

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Historisch betrachtet trägt die industrielle Marktentwicklung zur Steigerung des Wohlstands bei. Daher ist ebenfalls für zukünftige Entwicklungen ein Innovationen föderndes Marktsystem von hoher Bedeutung (s. VIEWEG 2017, S. 119; RADERMACHER 2018, S. 21; BAUERNHANSL U. MIEHE 2020, S. 17). In der heutigen Zeit treffen Unternehmen aus jeglichen Branchen auf einen immer größer werdenden Wettbewerbsdruck, welcher insbesondere von Hochlohnstandorten spezifische Differenzierungsstrategien und einen hohen Grad an Flexibilität verlangt (s. SCHMITT ET AL. 2010, S. 53; ABELE U. REINHART 2011, S. 1; ELMARAGHY ET AL. 2012, S. 2; s. BLUM U. SCHUH 2017, S. 257; BAUERNHANSL U. MIEHE 2020, S. 22). Dieser wird etwa durch die fortschreitende Globalisierung und die daraus resultierende Konkurrenzsituation hervorgerufen. Stets kürzer werdende Produktlebenszyklen sowie immer kundenindividuellere Endprodukte sind die Folge (s. BRETZKE 2011, S. 184; BECKER ET AL. 2017, S. 97; BLUM U. SCHUH 2017, S. 257; SCHLOSKE 2020, S. 70). Diese Forderungen führen wiederum zu einer höheren Varianz in Fertigungs- und Montageprozessen, welche die Planung und Steuerung vor neue Herausforderungen stellt (s. UEBERNICKEL U. BRENNER 2013, S. 21). Durch eine flexibilisierte Produktion versucht man, der Zielstellung kleiner Losgrößen zu entsprechen. Diese Zielstellung resultiert aus der Handlungsaufforderung der Bundesregierung an alle Unternehmen als Teil der 2006 gestarteten Hightech-Strategie (s. KAGERMANN ET AL. 2014, S. 72). Durch die sich kurzfristig ändernden Kundenbedürfnisse sind abgesicherte Planungs- und Produktionsprozesse immer schwieriger zu realisieren. Das Gesamtkonstrukt einer zukunftsfähigen Fertigung nach dem Leitgedanken einer digital unterstützten Fertigung zeigt demnach eine erhöhte Sensitivität in Bezug auf äußere Einflüsse (s. BILDSTEIN U. SEIDELMANN 2014, S. 582). So mündet die schnelle Umsetzung von Kundenwünschen in deutlich verkürzte Produktentwicklungszeiten (s. SODER 2014, S. 85; SCHLOSKE 2020, S. 70). Durch die Ansprüche der Kunden, bezogen auf die Nachverfolgung des Produktionsstatus, sind Unternehmen darüber hinaus gezwungen, möglichst unterbrechungsfrei zu produzieren (s. PÉREZ FERREIRA CHAVES U. PETER 2018, S. 4), um die Kundenliefertermine so kurz wie möglich zu halten (s. GEIER 2014, S. 17; WIENDAHL 2020, S. 206). Die vollständige Wertschöpfungskette und die Auftragsabwicklung unterliegen somit höchsten Ansprüchen.

Den positiven Entwicklungen aus Kundensicht stehen jedoch negative Entwicklungen aus Produktionssicht gegenüber. Ein abgesicherter, störungsfreier Produktionsprozess ist ausschlaggebend für die Erreichung von Zielen und Maximierung des Profits (s. EßER U. SPUR 2012, S. 7; HOLTEWERT U. WIENDAHL 2020, S. 131). Dieser Zielzustand ist durch die gestiegene Komplexität in den Fertigungsabläufen und durch die steigende Variantenvielfalt immer schwieriger zu erreichen bzw. zu erhalten (s. EßER U. SPUR 2012, S. 8; SENDLER 2013, S. 5). Es wird notwendig, neue Anforderungen an

den Produktionsprozess mit Lösungskonzepten zur Beherrschung der Komplexität zu verknüpfen (s. LANDHERR ET AL. 2013, S. 107).

