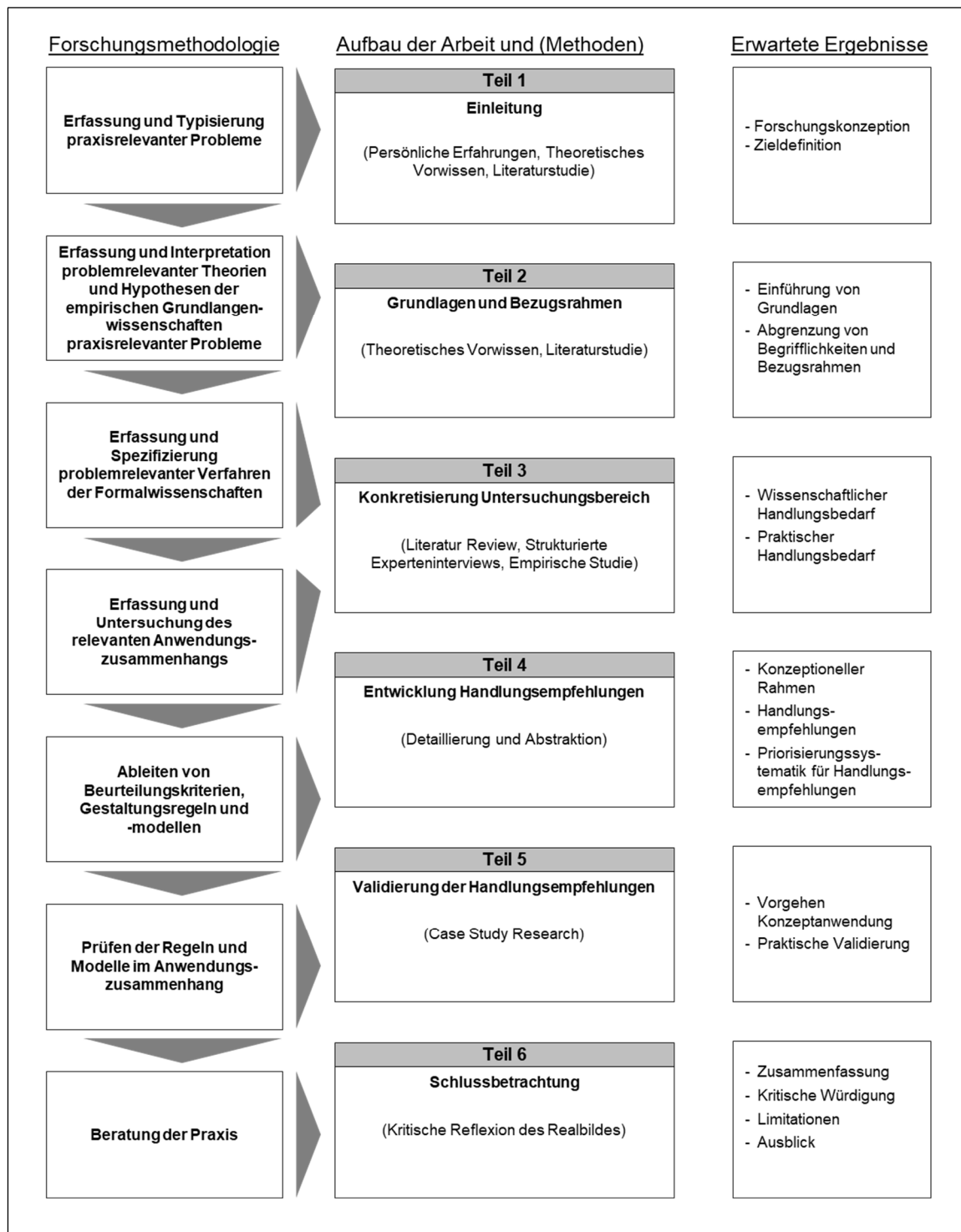


Abbildung 2: Forschungsmethodologie in Anlehnung an die Strategie der angewandten Forschung nach ULRICH⁶⁰ sowie Aufbau der Arbeit⁶¹

⁶⁰ Vgl. Ulrich (1984), S. 193

⁶¹ Quelle: Verfasser

Abbildung 2 zeigt die Orientierung an der beschriebenen Strategie der angewandten Forschung beim Aufbau der vorliegenden Arbeit. Auf der Grundlage der Strategie der angewandten Forschung nach ULRICH⁶² gliedern die im Rahmen der Forschungsstrategie durchzuführenden Aufgaben die sechs Teile der vorliegenden Arbeit.

In der Einleitung werden zunächst grundlegende Herausforderungen von Entscheidungssituationen in Unternehmen dargestellt und diese in Zusammenhang mit den zunehmenden Digitalisierungsbestrebungen im Produktionsumfeld gebracht.

