



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Entwickeln eines Vorgehensmodells zur Bewertung und Priorisierung von Digitalisierungsprojekten in Industrieunternehmen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Fazel Ansari

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Smart and Knowledge-Based Maintenance,
Fraunhofer Austria Research GmbH, Bereich: Industrielle Digitalisierungsstrategien)

Dr.techn. Andreas Schumacher

(Fraunhofer Austria Research GmbH, Bereich: Industrielle Digitalisierungsstrategien)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Daniel Toth

01525601



Wien, im Mai 2022

Daniel Toth



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Mai 2022

Daniel Toth

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich während meiner Studienzeit unterstützt und zum Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Für die durchgehende Betreuung und die tatkräftige thematische Unterstützung bedanke ich mich bei Herrn Dr.techn. Andreas Schumacher. Die erste Idee zu einem möglichen Projekt in diesem Themenbereich kam von Ihnen und begeisterte mich sofort. Die Abstimmungen über mehrere Monate hinweg haben mir sehr viel geholfen und mich auf dem Weg zur Erstellung dieser Arbeit ermutigt. Es war mir eine Freude in diesem Themengebiet eine Arbeit unter Ihrer Aufsicht verfassen zu dürfen.

Für die ermunternden Worte und dauerhafte Motivation während der Verfassung dieser Arbeit, danke ich auch meinen ArbeitskollegInnen bei Fraunhofer Austria. Ihr habt mich immer ermutigt die Arbeit voranzutreiben!

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei meinen Studienkollegen, welche zu engen Freunden wurden bedanken. Ihr habt mir die Studienzeit erleichtert und zu einem unvergesslichen Lebensabschnitt gemacht haben. Danke Andre! Danke Marcus! Die großartige Gemeinschaft mit euch ermöglichte mir eine lehrreiche, aufregende sowie unterhaltsame Studienzeit.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern Judith und Tibor, sowie meiner Schwester Vivien. Ihr habt mich vom Beginn bis zum Ende meines Studiums aufopferungsvoll unterstützt und motiviert, egal wie schwer es manchmal war. Ihr habt immer an mich geglaubt, selbst wenn ich dies nicht mehr konnte. Ohne euch, wäre ich nie an dem Punkt, an dem ich jetzt bin!

Zu guter Letzt, will ich meiner Freundin für Ihre dauerhafte Unterstützung und den ermutigenden Worten während meiner Studienzeit danken. Du hast mir oft Kraft zum Weitermachen gegeben, wenn ich nicht mehr konnte!

Gender Disclaimer

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit überwiegend das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Kurzfassung

Zahlreiche Unternehmen stellen sich die Frage nach einer zielgerichteten und praktikablen Auseinandersetzung mit den neuesten Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung, um dabei aufkommende Chancen effektiv zu nutzen und bestehende Risiken zu verringern. Produzierende Unternehmen müssen bereit sein, sich gegenwärtig und in Zukunft, Herausforderungen wie der fortwährenden Integration von Daten in Wertschöpfungsnetzwerken, der Entwicklung datengetriebener Systeme und Geschäftsmodelle oder auch der Entscheidungsfindung zur Investition in Effizienzsteigernde Digitalisierungsprojekte - zu stellen. Daher fließt das Thema der Digitalisierung immer stärker auch in die Investitionsentscheidungen mit ein, was zu einem weiteren Entwicklungssprung führt.

Die Analyse des State-of-the-Art und Erkenntnisse aus der industriellen Praxis zeigen, dass es trotz der zahlreichen Vorteile, welche sich durch die Digitalisierung ergeben, an operationalisierten Ansätzen für die Umsetzung einer transparenten Bewertung und geeigneten Priorisierung von Digitalisierungsprojekten in produzierenden Unternehmen mangelt.

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt darin, geeignete Faktoren zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu identifizieren und aufbauend auf dieser Recherche ein Modell, sowie eine Methodik zur Priorisierung der Projekte zur Verfügung zu stellen.

Das Resultat der Arbeit ist ein aus fünf Einzelschritten bestehendes Vorgehensmodell, welches eine Unterstützung zur Priorisierung von Digitalisierungsprojekten aus einem verfügbaren Portfolio ermöglicht. Die Evaluierungsunterstützung wird durch (i) die Prüfung und Einordnung des digitalen Reifegrades initiiert und um (ii) eine Abhängigkeitsanalyse interner Projekte erweitert. Im Anschluss können (iii) die Erwartungen an das Projekt in Form von Kennzahlen qualitativ bewertet und (iv) abgeleitete Benefits generiert werden, welche qualitative Entscheidungsunterstützungen für den Anwender bieten. Um auch auf die gegenwärtigen Risiken bei der Einführung von Digitalisierungsprojekten aufmerksam zu machen, erfolgt in der letzten Stufe (v) eine Risikoanalyse.

Eine Fallstudie demonstriert die Anwendbarkeit der entwickelten Methoden und Werkzeuge des Vorgehensmodells. Aus Anwendungssicht tragen neben der guten Anwendungssystematik vor allem die Ausgabe der Handlungsempfehlungen je Stufe sowie die generierten Benefits und die damit ermöglichte Priorisierung von Digitalisierungsprojekten, zu einer effizienteren strategischen Investitionsplanung bei.

Abstract

Many companies face the challenge of dealing with the latest developments in the field of digitalisation in a focused and practical way in order to effectively utilise emerging opportunities and mitigate existing risks. Manufacturing companies must be prepared to face challenges such as the continuous integration of data in value creation networks, the development of data-driven systems and business models or the decision-making process for investing in efficiency-enhancing digitisation projects - now and in the future. As a result, the topic of digitalisation is increasingly influencing investment decisions, leading to a further leap in development.

Despite the numerous advantages of digitalisation, the analysis of the state of the art and findings from industrial practice reveal that there is a lack of operationalised approaches for the implementation of a transparent evaluation and appropriate prioritisation of digitalisation projects in manufacturing companies.

The objective of this scientific work is to identify suitable factors for evaluating digitalisation projects and based on this research, to provide a model as well as a methodology for prioritising projects.

The result of the work is a procedure model consisting of five individual stages, which provides assistance in prioritising digitalisation projects from an available portfolio. The evaluation support is initiated by (i) the examination and classification of the digital maturity level and extended by (ii) a dependency analysis of internal projects. Subsequently, (iii) the project expectations can be evaluated qualitatively in the form of key figures and (iv) benefits can be generated, which provide qualitative decision support for the user. The final stage (v) involves a risk analysis to highlight the current risks associated with the introduction of digitalisation projects.

The applicability of the developed methods and tools of the process model are demonstrated in a case study. From the perspective of the application, alongside the good application system, the output of the recommendations for actions for each stage, as well as the generated benefits and the resulting prioritisation of digitalisation projects, contribute to more efficient strategic investment planning

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einleitung in das Themenfeld	1
1.2	Forschungsfragen.....	1
1.3	Arbeitspakete	2
1.4	Aufbau und Struktur der Arbeit	3
1.5	Verwendete Methoden	4
2	Theoretische Grundlagen.....	12
2.1	Treiber der modernen Industrie	12
2.2	Grundlagen der Kennzahlen.....	21
2.3	Grundlagen der Projekte	28
2.4	Grundlagen von Vorgehensmodellen	33
3	State-of-the-Art Recherche	42
3.1	Durchführung der Systematischen Literaturrecherche	42
3.2	Existierende Lösungsansätze für die Problemstellung	45
4	Entwicklung des Vorgehensmodells.....	48
4.1	Erhebung digitaler Reife	48
4.2	Bewertung der Abhängigkeiten	60
4.3	Erheben von Kennzahlen	76
4.4	Generieren von Benefits.....	84
4.5	Risikobewertung	94
5	Demonstration und Evaluierung.....	102
5.1	Anwendungsfall – Entscheidungsunterstützung für Digitalisierungsprojekte in der Leiterplattenproduktion.....	102
5.2	Fazit und Zusammenfassung	112
6	Resultate, Conclusio und Ausblick.....	113
6.1	Resultate der angewendeten Methoden.....	113
6.2	Resultate in Bezug auf die Problemstellung.....	113
6.3	Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen.....	113
6.4	Conclusio und Ausblick	115
7	Anhang.....	118
7.1	Literaturrecherche Datenbankabrufe.....	118

7.2	Kennzahlenliste	120
7.3	Risikomanagement: Maßnahmen gegen Top-10 Risiken	124
8	Literaturverzeichnis	128
9	Abbildungsverzeichnis	137
10	Tabellenverzeichnis	139
11	Abkürzungsverzeichnis	140

1 Einleitung

1.1 Einleitung in das Themenfeld

Um die stetig wachsende Komplexität der industriellen Produktion zu bewältigen, hat sich die Industrie in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Aktuell fließt das Thema der Digitalisierung immer stärker in die Investitionsentscheidungen von Unternehmen mit ein, was zu einem weiteren Entwicklungssprung führt. Um in der voranschreitenden Digitalisierung unserer Zeit wettbewerbsfähig bleiben zu können, führt für die meisten Unternehmen somit kein Weg mehr an Investitionen in Digitalisierungsprojekte vorbei.

Im Rahmen der Forschungs- und Beratungstätigkeiten von Fraunhofer Österreich, wurde hierbei eine Forschungslücke im Bereich der transparenten Bewertung und geeigneten Priorisierung von Digitalisierungsprojekten ausgemacht. Das Fehlen einer funktionalen und vom Aufwand überschaubaren Evaluierungsmethode für Digitalisierungsprojekte, aus einer zur Verfügung stehenden Anzahl an möglichen Projekten konnte innerhalb einer kurzen Zeitspanne in gleich zwei Unternehmen, mit Haupttätigkeitsbereich in der Energiebranche und der Leiterplattenherstellung, identifiziert werden.

Unternehmen verfügen oftmals zwar über eine breite Auswahlmöglichkeit an zur Verfügung stehenden Projekten bzw. potenziellen Investment-Cases (5G, Retro-Fitting, Vorausschauende Instandhaltung, Sensorik, usw. ...), doch meist besitzen sie keine standardisierte Möglichkeit, dass für das Unternehmen sowohl wirtschaftlich als auch organisatorisch nützlichste Projekt zu bestimmen.

1.2 Forschungsfragen

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt darin, geeignete Faktoren zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu sammeln und aufbauend auf dieser Recherche ein Vorgehensmodell zur Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Digitalisierungsprojekte zu erarbeiten.

Das Ziel soll mittels der Beantwortung folgender Forschungsfragen erreicht werden:

Theorieorientierte Forschungsfragen

- 1) Welche Kennzahlen sind erforderlich, um eine ganzheitliche Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu ermöglichen?
- 2) Wie müssen die Bewertungsaspekte strukturiert werden, um eine ganzheitliche Bewertung von Digitalisierungsprojekten in Industrieunternehmen zu ermöglichen?

Praxisorientierte Forschungsfragen

- 1) Wie können Digitalisierungsprojekte in produzierenden Industrieunternehmen qualitativ, sowie quantitativ bewertet werden?
- 2) Welcher Mehrwert wird durch die Anwendung der entwickelten Bewertungsmethode zur systematischen Bewertung von Digitalisierungsprojekten, im Vergleich zu State-of-the-Art Modellen, geschaffen?

1.3 Arbeitspakete

Die Arbeit gliedert sich, wie bereits durch die Forschungsfragen angeregt, in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Somit ergeben sich in dieser Arbeit folgende Ziele und Aufgaben in 3 Arbeitspaketen:

Teil 1: Systematische Literaturrecherche

- Recherche zu bereits vorhandenen Methoden zur quantitativen & qualitativen Bewertung von Projekten in einem produzierenden Industrieunternehmen zur Erleichterung der Investitionsentscheidung.
- Identifizieren und Sammeln von Kennzahlen welche zur durchgängigen Bewertung von Projekten in unterschiedlichen Unternehmensbereichen nötig sind.

Teil 2: Erstellen der Bewertungsmethodik

- Festlegen von geeigneten Gliederungsebenen und deren benötigte Quantität, um eine konsequente, vergleichbare und transparente Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu ermöglichen.
- Gewichten der einzelnen Kategorien und Kennzahlen untereinander.
- Identifizieren von Gesichtspunkten zur Gliederung der zuvor festgelegten Kategorien.
- Identifizieren und Bewerten des Projekteinflusses auf das Unternehmen.
- Definition eines Vorgehensmodells zur Anwendung des Bewertungsmethodik in produzierenden Industrieunternehmen.

Teil 3: Praktische Anwendung der Forschungserkenntnisse

- Validierung geeigneter Ebenen des Vorgehensmodells, mittels zur Verfügung gestellter Unternehmensdaten
- Validierung und Anwendung der Methodik durch Experten anhand eines Anwendungsfall zzgl. Anwenderfeedback

1.4 Aufbau und Struktur der Arbeit

Als wissenschaftliches Fundament für den inhaltlichen Aufbau der vorliegenden Arbeit wird auf das Model von Peffers u. a. (2007) zurückgegriffen.¹

In **Kapitel 1** erfolgt die Erläuterung der Ausgangssituation, die Ableitung der daraus resultierenden Problemstellung und die Vorstellung der Forschungsfragen sowie die Beschreibung der Forschungsmethodik.

Im Rahmen von **Kapitel 2** werden die relevanten theoretischen Grundlagen beschrieben und Begriffe definiert, welche im nachfolgend entwickelten Vorgehensmodell vorausgesetzt werden.

In **Kapitel 3** wird die Systematische Literaturrecherche durchgeführt und der aktuelle Stand der Forschung ausführlich dargestellt.

Kapitel 4 widmet sich der Vorgehensmodellentwicklung.

Die Demonstration und Evaluierung der entwickelten Methodik anhand eines industriellen Fallbeispiels erfolgt in **Kapitel 5**.

In **Kapitel 6** werden die Forschungsfragen diskutiert, die Anforderungen mit dem entwickelten Vorgehen abgeglichen sowie der weitere Forschungsbedarf abgeleitet.

Die **Kapitel 7, 8, 9, 10, und 11** beinhalten zum Abschluss der Arbeit den Anhang, das Literatur-, Abbildungs-, Tabellen- sowie Abkürzungsverzeichnis.

