

# I Einleitung

In der Einleitung werden die Ausgangssituation für die dieser Arbeit zugrundeliegenden Branche Werkzeugbau<sup>1</sup> als Teil der produzierenden Industrie sowie die Problemstellung für die Gestaltung der Montage im Werkzeugbau erörtert. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird die Zielsetzung konkretisiert und eine Forschungsfrage abgeleitet. Es folgt eine Erläuterung des Forschungsansatzes mitsamt einer wissenstheoretischen Einordnung und Darstellung der Forschungsmethodologie. Abschließend wird der Aufbau dieser Arbeit dargestellt.

## I.1 Ausgangssituation

Gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) zählt Deutschland im internationalen Vergleich hinter den USA, China und Japan zu der viert größten Volkswirtschaft der Welt.<sup>2</sup> Treiber und Rückgrat der deutschen Volkswirtschaft ist die produzierende Industrie. Etwa ein Viertel des BIP ist auf die Leistungen der produzierenden Industrie zurückzuführen.<sup>3</sup> Die Leistungen werden von international agierenden Unternehmen und einem breiten Spektrum kleiner und mittelständischer Unternehmen erbracht. Insbesondere der Vorsprung kleiner, mittelständischer Unternehmen in bestimmten Marktsegmenten hat zur Folge, dass kein anderes Land im globalen Wettbewerb eine größere Anzahl an Marktführern aufweist. Grundlage für diesen Erfolg ist die Verknüpfung der Gütekriterien wie Qualität, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit bei der Entwicklung und Produktion von Gütern.<sup>4</sup> „Made in Germany“ ist das Gütesiegel, welches meist mit Produkten, die in Serie produziert werden, assoziiert wird. Die Leistungsfähigkeit der Serienproduktion wird dabei entscheidend von der Branche Werkzeugbau bestimmt. Denn nur durch den Einsatz von Werkzeugen können Produkte in gleichbleibend hoher Qualität und zu günstigen Produktionskosten gefertigt und somit dem Gütesiegel gerecht werden.<sup>5</sup>

In den letzten Jahren steht die Branche Werkzeugbau am Hochlohnstandort Deutschland einem zunehmend kompetitiven Wettbewerb gegenüber. Früher war der qualitative Vorsprung eine Rechtfertigung für das deutlich höhere Preisniveau der Werkzeuge im Vergleich zum Preisniveau der internationalen Konkurrenz. Weiterhin ist der Mitarbeiterwandel am Hochlohnstandort Deutschland und die damit verbundene starke Reduktion der Anzahl erwerbstätiger Fachkräfte im Werkzeugbau eine Herausforderung für diese Branche.<sup>6</sup> Neben dem Mitarbeiterwandel ist eine steigende Komplexität der Werkzeuge zu nennen, welche zudem sich verkürzenden Produktlebenszyklen unterliegen. Weiterhin verlangen die Kunden der Branche Werkzeugbau eine hohe Angebotsvielfalt, was in einer

---

<sup>1</sup> Im Folgenden synonym mit dem Begriff Werkzeugbau verwendet.

<sup>2</sup> Vgl. Statista (Größte Volkswirtschaften), 2019

<sup>3</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung), 2019, S. 9

<sup>4</sup> Vgl. BMBF (Made in Germany), 2016, S. 3 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Boos et al. (Digitale Transformation), 2019, S. 6

<sup>6</sup> Vgl. WZL/IPT (Datenbank Werkzeugbau), 2020

Steigerung der benötigten Werkzeuge und Senkung der damit verbundenen Losgrößen resultiert.<sup>7</sup> Steigende Produktionskosten beim Kunden muss der Werkzeugbau durch ein verbessertes Preis-Leistungs-Verhältnis der Werkzeuge kompensieren. Die genannten Entwicklungen und Herausforderungen zwingen den deutschen Werkzeugbau vermehrt, in eine kontinuierliche Steigerung der internen Leistungsfähigkeit zu investieren, um sich gegenüber internationalen, aber auch nationalen Wettbewerbern behaupten zu können.<sup>8</sup>