Darüber hinaus werden bestehende Hindernisse beim Initiieren, Planen, Umsetzen sowie bei der Erfolgskontrolle von Digitalisierungskonzepten in der Produktion anhand der wissenschaftlichen Literatur indikativ aufgezeigt. Des Weiteren wird ein Überblick über bestehende und in wissenschaftlichen Texten dokumentierte Ansätze gegeben, die Strukturen und Lösungen für im Verlauf von Digitalisierungsprojekten auftretende Hindernisse anbieten. Im Ergebnis dieses Teils werden die Forschungskonzeption sowie die Ziele der vorliegenden Arbeit dargelegt.

Teil 2 umfasst die notwendigen theoretischen Grundlagen dieser Arbeit. Erforderliche Inhalte der handlungswissenschaftlich orientierten Themenbereiche der industriellen Produktion in Bezug auf die Digitalisierung und der Entscheidungstheorie werden detailliert aufgezeigt und eingeordnet. Zudem werden Begrifflichkeiten erläutert und ggf. voneinander abgegrenzt. Mittels der durchgeführten Sichtung relevanter Fachliteratur wird schließlich der Bezugsrahmen der vorliegenden Arbeit aufgezeigt.

Teil 3 konkretisiert den Untersuchungsbereich. Dabei werden zunächst mittels eines detaillierten Literatur-Reviews Hindernisse im Entscheidungsprozess von Digitalisierungsprojekten identifiziert. Anschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse mit einer empirischen Studie validiert, präzisiert und erweitert. Der aufgezeigte wissenschaftliche und praktische Handlungsbedarf ist das Ergebnis dieses Teils der Arbeit.

⁶² Vgl. Ulrich (1984), S. 193

In Teil 4 wird ein Konzept erarbeitet, in dessen Rahmen Handlungsempfehlungen entwickelt werden, die für eine spätere Umsetzungsplanung (nicht Bestandteil des Konzepts) unternehmensspezifisch priorisiert werden können.

Die Beschreibung des Vorgehens zur Konzeptanwendung und die Validierung des erarbeiteten Konzepts in der Praxis ist Gegenstand von Teil 5. Dabei wird zunächst das Vorgehen der Konzeptanwendung in der betrieblichen Praxis beschrieben. Anschließend wird das Konzept mithilfe eines Excel-Instruments in der Praxis durch eine Fallstudie validiert.

Der Schlussteil der Arbeit (Teil 6) dient der kritischen Reflexion der Arbeitsergebnisse und umfasst eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Forschungsprozesses, Limitationen der Forschungsarbeit sowie einen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.

Zur besseren Lesbarkeit wird in der gesamten Arbeit die männliche Form gewählt, jedoch beziehen sich alle Aussagen im Rahmen des Forschungsprozesses stets auf alle Geschlechter gleichermaßen.

2 Bezugsrahmen der Arbeit und Grundlagen zu Entscheidungen sowie der Digitalisierung

Bevor der wissenschaftliche und theoretische Bedarf in Teil 3 detailliert dargelegt wird, soll zunächst in diesem Teil der Bezugsrahmen des avisierten Forschungsprozesses geklärt werden. So soll der Leserschaft ein Überblick darüber gegeben werden, welche inhaltlichen Schwerpunkte relevant sind, um als Grundlage für die zu entwickelnde Konzeption zu dienen. Des Weiteren wird damit klar herausgestellt, was der Untersuchungsbereich dieser Arbeit ist.

Von wesentlicher Bedeutung für das wissenschaftliche Arbeiten ist die exakte Definition aller relevanten Begriffe. Definitionen sind per se nicht falsch oder richtig.⁶³ Eine Definition kann lediglich dem Untersuchungsziel angemessen oder nicht angemessen sein.⁶⁴ Daher werden der Theorie folgend in diesem Teil alle themenrelevanten Begriffe problemstellungsadäquat definiert.⁶⁵ Demzufolge kann sich das jeweilige Definiendum auch aus mehreren, sich unterscheidenden Definitionen relevanter Autoren speisen.

2.1 Bestimmung ausgewählter Begrifflichkeiten

Im Folgenden werden zentrale Begriffe in Hinblick auf die Verwendung und ihre Bedeutung bestimmt. Eine *Handlungsempfehlung* ist eine Empfehlung, in einer bestimmten Weise zu handeln.⁶⁶

Gemäß HÖRSCHGEN liegt das Wesen von *Entscheidungen* im Prozess der Abwägung zwischen mehreren Alternativen.⁶⁷ Daher werden *Entscheidungen* im Rahmen dieser Arbeit als Prozess verstanden.

GUTENBERG beschreibt *Produktion* als die Kombination der Elementarfaktoren Arbeit, Material und Maschinen mit den derivativen Faktoren Planung und Organisation zur Leistungserstellung.⁶⁸ Die Zuhilfenahme von Arbeitsteilung,

⁶³ Vgl. Bänsch/Alewell (2020), S. 28

⁶⁴ Ebd.

⁶⁵ Ebd.

⁶⁶ Vgl. Duden (2019)

⁶⁷ Vgl. Hörschgen (1992), S. 27

⁶⁸ Vgl. Gutenberg (1983), S.1 ff.