Den hohen Ansprüchen soll durch Digitalisierung entsprochen werden. Kern der von der Bundesregierung neu aufgesetzten Hightech-Strategie 2025 ist die Förderung von Wohlstand und Wachstum durch die Entwicklung und Förderung von Innovationen (s. BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG 2018, 9). Dabei soll die Digitalisierung von Produktions- und Wertschöpfungsprozessen eine Steigerung der Effizienz sowie die Absicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland bewirken (s. BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG 2018, 31). Die Kombination mit sozialen, ökonomischen wie auch ökologischen Aspekten zeigt die Komplexität, welche es in Zukunft zu beherrschen gilt. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben beim Einsatz von teil- oder vollautonomen Produktionssystemen noch nicht den Reifegrad erreicht, den die Hightech-Strategie der Bundesregierung postuliert (s. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE 2015, S. 3; BECKER ET AL. 2017, S. 109; BOTZKOWSKI 2017, S. 194; STICH ET AL. 2017, S. 28; SCHUH ET AL. 2020, S. 5).

Unter anderem der steigende Marktdruck, sich ändernde Kundenwünsche und -bedürfnisse sowie die Gedanken des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses haben die Bedeutung des Änderungsmanagements in den produzierenden Unternehmen radikal geändert (s. WASMER ET AL. 2011, S. 533; WICKEL 2017, S. 1). In kürzester Zeit müssen Entscheidungen getroffen werden, welche sowohl Änderungen an einem Produkt als auch Änderungen entlang des Auftragsabwicklungsprozesses nach sich ziehen können. Dabei sind solche Änderungsanfragen hochindividuell und entsprechen häufig subjektiven Empfindungen unterschiedlichster Parteien (Kunden, Management, Mitarbeiter KVP). Des Weiteren können sie Vorgaben oder Hemmnissen entspringen (Gesetzgebung, Produktionsprobleme, Qualitätskontrolle, Forschung & Entwicklung, usw.) (s. ELSTNER ET AL. 2013, S. 963; WICKEL 2017, S. 11). Die Anzahl der Änderungen steigt aufgrund der eingangs erläuterten Entwicklungen stetig an (s. EHRLENSPIEL ET AL. 2014, S. 13; WILDEMANN 2018, S. 8; CONRAD 2019, S. 390).

Insbesondere der Faktor *Zeit* spielt beim Umgang mit Änderungen eine große Rolle (s. LINDEMANN ET AL. 1998, S. 169; SCHLOSKE 2020, S. 87). Die Kundeninteressen spiegeln sich in der Definition des angebotenen Produkts wider (s. PORTER 1998a, S. 38; SCHLOSKE 2020, S. 81f.). Treten Abweichungssituationen auf, ist die schnelle Behebung des fehlerhaften Zustands oberstes Ziel unternehmerischen Handelns. Dazu gilt es insbesondere eine Aufwands-Nutzen-Betrachtung durchzuführen, um einen effizienten Entscheidungsprozess zu unterstützen (s. PFEFFER 2014, S. 86). Es existiert eine Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der Änderungseinstreuung und erzeugten Aufwänden, welche in Kosten gemessen werden können (s. FRICKE U. SCHULZ 2005, S. 355f.; EIGNER U. STELZER 2009, S. 16). Diese Korrelation ist am Beispiel der Automobilindustrie in Abbildung 1-1 exemplarisch dargestellt. Nach heutigen Standards

