

1 Einleitung

1.1 Motivation

Entscheidungen, die früh in Entwicklungsprojekten getroffen werden, haben drei überdurchschnittliche Ausprägungen: Sie werden in einem Umfeld überdurchschnittlich hoher Komplexität getroffen,¹ sie sind überdurchschnittlich häufig nachteilig,² und ihre Auswirkungen auf die Zielerreichung sind überdurchschnittlich hoch.³ Die Entscheidungsfindung in der Projektgestaltung hat demnach eine besondere Bedeutung für den Erfolg von Entwicklungsprojekten.

Mit dem Anstieg der Komplexität von Entwicklungsumgebungen steigt die Komplexität, der sich Verantwortliche im Entwicklungsmanagement gegenübersehen. Die Herausforderungen beginnen mit der Komplexität der Produkte selbst. In dem Maß, in dem die Leistungserfüllung von der Mechanik in die Mechatronik verlegt wurde, stieg über die letzten Jahre die Interdisziplinarität von Entwicklungsprojekten.⁴ Es wurden neue Angebotsumfänge erschlossen, die zu komplexeren Anforderungen an Produkte führen: Ehemals für sich agierende Produkte kommunizieren untereinander,⁵ um Fehler zu antizipieren⁶ und Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.⁷ Neben den bisherigen Wartungsintervallen wird eine eng getaktete Aktualisierung der Software erwartet, um das Produktverhalten anzupassen oder zukaufbare Funktionen freizuschalten.⁸ Aus Systemen werden „Systems of Systems“. Die Koordination der Disziplinen mit ihren unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten ist Aufgabe des Entwicklungsmanagements.

¹ Vgl. Schuh et al. (2017), Approach to evaluate complexity in new product development projects, S. 99

² Vgl. Dölle (2017), Projektsteuerung in der Produktentwicklung mittels Predictive Analytics, S. 58

³ Vgl. Project Management Institute (2017), PMBOK guide, S. 17

⁴ Vgl. Schuh und Dölle (2021), Sustainable Innovation, S. 138

⁵ Vgl. Arnold et al. (2022), IIoT platforms' architectural features, S. 936

⁶ Vgl. van Dinter et al. (2022), Predictive maintenance using digital twins: A systematic literature review, S. 2

⁷ Vgl. Wessel et al. (2022), Traceability in Battery Cell Production, S. 1

⁸ Vgl. Oluyisola et al. (2022), Designing and developing smart production planning and control systems in the industry 4.0 era: a methodology and case study, S. 317

Neben der Produktkomplexität selbst ist die Beschleunigung der Releasezyklen zu nennen, in denen Produktinkremente dem Markt zur Verfügung gestellt werden. Als Beispiel kann das Modell Golf 8 des Automobilherstellers von VW genannt werden, dessen Dauer zur Folgegeneration von neun Jahren beim ersten Golf bis auf drei bis vier Jahre bei der siebten Generation gesunken ist.⁹ Entscheidungen werden somit in einer Umgebung mit höherer Dynamik getroffen, ohne dass die Entscheidungsgüte beeinträchtigt werden soll.

Kürzeren Lebenszyklen stehen neue Anforderungen, etwa aus Normen und Regularien im Kontext der Nachhaltigkeit von Produkten gegenüber. Normen wie die EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung¹⁰ haben umfangreiche Implikationen für Entwicklungsprojekte und betroffene Konzerne ebenso wie kleine und mittlere Unternehmen. Die zunehmende Globalisierung, sowohl im Kontext der Lieferketten als auch im Kontext der Absatzmärkte, stellt Entscheidungsverantwortliche vor die Aufgabe, die Einflüsse diverser nationaler sowie internationaler Normen bei der Entwicklung technischer Produkte zu berücksichtigen.¹¹

In diesem Umfeld übernimmt das Entwicklungsmanagement die Rolle der koordinativen Begleitung von Entwicklungsprozessen. Dies umfasst die Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation¹² ebenso wie die strategische Produktplanung¹³ und operative Projektbegleitung.¹⁴ Die zuvor diskutierten komplexen Entscheidungen liegen demnach primär bei den Verantwortlichen des Entwicklungsmanagements auf den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmen.