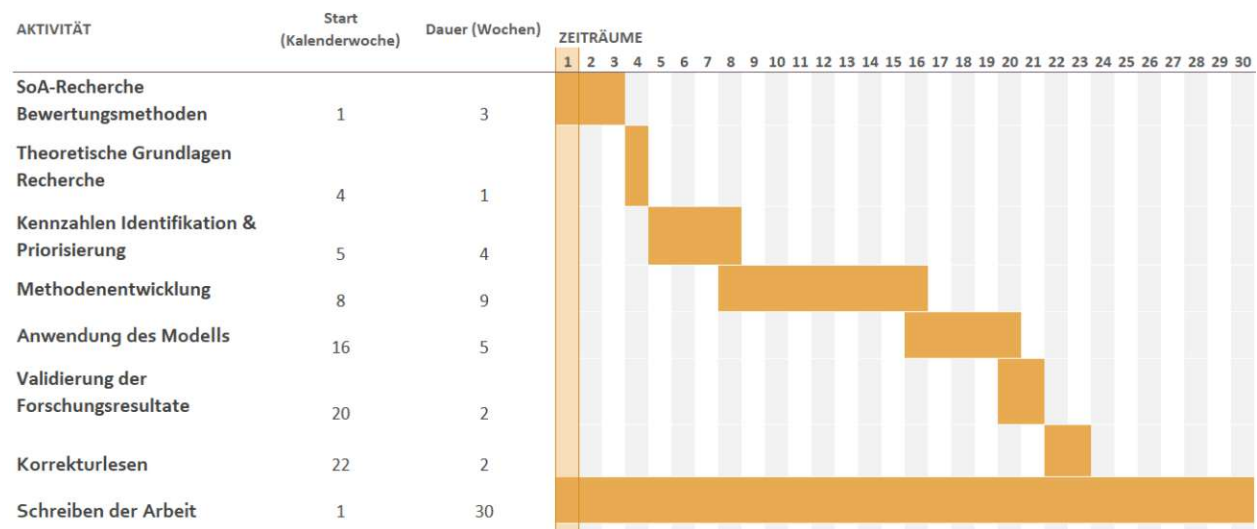


Abbildung 1 - Gant Chart zur Darstellung des zeitlichen Rahmens der Aktivitäten in der Masterarbeit

¹ Peffers et al. 2007, S. 45–77.

1.5 Verwendete Methoden

1.5.1 Systematische Literaturrecherche

Das folgende Kapitel wurde aus der Vorarbeit in Form meiner Bachelorarbeit übernommen, da es zu keiner Änderung der Methodik kam und die Recherche damals detailliert durchgeführt wurde. ²

1.5.1.1 Allgemeines

Um die hier gewünschten Forschungsfragen beantworten zu können bietet sich die „systematische Literaturrecherche“ an. Da es beim wissenschaftlichen Arbeiten zu einer Flut von neuen Informationen kommt, ist es unerlässlich, diese mittels genannter Methode zu filtern und sich somit in das Thema einzuarbeiten.

Es gilt hierbei das Forschungsgebiet kennenzulernen, den Stand des Wissens zu erörtern sowie die Relevanz der gefundenen wissenschaftlichen Arbeiten wie z.B.: Fachartikel (engl. „Paper“), Zeitschriften, Journals, Publikationen, Reviews, Interviews usw., zu beurteilen. Es soll für den Leser der wissenschaftlichen Arbeit klar nachvollziehbar sein, woher die Informationen stammen und weshalb man genau diese als relevante Informationen identifiziert hat.

Folgendes Zitat soll die Wichtigkeit einer gut durchgeführten systematischen Literaturanalyse herausheben und den Unterschied zu einer „regulären“ Recherche aufzeigen:

„Wissenschaftliches Arbeiten unterscheidet sich vom künstlerischen Arbeiten durch seine Systematik und intersubjektive Nachvollziehbarkeit. Diese Systematik sollte bereits bei der Literaturrecherche beginnen und sich am Ende der Arbeit in der Literaturliste widerspiegeln.“ ³

1.5.1.2 Vorgehen bei der systematischen Literaturrecherche

Um am Ende einer systematischen Literaturrecherche, das gewünschte Ergebnis zu erhalten, sollten folgende Punkte befolgt werden⁴:

1. Klare Definition der Fragestellung

Im Vorfeld der Suche, sollte die Fragestellung Großteils abgegrenzt werden. Jedoch sollte diese auch nicht allzu umfassend ausfallen, da sich oft einzelne Schlagworte oder Abstracts für die weitere Recherche ableiten lassen sollten. Schlagworte, welche in der Fragestellung vorkommen, können in weiterer Folge hilfreich sein, um passende Literatur zu dem Thema zu finden.

² Toth November / 2019.

³ Läzer et al. 2010, S. 4.

⁴ Läzer et al. 2010, S. 5–8.

2. Auswahl der Suchbegriffe

Um möglichst viele, passende Suchbegriffe für das Thema zu finden, sollten Synonyme, sowie die englische Übersetzung in Betracht gezogen werden.

Des Weiteren sind *Trunkierungen*, *Wildcards* und *Boolsche Operatoren* maßgeblich. Trunkierung bedeutet die Abkürzung von Suchbegriffen auf einen Wortstamm. Das Symbol für die Trunkierung „*“ kann an jede beliebige Stelle eines Wortes, bis auf den Anfangsbuchstaben, gesetzt werden. (z.B.: earn* - ergibt die Worte: earn, earns, earning etc.).

Wildcards dienen als Platzhalter für einen, oder keinen weiteren Buchstaben innerhalb eines Wortes. Das Symbol „?“ oder „\$“ kann an jede Stelle innerhalb des Wortes eingefügt werden. (z.B.: educat?? - ergibt die Worte: educated, educator, educates etc.; es wird aber nie das Wort education ergeben, da dieses aus 9 Buchstaben besteht und nicht aus 8!)

Die wichtigsten Boolschen Operatoren sind: AND, OR und NOT. Werden 2 Suchbegriffe mit „AND“ verknüpft, müssen beide Suchbegriffe im Ergebnis vorkommen. Werden hingegen 2 Suchbegriffe durch „OR“ verknüpft, beinhaltet das Ergebnis eines dieser beiden Suchbegriffe. Wird der Operator „NOT“ benutzt, darf das zweitgenannte Wort im Suchergebnis nicht vorkommen.

3. Auswahl der Datenbanken für die Suche

Da es eine Vielzahl an Literaturdatenbanken mit eigenen thematischen Schwerpunkten gibt, ist es notwendig vor der systematischen Literaturrecherche diejenigen zu identifizieren, die für die gegebene Fragestellung relevante Daten enthalten. Für das Gebiet der Ingenieurwissenschaften, werden die Plattformen www.scopus.com, www.sciencedirect.com oder <https://scholar.google.at/> empfohlen und auch weitgehend bei dieser Arbeit benutzt werden.

Des Weiteren wird die von der Universität bereitgestellte Online-Bibliothek genutzt.

4. Eingrenzung der Suche

Um die Suchergebnisse für das gewünschte Ergebnis einzugrenzen, können Filter wie: Erscheinungsjahr, Sprache, Medium, Fachgebiet etc. verwendet werden.

5. Erarbeitung einer Suchstrategie

Hier gilt es, die zuvor als geeignet identifizierten Suchbegriffe, in eine konkrete „Datenbank spezifische Suchstrategie“ umzuwandeln. Das heißt, es muss überprüft werden, ob und welche der Begriffe als Schlagworte existieren und wie diese definiert sind. Grundsätzlich ist bei der Strategie zwischen Schlagwortsuche und Freitextsuche zu unterscheiden, wobei das Endergebnis meist eine Mischung dieser beiden darstellt.

Freitextformulierungen werden meist eingesetzt, um Blickwinkel zu ermitteln, welche nicht mit Schlagworten abgedeckt wurden, Defizite der Indexierung mit Schlagworten aufzudecken und gefundene somit Fehler auszugleichen.

6. *Sichtung der gefundenen Literatur*

Meist bieten die Abstracts, der gefundenen Paper, eine erste Orientierung über den Inhalt und oft auch über die Ziele des Artikels sowie die dort angewandten Forschungsmethoden und Ergebnisse. Hier erfolgt somit eine weitere Aussortierung Nach Relevanz der Artikel.

7. *Beschaffung der Literatur*

Bei den meisten, online gefundenen Literaturen, besteht die Möglichkeit, diese als Volltext herunterzuladen. Wenn dies nicht der Fall ist, kann die Fachbibliothek der Universität oft für die nötigen Dokumente sorgen, oder auf eine andere Suchmaschine umgestiegen werden.

1.5.1.3 **Dokumentation der Ergebnisse**

Da lt. (Booth 2006) keine veröffentlichten Standards existieren, die sich auf die Durchführung von systematischen Literaturrecherchen beziehen, wird die folgende Vorgehensweise bzw. Richtlinie, auch „STARLITE“ genannt, empfohlen:

Elements of the STARLITE mnemonic

ELEMENT	Explanatory Notes
S: Sampling strategy 1.	- <i>Comprehensive</i> : attempts to identify all relevant studies on the topic - <i>Selective</i> : attempts to identify all relevant studys but only within specified limits - <i>Purposive</i> : samples from specific disciplines, years, journals
T: Type of studies 2.	- Fully reported: described actual study types (e.g. grounded theory) or designs to be included -Partially reported: uses an „umbrella“ category such as „qualitative“studies without defining what it means
A: Approaches 3.	- Approaches other than electronic subject searches -Example: handsearching -Citation snowballing
R: Range of years(start date-end date) 4.	-Fully reported: includes start and end dates with justification for timeperiod choosen - Partially reported: includes start and end dates but only determinated available coverage of database
L: Limits 5.	-Functionally limits that are applied for logistic reasons but do not alter the topic conceptually (e.g.Human, english etc.)
I: Inclusion and Exclusion 6.	-Conceptual limitation and mediate the scope of the topic area (e.g., geographical location,setting, or a specific focus of study)
T: Terms used 7.	-Fully present: example of a sample search strategy from one or more of the main database -Partially present: reports terminology used but without evidence of search syntax and operators
E: Electronic sources 8.	- Reports databases used and, optimally, search platforms and vendors to assist in replication

Abbildung 2 - Starlite Elemente⁵

⁵ Booth 2006, 424.

Für die wissenschaftliche Arbeit wird aus diesen Vorgaben, somit folgende Vorgehensweise vorgeschlagen⁶:

- a) Angabe der benutzten Datenbank
- b) Angabe der benutzten Schlüsselworte
- c) Angabe der Suchstrategie (z.B. Freitextsuche oder Schlagwortsuche, Boolesche Operanten, Trunkierungen, Wildcards, etc.)
- d) Angabe der gegebenenfalls eingesetzten Filter (z.B. bestimmte Jahre, nur Paper, nur Reviews, etc.)
- e) Angabe der Anzahl der erhaltenen Einträge in der Datenbank unter Angabe des Datums der Suche sowie der eingangs, ohne Ausschlusskriterien, erhaltenen Ergebnisse
- f) Begründung, warum und entlang welcher Kriterien die Anzahl der Literatureinträge auf das jeweilige verwendete Material eingeschränkt wurde (Ausschluss- und Einschlusskriterien beschreiben)

1.5.2 Design Science Methode

Gegenstand dieser Forschungsarbeit ist die Integration mehrerer Methoden in ein Vorgehensmodell zur Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Bewertung und Priorisierung von Digitalisierungsprojekten in Industrieunternehmen. Unter einem Vorgehensmodell versteht man hierbei, die Strukturierung von Projekten in einen logischen zeitlichen Ablauf, bestehend aus Aktivitäten und Ergebnissen. Mit dem Vorgehensmodell werden die Regeln für die Durchführung dieser Aktivitäten und der sich daraus ergebenden Ergebnisse festgelegt.⁷

Das wissenschaftstheoretische Vorgehen der vorliegenden Masterarbeit orientiert sich am Leitbild des „*Design-Science*“ nach Hevner u. a. (2004), gepaart mit dem Forschungsprozess nach Peffers u a. (2007), welcher als Referenzvorgehensweise für das Forschungsvorhaben herangezogen wird.⁸

Die Grundlage des Design-Science bildet der Gedanke, menschliche und organisatorische Grenzen zu erweitern indem sogenannte innovative Artefakte konzipiert, prototypisch umgesetzt und evaluiert werden. Ursprünglich stammt das Rahmenwerk hierzu aus dem Bereich der amerikanischen Wissenschaftsdisziplin „*Information Systems Research*“ und repräsentiert hiermit ein

⁶ Lärer et al. 2010, S. 11.

⁷ Bunse und Knethen 2008, S. 2.

⁸ Hevner et al. 2004, S. 75–105.

problemlösungsorientiertes Forschungsparadigma und lässt sich der anwendungsorientierten Forschung zuordnen.⁹

Das Ziel der angewandten Methodik ist es, Forschungsergebnisse (Artefakte) zu entwickeln und anschließend einer Evaluierung zu unterziehen, welche zu einer Lösung einer zuvor definierten Problemstellung beitragen. Die Artefakte einer Forschungsarbeit können unterschiedlicher Natur sein: u.a. werden darunter neu entwickelte Rahmenwerke, Modelle, Algorithmen, Konstrukte, Methoden oder Instanziierungen verstanden, welche zur Bearbeitung bislang ungelöster Problemstellungen dienen sollen. Nachfolgende Tabelle 1 soll einen Überblick möglicher Artefakte und deren Definition liefern:

Tabelle 1 - Artefakte im Design-Science¹⁰

Forschungsergebnisse (Artefakte)	Definition
Rahmenwerk	Wird als Metamodell bezeichnet. Durch ein Metamodell werden inhaltliche und sprachliche Vorgaben beschrieben wie ein Modell, welches wiederum ein Original abbildet, erstellt werden soll. Im Kontext des Modellbegriffs wird ein Metamodell eine Ebene höher angeordnet.
Algorithmus	Stellt einen Ansatz, eine Methode oder einen Prozess dar, welcher durch eine Reihe von formalen logischen Anweisungen beschrieben werden kann.
Modell	Modelle können als vereinfachte Darstellung der Realität angesehen werden, die mit einer formalen Notation oder Sprache dokumentiert werden.
Konstrukt	Konzept, Behauptung oder Syntax, die aus einer Menge von Aussagen, Behauptungen oder anderen Konzepten konstruiert wurde. z.B. Modellierungssprachen bzw. Modellierungstechniken
Methode	Methoden sind Handlungsanweisungen, die explizit konzeptionell angesehen werden. Methoden sind somit nicht algorithmisch.
Instanziierung	Dies sind meistens keine kompletten lauffähigen Systeme, sondern Prototypen oder Ausschnitte aus Gesamtsystemen. Hierzu gehören auch Konstrukte, Modelle oder Methoden, die der Implementierung der Software vorgelagert sind.