wird durch spezifische Änderungsmanagementkonzepte von vornherein versucht, Änderungen zu vermeiden (s. LANGER 2016, S. 526). Im Falle eines auftretenden Änderungswunsches wird insbesondere die Änderungsbewertung zu einem nicht zu vernachlässigenden Zeitfaktor. Sie beruht häufig auf subjektiven Empfindungen. Dies ist mit der mangelhaften informationstechnischen Unterstützung der Entscheidungsträger zu begründen (s. BILDSTEIN U. SEIDELMANN 2014, S. 584; FREY U. STARICK 2015, S. 10; LANGER 2016, S. 534). Deutlich wird an dieser Stelle der Widerspruch zur Hightech-Strategie der Bundesregierung. Sowohl organisatorische als auch informationstechnische Aspekte führen zu gesteigerten Latenzzeiten in der Informationsaufbereitung und -weitergabe. All dies führt zu Unschärfen in der Betrachtung von Änderungsanfragen (s. FRICKE ET AL. 2000, S. 172). Insbesondere in der Produktion sind Auswirkungen von Änderungen zu spüren und umzusetzen. Entscheidungsträger aus der Produktion gehören daher zu den wichtigsten Mitgliedern im Entscheidungsprozess. Ihre Bewertung hat maßgeblichen Einfluss auf die Bewilligung oder Ablehnung von Änderungsanträgen. Die Zeitkritikalität führt nicht selten zu subjektiven Schätzungen, welche hohe Sicherheiten einkalkulieren und dadurch ungenau werden. Das Ergebnis ist häufig eine unrealistische Einschätzung der Änderungsauswirkungen. Diese unrealistischen Einschätzungen korrelieren mit Abschätzungen hinsichtlich des Umsetzungsaufwands, was dazu führt, dass viele Änderungen verspätet, gar nicht oder nicht vollständig durchgeführt werden.

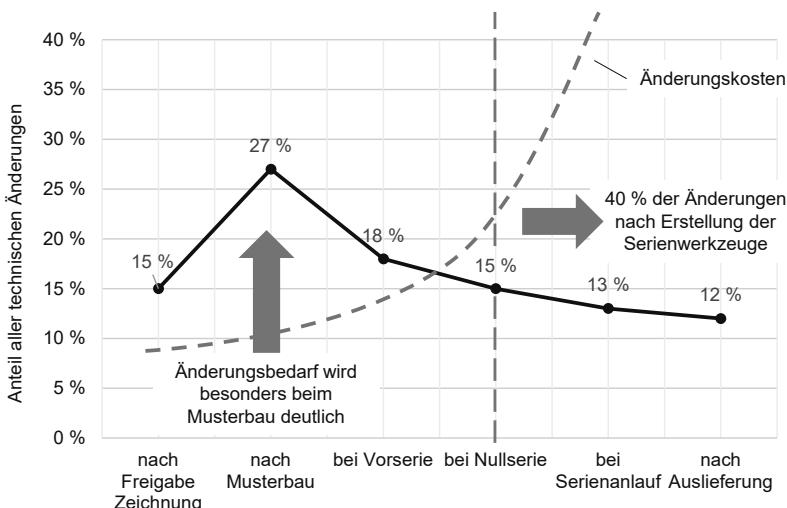


Abbildung 1-1: Korrelation von Änderungskosten und Änderungszeitpunkt
(WILDEMANN 2018, S. 8)

Die Herausforderung besteht darin, die Entscheidungsträger im Bewertungsprozess mit objektiven Informationen zu versorgen und eine beschleunigte Bewertung von Änderungsanträgen zu ermöglichen. Durch den Aufbau einer objektiven

Argumentationskette und Unterstützung mithilfe systemseitiger Daten und Kennzahlen erfolgt eine Annäherung der Schätzungen an reale Werte (s. SINSEL 2020, S. 3f.). Hinzu kommt, dass für eine solche Bewertung die Verbindung des physischen und des digitalen Produktionssystems nicht ausreichend genutzt wird. Die Datenverfügbarkeit moderner Produktionsumgebungen bietet das Potenzial, die Zustandsanalyse der Produktion zu verbessern und die Bewertung von Änderungsanfragen zu unterstützen (s. SINSEL 2020, S. 3f.). Diese Möglichkeiten werden aktuell unzureichend genutzt (s. SINSEL 2020, S. 2). Gerade bei Personen mit Entscheidungsbefugnissen beruhen die Begründungen für die Änderungsbewertung immer noch zu häufig auf subjektiven Schätzungen (s. LAUX ET AL. 2018, S. 48).