Der Austausch mit Industriepartnern zeigt, dass die Entscheidungen bislang schwerpunktmäßig durch ein Zusammenspiel aus wenigen Kennzahlen auf der einen und der erfahrungsbasierten Intuition der Beteiligten auf der anderen Seite beruht. Es wurde betont, dass im Zweifelsfall der eigenen Intuition mehr vertraut wird als den Kennzahlen.

⁹ Vgl. Sabadka et al. (2019), Shortening of Life Cycle and Complexity Impact on the Automotive Industry, S. 1298

¹⁰ Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2022), Richtlinie 2022/2464 zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen

¹¹ Vgl. Schuh und Dölle (2021), Sustainable Innovation, S. 13

¹² Vgl. Bullinger (1997), Forschungs- und Entwicklungsmanagement

¹³ Vgl. Ahlemann und Eckl (2013), Strategisches Projektmanagement, S. 3

¹⁴ Vgl. Hahn et al. (2013), Quantitatives Entwicklungsmanagement, S. 21 f.

Im Aufbau von Intuition sind Menschen durch kognitive Grenzen eingeschränkt: Ein Gehirn kann nicht mehr als sechs Informationsobjekte zeitgleich verarbeiten und zueinander in Bezug setzen.¹⁵ Lernprozesse aus abgeschlossenen Projekten sind somit auf den kleinen Ausschnitt der Realität begrenzt, den die jeweilige Person verarbeitete, um Erfahrungen zu bilden.

Die natürliche Limitierung menschlicher Intuition steht im Konflikt zur Aufgabe des Entwicklungsmanagements, die wachsende Komplexität im Umfeld von Entwicklungsprojekten zu analysieren und zielführende Entscheidungen für Entwicklungsprojekte zu treffen. Dieser Konflikt führt zu einer hohen Abhängigkeit der Unternehmen von Entscheidungsverantwortlichen, deren Intuition geeignet ist, die richtigen Entscheidungen unter hoher Komplexität zu treffen.

Mit der steigenden Komplexität von Entwicklungsumgebungen nimmt auch die Anzahl und Verbreitung digitaler Hilfsmittel zu, die verwendet werden, um weiterhin robuste Entwicklungsprojekte durchzuführen.¹⁶ Zu diesen Hilfsmitteln zählt Projektmanagementsoftware (PMS), die koordinative Aufgaben im Umfeld von Projekten unterstützt¹⁷ und in einer wachsenden Anzahl von Unternehmen vorhanden ist.

PMS kann bislang dezentral gepflegte Daten aus Werkzeugen zur Planung von Unternehmensressourcen (Englisch: Enterprise Resource Planning, ERP) und weiteren Datenbanken zusammenführen. Auf diese Weise entsteht ein Datensatz von Projektmetadaten, in denen für abgeschlossene Projekte Informationen über Einflüsse auf das Projekt und ihre Auswirkungen auf den Projekterfolg gespeichert sind.¹⁸ Das hierin enthaltene Potenzial ist bislang unzureichend erschlossen, worin die Motivation für die vorliegende Arbeit liegt.

Die Zielsetzung der Arbeit, die sich aus diesem Potenzial ableitet, ist Gegenstand des folgenden Teilkapitels.

¹⁵ Vgl. Cowan (2001), The magical number 4 in short-term memory, 97

¹⁶ Vgl. Paul und Wollny (2020), Instrumente des strategischen Managements, S. 11 f.

¹⁷ Vgl. Lauth und Scholz (2023), Introduction and Evaluation of a Project Management Software Tool in the Context of the Administration of Science and Research Projects, S. 12

¹⁸ Vgl. Lauth und Scholz (2023), Introduction and Evaluation of a Project Management Software Tool in the Context of the Administration of Science and Research Projects, S. 11

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Vor dem Hintergrund der Ausgangssituation und der Herausforderungen in der industriellen Praxis besteht das Ziel dieser Arbeit in der Unterstützung von Verantwortlichen des Entwicklungsmanagements bei projektgestaltenden Entscheidungen in komplexen Entwicklungsumgebungen. Die Verantwortlichen sollen weiterhin in der Verantwortung bleiben, während ihre natürliche Intuition durch datenbasierte Intuition unterstützt wird. Damit grenzt sich das Ziel davon ab, die Verantwortlichen durch datenbasierte Entscheidungsverfahren abzulösen.