Des Weiteren definiert Hevner u. a. (2004) sieben Prinzipien, welche den Anwendern bei der Durchführung von Design-Science-orientierter Forschung unterstützen und eine Orientierung zur Verfassung von wissenschaftlichen Arbeiten liefern sollen. Diese sind in Tabelle 2 ersichtlich:¹¹

⁹ Hevner und Chatterjee 2010, ^1-8.

¹⁰ Peffers et al. 2012, S. 401.

¹¹ Hevner et al. 2004, S. 82–90.

Tabelle 2 - Prinzipien zur Durchführung von Design Science

Nr.	Richtlinie	Beschreibung
1	Gestaltung eines Artefakts	DS-Research muss ein Artefakt erzeugen, welches in transparenter Art repräsentiert wird, um eine Implementierung und Anwendung des Artefakts zu ermöglichen.
2	Problemrelevanz	DS-Research stellt die Anforderung, Lösungen für <i>relevante</i> Geschäftsprobleme zu entwickeln.
3	Gestaltungsevaluation	Der Nutzen, die Qualität und die Wirksamkeit eines entwickelten Artefakts müssen durch durchgeführte Bewertungsmethoden genau nachgewiesen werden.
4	Wissenschaftlicher Beitrag	DS-Research muss klare und überprüfbare Beiträge in relevanten Forschungsfeldern liefern.
5	Wissenschaftliche Strenge	DS-Research beruht auf der Anwendung strenger Methoden, sowohl bei der Konstruktion als auch bei der Bewertung des entwickelten Artefakts.
6	Gestaltung als Suchprozess	Die Suche nach einem effektiven Artefakt erfordert die Verwendung verfügbarer Mittel, um die gewünschten Ziele zu erreichen und gleichzeitig die Gesetze in der Problemumgebung zu erfüllen. Der Suchprozess stellt einen wesentlichen Teil des Forschungsprozesses dar.
7	Kommunikation der Forschung	Die erzielten Forschungsergebnisse sollten sowohl einem technologieorientierten als auch einem managementorientierten Publikum präsentiert werden.

Der letztgenannte Schritt der „Kommunikation der Forschung“ entfällt in dieser Arbeit, da es sich um eine Masterarbeit handelt und hierbei, außer der Publizierung der Arbeit an sich, keine Voraussetzungen an eine Publizierung gestellt werden.

Peppers et al. (2007) schlagen basierend auf dem Paradigma des „Design Science Research“ Ansatzes, sowie den zugrundeliegenden Prinzipien nach Hevner et al. (2004), ein Prozessmodell für die Durchführung von Design-Science-orientierter Forschung vor welches sich in sechs Einzelschritte gliedert. Die Abarbeitung dieser Schritte, muss nicht zwingend sequenziell in aufsteigender Ordnung von eins bis sechs erfolgen, sondern kann iterativ durchlaufen werden.

Tabelle 3 - Prozessmodell zur Durchführung von Design-Science Forschung¹²

Nr.	Benennung	Inhalte
1	Identifikation und Motivation	<ul style="list-style-type: none"> - Identifizierung und präzise Formulierung des Problems - Aufzeigen der Relevanz der Problemstellung - Aufzeigen des erwarteten Mehrwerts der entwickelnden Lösung
2	Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> - Formulierung der konkreten Zielsetzung auf Basis der Problemstellung - Abbildung vom Stand der Wissenschaft im bearbeiteten Themengebiet
3	Entwurf und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Gestaltung und Entwicklung des konkreten Forschungsergebnisses bzw. Konstruktion des Artefakts
4	Demonstration	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung des Artefakts in einem Experiment, einer Simulation, einer Fallstudie, einem Beweis oder einer anderen geeigneten Aktivität. - Zu den für die Demonstration erforderlichen Ressourcen gehört unter anderem das Wissen, wie das Artefakt zur Lösung des Problems eingesetzt werden kann.
5	Evaluierung	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluierung der Artefakte - Kann durch unterschiedliche Methoden erfolgen: Logisches Argument, Expertenbewertung, technisches Experiment, subjektbasiertes Experiment, Aktionsforschung, Prototyp, Fallstudie (Case Study, Anwendungsfall) und illustratives Szenario - Bei nicht zufriedenstellenden Ergebnissen kann eine Iterationsschleife zu vorgelagerten Prozessschritten eingegangen werden
6	Kommunikation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> - Hierbei sollen die Forschungsergebnisse hinsichtlich Relevanz, Nutzen und Rigidität in wissenschaftlichen Publikationen diskutiert werden.

Die in Punkt 4 und 5 genannte Demonstration und Evaluierung des in dieser Forschungsarbeit konstruierten Artefakts (Die Integration mehrerer Methoden in ein Vorgehensmodell) erfolgt anhand eines Fallbeispiels (Case Study). Auch hier sei erwähnt, dass der letztgenannte Schritt der „Kommunikation der Ergebnisse“ in dieser Arbeit entfällt, da es sich um eine Masterarbeit handelt und hierbei, außer der Publizierung der Arbeit an sich, keine Voraussetzungen an eine Publizierung gestellt werden.

Die zuvor beschriebenen Einzelschritte, lassen sich trotz ihres nominell sequenziellen Aufbaus, in der Realität nicht immer auch in dieser Weise anwenden. Stattdessen kann nahezu an einem beliebigen Schritt angefangen und sich von dort aus nach vorne gearbeitet werden. Als sog. „Research Entry Points“ werden die Ausgangspunkte

¹² Peffers et al. 2012, S. 398–410.

eines Forschungsvorhabens beschrieben, welche festlegen mit welchem Prozessschritt begonnen wird.

Die Ausgangspunkte für den Forschungsprozess werden durch eine definierte Problemstellung, eine konkrete Zielsetzung, ein bereits entwickeltes Artefakt oder vorliegenden Ergebnisse aus einer bereits funktionierenden Praxislösung beschrieben. Die verfügbaren Ansätze zum Einstieg in das Forschungsvorhaben, werden anschließend in Kürze erklärt: Beim *problemzentrierten Ansatz* wird vorausgesetzt, dass eine konkrete Problemstellung, entstanden durch Vorarbeiten, bereits bekannt ist. Die *zielzentrierte Lösung* hingegen, basiert auf der Existenz eines konkreten Bedarfes für eine Lösung aus der Industrie oder Forschung. Beim *design- und entwicklungszentrierten Ansatz* wird ein bereits entwickeltes Artefakt weiterentwickelt, wobei dieses auch aus einer anderen Wissenschaftsdisziplin stammen kann. Im *kunden- bzw. kontextbezogene Ansatz* wird eine bereits in der Praxis funktionierende Lösung in einem konkreten Anwendungsfall vorausgesetzt, aus welcher eine Allgemeingültigkeit abgeleitet werden soll.¹³

Für die Umsetzung des Forschungsvorhabens in dieser Arbeit wurde basierend auf den zuvor erläuterten Ansätzen, der *zielorientierte Ansatz* verfolgt.¹³

Somit beginnt der Forschungsprozess dieser Arbeit in Schritt zwei, da zu Projektbeginn ein konkreter Bedarf seitens der Industrie und Wissenschaft für die Entwicklung eines Vorgehens zur Priorisierung von Digitalisierungsprojekten bestand.

¹³ Peffers et al. 2007, S. 45–77.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel sollen die Themen, welche die Grundlage für diese Arbeit bilden erklärt werden. Da aus der Arbeit ein Vorgehensmodell zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten entstehen soll, ist es essenziell, die hierbei behandelten Themen von den Grundzügen der Digitalisierung und der Definition von Modellen (im speziellen von Vorgehensmodellen), über die Grundlagen und Anwendung von Kennzahlen, bis hin zu dem Verständnis bei der Durchführung von Projekten zu verstehen.

2.1 Treiber der modernen Industrie

Um die heutzutage allseits vorherrschenden Themen wie „Digitalisierung, Industrie 4.0 oder auch Internet-of-Things“ verwenden zu können, ist es Eingangs nötig, sich die Frage zu stellen, was darunter verstanden wird und welche Bereiche von diesen Themen umfasst werden.

2.1.1 Digitalisierung

Eine gängige und immer richtige Definition, für den Begriff der Digitalisierung, wird man in keinem Werk finden, da dieser unterschiedlich verwendet und interpretiert wird. Die Schwerpunkte und Sichten, sowie die digitale Strategie der Unternehmen in diesem Zusammenhang unterscheiden sich in nahezu jeder Branche.

Man kann jedoch allgemein sagen, dass die Umwandlung analoger in digitale Daten, sowie der Wandel zu neuartigen, häufig disruptiven Geschäftsmodellen mittels Informations- und Kommunikationstechnik, aber auch die Vernetzung von Technik, Informationen, Dinge und Menschen als Digitalisierung bezeichnet werden kann. Der Kunde, dessen Erlebnis und seine Bedürfnisse, sowie das Erzielen von Effizienzsteigerungen, stehen in diesem Zusammenhang ganz klar im Mittelpunkt der Betrachtung.¹⁴

Als zentrale Felder der Digitalisierung können unter anderem Elemente wie: Blockchain, Robotik, Künstliche Intelligenz, Autonomes Fahren, Smart Building, Big-Data, Cloud Computing, Blockchain und Industrie 4.0 bezeichnet werden.¹⁵

Kein Megatrend der letzten 50 Jahre, beeinflusste die Entwicklung der industriellen Produktion so stark, wie die Digitalisierung, da hier auch wesentliche Impulse aus dem Freizeit- und Konsumverhalten der Menschen einfließen und in die industrielle

¹⁴ Hanschke 2018, S. 1–6.

¹⁵ Wagner 2018, S 5, Abb. 1.1.

Anwendung transferiert wurden. Die Digitalisierung der industriellen Produktion ist mittlerweile ein wesentlicher Effizienztreiber moderner Produktionssysteme und unabdingbare Voraussetzung der kundenindividuellen Massenproduktion der Gegenwart und Zukunft. Im gleichen Atemzug birgt die Digitalisierung aber auch Gefahren, wie die immer stärker verschwimmenden Grenze zwischen Beruf und Freizeit, welche zu einer zusätzlichen Verkomplizierung von Gestaltungsparadigmen führt und neben den ganz klar vorhandenen Chancen auch erhebliche Risiken der menschengerechten Umsetzung mit sich bringt.¹⁶

Wenn man die industrielle Entwicklung der letzten Jahrzehnte betrachtet, wird klar, dass die Digitalisierung einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung weiter Bereiche industrieller Prozesse geleistet hat und dies auch in Zukunft tun wird. Begonnen bei der Digitalisierung administrativer Vorgänge (wie z. B. Auftragswesen, Human-Resources und Rechnungsstellung und Verwaltung) über die Durchführung von Dokumentations- und Informationstätigkeiten (wie z.B. Langzeitarchivierung, Produktkataloge und Stücklisten) bis hin zur vollständigen Abbildung komplexer Produkt- und Prozessabhängigkeiten (wie z. B. Computer Aided Process Planning (CAPP) und Simulation) hat der Grad der digitalen Durchdringung industrieller Produktion kontinuierlich zugenommen. Parallel hierzu wurden begleitende Konzepte zur Gestaltung und Verwaltung sowie Verarbeitung auftretender Daten entwickelt. Die Hauptimpulse dieser Entwicklung bestimmen den Digitalisierungsfortschritt bis heute und finden sich über die vergangenen Jahrzehnte in Kernpunkten aller konzeptionellen Entwicklungen wieder.¹⁶

Produzierende Unternehmen müssen bereit sein, sich gegenwärtig und in Zukunft, Herausforderungen wie: der fortwährenden Integration von Daten in Wertschöpfungsnetzwerken, der Anpassung von Aufbau- und Ablauforganisation, der Entwicklung datengetriebener Systeme und Geschäftsmodelle zum Wissensmanagement oder auch der Entscheidungsfindung zur Investition in Effizienzsteigernde Digitalisierungsprojekte - zu stellen. All diese und noch weitere Hürden, sollen zudem unter der Zielsetzung der Wahrung der Unternehmensidentität und -philosophie bewältigt werden.

So kommt es, dass sich unzählige Unternehmen die Frage nach einer zielgerichteten und praktikablen Auseinandersetzung mit den neuesten Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung stellen und versuchen zu konturieren, was es mit Industrie 4.0 auf sich hat und vor allem im zweiten Schritt, was es im Unternehmen ganz konkret zu verändern gilt, um Chancen effektiv zu nutzen und Risiken so gut es möglich ist, abzuwehren.¹⁶

¹⁶ Wagner 2018, S. 16–17.

2.1.2 Industrie 4.0

Die Digitalisierung wird heute als Oberbegriff einer sich rasant verändernden Welt verstanden und die Industrie 4.0 als Teilbereich dieser, welcher sich mit allen Aspekten der Produktionsarbeit beschäftigt.¹⁷

Der in diesem Kontext oftmals fallende Begriff der Industrie 4.0, ist ein relativ junger und gelangte erst vor wenigen Jahren zu öffentlichem Interesse. Die „vier“ im Namen steht hierbei im deutschsprachigen Raum für den Begriff der vierten industriellen Revolution.