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

In Bezug auf die in Kapitel 1.1 dargelegte Ausgangssituation und Problemstellung lässt sich die Zielsetzung dieses Dissertationsvorhabens formulieren: Ziel ist die Entwicklung eines Vorgehens, welches anwendende Personen bei der Bewertung von Änderungsanfragen unterstützt. Dabei gilt es, die Fähigkeiten eines modernen, digital unterstützten Produktionssystems zu nutzen. Durch Integration einer Prozess- und Aufgabenreferenz soll eine systematische Bewertung einer Änderungsanfrage in einem neutralen Lösungsraum mit Integration von betrieblichen Anwendungssystemen ermöglicht werden. Dazu soll eine Änderungsanfrage in ihrer Charakterisierung objektiviert, mit gängigen IT-Funktionsmodulen verbunden und durch die Nutzung von Kennzahlen bewertbar gemacht werden. Anwendende Personen sollen durch das Vorgehen in die Lage versetzt werden, Änderungen schneller zu erfassen und zu bewerten. Der Aufbau einer gesicherten und objektiven Argumentationskette schafft Transparenz und ermöglicht antizipatives Handeln und dadurch eine Verkürzung der Reaktionszeit. Der Umgang mit Änderungsanfragen soll somit erleichtert werden und zu einem Wandel der Denkweise im Umgang mit Änderungsanfragen führen. Konkret bedeutet dies, dass im Rahmen des Änderungsmanagements die ereignisorientierte Logik gefördert wird (s. Kapitel 2.2.1). Das in dieser Dissertationsschrift entwickelte Vorgehen soll sich in standardisierte Änderungsmanagementprozesse integrieren lassen. Dadurch bleibt die Anwendbarkeit in realen Produktionsumgebungen gewährleistet.

Die nachfolgende primäre Forschungsfrage der Dissertationsschrift lässt sich von der Zielsetzung ableiten:

Wie können Change-Requests systematisch entlang der Auftragsabwicklung und den damit verknüpften IT-Systemen bewertet werden?

Darüber hinaus ist zur Beantwortung der übergeordneten primären Forschungsfrage die Beantwortung der folgenden untergeordneten Forschungsfragen notwendig:

- Wie lassen sich Change-Requests im Produktionsumfeld charakterisieren und welche müssen berücksichtigt werden?
- Welche Daten aus den IT-Systemen und der soziotechnischen Systemumgebung werden entlang der Auftragsabwicklung für eine Bewertung von Change-Requests benötigt?
- Wie lassen sich Auswirkungen von Change-Requests entlang der Auftragsabwicklung verfolgen?
- Wie kann ein Vorgehen zur Bewertung von Change-Requests gestaltet werden?

Betroffene Mitglieder im Änderungsprozess sollen durch Anwendung der Methodik dazu befähigt werden, valide Aussagen über die Auswirkung von Change-Requests zu treffen. Die subjektiven Einschätzungen sollen durch belastbare Argumentationsketten substituiert werden und die Arbeit mit Änderungen unterstützen.