In den letzten Jahren hat in der produzierenden Industrie die vierte industrielle Revolution eingesetzt. Intelligente Fabriken und hochflexible Wertschöpfungs-systeme und eine damit verbundene Erhöhung der Leistungsfähigkeit sind die gewünschten Ergebnisse durch den Einsatz von Industrie 4.0.<sup>9, 10</sup> Durch die echtzeitnahe Vernetzung von Ressourcen, Diensten und Menschen, sogenannten cyber-physischen Systemen (CPS), in Produktionssystemen können Transparenz- sowie Effizienzgewinne in der Produktion geschaffen werden. Ziel von Industrie 4.0 ist es, zukünftige Zustände in der Produktion zu prognostizieren und eine automatische, antizipierende und damit adaptive Reaktion einzuleiten.<sup>11</sup> Ausgehend von einem konzeptionellen Status hat sich Industrie 4.0 zu einem realen Lösungsansatz entwickelt, der sukzessive die klein- und mittelständisch geprägte Branche transformiert.<sup>12</sup>

## I.2 Problemstellung

Aufgrund der Position des Werkzeugbaus in der industriellen Wertschöpfungskette, zwischen Produktentwicklung und Serienproduktion, kann der Werkzeugbau als zentraler Befähiger für die produzierende Industrie bezeichnet werden.<sup>13</sup> Der Werkzeugbau bildet mit seiner Prozesskette, angefangen beim Prozessschritt der Akquise, über das Engineering/die Konstruktion, die Arbeitsvorbereitung, die mechanische Fertigung, die Montage und die Inbetriebnahme, die gesamte Wertschöpfung der Werkzeugherstellung ab.<sup>14</sup>

Im Leistungserstellungsprozess des Werkzeugs ist die Montage der letzte Prozessschritt vor der Inbetriebnahme und bezeichnet alle Vorgänge, die dem Zusammenbau und der Abstimmung der Bauteile<sup>15</sup> zu einem funktionierenden Erzeugnis dienen. Neben dem Montieren von Bauteilen ist die Montage im Werkzeugbau durch eine Vielzahl unterstützender Tätigkeiten zur Sicherstellung der finalen Funktion des Werkzeugs gekennzeichnet, wie bspw. dem Lagern und Transportieren von Materialien, Zubringen, Bearbeiten, Kontrollieren, Fügen und Abstimmen.<sup>16</sup> Dabei kann bezogen auf die Auftragsarten der Montage zwischen Neuwerkzeugmontagen (Zusammenbau aller Bauteile und Baugruppen zu einem funktionierenden Werkzeug) und Reparaturen, Wartungen und Instandhaltungen (erneute Sicherstellung der Funktionsfähigkeit durch Austausch von Bauteilen und Baugruppen) unterschieden werden. Unabhängig von den Auftragsstypen in der Montage ist eine Vielzahl

---

<sup>7</sup> Vgl. VDMA (Branchenbericht Präzisionswerkzeuge 2018), 2019

<sup>8</sup> Vgl. Boos et al. (Digitale Transformation), 2019, S. 6 f.

<sup>9</sup> Vgl. Bauernhansl et al. (WGP Standpunkt Industrie 4.0), 2016, S. 7 f.

<sup>10</sup> Vgl. Roth (Einführung Industrie 4.0), 2016, S. 96

<sup>11</sup> Vgl. Schuh et al. (Industrie 4.0 Maturity Index), 2017, S.11

<sup>12</sup> Vgl. Boos et al. (Smart Tooling), 2016, S. 10

<sup>13</sup> Vgl. Reinhardt (Digitale Transformation), 2020, S. 13

<sup>14</sup> Vgl. Boos (Gestaltung und Bewertung modularer Werkzeuge), 2008, S. 1

<sup>15</sup> Bauteile und Werkzeugkomponenten werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

<sup>16</sup> Vgl. Warnecke (Montage im flexiblen Produktionsbetrieb), 1996, S. 348

von Interaktionen zwischen den Prozessschritten des Werkzeugbaus notwendig. Mitunter erfolgen gleichzeitig Interaktionen mit den verschiedenen vorgelagerten Prozessschritten, wie bspw. dem Engineering/der Konstruktion<sup>17</sup>, der Arbeitsvorbereitung und der mechanischen Fertigung sowie den nachgelagerten Prozessschritten, wie der Inbetriebnahme oder der Serienproduktion.<sup>18</sup> Die Montage im Werkzeugbau kann als letzter und somit wesentlicher Prozessschritt vor der Inbetriebnahme sowie aufgrund der Anforderung an die Reaktionsfähigkeit demnach als kritischer Prozessschritt im Leistungserstellungsprozess verstanden werden.<sup>19</sup> Weiterhin werden Werkzeugkonzepte und der Herstellungsprozess von Werkzeugen stetig komplexer und um digitale Komponenten erweitert, sodass Mitarbeiter bei ihrer Arbeit unterstützt werden und gleichzeitig Kompetenzen erweitern müssen.<sup>20</sup> In der Montage des Werkzeugbaus sind es insbesondere mangelnde Transparenz der Abläufe, Informationsdefizite seitens der Mitarbeiter sowie das Fehlen einer effizienten und zuverlässigen Planung und Steuerung aufgrund der hohen Schnittstellenaufwände, welche Potenziale in der Leistungserstellung darstellen. Weiterhin besteht eine geringe Unterstützung der Mitarbeiter in der täglichen Realisierung der (Montage-)Aufgaben.<sup>21</sup>