In der deutschsprachigen Wirtschafts- und Industriegeschichte gab es somit schon drei vorangegangene tiefere Veränderungen der Produktionsmethoden. Die erste industrielle Revolution mit mechanischen Produktionsanlagen fand Ende des 18. Jahrhunderts, unter Einsatz von Dampf- und Wasserkraft Einzug. Darauf folgte Anfang des 20. Jahrhunderts die Einführung von Massenproduktionen wie zum Beispiel elektrisch betriebener Fließbänder und Anlagen. Vor knapp 50 Jahren, in den 1970ern, folgte die dritte industrielle Revolution, bedingt durch die fortlaufende Automatisierung von Produktionsanlagen und die immer präsentere Einkehr von Computern und Elektronik in die Werkshallen und auch Büros. Die eingangs erwähnte und aktuelle, vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) wird vor allem durch die durchgängige Integration des Internets in bestehende Geschäftsmodelle und die Vernetzung von internen und externen Wertschöpfungsketten gekennzeichnet.¹⁸

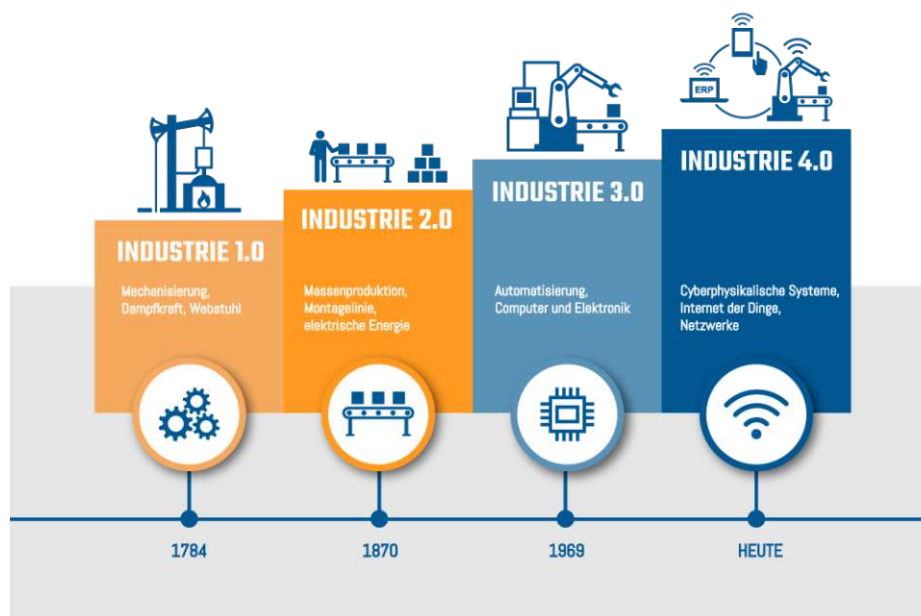


Abbildung 3 - Geschichte der industriellen Revolution¹⁹

¹⁷ Wagner 2018, S. 3.

¹⁸ Wagner 2018, S. 3–4.

¹⁹ inray Industriesoftware GmbH 2021.

Der Begriff Industrie 4.0 steht hierbei für eine schnellere, effizientere und flexiblere Fabrik, sowie auch für „smarte Produkte“ von morgen.²⁰ Hierbei werden von Produktionsanlagen, über einzelne Komponenten und Produkte bis hin zu ganzen Logistikketten untereinander, sowie mit dem Internet verknüpft und verbunden.¹⁸ Aus dieser Vernetzung und aktiven Kommunikation, entsteht das sogenannte „Internet der Dinge“. Für den betrieblichen Shopfloor²¹ folgt hiermit die Entstehung intelligent vernetzter Produktionssysteme, auch genannt Cyber-Physische-Systeme (CPS) oder Smart-Factories.²²

Diese Systeme erfassen kontinuierlich Daten zu ihrem jeweiligen Status, insbesondere bedeutet dies: Angaben zu den aktuellen Betriebszuständen, deren Fähigkeiten und Kapazitäten. Die übergreifende Vernetzung führt zu der Entstehung von Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS), in denen die CPS über ein Internet der Dinge dezentral kommunizieren und Aufgaben auf Basis realer Betriebsdaten eigenständig lösen können (z.B. Auftragseinlastung, Auftragsreihung und Durchführung).²³

Um die komplexen Strukturen solcher CPPS für die verantwortlichen Mitarbeiter transparent zu gestalten, wird der Erzeugung virtueller Repräsentationen eine hohe Bedeutung zugeordnet. Somit können mit vergleichbar geringem Aufwand Informationen zu ausgewählten Komponenten des CPPS, sowie den hierarchischen Strukturen, gewonnen werden. Um die hierbei gewonnenen Erkenntnisse am Shopfloor, über die gesamte Lebensdauer von Produktionssystemen nutzbar zu machen, ist eine Verknüpfung der CPPS mit weiteren betrieblichen Funktionen sehr sinnvoll (z. B. verbesserter Erfahrungsaustausch mit der Konstruktion).²³

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass im Zuge von Industrie 4.0 durch die verstärkte Vernetzung und Autonomie intelligenter Produktionsressourcen, entgegen der zeitdynamischen Rahmenbedingungen eine kundenindividuelle, reaktionsschnelle und mitarbeitergerechte industrielle Produktion verwirklicht werden kann. Dies führt aus Unternehmenssicht dazu, die eigene Position zu stärken und langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.²³

Des Weiteren begünstigt Industrie 4.0 aber auch die Entwicklung innovativer Lösungen. Unternehmen können somit den eigenen Technologievorsprung zur Entwicklung neuartiger Produkte und Dienstleistungen nutzen, die Wertschöpfung entsprechend erhöhen und in neue Absatzmärkte vordringen.²³

²⁰ Hanschke 2018, S. 1–6.

²¹ *Shopfloor bedeutet im Deutschen so viel wie „Hallenboden“, „Werkstatt“ oder „Werkhalle“. Es ist der Ort der Wertschöpfung.* Vgl. Forcam 2021.

²² *Der Begriff Smart Factory lässt sich mit "intelligente Fabrik" ins Deutsche übersetzen. Die Smart Factory steht im Mittelpunkt der Industrie 4.0 und bezeichnet eine Produktionsumgebung, die sich selbst organisiert.* Vgl. Refa.de 2022.

²³ Wagner 2018, S. 18–19.

2.1.3 Treibende Faktoren der Digitalisierung

Die Digitalisierung ist ein „Game Changer“ und ändert die Spielregeln im Produktionsumfeld, dies führt zu einem gravierenden und globalen Strukturwandel in der Wirtschaft und in allen Lebensbereichen der Gesellschaft. Das Bestehen volatiler Märkte, eine steigende Bedeutung von Wertschöpfungsnetzwerken, das Aufkommen neuer Wettbewerber und gleichzeitig rasant steigender Fachkräftemangel erfordern ein Umdenken und radikale Innovationen.²⁴

Dieser Abschnitt soll dem Aufbau eines Verständnisses für die treibenden Faktoren hinter der rasant voranschreitenden Digitalisierung dienen und den Zwang zum schnellen und vor allem korrekten Handeln bei der Einführung von Digitalisierungsmaßnahmen deutlich machen.²⁴

Die rasante Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnik in Kombination mit deren Preisverfall, treibt die Digitalisierung kontinuierlich voran. Leasing-Plattformen, Soziale Netzwerke, diverse Vergleichs- und Bewertungsportale, Suchmaschinen, App Stores, etc. bestimmen zunehmend den digitalen Alltag und die Geschäftsmodelle aller modernen Unternehmen. Ganz wesentlich für die disruptiven Innovationen sind internetbasierte Anwendungen, digitale Plattformen zusammen mit deren Netzwerkstruktur und die Verwertungsmöglichkeiten der in Fülle anfallenden Daten. Die durch die Digitalisierung neu entstandenen Möglichkeiten haben dazu beigetragen, dass der einfache und schnelle Zugang zu Informationen und Wissen zu einem Erfolgsfaktor sowohl für die Wirtschaft, die Politik, die Wissenschaft und für jeden Einzelnen geworden ist.²⁴

Unter die wesentlichen Treiber der Digitalisierung und auch der Industrie 4.0 fallen insbesondere²⁵:

- Der Marktdruck durch disruptive und evolutionäre Innovationen in allen Wirtschaftsbereichen, basierend auf den neuen, bezahlbaren technischen Möglichkeiten, wie z. B. Smart Home, Smart Leasing
- veränderte Kunden- und Community-Bedürfnisse,
- Digitale Plattformen, mit deren Netzwerkstruktur als neuem Ordnungsrahmen für die digitale Ökonomie
- Die schnell aufkommenden und völlig neuartigen Wettbewerber
- Regulatorien, wie gesetzliche Anforderungen, die einen elektronischen Austausch vorschreiben

Um die Wettbewerbsfähigkeit konstant zu halten, ist es essenziell, dass sich Unternehmen der Herausforderung stellen, ihre Geschäftsmodelle in immer kürzeren

²⁴ Hanschke 2018, S. 7.

²⁵ Hanschke 2018, S. 8.

Zeitabständen zu überdenken und zu digitalisieren, um somit mit den zahlreichen Wettbewerbern Schritt halten zu können und den noch unbekannteren Wettbewerbern zuvorzukommen. Begünstigt wird dies des Weiteren durch kürzere Time-to-Market Zeiten und schneller entstehenden technischen Innovationen.²⁶

Beispiele hierfür sind²⁶:

- Die Miniaturisierung und der Kostenverfall der Hardware wie Computer, Sensoren und Aktoren
- Die breite Verfügbarkeit drahtloser Kommunikationswege
- Der laufende Ausbau der Breitbandnetze und der verfügbaren Geschwindigkeiten (5G)
- Bessere Analysemöglichkeiten großer Datenmengen durch Big-Data- und Predictive- Analytics-Technologien und -Methoden.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass reife, nutzbare digitale Technologien der wesentliche Enabler der digitalen Transformation sind. Es entstehen enorme Potenziale für Wachstum und Wohlstand bedingt durch die Digitalisierung. Digitale Geschäftsmodelle werden durch disruptive und evolutionäre Innovationen geprägt. So nimmt auch die Nutzung sozialer Netzwerke im privaten, öffentlichen und geschäftlichen Bereich unermesslich zu und erzeugt eine kontinuierlich ansteigende Informationsflut mit wertvollen Daten über Kunden, welche über Methoden wie Business Analytics und Big Data sowie von selbstlernenden Systemen (Künstlicher Intelligenz, Machine Learning) genutzt werden können.²⁷

Aber auch die rechtzeitige Auseinandersetzung mit Chancen und Risiken der Technologien ist von existenzieller Bedeutung für alle Unternehmen. Wer sich Themen wie Social Media, Cloud-Computing, digitale Plattformen, Big Data/Data Analytics und KI/Machine Learning verschließt und somit den Sprung in völlig neue Geschäftsmodelle verpasst, wird schnell im Rückstand zu der Konkurrenz am Markt stehen.²⁷

Besonders im Bereich des Datenschutzes, in der Informationssicherheit und auch bei der Datentransparenz, ist die Komplexität der Digitalisierung ein immer währendes Risiko. Es werden mit steigender Digitalisierung steigende Angriffe auf kritische Infrastrukturen, aber auch auf Webseiten sowie private Firewalls verzeichnet. Es ist essenziell den Datenschutz und die Cyber-Security ganzheitlich zu adressieren und somit die Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Daten zu gewährleisten.²⁷

²⁶ Hanschke 2018, S. 8.

²⁷ Hanschke 2018, S. 10.

Aber oftmals sind es auch scheinbar simple Probleme wie der fehlende Überblick, welche Daten in welcher Cloud liegen oder ob diese eventuell in einer, nicht vom Unternehmen kontrollierten, digitalen Plattform zu finden sind.²⁸

Das es wichtig ist, den Überblick über seine Daten zu wahren, zeigen auch Statistiken und Prognosen auf www.statista.com.

Bei einer Erhebung „der Datenvolumen des globalen IP-Traffics in den Jahren 2014 bis 2017 sowie eine Prognose bis 2022“, durchgeführt durch Cisco Systems im November 2018, ist ersichtlich, dass allein in den letzten 2 Jahren (von 2020 bis 2022) eine Steigerung von ~55,9% des Datenvolumens festzustellen ist. Die Steigerung über 8 Jahre, beginnend im Jahr 2014 bei einem Datenvolumen von 60 Exabyte pro Monat auf 396 Exabyte pro Monat im Jahr 2022 – dies entspricht einer Steigerung von ~560% - war hier nochmals um einiges drastischer.²⁹

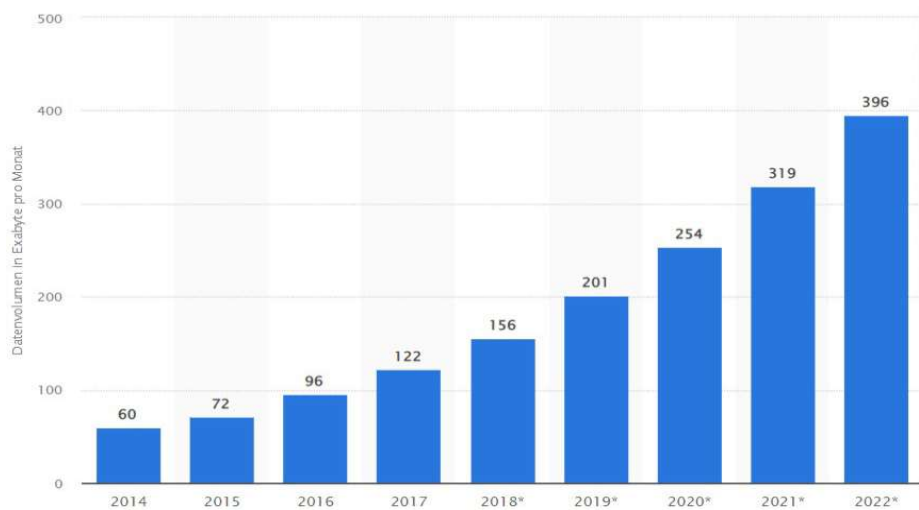


Abbildung 4 - Datenvolumen des globalen IP-Traffics in den Jahren 2014-2017 + Prognose bis 2022²⁹

Bei der Erhebung „Prognose zum Volumen der jährlich generierten digitalen Datenmenge weltweit in den Jahren 2018 und 2025“, durchgeführt durch IDC und veröffentlicht durch seagate.com im November 2018, kann eine erwartete Steigerung von 33 Zettabyte im Jahre 2018 auf 175 Zettabyte im Jahre 2025 – dies entspricht einem Zuwachs von ~430% - beobachtet werden.³⁰

Um dies etwas in Relation setzen zu können, sollen folgende Fakten helfen³¹:

- Ein Zettabyte ist gleichbedeutend mit einer Billion Gigabyte

²⁸ Hanschke 2018, S. 10.

²⁹ Cisco Systems 2018.

³⁰ Reinsel et al. 2018, S. 3.