1.3 Forschungskonzeption

Die vorliegende Dissertationsschrift ist eine wissenschaftliche Forschungsarbeit, welche aus den Betriebs- und Ingenieurwissenschaften motiviert ist. Dies macht eine wissenschaftstheoretische Einordnung notwendig (s. LEHNER ET AL. 2008, S. 23). Die Begriffe *Wissenschaft* und *Forschung* lassen sich auf mehreren Ebenen unterteilen und zusammenführen. Wissenschaft ist gemäß ULRICH u. HILL als nicht geschlossene Disziplin zu definieren. Der offene menschliche Denkprozess nach spezifischen Regeln gründet auf der allgemein intrinsischen Motivation, bestehende Sachverhalte einer kritischen Reflexion zu unterziehen (s. ULRICH u. HILL 1976a, S. 305). Forschung beabsichtigt darauf bezogen die Erschließung der Wahrheit für einen spezifischen Sachverhalt (s. HAIR JR. ET AL. 2015, S. 3). Forschung ist laut RAFFÉE und WILSON ein Prozess zur Wissensmehrung, der im Kern aus einer Recherche bzw. Untersuchung besteht und einer Systematik und Methodik unterliegt (s. RAFFÉE 1974, S. 13; WILSON 2014, S. 2). Der Wissenschaftsbegriff lässt sich weiter unterteilen. Grundsätzlich wird zwischen Formal- und Realwissenschaften unterschieden (s. WOHLGENANT 1969, S. 4; ULRICH u. HILL 1976a, S. 305). Die Formalwissenschaften legen den Fokus auf in der Realität nicht existente Objekte. Sie beschäftigen sich mit einem A-priori-Erkenntnisgewinn, der nicht aus der Empirie gebildet wird (s. WOHLGENANT 1969, S. 38; KUTSCHERA 1972, S. 12). Beispiele hierfür sind die Mathematik oder die Philosophie. Im Gegensatz dazu beschäftigt sich die Realwissenschaft mit realitätsnahen Wirklichkeitsausschnitten, welche zur Erklärung, Beschreibung und Überprüfbarkeit des Erkenntnisfortschritts genutzt werden (s. ULRICH u. HILL 1976a, S. 305; LEHNER ET AL. 2008, S. 18). Die Realwissenschaft unterteilt sich weiterhin in Grundlagenwissenschaft und Handlungswissenschaft. Die Grundlagenwissenschaft verfolgt hierbei eine theoretische Zielstellung, indem sie durch die Bildung von Erklärungsmodellen versucht, die Wirklichkeitsausschnitte zu erläutern. Im Gegensatz dazu richtet sich die Handlungswissenschaft an einer praktischen Zielstellung aus. Sie versucht in einer soziotechnischen Systemwelt mit Entscheidungsmodellen die menschlichen

Handlungsalternativen zu analysieren (s. RAFFÉE 1974, S. 15; ULRICH U. HILL 1976a, S. 305). Im Feld der Realwissenschaften lassen sich auch die Ingenieurwissenschaften einordnen. Sie verfolgen das Ziel, Wirklichkeitsausschnitte zu beschreiben, zu generalisieren und zu gestalten (s. WOHLGENANNT 1969, S. 33; ULRICH U. HILL 1976a, S. 306).

Ausgehend von den Erläuterungen zur Auffassung der Wissenschaft muss in Ergänzung eine passende Forschungslogik gewählt werden (s. KUTSCHERA 1972, S. 11). Zusammen begründet dies die Entscheidung für eine bestimmte Methodologie im Forschungsprozess (s. HILL ET AL. 1994, S. 34). Hierbei kann zwischen einer induktiven oder deduktiven Vorgehenslogik unterschieden werden (s. POPPER 1935, S. 1; 1935, S. 5f.). Die induktive Vorgehenslogik entspricht dabei einer realanalytischen Konzeption, welche ausgehend von einer empirischen Wissensbasis versucht kausale Zusammenhänge zu bilden (s. HILL ET AL. 1994, S. 35). Mithilfe von Induktionslogik wird versucht, aus speziellen Sätzen, welche durch Experimente oder Beobachtungen gebildet wurden und einen spezifischen Ausschnitt der Realität abbilden, auf allgemeine Sätze zu schließen. Diese allgemeinen Sätze drücken sich in Theorien oder Hypothesen aus, welche Gültigkeit für die Allgemeinheit besitzen (s. POPPER 1935, S. 1; HILL ET AL. 1994, S. 35). Die deduktive Vorgehenslogik ist durch einen operationsanalytischen Ansatz charakterisiert und verfolgt das Ziel der Bestimmung situationsadäquater Handlungsempfehlungen des menschlichen Handelns (s. HILL ET AL. 1994, S. 35). Diese Vorgehenslogik stützt sich auf antizipative Auffassungen bzw. das durch die induktive Vorgehenslogik gebildete theoretische System oder auf Hypothesen (s. POPPER 1935, S. 5f.). Im Kern des operationsanalytischen Ansatzes der deduktiven Vorgehenslogik stehen die Input-Output-Beziehungen, welche nur in dem Maße betrachtet werden, der zur Wissensmehrung einen Beitrag leistet (s. ULRICH U. HILL 1976b, S. 347). Beide Vorgehenslogiken münden in der Ausgangsbasis des jeweils anderen und schließen sich demnach nicht aus. Nach POPPER dient die deduktive Vorgehenslogik der Nachprüfung der aufgestellten allgemeinen Sätze (s. POPPER 1935, S. 19). Die deduktiv hergeleiteten spezifischen Modelle gelten nach dem kritischen Rationalismus nur so lange als wahr bzw. gültig, bis sie widerlegt sind (s. WOHLGENANNT 1969, S. 137; ULRICH U. HILL 1976b, S. 345f.).