Die Bildung datenbasierter Intuition auf Projektebene beruht auf der Bewertung abgeschlossener Projekte hinsichtlich ihres Erfolgs. Dies setzt eine abgrenzende Beschreibung des Entwicklungsmanagements voraus, da die Ziele anderer Fachgebiete nicht in der Verantwortung des Entwicklungsmanagements liegen. Gleichzeitig ist zu gewährleisten, dass alle Ziele des Entwicklungsmanagements durch die Methodik adressiert werden können. Somit ist eine umfassende Beschreibung des Entwicklungsmanagements aufzubauen.

Neben den Zielen des Entwicklungsmanagements ist eine Beschreibung der Einflüsse zu erarbeiten, die Auswirkungen auf die Erreichung der zuvor detaillierten Ziele haben können. Unternehmen sind in die Lage zu versetzen, Daten zu abgeschlossenen Entwicklungsprojekten so zu erheben, dass projektübergreifende Vergleichbarkeit gewährleistet ist und die datenbasierte Erkennung von Mustern legitim ist. Auch ist es erforderlich, dass Unternehmen eine Vorselektion der Daten treffen können, um den Datenlärm vor der Durchführung einer Analyse zu reduzieren.

Neben der systematischen Erhebung von Daten abgeschlossener Entwicklungsprojekte sind Unternehmen beim datenbasierten Erkenntnisgewinn methodisch zu unterstützen. Das Fehlen eines methodischen Grundgerüsts zum Lernen aus abgeschlossenen Projekten stellt ein Hemmnis für Entwicklungsverantwortliche dar. Es ist ein Vorgehen zu entwickeln, wie aus der Menge der Einflüsse auf die Zielerreichung die relevanten Einflüsse ermittelt werden können, um so die Transparenz in der Entscheidungsfindung zu erhöhen.

Abschließend ist ein methodisches Vorgehen zu erarbeiten, mithilfe dessen konkrete Leitsätze für Entscheidungssituationen ermittelt werden können. Für die Leitsätze ist zu zeigen, wie sie durch Verantwortliche in der Entscheidungsfindung genutzt werden können und welche Grenzen der Nutzung existieren.

Die Arbeit verfolgt demnach verschiedene Ziele in der Unterstützung des Entwicklungsmanagements. Das übergeordnete Ziel lässt sich wie folgt formulieren:

Die **Zielsetzung dieser Arbeit** ist die Entwicklung einer Methodik zur datenbasierten Ableitung handlungsweisender Heuristiken für das Entwicklungsmanagement, um die Entscheidungsgüte in komplexen Entwicklungsumgebungen zu erhöhen.

Aus der Ausgangssituation und der übergeordneten Zielsetzung lassen sich die folgenden Teilziele ableiten:

1. Erarbeitung eines **Beschreibungsmodells** zur abgrenzenden Beschreibung des Entwicklungsmanagements und seiner Ziele
2. Erarbeitung eines **Beschreibungsmodells** zur Beschreibung der Einflüsse auf die Erreichung der Ziele in Entwicklungsprojekten
3. Entwicklung eines **Erklärungsmodells** zur Steigerung der Entscheidungstransparenz durch Identifikation aussagekräftiger Einflüsse auf die Erreichung der Ziele in Entwicklungsprojekten
4. Entwicklung eines **Entscheidungsmodells** zur datenbasierten Ermittlung von Heuristiken und zur Einbindung der Heuristiken in projektgestaltende Entscheidungen des Entwicklungsmanagements

Die Absicherung des Forschungsprozesses und die Eingrenzung des Betrachtungsreichs der Arbeit, der sich aus dem theoretischen Problem sowie der Zielsetzung ergibt, kann gemäß KUBICEK durch die Formulierung grundlegender Forschungsfragen unterstützt werden.¹⁹ Für die vorliegende Dissertation lässt sich die folgende Hauptforschungsfrage ableiten:

„Wie lassen sich mittels explorativer Analyse historischer Entwicklungsdaten Heuristiken für das Entwicklungsmanagement ableiten?“

Die Beantwortung der Forschungsfrage ist Gegenstand des Forschungsprozesses der Arbeit. Die Forschungskonzeption, die diesem Prozess zugrunde liegt, wird im folgenden Teilkapitel erläutert.