Während in den vergangenen Jahren der Werkzeugbau in weiten Teilen eine Transformation von der handwerklichen hin zu einer industriellen und teilweise digital transformierten Werkzeugherstellung vollzogen hat, ist die Montage als Prozessschritt aufgrund der beschriebenen Rahmenbedingungen in der Grundstruktur handwerklich geblieben.<sup>22</sup>

### I.3 Zielsetzung und Forschungsfrage

Die Implementierung von Industrie 4.0 hat insbesondere in der stark handwerklich geprägten Montage im Werkzeugbau das Potenzial, durch die digitale Vernetzung Prozessschritte mit dem Prozessschritt Montage echtzeitnah zu verknüpfen und Transparenz zu schaffen.<sup>23</sup> Zudem bietet der Einsatz von Industrie 4.0-Anwendungen die Möglichkeit, die Mitarbeiter in Bezug auf ihre tägliche Auftragsabwicklung individuell, anforderungsgerecht, kontextbezogen, reaktiv und echtzeitnah zu unterstützen.<sup>24</sup> Eine daraus resultierende vernetzte und adaptive Montage im Werkzeugbau, als ganzheitlicher Lösungsansatz, stellt einen fundamentalen Wandel sowie einen differenzierenden Wettbewerbsfaktor im internationalen Vergleich für den Werkzeugbau, insbesondere für den Hochlohnstandort Deutschland, dar.

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Gestaltungsmodells, welches Unternehmen der Branche Werkzeugbau als Handlungsempfehlung zur Gestaltung der Montage nutzen können. Als ganzheitlicher Ansatz adressiert das Gestaltungsmodell die Problemstellung und die Herausforderungen für die Branche Werkzeugbau sowie die Montage von Werkzeugen mit einem Unikatcharakter. Dabei soll sichergestellt werden,

---

<sup>17</sup> Engineering und Konstruktion werden in der Literatur häufig zusammen aufgeführt. In der Praxis können diese Funktionen in einem Gewerk/Abteilung oder getrennt voneinander organisiert sein.

<sup>18</sup> Vgl. Pitsch (Kompetenzfeldbasierte Vernetzung), 2014, S. 46 f.

<sup>19</sup> Vgl. Hinrichsen et al. (Assistance System for Maintaining Injection Molding Tools), 2017, S. 1571 ff.

<sup>20</sup> Vgl. Plasch et al. (Industrial Assembly), 2020, S. 261

<sup>21</sup> Vgl. Boos et al. (Montage 4.0), 2017, S. 27

<sup>22</sup> Vgl. WZL/IPT (Datenbank Werkzeugbau), 2020

<sup>23</sup> Vgl. Bortolini et al. (Assembly System Design in the Industry 4.0 Era), 2017, S. 5700

<sup>24</sup> Vgl. Cohen et al. (Assembly System Configuration through Industry 4.0 Principles), 2017, S. 14961

dass die Potenziale von Industrie 4.0 und die damit verbundenen Möglichkeiten der digitalen Vernetzung sowie der adaptiven Optimierung der Leistungserstellung in der Werkzeugmontage erfolgreich umgesetzt werden. Dazu sind Gestaltungsfelder und subordinierte Gestaltungselemente zu identifizieren und zu detaillieren. Des Weiteren müssen im Rahmen der Zielsetzung alle Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Werkzeugbau und deren Werkzeugmontage berücksichtigt werden. Eine rein technische Implementierung von Industrie 4.0 würde zu kurz greifen. Vielmehr müssen auch die organisationalen Veränderungen und die Auswirkungen für die Ressource Mitarbeiter ausführlich betrachtet werden.<sup>25</sup> Die Gestaltung der Montage im Werkzeugbau im Kontext von Industrie 4.0 bei einer gleichzeitigen Betrachtung von technischen, organisationalen und mitarbeiterbezogenen Aspekten bleibt in der Literatur bislang weitestgehend unbeantwortet. Die handlungsleitende Forschungsfrage dieser Arbeit lautet daher:

**Wie muss ein Gestaltungsmodell einer vernetzten adaptiven Montage im Werkzeugbau aufgebaut und detailliert sein?**

## I.4 Forschungsansatz der Arbeit

Zur Beantwortung der Forschungsfrage folgt der Forschungsansatz dieser Arbeit den üblichen Paradigmen und Methoden des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen. Basis der Erläuterungen sind vorangegangene Arbeiten von KLOTZBACH<sup>26</sup>, ZISKOVEN<sup>27</sup>, PITSCHE<sup>28</sup>, KOMOREK<sup>29</sup>, SALMEN<sup>30</sup> und KUHLMANN<sup>31</sup>. Diese Arbeiten schaffen ein einheitliches Verständnis von ingenieurwissenschaftlicher Forschung. KUBICEK beschreibt diese als einen kontinuierlichen Lern- und Erkenntnisprozess, welcher auf einem aus der Praxis stammenden Problem und einer theoretischen, präziseren Beschäftigung des Problems basiert.<sup>32</sup> Demgegenüber steht der Ansatz nach POPPER, der nicht die theoretische Beantwortung eines aus der Praxis stammenden Problems forciert, sondern die Formulierung von Annahmen und Fragen an die Realität der Forschung bestätigt oder negiert.<sup>33</sup> Die Vorgehensweise beschreibt die wissenschaftliche Forschung als einen Erkenntnisgewinn, aus welchem sich neue Ergebnisse herleiten und welcher über den Forschenden hinaus auch der „gesamten Wissenschaftsgemeinde eine neue Wirklichkeit“ erschließt.<sup>34</sup> In diesem Kapitel soll festgelegt werden, für welche Wissenschaft die Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Arbeit einen Lösungsansatz darstellen. Weiterhin soll aufgezeigt werden, auf welche Art und Weise diese Erkenntnisse und Ergebnisse erzielt werden sollen.

Eine **wissenstheoretische Einordnung** dieser Arbeit wird durch eine Einordnung in die Wissenschaftssystematik nach ULRICH & HILL vorgenommen. Die Wissenschaftssystematik

<sup>25</sup> Vgl. Lotter; Wiendahl (Montage in der industriellen Produktion), 2006, S. 34

<sup>26</sup> Vgl. Klotzbach (Industrieller Werkzeugbau), 2007

<sup>27</sup> Vgl. Ziskoven (Auftragsplanung einer getakteten Fertigung im Werkzeugbau), 2013

<sup>28</sup> Vgl. Pitsch (Kompetenzfeldbasierte Vernetzung), 2014

<sup>29</sup> Vgl. Komorek (Gestaltungsmodell für kollaborative Wertschöpfung), 2014

<sup>30</sup> Vgl. Salmen (Digital vernetzter Shopfloor), 2016

<sup>31</sup> Vgl. Kuhlmann (Corporate Tooling), 2016

<sup>32</sup> Vgl. Kubicek (Heuristischer Bezugsrahmen empirischer Forschung), 1976, S. 17

<sup>33</sup> Vgl. Popper (Die Logik der Sozialwissenschaften), 2017, S. 104

<sup>34</sup> Vgl. Binder; Kantowsky (Technologiepotentiale), 1996, S. 3

kann in Formalwissenschaft und Realwissenschaft unterteilt werden.<sup>35, 36</sup> Gemäß der Definition nach ULRICH & HILL werden in Formalwissenschaften Zeichensysteme mitsamt den Regeln zur Nutzung dieser Systeme eingeschlossen. Zugeordnet werden können den Formalwissenschaften z. B. die Philosophie oder die Mathematik, welche auf erarbeiteten Regeln und analytischen Ergebnissen fußen, die keinen Bezug zu realen Objekten aufweisen. Folglich lässt sich die Richtigkeit der Ergebnisse nur durch die logische Konsistenz prüfen.<sup>37</sup> Gegenüber den Formalwissenschaften werden in den Realwissenschaften empirisch wahrnehmbare Wirklichkeitsphänomene betrachtet. Die Forschungsergebnisse erfordern neben der Suche nach logischen Widersprüchen zusätzlich eine Faktenanalyse zur Überprüfung.<sup>38</sup> Unterteilt werden können die Realwissenschaften in Grundlagenwissenschaften und angewandte Handlungswissenschaften. Zu den Grundlagenwissenschaften zählen z. B. die Naturwissenschaften Physik, Biologie oder Chemie, welche Ausschnitte der Wirklichkeit zu erklären versuchen. Zu den angewandten Handlungswissenschaften werden solche Wissenschaften gezählt, die das menschliche Verhalten analysieren und zu erklären versuchen. Ein Beispiel für angewandte Handlungswissenschaften ist die Betriebswirtschaftslehre.<sup>39</sup>