1.4 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der vorliegenden Dissertationsschrift richtet sich an der in Kapitel 1.3 beschriebenen Forschungskonzeption aus. Aufgrund der angestrebten Einbindung der Praxis in den Forschungsprozess, der damit einhergehenden Praxisrelevanz des Forschungsergebnisses und der Zugehörigkeit zu den Ingenieurwissenschaften ist diese Arbeit den Realwissenschaften zuzuordnen. Weiterhin lässt sich die vorliegende Dissertationsschrift aufgrund des soziotechnischen Betrachtungsraums den Handlungswissenschaften zuordnen. Der Aufbau der Arbeit richtet sich an einem operational-analytischen Ansatz von ULRICH U. HILL aus (s. ULRICH U. HILL 1976b, S. 347). In

diesem werden die in Kapitel 1.3 vorgestellten Vorgehenslogiken kombiniert angewandt. Gemäß dem Ansatz von ULRICH u. HILL setzt sich der Forschungsprozess aus terminologisch-deskriptiven, empirisch-induktiven sowie analytisch-deduktiven Aufgaben zusammen (s. ULRICH u. HILL 1976b, S. 347). Terminologisch-deskriptive Aufgaben haben die Schaffung eines einheitlichen, für den Forschungsraum relevanten Begriffsverständnisses zur Aufgabe. Bei der empirisch-induktiven Aufgabenstellung liegt die Generierung von Hypothesen im Fokus. Es sollen Zusammenhänge zwischen Variablen untersucht werden. Aufgaben aus dem Bereich der analytischen Deduktion beziehen sich auf die logische-deduktive Konstruktion von Modellen, denen situationsspezifische Handlungsempfehlungen entnommen werden können (s. ULRICH u. HILL 1976b, S. 348; RIESENHUBER 2009, S. 3ff.; DÖRING u. BORTZ 2016, S. 35).