³¹ Reinsel et al. 2018, S. 7.

- Wenn man die gesamte globale Datenwelt auf DVDs speichern könnte, würde man einen Stapel DVDs erhalten, mit dem man 23-mal zum Mond reichen oder 222-mal um die Erde gelangen könnte.
- Wenn eine Person allein, die gesamte Datensphäre mit einer Durchschnittlichen Geschwindigkeit von 25 Mbit/s herunterladen würde, würde sie dafür 1,8 Milliarden Jahre brauchen. Wenn dies von jedem Menschen auf dem Planeten gleichzeitig mit dieser Geschwindigkeit durchgeführt werden könnte, bräuchte man immerhin noch 81 Tage.

Wie man also unschwer erkennen kann, ist die vorhandene Datenflut kaum in Worte zu fassen, deswegen ist es umso wichtiger, so früh wie möglich eine strukturierte Auseinandersetzung mit den Themen der Digitalisierung zu verfolgen.

2.1.4 Unternehmensinvestitionen in Zusammenhang mit Digitalisierung

Die betriebliche Effizienz digitaler Geschäftsmodelle ist durch die COVID-Pandemie zu einer Überlebensnotwendigkeit für praktisch alle Unternehmen geworden. Wie hierbei ganz deutlich wurde, waren digitale Unternehmen in der Lage, während der Pandemie relativ unbeschadet zu arbeiten, wobei traditionellere Unternehmen mit vielen physischen Kontakten im Gegensatz dazu gezwungen waren, den Betrieb einzustellen.³² Die Krisenerfahrung sowie die höhere Verschuldung vieler Unternehmen verschärfte zunehmend den Zielkonflikt zwischen dem Wunsch nach einer höheren Krisenresilienz und der Notwendigkeit zu verstärkten Investitionen in die Wettbewerbsfähigkeit. Somit drohen Digitalisierungsvorhaben aktuell verstärkt hintenangestellt zu werden.^{33 34}

Es zeigte sich, dass innerhalb der Branchen die Unternehmen, die proaktiv mehr Daten und digitalisierte Geschäftspraktiken eingesetzt hatten, ihren Wettbewerbsvorteil klar ausbauen konnten. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass Investitionen in Cloud-basierte Systeme, Telearbeit, digital gesteuerte Kundendienstlösungen und die dafür erforderlichen Softwareanwendungen beschleunigt wurden.³²

Wie bereits erwähnt ist die digitale Transformation ein wichtiger Treiber für technologischen Fortschritt und Wachstum. Jedoch liegt der deutschsprachige Bereich bei der Anwendung digitaler Technologien in der Wirtschaft im EU-Vergleich gerade noch im Mittelfeld. Auch die Entwicklung und Investition in solche Technologien zählt nicht zu den Stärken des Innovationssystem im deutschsprachigen Bereich.^{35 36}

³² William Blair Investment Management 2021.

³³ KfW 2021.

³⁴ KfW Research 2021.

³⁵ KfW 2021.

³⁶ KfW Research 2021.

Bei einer Untersuchung der KfW-Research, zeigte sich, dass die Investitionen in Informationstechnologien bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland sehr weit hinter jenen anderer großer, nach Wirtschaftskraft vergleichbarer Staaten zurückliegen. Die letztjährigen IT-Investitionen Deutschlands müssten auf das Doppelte bis Dreifache (d.h. von zuletzt 49 Mrd. auf 100 bis 150 Mrd. €) steigen, um mit wirtschaftlich gleich großen Ländern wie etwa Frankreich, Japan oder Großbritannien zumindest gleichzuziehen. Des Weiteren wurde festgestellt, dass der deutsche Mittelstand zu wenig für die Entwicklung und Anwendung digitaler Technologien ausgibt. Um die aktuellen Entwicklung in der Wirtschaft mitzugehen, müssen die Digitalisierungsausgaben im Mittelstand von 18 Mrd. EUR im Jahr 2019 auf 35 bis 50 Mrd. EUR pro Jahr zunehmen.^{35 36}

Aus Unternehmenssicht stellen Digitalisierungsaktivitäten daher wichtige Zukunftsinvestitionen dar, um sich auf dem Markt zu positionieren und die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.^{35 36}

Dazu passend, wurde bei einer aktuellen Studie von Accenture und der Industriellenvereinigung zum Thema "Die digitale Dividende", untersucht welche Effekte es für Unternehmen gibt, die eine Vorreiter-Rolle im Bereich Digitalisierung einnehmen.

Für die Studie wurde der Digitalisierungsgrad in vier Stufen unterteilt: Stufe null bedeutete: "digital blind" (d.h. der Großteil der Datenspeicherung und der Informationsübermittlung passiert hier noch papierbasiert). Stufe eins stand für "digital abbilden" (d.h. IKT kommt im Bereich der Arbeits- und Hilfsmittel zum Einsatz). Die Stufe zwei hieß "digital agieren" (d.h. Diese Betriebe nutzen ihre Daten, verfügen über eine digitale Prozessoptimierung, aber die Entscheidungen liegen noch beim Menschen). Die letzte Stufe, Nummer drei, war mit "digital autonom" beschrieben (d.h. Es werden datenbasierte Produkte und Dienstleistungen verkauft; Prozesse sind automatisiert und datengestützt, Entscheidungen können auch automatisiert getroffen werden). Die 112 in der Studie befragten Unternehmen wurden den jeweiligen Stufen zugeordnet. Das durchschnittliche Umsatzwachstum lag bei Stufe null bei 3,9 Prozent, bei Stufe eins bei 13,0 Prozent und bei den Stufen zwei und drei bei 15,3 Prozent. Konkret zeigte sich, dass digitalisierte Unternehmen im Durchschnitt ein mehr als dreimal so hohes Umsatzwachstum im Vergleich zu nicht digitalisierten Unternehmen erreichen, wobei die Umsatzsteigerung pro Digitalisierungsstufe 8,3 Prozent beträgt.³⁷

³⁷ Leadersnet 2021.

2.2 Grundlagen der Kennzahlen

2.2.1 Allgemeines

Da in dieser Arbeit, die Entscheidung zur Investition in diverse Digitalisierungsprojekte, durch die Erhebung von Kennzahlen erfolgt, sollen in diesem Kapitel die Grundzüge der Thematik erläutert und die wichtigsten Begriffe sowie Aufgaben und Zwecke erklärt werden.

Trotz, des bereits langen Einsatzes von Kennzahlen im betriebswirtschaftlichen Kontext, gibt es bis heute in der betriebswirtschaftlichen Literatur keinen einheitlich definierten Kennzahlenbegriff. Es werden neben dem Ausdruck „Kennzahlen“, auch Begriffe wie „Kennziffern, Kontrollzahlen, Kontrollziffern, Messzahlen, Messziffern, Schlüsselgrößen uvm. verwendet. Mit der folgenden Charakterisierung kann aber eine nähere Auseinandersetzung mit dem Wesen der Kennzahlen erfolgen³⁸:

*Betriebswirtschaftliche Kennzahlen ... sind Zahlen, die in konzentrierter Form über einen zahlenmäßig erfassbaren betriebswirtschaftlichen Sachverhalt informieren.*³⁸

Aber auch bei der Definition der Kennzahl besteht keine einheitliche Auffassung – bei einigen Autoren umfasst der Begriff sowohl die sogenannten absoluten als auch die Verhältniskennzahlen – wobei erstere Definition vielfach nicht als korrekte Einteilung gesehen wird.³⁹

Als absoluten Kennzahlen werden Zahlen bezeichnet, die unabhängig von anderen Zahlengrößen dargestellt werden. Diese kennzeichnen unmittelbar den Zustand, den Vorgang oder die Erscheinung, welche hinter der Zahl steht und können entweder als Einzelzahl (z.B. Gewinn), Summe (z.B. produzierte Stück eines Produktes), Differenz (z.B. Gut oder Schlechteile) und als Mittelwert (z.B. durchschnittlicher Umlaufbestand) angegeben werden.³⁹

Als Verhältniszahlen hingegen, werden zwei in Beziehung gesetzte Größen bezeichnet, auch Relativzahlen genannt. Das Verhältnis wird anschließend in einem Faktor oder in Prozent angegeben. So können beispielsweise die Soll-Betriebszeit einer Anlage mit der tatsächlichen Betriebszeit in Beziehung gesetzt werden und somit der Nutzungsgrad der Anlage bestimmt werden.³⁹

Verhältniszahlen können des Weiteren nach folgenden Arten unterschieden werden⁴⁰:

- *Gliederungszahlen*: Diese werden durch Aufgliederung einer Gesamtgröße in einzelne Teilgrößen berechnet werden. Hierbei werden die Teilgrößen zur

³⁸ Staehle 1967, S. 62.

³⁹ Siegart et al. 2010, S. 17.

⁴⁰ Siegart et al. 2010, S. 18–25.

Gesamtgröße in Beziehung gesetzt (z.B., wenn von relativen Häufigkeiten gesprochen wird, ist immer von einer Gliederungszahl die Rede). Bei Gliederungszahlen werden wesensgleiche Zahlengrößen verglichen. Wichtig: neben den absoluten Werten, müssen hier auch die Prozentwerte angegeben werden, um eine Verdeutlichung der Zusammenhänge zu erreichen.

$$\text{Gliederungszahl} = \frac{\text{Teilmenge} \cdot 100}{\text{Gesamtmenge}}$$

- **Beziehungszahlen:** Diese Kategorie wird als wichtigste betrachtet. Beziehungszahlen setzen gleichwertige (sachlich zueinander in Beziehung stehende), inhaltlich, aber ungleichartige Daten zueinander ins Verhältnis, um somit Zusammenhänge und Entwicklungen ersichtlich zu machen. Hierbei entsteht immer eine neue Einheit. Klassische Beziehungszahlen sind häufig Wirtschaftlichkeits- und Produktivitätskennzahlen, welche als Input-Output-Relation gemessen werden, wobei jeder Parameter finanziell oder nichtfinanziell sein kann. Die Verwendung von Produktivitätskennzahlen ist aber immer mit dem Grundproblem der Vermutung eines Ursache-Wirkungs-Zusammenhanges behaftet. Somit verleiten solche Kennzahlen häufig zu unzulässigen Vergleichen.
- **Messzahlen:** Bei den Messzahlen kann nochmals zwischen einfachen Messzahlen und Indexzahlen unterschieden werden. Die einfachen Messzahlen dienen dem Entwicklungsvergleich und zeigen die relative Veränderung betrieblicher Daten. Es wird eine Basiszahl gewählt, zu welcher die übrigen Zahlen der Reihe bezogen werden. Die Indexzahlen unterscheiden sich dadurch, dass hier der Verlauf mehrerer sachlich zusammengehörender Reihen dargestellt bzw. charakterisiert werden. Sie können sich auf Preisbewegungen beschränken, nur Mengenveränderungen umfassen oder eine Kombination beider abbilden.

Um nun die richtigen Kennzahlen im Prozess zu identifizieren, können folgende Fragen helfen⁴¹:

- *Können wir die Daten verwenden, die schon für andere Zwecke gesammelt werden?*
- *Kann die Kennzahl schnell zur Verfügung gestellt werden?*
- *Sind die Kennzahlen allgemein verständlich und sind sie leicht vergleichbar mit anderen Projekten im eigenen Unternehmen oder mit Unternehmen derselben Branche?*
- *Gibt es neben Spätindikatoren (Istkosten, Istdauer) genügend Kennzahlen, die als Frühindikator wirken (Kundenzufriedenheit)?*
- *Spiegelt die Kennzahl ein wichtiges Unternehmensziel wider?*

⁴¹ Fiedler 2013, S. 240.

Zusammengefasst können Kennzahlen als hochverdichtete Messgrößen verstanden werden, welche in konzentrierter Form über einen zahlenmäßig erfassbaren Sachverhalt berichten. Entscheidend hierbei ist die konsequente Problemorientierung bei der Kennzahlenbildung.

2.2.2 Kennzahlen als Vergleichsparameter

Um Kennzahlen als Führungsinstrumente zu nutzen und ihren eigentlichen Wert zu entfalten, müssen diese mit anderen verglichen werden. Die Kennzahlenvergleiche können in Form einbetrieblicher und/oder mehrbetrieblicher Analysen durchgeführt werden.

Die innerbetrieblichen Vergleiche können auf drei Arten unterschieden werden⁴²:

- *Der Zeitvergleich:* Beim innerbetrieblichen Zeitvergleich werden ähnliche Problematiken verschiedener Zeitperioden gegenübergestellt. Solche Kennzahlenvergleiche sind im Unternehmen nicht wegzudenken und unverzichtbare Informationen. Durch diese ist es möglich ein klares Bild über die wirtschaftliche Situation der Unternehmen zu geben und die bisherige Unternehmensentwicklung zu bewerten, sowie negative Trends frühzeitig zu erkennen und dementsprechend korrigierende Maßnahmen schnellstmöglich einzuleiten.
- *Der Soll-Ist-Vergleich:* Es wird grundsätzlich nach Ist- oder Sollkennzahlen unterschieden, je nachdem ob diese ex post⁴³ oder ex ante⁴⁴ ermittelt wurden. Bei den Istkennzahlen wird auf der Basis effektiv ermittelter Zahlen ein Ist Wert gebildet. Die Sollkennzahlen hingegen werden für die kommende(n) Periode(n) erarbeitet und besitzen somit den Charakter von Standard- (Bauen auf betriebsindividuellen Daten der Vergangenheit sowie auf Zielvorstellung der Unternehmensleitung auf und dienen als Maßstab für die Gegenwart) oder Plankennzahlen (Gelten entsprechend der Unternehmensplanung für die Mitarbeiter als Zielvorgabe).

Beim hier angeführten *Soll-Ist-Vergleich* werden einander, aus der Forderung nach Kontrolle entstehend, Soll- und Istkennzahlen gegenübergestellt. Diese Notwendigkeit des Vergleichs steht im Dienst der Zielverwirklichung und soll die Erreichung von Unternehmenszielen sicherstellen. Das Kontrollieren der Kennzahlen nach Rechtmäßigkeit, dient dem Erkennen eingetretener oder voraussehbarer Abweichungen und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Zielerreichung. Des Weiteren ermöglicht es, Maßnahmen einzuleiten

⁴² Siegart et al. 2010, S. 26–29.