Die Ingenieurwissenschaften als Anwendungsfeld dieser Arbeit können nach ULRICH & HILL den angewandten Handlungswissenschaften als Teil der Realwissenschaften zugeordnet werden.<sup>40</sup> Die hier vorliegende Arbeit adressiert praktische Herausforderungen der produzierenden Industrie mit dem Fokus Werkzeugbau in einem betriebswirtschaftlichen Kontext. Demzufolge ist diese Arbeit den angewandten Handlungswissenschaften zuzuordnen. Dem entsprechend soll im Folgenden ein Ansatz gewählt werden, welcher die Grundlage für den Erkenntnisprozess in dieser Arbeit liefert. Zudem bedarf es einer Offenlegung der Überzeugungen des Forschers als Teil des Vorverständnisses dieser Arbeit, um die Erläuterungen der grundlegenden Erkenntnisperspektive zu vervollständigen. Die angesprochenen Überzeugungen, welche vorwissenschaftliche und wertgebundene Annahmen enthalten, sind teilweise nicht zu beweisen oder aus empirischen Untersuchungen abzuleiten, dennoch zum Verständnis dieser Arbeit notwendig.<sup>41</sup> Dieses Grundverständnis bezeichnet man in der Wissenschaftstheorie als Paradigma<sup>42</sup>, Erkenntnisprogramm<sup>43</sup> oder Forschungsprogramm<sup>44</sup> und wird in der Betriebswirtschaftslehre durch folgende Ansätze dargestellt<sup>45</sup>: Faktortheorietischer Ansatz nach GUTENBERG, Systemansatz nach ULRICH & HILL und Entscheidungstheoretischer Ansatz nach HEINEN. Dieser Arbeit wird der Systemansatz nach ULRICH & HILL zugrunde gelegt, da dieser praxisnah, offen und integrativ und demnach für ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen geeignet ist. Dieser Systemansatz ist in Abbildung I-1 dargestellt.

---

<sup>35</sup> Vgl. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 305

<sup>36</sup> Vgl. Pitsch (Kompetenzfeldbasierte Vernetzung), 2014, S. 5 f.

<sup>37</sup> Vgl. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 305

<sup>38</sup> Vgl. Schanz (Wissenschaftstheoretische Grundfragen), 1987, S. 2039

<sup>39</sup> Vgl. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 305

<sup>40</sup> Vgl. Schanz (Wissenschaftstheoretische Grundfragen) 1987, S. 2039

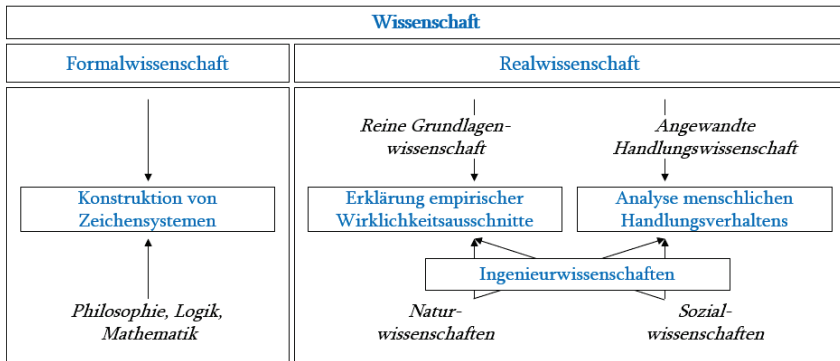
<sup>41</sup> Vgl. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 306

<sup>42</sup> Vgl. Kuhn (Wissenschaftliche Revolution), 1962, S. 25

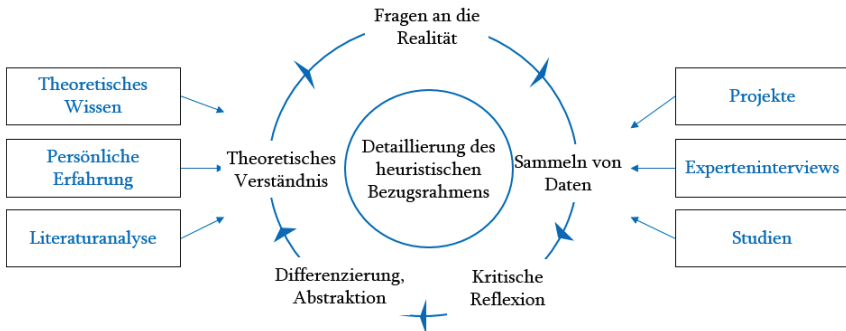
<sup>43</sup> Vgl. Albert (Marktsoziologie), 1998, S. 8 ff.