¹⁹ Vgl. Kubicek (1976), Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesign als Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung, S. 25

1.3 Forschungskonzeption

Die Forschungskonzeption und damit der Prozess wissenschaftlicher Forschung dieser Arbeit lässt sich nach BINDER UND KANTOWSKY mit dem Bild einer Reise vergleichen. Der Forschende erschließt demnach im Zuge der Reise durch Entdecken neuer Orte und Länder „[...] eine neue Wirklichkeit für sich und die scientific community.“²⁰ Aufbauend auf dieser Analogie kann die Dissertation als Reisebericht verstanden werden. Zu Beginn der Reise liegt ein abstraktes, angestrebtes Ziel vor. Im Laufe des Prozesses und der wachsenden Reiseerfahrungen schärft sich das Verständnis des Ziels, bis schlussendlich ein konkretes Ziel erreicht werden kann. Die Aufgabe des Reisenden besteht darin, die Erkenntnisperspektive und die methodologische Vorgehensweise des Erkenntnisprozesses darzulegen.²¹

Die in Abbildung 1-1 dargestellte Wissenschaftssystematik nach ULRICH UND HILL²² bildet im Zuge der Arbeit die Grundlage zur Bestimmung der Erkenntnisperspektive. Gemäß der Wissenschaftssystematik nach ULRICH UND HILL lässt sich die Wissenschaft in den Bereich der Formalwissenschaften und den Bereich der Realwissenschaften unterteilen.

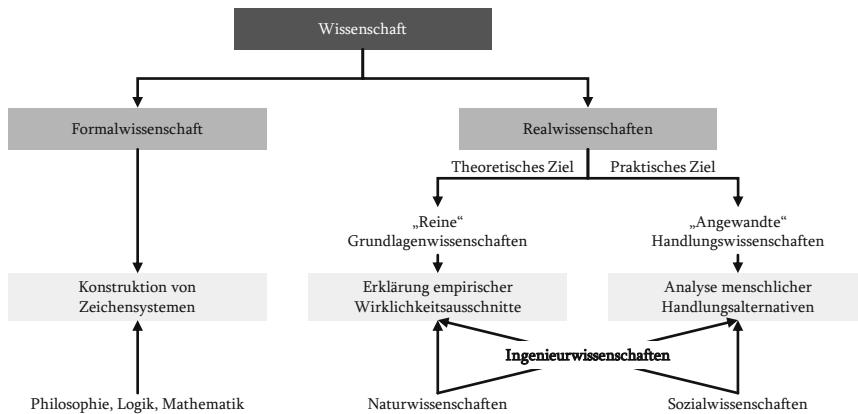


Abbildung 1-1 Wissenschaftssystematik nach ULRICH ET AL.²³

²⁰ Vgl. Binder und Kantowsky (1996), Technologiepotentiale, S. 3 f.

²¹ Vgl. Binder und Kantowsky (1996), Technologiepotentiale, S. 3

²² Vgl. Ulrich und Hill (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre

²³ Vgl. Ulrich und Hill (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S. 305

Die Formalwissenschaften befassen sich mit der Gestaltung von Sprachen in Form von Zeichensystemen und den Regeln zur Verwendung dieser Zeichensysteme.²⁴ Die Mathematik mit ihren Zahlen und Operatoren ist diesem Bereich ebenso zuzuordnen wie die Logik und die Philosophie. Im Gegensatz dazu befassen sich die Realwissenschaften mit Wirklichkeitsausschnitten, die beschrieben, erklärt und gestaltet werden. Innerhalb der Realwissenschaften werden ferner die reinen Grundlagenwissenschaften von den angewandten Handlungswissenschaften getrennt. Die Grundlagenwissenschaften fokussieren sich auf die deskriptiven Aspekte der Realwissenschaften und umfassen die Naturwissenschaften. Die Handlungswissenschaften, zu denen die Sozialwissenschaften zählen, befassen sich mit der Analyse menschlicher Handlungsalternativen.