⁴³ nach geschehener Tat; hinterher

⁴⁴ im Voraus

welche unerwünschte Folgen in Grenzen halten oder gänzlich vermeiden können.

- *Der Norm-Soll-Vergleich:* Hierbei werden verschiedene Vorgabekennzahlen unterschiedlicher Führungsstufen (Plankennzahlen aus der Mehrjahresplanung und den Normkennzahlen aus der Unternehmenspolitik) miteinander verglichen. Dies dient:
 - der Sicherstellung der Konsistenz des Zielsystems eines Unternehmens
 - Erzeugung eines Maßstabs des Zielbildungsprozesses hierarchisch untergeordneter Abteilungen und Bereiche
 - Gewährleistung einer angemessenen Umsetzung der unternehmenspolitischen Zielrichtlinien in operative Vorgaben

2.2.3 Aufgaben von Kennzahlen

Die Verwendung von Kennzahlen stellt den Anwendern somit hervorragende Instrumente zur Verfügung, um wichtige Entscheidungen des Managements vorbereiten, fundieren und erleichtern zu können, bzw. diese oftmals erst möglich zu machen. Durch die Möglichkeit der Komprimierung betriebswirtschaftlicher Tatbestände mit Kennzahlen, können Gefahren technischer und semantischer Störungen auf dem Weg vom Sender zum Empfänger auf ein Minimum reduziert werden.⁴⁵

Im klassischen Managementführungszyklus lassen sich diverse Funktionen von Kennzahlen unterscheiden. Nachfolgend werden die wichtigsten angeführt^{45 46}:

- *Anregungsfunktion* (darunter wird die laufende Erfassung von Kennzahlen zur Identifizierung von Auffälligkeiten und Veränderungen verstanden; v.a. das Ermitteln der Wirtschaftlichkeit),
- *Operationalisierungsfunktion:* Bildung von Kennzahlen zur Konkretisierung theoretischer Hypothesen durch Angabe beobachtbarer und messbarer Ereignisse und Evaluation von Zielen und Zielerreichung.
- *Priorisierungs- und Vorgabefunktion bzw. interne Steuerung:* Kennzahlen ermöglichen es, Eckdaten zu setzen mit deren Hilfe man im Unternehmen besser beurteilen kann, wo man steht oder in Zukunft stehen soll. Somit dient diese Funktion zum Festlegen kritischer Kennzahlenwerte als Zielgrößen. Diese dienen auch der Evaluation von Handlungsoptionen.
- *Kommunikations- und Steuerungsfunktion bzw. Berichtswesen:* Gut geführte Unternehmen müssen ein effektives, internes Berichtswesen haben, welches auch durchgehende Transparenz ermöglicht. Durch die Verwendung von Kennzahlen kann eine Simplifizierung von Kommunikations- und

⁴⁵ Siegart et al. 2010, S. 30.

⁴⁶ Probst 2012, S. 14–15.

Steuerungsprozessen erfolgen. Dabei bietet es sich an, für jede Berichtshierarchie die geeigneten Kennzahlen zu schaffen.



Abbildung 5 - Berichtshierarchie, eigene Darstellung

- **Kontroll- und Überwachungsfunktion bzw. Frühwarnung:** Bei der heutzutage sensiblen Wirtschaftslage wird das Erkennen von Gefahren immer unerlässlicher. Somit dient dies der kontinuierlichen Erfassung von Kennzahlen in festgelegten Zyklen, um Soll-Ist-Abweichungen zu erkennen, Gegenmaßnahmen einzuleiten bzw. diese zu überwachen.
- **Problembewältigung:** Oftmals hilft es bei Problemen, explizit Kennzahlen zu suchen, welche das Problem quantitativ durchleuchten und beschreiben können. Z.B. bei Qualitätsproblemen angelieferter Ware macht es Sinn, die Kennzahl „Mangelhafte Produkte in %“ zu bilden, und fortan alle Lieferungen zu erfassen und mit dem Anlieferer die Kennzahl in die gewünschte Richtung zu minimieren. Allein die Erfassung bzw. Visualisierung eines Problems führt oftmals zu einer Verbesserung.

Mit Hilfe von Kennzahlen erhält das Management die Möglichkeit Zusammenhänge, Ursachen und Wirkungen positiver und negativer Faktoren zu erkennen. So können Kennzahlen zu einer Verminderung der Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung und zum Auslösen von Lernprozessen beitragen. Einer der wichtigsten Punkte, welche die Entscheidungsfindung mittels Kennzahlen ermöglicht, ist es in Relationen statt in Geldwerten wie Euro und Cent zu denken bzw. mehr auf die Produktivität als auf die Produktion zu schauen.

Als Beispiel kann an dieser Stelle folgendes angeführt werden: Wenn an einem Tag in einem Unternehmen mehrere Stunden lang Ausschuss produziert wird, kann es schnell zur Frustration führen. Wenn jedoch der Ausschuss über eine festgelegte Periode (z.B. 1 Monat) gerechnet, die Normquote von 2% nicht überschreitet, ist dies in Relation wieder kein Problem. Da solche Situationen in jedem Unternehmen täglich

vorkommen, können diese Effekte durch die durchgehende Beurteilung mittels Kennzahlen abgefedert werden.⁴⁷

2.2.4 Herausforderungen bei der Anwendung

Wie auch bei allen Methoden, birgt eine falsche oder übermäßige Verwendung von Kennzahlen Gefahren und Probleme, die man im Vorfeld immer berücksichtigen sollte.⁴⁸

- Nicht zu viele Kennzahlen erfassen – Übertreiben verhindern⁴⁸

Es soll nicht das Ziel sein, so viele Kennzahlen wie nur möglich zu erfassen, da diese dann nicht mehr abgearbeitet oder korrekt genutzt werden und an ihrem eigentlichen Zweck vorbeiziehen. Die Kunst liegt hier bei der Auswahl und Begrenzung, der für die Problematik essenziellen Kennzahlen, welche die betroffenen Probleme der Unternehmensbereiche abbilden. Als Richtwert sollten maximal ca. 5 bis 7 Kennzahlen für die Beurteilung eines Problems oder Bereichs herangezogen werden.

- Kennzahlen dürfen nicht kontraproduktiv sein⁴⁸

Bei der Bildung von Kennzahlen, zur Beschreibung eines Bereichs oder eines Problems, ist darauf zu achten, dass direkte, mit dieser Problematik in Hand gehende Bereiche nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Zum Beispiel wird bei einer Optimierung des Lagerbestandes oftmals der Lagerbestand selbst und auch die Umschlaghäufigkeit erhoben und optimiert. Ohne hierbei darauf zu achten, dass zwar der Lagerbestand minimal und die Durchlaufzeit optimal wurde, jedoch Kunden auf ihre Bestellung deutlich länger warten müssen, da nicht mehr auf Lager produziert wurde und somit kein Kunde direkt bedient werden konnte. Hier wird zwar ein Kennzahlenziel erreicht, aber der eigentliche Sinn der Optimierung verfehlt. Somit: Wer sich Ziele setzt, muss auch im Klaren darüber sein, welches Verhalten dadurch hervorgerufen wird und ob dies zulasten anderer Bereiche geschieht. (weitere Beispiele wären: Rentabilität zu Lasten der Liquidität; Marktanteil zu Lasten des Gewinnes; Niedrige Rabatte zu Lasten des Umsatzes uvm.)

- Gefahr falscher Interpretation⁴⁸

Wenn Kennzahlen sich in eine gewisse Richtung entwickeln, ist das oft die erhoffte Folge der gesetzten Maßnahmen. Aber auch hierbei kann es oftmals zu Fehlinterpretation kommen. Deswegen soll bei der Betrachtung einer Kennzahl immer überprüft werden um sie richtig interpretiert wurde.

⁴⁷ Siegart et al. 2010, S. 31.

⁴⁸ Probst 2012, S. 49–53.

- Bedeutet der Rückgang von Reklamationen tatsächlich eine bessere Qualität oder sind die unzufriedenen Kunden vom Unternehmen abgewandert?
- Ist der Rückgang von Personalkosten zum Umsatz wirklich eine positive Entwicklung oder sind die guten und oftmals besser bezahlten Mitarbeiter womöglich aus dem Unternehmen ausgeschieden bzw. gewechselt?

➤ Vorsicht vor stichtagsbezogenen Daten⁴⁹

Eine Kennzahl, die an einem Tag noch positiv ausgewiesen wurde, kann am folgenden Tag schon eine negative Tendenz aufweisen. Es gibt Kennzahlen die rein stichtagsbezogene Aussagen liefern. Somit sollte bei der Betrachtung von Daten, die einen bestimmten Stichtag ausweisen (oftmals Jahresende oder Jahresmitte im Reporting) besondere Vorsicht geboten sein.

- Alle Bestandsdaten wie auch der Materiallagerbestand: können an einem Tag noch niedrig sein, wobei am kommenden Tag die große Lieferung eintrifft.
- Bilanzdaten: Anlagen können an Folgetagen gekauft oder verkauft werden. Hohe Verbindlichkeiten können schnell entstehen, Rückstellungen können gebildet oder aufgelöst werden o.ä.
- Personalstände: Jahres- oder Quartalsabschlüsse fallen oft mit Kündigungsfristen zusammen. Somit kann ein Personalstand am 01.07. komplett anders aussehen als am Tag davor, den 30.06.

⁴⁹ Probst 2012, S. 49–53.

2.3 Grundlagen der Projekte

2.3.1 Definitionen

Bedingt durch die Internationalisierung, den häufigen Produktwechsell bzw. gar nur noch stattfindender Fertigung auf Kundenwunsch, sowie dem Zwang zu permanenter Veränderung, gilt es für Unternehmen neue Aufgaben zu bewältigen. Routineaufgaben werden zunehmend weniger, wobei komplexe und neuartige Aufgaben die Überhand gewinnen. Mit dieser Entwicklung einhergehend, geht der Trend zu einer hohen Flut an abzuwickelnden Projekten, womit immer mehr Arbeiten aus dem Tagesgeschäft von der Linie in Projekte verlagert werden. Dies wurde auch durch eine Studie der Unternehmensberatung „Hays“ zusammen mit der Fachhochschule Ludwigshafen. Diese Studie kam zu der Erkenntnis, dass 2010 der Anteil der Projektwirtschaft an den gesamten Arbeitsabläufen im Durchschnitt bei 37 Prozent lag.⁵⁰

Diese Studie wird auch durch aktuellere Untersuchungen der „deutschen Gesellschaft für Projektmanagement und der EBS Universität für Wirtschaft und Recht“, 2015, untermauert. Sie kamen in einer Studie, durchgeführt mit 500 repräsentativen Unternehmen, zu dem Ergebnis, dass im Jahr im Jahr 2013 bereits 34,7 Prozent des Umsatzes und der Tätigkeiten deutscher Unternehmen auf Projekten basierten. Allein in den Jahren zwischen 2009 und 2013 war dieser Wert laut der Studie um 20 Prozent gestiegen. Für das Jahr 2018 prognostizierte man für die deutsche Wirtschaft bereits einen Projektanteil von 40 Prozent.⁵¹

Wie auch weitere Prognosen stützen, wird mit einem Anteil von 60% im Jahr 2025 kalkuliert, in welchem Top-Manager ihre Zeit nur dafür aufwenden werden Projekte auszuwählen, zu priorisieren und deren Umsetzung voranzutreiben.⁵²

Doch was genau ein Projekt überhaupt ist und was die wichtigsten Begrifflichkeiten in diesem Zusammenhang sind, soll in diesem Abschnitt erläutert werden.

Eine Definition des Begriffs, findet sich in der DIN 69901:

„Ein Projekt ist „ein Vorhaben, das im Wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist.“⁵³

In einem Projekt sollten somit folgende Merkmale erfüllt werden⁵⁴:

- **Zeitliche Begrenzung:** Projekte besitzen einen genau festgelegten Anfang und auch ein definiertes Ende und sind meist zeitkritisch. Besonders bei

⁵⁰ Fiedler 2013, S. 2.

⁵¹ GPM 2015.

⁵² manager-magazin.de 2021.

⁵³ DIN 69901-1.

⁵⁴ Fiedler 2013, S. 2–3.

Entwicklungsprojekten hängt der Unternehmenserfolg davon ab wie schnell und mit welcher Qualität die Neuerung umgesetzt werden kann.

- *Finanzielle und personelle Restriktion:* Sowohl das verfügbare Budget und die Anzahl der im Projekt arbeitenden Personen ist beschränkt. Des Weiteren stehen auch nur begrenzt Räume, Hard- sowie Softwareausstattungen und auch andere Ressourcen zur Verfügung. Deswegen sollte bei der Projektdefinition ganz genau überlegt werden, welche Mitarbeiter und Ressourcen für die Abarbeitung benötigt werden.
- *Festgelegtes Ziel:* Am Anfang des Projektes sollte man messbare Ziele und somit auch konkrete Projektaufgaben definieren. Geschieht dies nicht, können zwangsläufig Probleme entstehen. Somit sollte dies Eingangs mit dem Management abgeklärt und dokumentiert werden.
- *Bereichsübergreifende Teamarbeit:* In einem Projekt, arbeiten mehrere Stellen aus meist unterschiedlichen Fachbereichen an der Lösung einer konkreten Aufgabenstellung. Die Arbeit mit verschiedenen Spezialisten soll so zu einer sehr wirksamen und bei allen Beteiligten akzeptierten Lösung führen. Oftmals werden auch zeitlich begrenzte Aufbauorganisationen neben der normalen Hierarchie im Unternehmen gegründet.
- *Großer Umfang:* Die Planung, Steuerung sowie Kontrolle von Projekten verursachen einen hohen Aufwand, der nicht zu unterschätzen ist und welchen man nur bei umfangreichen Vorhaben investieren sollte.
- *Hohe Unsicherheit und großes Risiko:* Es ist typisch für Projekte, dass anfangs eine Unsicherheit herrscht ob gesetzte Ziele überhaupt erreicht werden können. Oftmals wird der gesetzte Zeitrahmen nicht eingehalten, die Kosten weit überschritten oder die erwartete Leistung nicht abgeliefert.