<sup>44</sup> Vgl. Lakatos (Wissenschaftliche Forschungsprogramme), 1982, S. 89 ff.

<sup>45</sup> Vgl. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 307 f.

Abbildung I-1: Wissenschaftssystematik<sup>46</sup>

Die **Forschungsmethodologie** ist neben der grundlegenden Erkenntnisperspektive essenzieller Bestandteil des Forschungsprozesses und beschreibt die Vorgehensweise zum Erkenntnisgewinn einer wissenschaftlichen Arbeit.<sup>47</sup> Auf Basis der Einordnung in die Handlungswissenschaften sowie des Systemansatzes nach ULRICH & HILL wird die explorative Forschung als Forschungsmethodologie verwendet. Ziel der explorativen Forschung ist, aufbauend auf dem vorhandenen Erfahrungswissen analytische Lösungen zu erarbeiten.<sup>48</sup> Die Forschungsmethodologie ist in Abbildung I-2 dargestellt.

Abbildung I-2: Forschungsmethodologie<sup>49, 50</sup>

In der explorativen Forschung wird häufig auf einen heuristischen Bezugsrahmen zurückgegriffen, um die Problemstellung einzuschränken. Mithilfe des heuristischen Bezugsrahmens versucht der Autor das Vorverständnis aufzuzeigen, den Forschungsprozess zu lenken und eine Richtung für die nachfolgende Problemlösung zu schaffen. Den Ausgangspunkt bildet laut TOMCZAK immer ein theoretisches Problem oder Phänomen, welches

<sup>46</sup> I. A. a. Ulrich; Hill (Wissenschaftstheoretische Grundlagen), 1976, S. 305

<sup>47</sup> Vgl. Pitsch (Kompetenzfeldbasierte Vernetzung), 2014, S. 4 f.

<sup>48</sup> I. A. a. Kubicek (Heuristischer Bezugsrahmen empirischer Forschung), 1976, S. 13

<sup>49</sup> I. A. a. Kubicek (Heuristischer Bezugsrahmen empirischer Forschung), 1976, S. 14

<sup>50</sup> Vgl. Tomczak (Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft), 1992, S. 84

nicht ausreichend beherrscht wird.<sup>51</sup> Der heuristische Bezugsrahmen besteht aus fünf Elementen. Den Mittelpunkt des **heuristischen Bezugsrahmens** bildet die Montage im Werkzeugbau, welche im Rahmen dieser Arbeit optimiert werden soll. Die Montage ist ein entscheidender Prozessschritt in der Wertschöpfung des Werkzeugbaus und damit maßgeblich für seine Leistungsfähigkeit verantwortlich. Aufgrund der zentralen Stellung der Montage in der Auftragsabwicklung der Werkzeugherstellung ist es notwendig, diese mithilfe der Instrumente von Industrie 4.0 in der Auftragsabwicklung mit den übrigen Prozessschritten zu vernetzen. Cyber-physische Systeme als die Befähiger von Industrie 4.0 sind in der Lage, nicht nur zur digitalen Vernetzung beizutragen, sondern kontextbezogene, eigenständige und damit adaptive Reaktionen im Sinne der Effizienzsteigerung auszuführen. Der heuristische Bezugsrahmen<sup>52</sup> ist in Abbildung I-3 dargestellt.