Die vorliegende Arbeit mit dem Ziel, datenbasierte Heuristiken für das Entwicklungsmanagement ermittelbar zu machen, lässt sich den Ingenieurwissenschaften zuordnen. Die Ingenieurwissenschaften sind als Teil der Realwissenschaften an der Schnittstelle zwischen Grundlagenwissenschaften und Anwendungswissenschaften verortet. Sie orientieren sich an realen Problemstellungen, zeichnen sich jedoch durch einen Verzicht auf Geschlossenheit und vollständige mathematische Beschreibung aus. Die Idee der vorliegenden Arbeit ist im Kontext von industriellen Beratungsprojekten entstanden und zeigt somit einen direkten Praxisbezug. Durch die Fokussierung auf spezifische und praktische Ziele lässt sie sich den Handlungswissenschaften zuweisen.²⁵ Aus dieser Zuweisung folgt darüber hinaus, dass das Maß für den erzielten wissenschaftlichen Fortschritt wesentlich im Verständnisgewinn und der Beherrschung der Realität liegt. Im Umkehrschluss liegt der Fokus weniger auf der Sicherung bestehender Erkenntnisse. Insbesondere liegt der wissenschaftliche Mehrwert in der Systematisierung des Gewinns kontraintuitiver Erkenntnisse für anwendende Unternehmen in der Auswertung anwendungsspezifischer Daten.

Die Arbeit wurde im Rahmen der Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University verfasst. Um die subjektive Prägung dieser Umgebung zu überwinden, wird eine wissenschaftliche Forschungsmethodik verwendet, die als Grundmodell für die Arbeitsweise im Forschungsprozess herangezogen wird. Das zentrale Grundmodell der Betriebswirtschaftslehre²⁶ unterscheidet zwischen dem theoretischen Ansatz nach GUTENBERG,²⁷ dem entscheidungstheoretischen Ansatz nach HEINEN UND KOSIOL²⁸ und dem systemtheoretischen

²⁴ Vgl. Ulrich und Hill (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S. 305

²⁵ Vgl. Schanz (2009), Wirtschaftsprogramme der Betriebswirtschaftslehre, S. 111 f.

²⁶ Vgl. Ulrich und Hill (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S. 308

²⁷ Vgl. Gutenberg (1951), Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre

²⁸ Vgl. Heinen und Kosiol (1968), Einführung in die Betriebswirtschaftslehre

Ansatz nach ULRICH.²⁹ Aufgrund der Praxisorientierung wurde für die vorliegende Arbeit der Ansatz nach ULRICH gewählt. Die Anwendung des Ansatzes nach ULRICH im Forschungsprozess der Dissertation ist in Abbildung 1-2 aufgeführt.

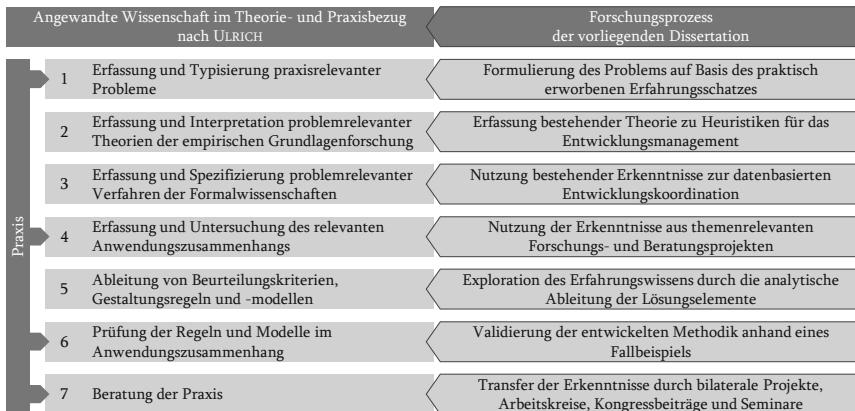


Abbildung 1-2 Forschungsprozess der vorliegenden Arbeit nach ULRICH UND FLURI³⁰

²⁹ Vgl. Ulrich (1968), Die Unternehmung als produktives soziales System

³⁰ Vgl. Ulrich und Fluri (1995), Management, S. 193

1.4 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit spiegelt den Forschungsprozess nach ULRICH UND FLURI wider und ist in Abbildung 1-3 aufgeführt.