2.3.2 Projektarten

Projekte lassen sich nach verschiedenen Merkmalen bzw. Kriterien einteilen. Es kann z.B. eine Aufteilung nach Projektarten erfolgen, welche den optimalen Einsatz von abgestimmten Methoden und Strukturen, sowie projektartenspezifischen Verwendung von Projektmanagement-Methoden erlaubt. Auch die Risikobetrachtung für kann bei verschiedenen Projektarten unterschiedlich ausfallen. Des Weiteren können in unterschiedlichen Projektarten, entsprechend verschiedene Berichte, Dokumente usw. verlangt werden. Außerdem lassen sich Projekte der gleichen Projektart miteinander vergleichen und somit Erfahrungen leichter übertragen.⁵⁵

2.3.2.1 Einteilung nach Art der Aufgabenstellung und der sozialen Komplexität

So können Projekte beispielsweise nach der Art der Aufgabenstellung und der sozialen Komplexität unterschieden werden (*siehe Abbildung 6*). Mit einer hohen soziale

⁵⁵ Dr. Alexander Blumenau 2021.

Komplexität kann auf unterschiedliche Benutzerinteressen, hohe politische Brisanz und ein großes Konfliktpotential hingedeutet werden (Akzeptanzprojekte, Pionierprojekte). Eine geringe soziale Projektkomplexität steht wiederum für eine unproblematische Zusammenarbeit (Standardprojekte, Potenzialprojekte). Bei offenen Aufgabenstellung wird eine Vielzahl an Möglichkeiten bezüglich des Inhalts und dem Vorgehen zur Lösung eines Projektes geboten. Im Gegensatz dazu sind bei geschlossenen Aufgabenstellungen nur eingeschränkt Lösungen möglich.⁵⁶

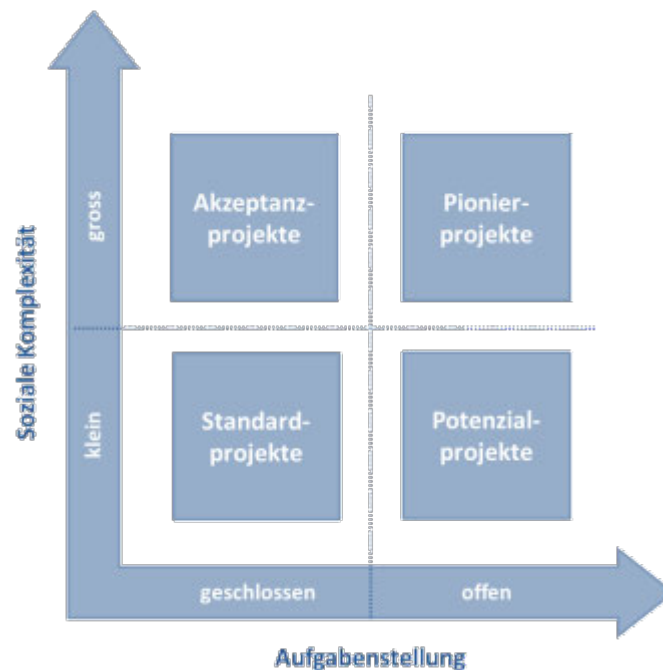


Abbildung 6 - Projektarten unterschieden nach Aufgabenstellung und sozialer Komplexität⁵⁷

Zusammengefasst, können die aufgeführten Projektarten wie folgt beschreiben⁵⁶:

- *Standardprojekte*: einfach abzuwickeln, viel Erfahrung
- *Akzeptanzprojekte*: klare Aufgabenstellung, oft mit Akzeptanzproblemen verbunden, genaue Information und Kommunikation erforderlich
- *Potentialprojekte*: offene Fragestellung, wenig risikoreich, einfache und kleine Projektorganisation
- *Pionierprojekte*: risikoreich, hoher Neuigkeitsgehalt, Aufgabenumfang schwer abzuschätzen

2.3.2.2 Einteilung nach dem Projektgegenstand⁵⁸

Doch die Einteilung der Projekte nach vorheriger Sichtweise, ist nicht die Einzige. Es existieren noch unzählige Möglichkeiten. Hier soll noch auf zwei der gängigsten Einteilungen eingegangen werden.

⁵⁶ Voss 2014, Kapitel 2.1.2.

⁵⁷ Voss 2014, Kapitel 2.1.2, Abb.2.

⁵⁸ Dr. Alexander Blumenau 2021.

➤ Investitionsprojekte

Bei dieser Art von Projekten, wird hauptsächlich die Erstellung oder Beschaffung materieller Güter gemeint. Bei Projekten dieser Art sind häufig große Geldinvestitionen im Spiel.

Beispiele: Beschaffen einer neuen Produktionsanlage

➤ Organisationsprojekte

Hierbei stehen Prozesse und Menschen im Mittelpunkt. Typische Organisationsprojekte beschäftigen sich mit der Organisation von Veranstaltungen oder der Einführung oder Optimierung von Prozessen in Unternehmen.

Beispiele: Umstrukturierung der Prozesse im Kundendienst, Änderung der IT-Landschaft, Organisation eines Messeauftritts,

➤ Forschungs- und Entwicklungsprojekt

Bei diesen Projekten soll etwas Neues erschaffen werden. F&E-Projekte kennzeichnen sich oftmals durch relativ große Unsicherheiten in der Durchführung. Typische Vertreter sind Produktentwicklungen und Optimierung von Materialausbeuten.

Beispiele: Entwicklung einer neuen Maschinen-Generation, Entwicklung neuer Verfahren zur Verarbeitung von Materialien

➤ IT-Projekt

Traditionell wird ein IT-Projekt nicht als separate Projektart geführt. Da diese Projekte in den letzten Jahren zu den meist durchgeführten zählen, lohnt es sich dies zu tun. IT-Projekte haben je nach Ausrichtung eine Kombination von mehrere Projekten: Die Anschaffung von Hardware und/oder Software (Investitionsprojekt), die Entwicklung neuer Features (F&E-Projekt) und die Anpassung oder Optimierung von Arbeitsprozessen (Organisationsprojekt).

Beispiele: Einführung eines SAP-Systems, Entwicklung einer neuen Plattform zur Dokumentenverwaltung

2.3.2.3 Einteilung nach dem Innovationsgrad und Ausmaß der Veränderung⁵⁹

➤ Routineprojekte

Projekte dieser Art gehören oft zum Kerngeschäft des Unternehmens. Sie haben durch die definierte Zielstellung, begrenzte Ressourcen und einen klaren Endtermin klaren Projektcharakter, verändern aber nicht die Prozesse und Strukturen der Organisation.

Beispiele: Entwicklung eines neuen Corporate Designs für einen Kunden in einer Marketingagentur oder Bau eines Einfamilienhauses durch eine Baufirma

➤ Innovationsprojekte

Wenn im Unternehmen neue Prozesse geschaffen oder vorhandene optimiert werden sollen, handelt es sich häufig um Innovationsprojekte. Dies führt dazu, dass Mitarbeiter angelernt und erste Hürden überwunden werden müssen.

Beispiel: In einem Unternehmen wird eine zweite Lagerhalle mit einer neuen Produktionsanlage errichtet.

➤ Akzeptanzprojekte

Zusätzlich zu Prozessen und Strukturen werden allgemeine Veränderungen durchgeführt – zum Beispiel bei kulturellen Veränderungen. Somit steht bei Akzeptanzprojekten passend zum Namen die Akzeptanz der Neuerung bei allen Beteiligten im Mittelpunkt.

Beispiel: In einem Unternehmen wird das Recht auf Homeoffice an mindestens drei Tagen der Woche eingeführt.

➤ Change-Projekte

Wenn Grundlegende Strukturen, Überzeugungen und Prozesse geändert werden sollen ist dies ein sogenanntes Change-Projekt. Dies können eine komplette Neuausrichtung des Unternehmens, Fusionen von verschiedenen Unternehmen oder Übernahmen sein.

Beispiele: Ein junges Startup wird von einem traditionsreichen Großunternehmen aufgekauft und in die vorhandenen Strukturen eingegliedert.

⁵⁹ Dr. Alexander Blumenau 2021.

2.4 Grundlagen von Vorgehensmodellen

2.4.1 Allgemein

Im Bereich der Informatik beschäftigt man sich seit geraumer Zeit mit der Beschreibung von systematischen Vorgehensweisen zur Entwicklung von Softwareanwendungen. Die resultierenden Beschreibungen sind im deutschen Sprachgebrauch unter dem Begriff „Vorgehensmodell“ oder im englischen unter „Software Process Model“ bekannt.⁶⁰

Das Thema „Vorgehensmodelle“ in der Software-Entwicklung, hat durch steigende Komplexität zu entwickelnder Software an Bedeutung gewonnen. Oftmals werden spezialisierte Vorgehensmodelle zur Lösung spezifischer Probleme definiert und auch publiziert, was wiederum zu unübersichtlichen Wachstum verfügbarer Vorgehensmodelle führt.⁶¹

Aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren bei der Erstellung bzw. Erarbeitung eines Vorgehensmodells, kann dieses niemals als ein allgemein gültiges Modell beschrieben werden. Es gibt jedoch mittlerweile einige Vorgehensmodell-Familien, von welchen alle existierenden Vorgehensmodelle abgeleitet werden können. Zur Einordnung und Definition von Vorgehensmodellen, hat die Gesellschaft für Informatik (GI) ein allgemeines Schema zur Einordnung und Definition entworfen (*siehe Abbildung 7*).⁶²

Somit teilt ein Vorgehensmodell den Softwareentwicklungsprozess in Aktivitäten und Ergebnisse auf und legt Regeln für die Abarbeitung der Aktivitäten und der entstehenden Ergebnisse fest. Die Aktivitäten und Ergebnisse entstehen dabei aus verschiedenen Tätigkeitsbereichen des Systementwicklungsprozesses. Des Weiteren werden Methoden, Werkzeuge und Rollen festgelegt, welche die Erarbeitung des Ergebnisses unterstützen bzw. verantworten.⁶²

Ein Vorgehensmodell wird somit als ein organisatorischer Rahmen, der insbesondere planerische Aktivitäten und deren Reihenfolge festlegt gesehen. Es kann als das Abbild eines realen Vorgehens betrachtet werden und hilft bei der Ordnung einer komplexen Handlungsfolge und ermöglicht somit die Wahrung des Überblickes über den Ablauf. Dies erfolgt mittels einer strukturierten Vorgehensweise zur Entwicklung komplexer Lösungen.⁶²

⁶⁰ Bunse und Knethen 2008, S. 1.

⁶¹ Bunse und Knethen 2008, S. 3–4.

⁶² Bandow 2009, S. 215.

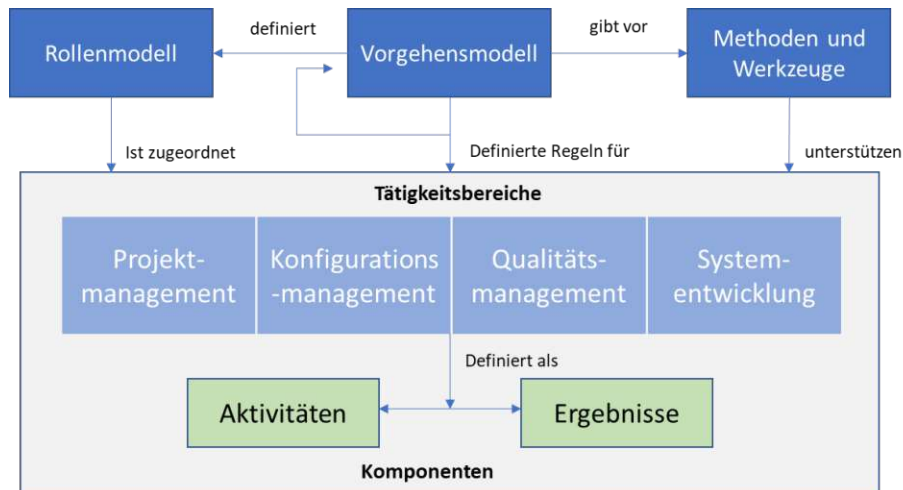


Abbildung 7 - Schema zur Einordnung von Vorgehensmodellen⁶³

2.4.2 Arten von Vorgehensmodellen

In diesem Unterkapitel sollen die gängigsten Vorgehensmodell-Familien kurz beschrieben werden, zu welchen folgende zählen:

- Die sequenziellen Vorgehensmodelle
- Die prototypischen Vorgehensmodelle
- Die wiederholenden Vorgehensmodelle
- Die wiederverwendungsorientierten Vorgehensmodelle

2.4.2.1 Sequenzielle Vorgehensmodelle

Diese Form hat ihren Ursprung im System Engineering. Typische Vertreter sind das Phasen-, Wasserfall- oder Schleifenmodell.

Modelle der Phasen-Type ordnen Aktivitäten, die bei der Entwicklung von Software durchgeführt werden müssen, bestimmten Phasen zu. Diese werden dann sequenziell hintereinander abgearbeitet, wobei für den Beginn einer folgenden Phase, die vorherige abgeschlossen sein muss. Jede Phase liefert Ergebnisse, welche in den weiteren Phasen auch weiterverarbeitet und als Meilensteine verwendet werden.⁶⁴

Im Vergleich zum Phasenmodell, können im Wasserfall- oder Schleifenmodell kontrollierte Iterationen durchgeführt werden. Das bedeutet, dass bereits abgeschlossene Entwicklungsaktivitäten unter bestimmten Bedingungen wieder durchgeführt werden dürfen (siehe Abbildung 8). Somit können beispielsweise Fehler in früheren Ergebnissen behoben werden. Je nach Ausprägung des Modells, können Rückschritte auch in weiter zurückliegende Vorgängerphasen geschehen. Sequenzielle Vorgehensmodelle betrachten Rückschritte in vorangegangene Phasen

⁶³ Bunse und Knethen 2008, S 4, Abbildung 1.