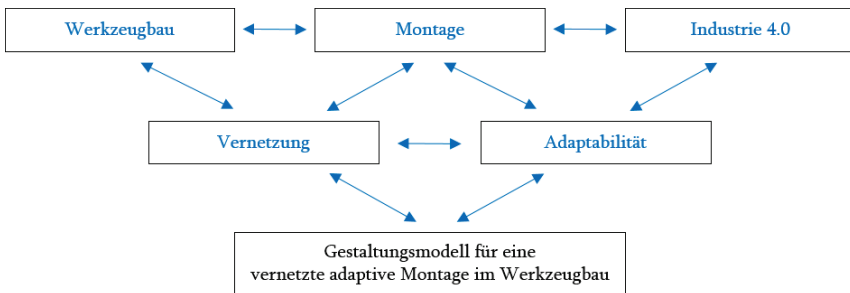


Abbildung I-3: Heuristischer Bezugsrahmen dieser Arbeit<sup>53</sup>

Die Grundlage dieser Arbeit basiert auf dem Erfahrungswissen des Autors, welches im Rahmen seiner Tätigkeit als studentischer Mitarbeiter seit 2013 und wissenschaftlicher Mitarbeiter seit 2016 am Lehrstuhl für Produktionssystematik in der Abteilung Unternehmensentwicklung am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen gesammelt wurde. Die Erfahrungen des Autors wurden im Rahmen von Forschungs- und Industrieberatungsprojekten sowie Lehr- und Weiterbildungsveranstaltungen erarbeitet. Insbesondere in der Industrieberatung konnte sowohl in nationalen als auch in internationalen Projekten ein umfassendes Verständnis für die Wertschöpfung in der produzierenden Industrie mit dem Fokus auf den Werkzeugbau erlangt werden. Während der Fokus innerhalb der Industrieprojekte unterschiedlich war, konnte jedoch ein ganzheitliches Praxisdefizit in der Montage über verschiedene Arten von Werkzeugbaubetrieben identifiziert werden. Problemstellungen und Lösungsmöglichkeiten in der Montage waren in großen Teilen übereinstimmend. In Vorlesungen, Kolloquien und Workshops im Umfeld der Universität, im Rahmen von Konsortialprojekten oder in bilateralen Projekten konnten potenzielle Lösungsansätze konzeptioniert und diskutiert werden. Im Austausch mit verschiedenen Interessengruppen aus der Praxis und der Theorie konnten die Forschungsergebnisse dieser Arbeit gezielt evaluiert und verbessert werden. Abschließend kann konstatiert werden, dass

<sup>51</sup> Vgl. Tomczak (Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft), 1992, S. 84

<sup>52</sup> I. A. a. Kubicek (Heuristischer Bezugsrahmen), 1976, S. 17 ff.

<sup>53</sup> Eigene Darstellung

durch das Erfahrungswissen des Autors sowie einen theoretischen und praktischen Diskurs die ausreichende Basis für diese Arbeit, die Ausarbeitung des Gestaltungsmodells für eine vernetzte adaptive Montage im Werkzeugbau, geschaffen wurde.

## I.5 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit richtet sich bezogen auf den Aufbau nach den Phasen der angewandten Forschung von ULRICH.<sup>54</sup> Kennzeichnend dafür ist die Orientierung anhand eines praxisrelevanten Problems, welches den Ausgangspunkt des Forschungsprozesses bildet. Das Problem wird sowohl wissenschaftstheoretisch als auch anwendungsorientiert diskutiert. Aus dieser Betrachtung heraus werden Beurteilungskriterien sowie Gestaltungsregeln und -modelle zur Lösung abgeleitet. Im Vorgehen nach ULRICH erfolgt zur Vorbereitung der Implementierung eine Überprüfung der Ergebnisse in der Praxis.<sup>55</sup> In Abbildung I-4 werden die Phasen der angewandten Forschung sowie die Übertragung auf den in sieben Kapitel gegliederten Aufbau der vorliegenden Arbeit dargestellt.

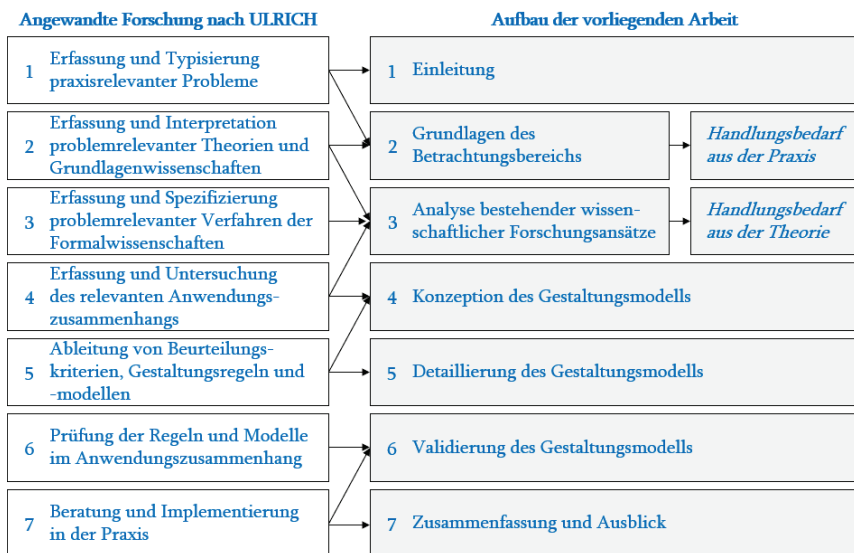


Abbildung I-4: Aufbau der Arbeit im Kontext angewandter Forschung<sup>56</sup>

Im **ersten Kapitel** wird eine Beschreibung der Ausgangssituation und der praxisrelevanten Problemstellung vorgenommen. Darauf aufbauend wird die Zielsetzung für diese Arbeit formuliert und in eine handlungsleitende Forschungsfrage, welcher dieser Arbeit zugrunde liegt, überführt. Zum Abschluss dieses Kapitels werden der Forschungsansatz sowie der Aufbau der Arbeit gemäß den Phasen der angewandten Forschung beschrieben.