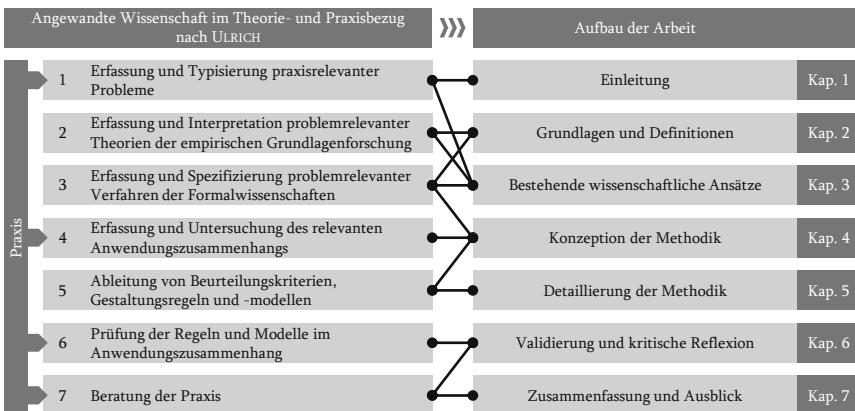


Abbildung 1-3 Aufbau der Arbeit nach dem wissenschaftlichen Ansatz nach ULRICH UND FLURI³¹

In Kapitel 1 wurde die Motivation und Ausgangssituation der Arbeit beschrieben und der wissenschaftliche Ansatz der Arbeit erläutert. Die Zielsetzung der Arbeit wurde formuliert.

Kapitel 2 befasst sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen und Theorien, die in der zu entwickelnden Methodik der Arbeit aufgegriffen werden. Zunächst wird auf wissenschaftliche Literatur zur Entwicklung und dem Entwicklungsmanagement als Fachgebiet eingegangen. Verschiedene Sichtweisen auf das Fachgebiet werden gegenübergestellt. Anschließend werden Metadaten als zentrale Eingangsgröße der Methodik untersucht und von anderen Daten abgegrenzt. Im Anschluss werden die explorative Datenanalyse eingeführt und verschiedene Ansätze zur Analyse vorgestellt. Auch die Grenzen der Ansätze werden dabei diskutiert. Abschließend werden Intuition und Heuristik als Konzepte eingeführt und untersucht. Es werden die Grenzen menschlicher Intuition beleuchtet.

³¹ Vgl. Ulrich und Fluri (1995), Management, S. 193

Kapitel 3 befasst sich mit dem Stand der Forschung zu den in der Arbeit behandelten Aufgaben und Problemstellungen. Wissenschaftliche Beiträge aus den beteiligten wissenschaftlichen Bereichen wie den Ingenieurwissenschaften, den Betriebswissenschaften und der Mathematik werden aufgezeigt. Auf Basis der vorgestellten Beiträge wird das Theoriedefizit abgeleitet.

In Kapitel 4 wird das Grobkonzept der Methodik der Dissertation erarbeitet. Hierzu werden zunächst die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik erhoben, bevor die vier Teilmodelle der Arbeit in Bezug auf ihre jeweilige Rolle erläutert werden.

Kapitel 5 befasst sich mit der Detaillierung des Grobkonzepts. Die Teilmodelle werden ausgearbeitet. Es werden methodische Schritte vorgestellt, mit denen die Aufgaben der Teilmodelle unter Berücksichtigung der in Kapitel 4 beschriebenen Anforderungen gelöst werden können.

Die Validierung der Methodik ist Gegenstand von Kapitel 6. Im Austausch mit einem Partner aus der Industrie und unter Einbeziehung anonymisierter Projektdaten des Partners werden die zuvor detaillierten Methodenschritte angewandt und die Anwendung kritisch reflektiert.

Kapitel 7 schließt mit der Zusammenfassung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und einem Ausblick auf ausstehende Forschungsbedarfe.