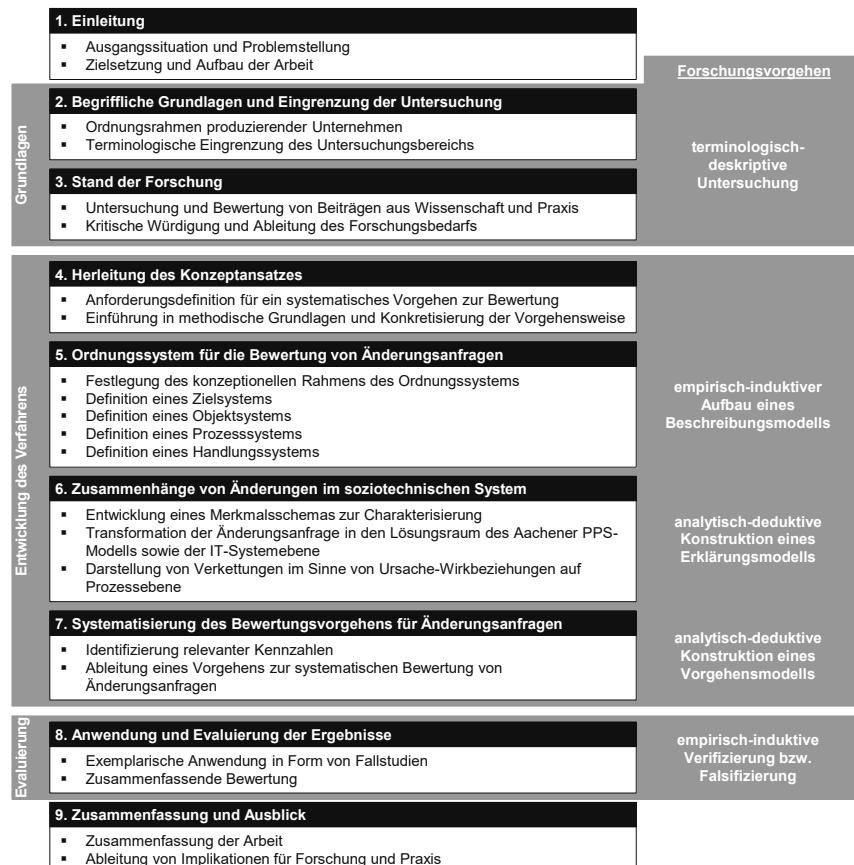


Abbildung 1-2: Gliederung der Dissertationsschrift mit zugeordnetem Forschungsvorgehen (eigene Darstellung)

In *Kapitel 1* der Dissertationsschrift werden die Ausgangssituation und die damit verbundene Problemstellung dargelegt. Im Anschluss wird die Zielstellung der vorliegenden Untersuchung erläutert, Forschungsfragen dargelegt sowie die Einordnung in die Wissenschaftsumgebung durch Darlegung der Forschungskonzeption vollzogen. Daraus angeschlossen werden in *Kapitel 2* die terminologisch-deskriptiven Grundlagen definiert. Mittels derer erfolgen die Einführung in den Ordnungsrahmen produzierender Unternehmen und die Analyse des technischen Änderungsmanagements, bevor der Untersuchungsbereich der vorliegenden Dissertationsschrift eingegrenzt wird. Durch diese Festlegung wird die Analyse bestehender Ansätze und Beiträge aus Wissenschaft und Praxis möglich (s. *Kapitel 3*). Die Ergebnisse dieser Analyse werden vor dem Hintergrund der identifizierten Problemstellung dazu genutzt, den konkreten Forschungsbedarf zu identifizieren.

Kapitel 4 dient als erstes Kapitel der Entwicklung des Verfahrens. Hierin werden inhaltliche und formale Anforderungen beschrieben sowie Erläuterungen zu methodischen Grundlagen gegeben, welche der Konkretisierung der Vorgehensweise dienen. Darauf folgt *Kapitel 5*, welches empirisch-induktiv beschreibende Elemente für das Bewertungsvorgehen liefert. Diese Elemente werden in Ziel-, Objekt-, Prozess- und Handlungssysteme unterschieden und bilden somit ein Beschreibungsmodell. Die erstellten Modellelemente werden innerhalb von *Kapitel 6* genutzt, um ein Merkmalsschema zur Charakterisierung von Änderungsanfragen zu erarbeiten. Ausgehend von diesem Merkmalschema werden Erläuterungen zu Transformationsprozessen im Sinne der TRIZ-Methodik erläutert. Damit kann die Erschließung neuer Lösungsräume für den Bewertungsprozess sichergestellt werden. Abschließend werden auf Basis der Ausführungen sachlogische Verkettungen im Sinne von Ursache-Wirkungsbeziehungen dargelegt. *Kapitel 7* systematisiert die erarbeiteten Inhalte zu einem ganzheitlichen Vorgehen für die Bewertung von Änderungsanfragen. Dazu werden die zuvor benannten Inhalte so miteinander in Verbindung gesetzt, dass sich analytisch-deduktiv Vorgehensschritte ergeben. Zusätzlich wird eine praxistaugliche Auswahl von Kennzahlen für das Vorgehen entwickelt und in dieses integriert.

Innerhalb von *Kapitel 8* werden zwei Fallstudien für die Evaluierung des Vorgehens genutzt. Dazu kommt das Vorgehen zur exemplarischen Anwendung im Kontext realer Änderungsanfragen aus der Praxis. In *Kapitel 9* werden die Ergebnisse der Dissertationsschrift zusammengefasst und vor dem Hintergrund der initialen Ausgangssituation und Problemstellung reflektiert. Abschließend wird ein Ausblick gegeben und der konkrete weitere Forschungsbedarf benannt. Der Aufbau der Arbeit ist schematisch in Abbildung 1-2 dargestellt.