<sup>54</sup> Vgl. Ulrich (Management), 1984

<sup>55</sup> Vgl. Ulrich (Management), 1984, S. 193

<sup>56</sup> I. A. a. Ulrich (Management), 1984, S. 193



Das **zweite Kapitel** beinhaltet die Erläuterung relevanter Grundlagen des Betrachtungsreichs. Aufbauend auf der Beschreibung der Wertschöpfung in der industriellen Produktion wird die Systematisierung der industriellen Produktion, ergänzt um die Elemente der Wertschöpfung, dargestellt. Weiterhin wird die Entwicklung der Wertschöpfung thematisiert und mit Fokus auf die wesentlichen Elemente der vierten industriellen Revolution vorgestellt. Zudem wird die dieser Arbeit zugrundeliegende Branche Werkzeugbau als der Betrachtungsbereich detailliert vorgestellt. Im Anschluss wird das Gewerk Montage allgemein sowie mit den Besonderheiten im Werkzeugbau charakterisiert. Das Kapitel endet mit der Herleitung des Handlungsbedarfs aus der Praxis.

Im **dritten Kapitel** werden bestehende wissenschaftliche Ansätze bezüglich ihrer Eignung zur Adressierung der Problemstellung überprüft. Zu Beginn des Kapitels wird eine Systematik zur Analyse hergeleitet, welche aus einem Bewertungs- und einem Anforderungssystem besteht. Danach erfolgt die Vorstellung bestehender wissenschaftlicher Ansätze aus der Literatur sowie eine Bewertung dieser Ansätze entsprechend des definierten Anforderungssystems. Die Aggregation der Bewertung aller wissenschaftlichen Ansätze führt abschließend zum Handlungsbedarf aus der Theorie.

Das **vierte Kapitel** thematisiert die Herleitung des Gestaltungsmodells. Ausgehend von dem Handlungsbedarf aus der Praxis und dem Handlungsbedarf aus der Theorie wird das Gestaltungsmodell für eine vernetzte adaptive Montage im Werkzeugbau zur Beantwortung der Forschungsfrage entwickelt. Hierzu werden zunächst die Grundlagen und Bestandteile der Modellbildung und ein Bezugsrahmen in Form eines Meta-Modells erarbeitet. Darauf aufbauend werden die befähigenden Faktoren eines Produktionssystems, wie es die Montage darstellt, hergeleitet und ein Gestaltungsmodell im Grundaufbau entwickelt. Danach werden einzelne Gestaltungsfelder und -elemente des Gestaltungsmodells abgeleitet und schließlich in einer Synthese zum Gestaltungsmodell aggregiert.

Auf Basis des konzeptionierten Gestaltungsmodells werden im **fünften Kapitel** die einzelnen Gestaltungsfelder mitsamt den subordinierten Gestaltungselementen detailliert. Die in diesem Kapitel präsentierten Ergebnisse beantworten die Forschungsfrage vollumfänglich und sollen als Handlungsempfehlungen dienen. Das fünfte Kapitel schließt mit der Erläuterung der Wechselwirkungen der einzelnen Gestaltungsfelder ab.

Im **sechsten Kapitel** erfolgt die Validierung des Gestaltungsmodells. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden anhand von zwei Fallbeispielen im Werkzeugbau erörtert. Im Zuge dessen werden zunächst Unternehmensrandbedingungen in Form einer Ausgangssituation sowie die Anwendung des Gestaltungsmodells im Unternehmen vorgestellt. Das Kapitel endet mit einer kritischen Reflektion in Bezug auf die Anforderungserfüllung.

Das **siebte Kapitel** fasst die Ergebnisse dieser Arbeit abschließend zusammen. Darüber hinaus wird in einem Ausblick der weitere Forschungsbedarf aufgezeigt, welcher sich aus den Ergebnissen ableitet und die Einordnung des Gestaltungsmodells in ein übergeordnetes Zielbild beschreibt.