⁶⁴ Bunse und Knethen 2008, S. 4–6.

als Ausnahmefall, im Gegensatz zu den wiederholenden Vorgehensmodellen (vgl. 2.4.2.3 Wiederholende Vorgehensmodelle).⁶⁴

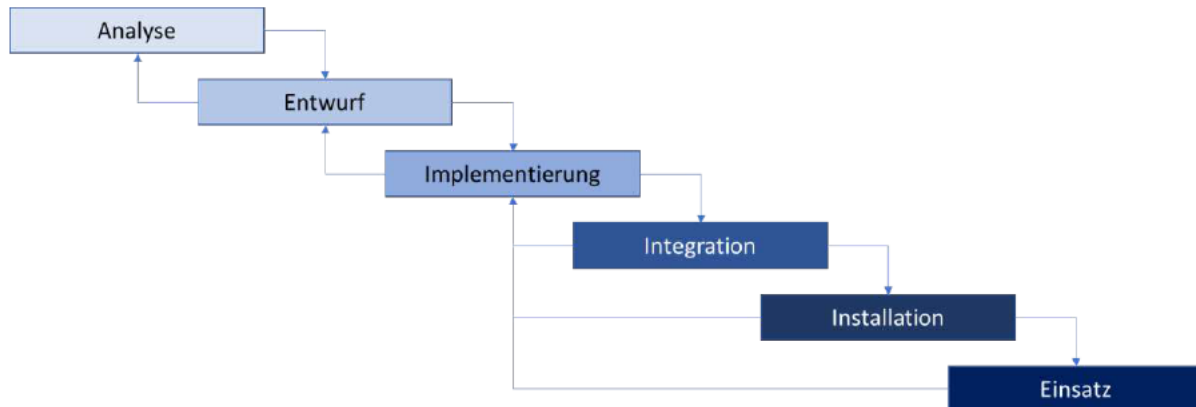


Abbildung 8 - Sechshephasiges, sequenzielles Schleifenmodell⁶⁵

Es ergeben sich diverse Vor- und Nachteile der sequenziellen Vorgehensmodelle:

Tabelle 4 - Vor- und Nachteile von sequenziellen Vorgehensmodellen⁶⁶

Vorteile	Nachteile
Bei der Integration eines Systems dieser Familie werden vergleichsweise wenige Probleme entstehen, da die Anforderungen möglichst vollständig ermittelt und dokumentiert werden und der Entwurf vollständig auf Basis der Anforderungen entsteht.	Dieses Modell sollte bei festen Auslieferungsterminen eher gemieden werden, da die Entwicklungsschritte immer vollständig durchgeführt werden und somit der Zeitplan erst spät im Projektverlauf sichtbar wird.
Es wird kein umfangreiches Versions- und Konfigurationsmanagement gefordert, da im Vergleich zu anderen Familien von Vorgehensmodellen hierbei die Anzahl der Versionen und Konfigurationen relativ gering ist.	Die Verwendung dieser Modelle setzt eine große Erfahrung in Bezug auf die verwendeten Entwicklungstechniken voraus, da das sequenzielle Abarbeiten der Phasen es schwer macht, gesammelte Erfahrungen von einer Phase im Projekt zu nutzen.
	Der sinnvolle Einsatz dieser Vorgehensmodelle kann dann geschehen, wenn die Anforderungen an das zu entwickelnde System gut verstanden werden. Diese müssen beschreibbar und möglichst stabil sein. Treten oftmalige Änderungen der Anforderungen auf, kann dies zu einer sehr lange andauernden Analysephase führen oder bei Änderungen, welche nach der Analysephase auftreten, müssen bereits fertiggestellte Ergebnisse überarbeitet werden.

⁶⁵ Bunse und Knethen 2008, S 5, Abb. 2.

⁶⁶ Bunse und Knethen 2008, S. 6–8.

2.4.2.2 Prototypische Vorgehensmodelle

Wie bereits im vorigen Abschnitt erwähnt, existieren auch sequenzielle Modelle, die zu bestimmten Zeitpunkten während der Entwicklung eines Softwaresystems kontrollierte Rückschritte und Wiederholungen vorangegangener Phasen erlauben – diese Modelle werden prototypische Vorgehensmodelle genannt.⁶⁷

Die hierfür festgelegten Zeitpunkte sind dabei definiert durch die Entwicklung von Prototypen (eingeschränkt funktionsfähige Modelle oder Versionen des umzusetzenden Systems). Die hierbei gesammelten Erfahrungen führen zur erneuten Ausführung bereits durchgeführter Phasen und womöglich auch zu Rückschritten in anderen Phasen.⁶⁷

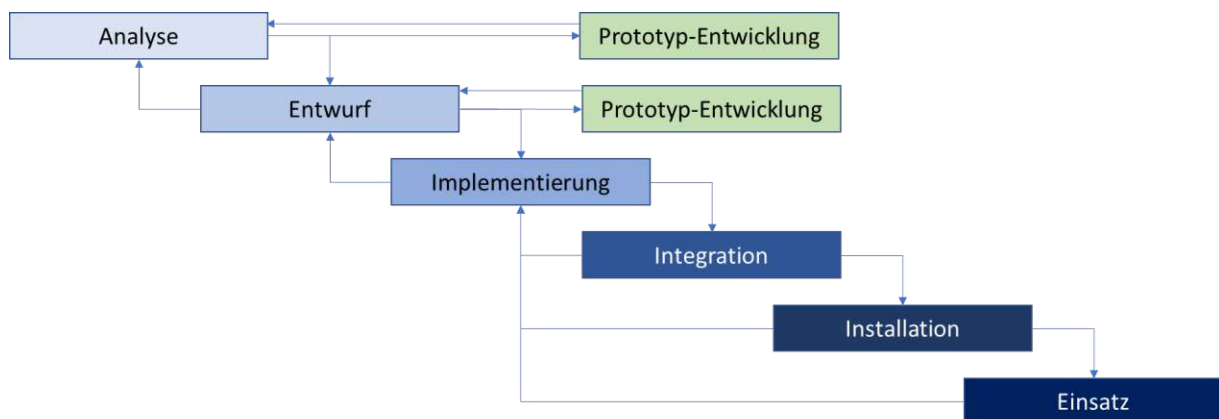


Abbildung 9 - Prototypisches Vorgehensmodell⁶⁸

Ein bekanntes Vorgehensmodell, welches die Entwicklung von Prototypen vorsieht, ist das sogenannte Spiralmodell. Es sieht ein inkrementelles Vorgehen bei der Entwicklung vor und gehört somit nicht nur zu der Familie der prototypischen, sondern auch zu den wiederholenden Vorgehensmodellen.⁶⁹

Der hier (*siehe Abbildung 9*) sichtbare Analyseprototyp, dient der Überprüfung unklarer oder schwieriger Teile der Anforderungen durch den Kunden, sehr früh im Entwicklungsprozess. Die Anforderungen werden hierbei auf Basis der mit dem Prototyp gesammelten Erkenntnisse angepasst und das System neu entwickelt. Bei dem Entwurfsprototyp hingegen liegt der Fokus bei der Überprüfung unklarer oder schwieriger Entwurfsaspekte, wie zum Beispiel der Erfüllung gewisser Performance-Anforderungen. Die Abarbeitung von Analyse- und Entwurfsprototypen sollte im Projekt sehr zügig und vor allem kostengünstig erfolgen. Hierbei kann unter anderem die Oberfläche des Systems händisch skizziert, durch eine Person simuliert oder ein ausführbarer Prototyp entwickelt werden. Letzteres ist hierbei deutlich aufwendiger und kostenintensiver als vorige Möglichkeiten.⁶⁹

⁶⁷ Bunse und Knethen 2008, S. 8.

⁶⁸ Bunse und Knethen 2008, S 8, Abbildung 3.

⁶⁹ Bunse und Knethen 2008, S. 9.

Auch bei den prototypischen Vorgehensmodellen, können diverse Vor- und Nachteile aufgezeigt werden:

Tabelle 5 - Vor- und Nachteile von prototypischen Modellen⁷⁰

Vorteile	Nachteile
Bei der Integration des Systems sollten keine Probleme entstehen, da die Anforderungen möglichst vollständig ermittelt und dokumentiert werden.	Die Verwendung ist nur sinnvoll, wenn die Erfahrungen der Anwendern mit den verwendeten Entwicklungstechniken hoch ist.
Ein Entwurfsprototyp ermöglicht frühzeitig zu überprüfen ob geforderte nicht-funktionale Anforderungen wie z.B. Qualitätsanforderungen mit der gewählten Architektur realisiert werden können und minimiert dabei das Risiko eines Projektfehlschlags.	Das sequenzielle und vollständige abarbeiten der einzelnen Phasen erschwert die Nutzung bereits gesammelter Erfahrungen im gleichen Projekt.
Es ist kein umfangreiches Versions- und Konfigurationsmanagement erforderlich, da die Anzahl an Versionen gering ist.	Es müssen die technologischen Möglichkeiten zur Realisierung von Prototypen gegeben sein.
Der Einsatz dieser Modelle ist sinnvoll, wenn die Anforderungen an das zu entwickelnde System unklar sind, da mit Hilfe des Analyseprototyps die kritischen Bereiche mit dem Kunden geklärt, präzise dokumentiert und instabile Anforderungen reduziert werden können.	Dieses Modell sollte bei festen Auslieferungsterminen, eher gemieden werden, da trotz des früh entstandenen Prototyps, die Entwicklungsschritte immer vollständig durchgeführt werden, und somit das Endergebnis erst spät im Projektverlauf sichtbar wird.
Ein prototypisches Vorgehensmodell reduziert das Risiko einer Fehlentwicklung des Vorhabens. Außerdem können mit dieser Methode, Anforderungen priorisiert und „unwichtigere“ Systemteile identifiziert werden.	

2.4.2.3 Wiederholende Vorgehensmodelle

Bei der Familie dieser Vorgehensmodelle, werden wie bei den zuvor bereits erwähnten Wasserfall- oder Schleifenmodellen, einzelne Phasen nicht rein sequenziell, sondern wiederholt durchlaufen. Unter diese Kategorie fallen alle inkrementellen, evolutionären, rekursiven und iterativen (dieses war eines der ersten Modelle dieser Familie) Vorgehensmodelle.⁷¹

Die Grundidee dieser Familie ist, dass ausgehend von einer Teilmenge aller Anforderungen für diese, alle Ergebnisse in sequenzieller Ordnung erstellt – d.h. in Inkrementen entwickelt – werden. Die Ergebnisse werden in Aktivitäten erstellt und

⁷⁰ Bunse und Knethen 2008, S. 10–11.

⁷¹ Bunse und Knethen 2008, S. 11–12.

gleichen grundsätzlich den Phasen der sequenziellen Modelle, mit dem Unterschied, dass diese zu unterschiedlichen Zeiten wiederholt werden.⁷²

Ein Inkrement besteht also aus allen Ergebnissen für die Teilmenge der Anforderungen. Alle Folgeinkremente stellen eine Erweiterung eines bereits erstellten Inkrements dar (siehe Abbildung 10). Somit endet dieser Prozess erst, wenn die Kunden, das Programm außer Betrieb nehmen.⁷²

Bei den wiederholenden Vorgehensmodellen werden die Weiterentwicklungen und Änderungen an den Systemen als natürliche Bestandteile des Modells betrachtet. Wie bei den zuvor erwähnten Familien, sind Iterationen in bereits abgearbeitete Aktivitäten möglich.⁷²

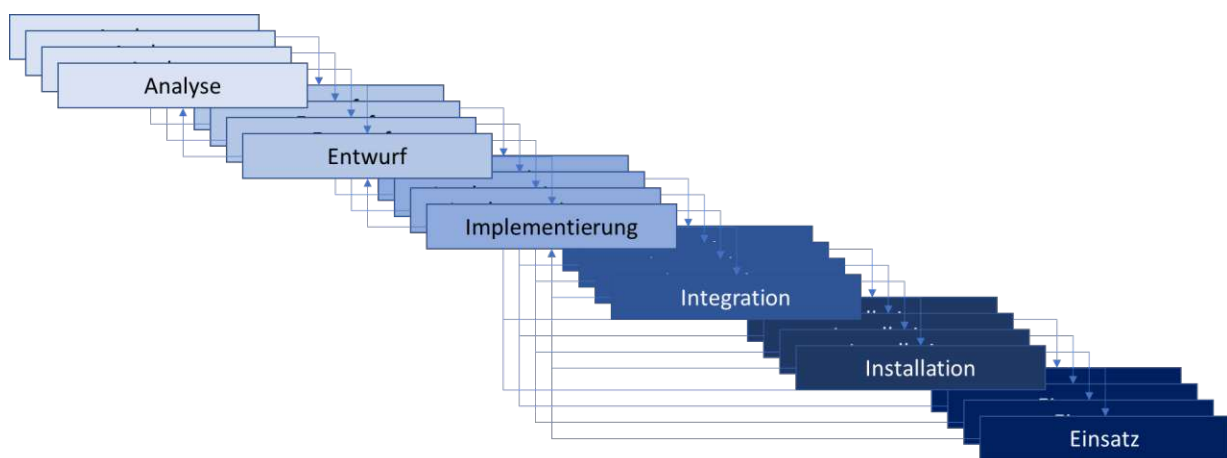


Abbildung 10 - Wiederholendes Vorgehensmodell mit 6 Aktivitäten und 4 Inkrementen⁷³

Die angesprochenen evolutionären Modelle erweitern die inkrementellen und iterativen Verbesserungsmodelle um die Möglichkeit der Risikoanalyse zur Auswahl der Anforderungen des nachfolgenden Inkrements. Somit kann auf Erkenntnisse innerhalb des Projektes dynamisch reagiert werden.⁷⁴

Eine Besonderheit dieser Vorgehensmodelle ist der Systembegriff, der hierbei verwendet wird – denn wenn von Systemen gesprochen wird, wird nicht nur das Gesamtsystem, sondern auch das Teilsystem sowie Teilsysteme des Teilsystems usw. gemeint.⁷⁴

⁷² Bunse und Knethen 2008, S. 11–12.

⁷³ Bunse und Knethen 2008, S. 12, Abb. 4.

⁷⁴ Bunse und Knethen 2008, S. 12–13.

Auch wiederholende Vorgehensmodell haben diverse Vor- und Nachteile, die im Folgenden angeführt werden:

Tabelle 6 - Vor- und Nachteile von wiederholenden Vorgehensmodellen⁷⁵

Vorteile	Nachteile
Diese Modelle können auch eingesetzt werden, wenn nur Teile der Anforderungen an das zu entwickelnde System bekannt oder auch instabil sind. Man kann hierbei mit dem stabilen und klaren Teil der Anforderungen.	Erfordern ein umfangreiches Versions- und Konfigurationsmanagement. Die Anzahl der Versionen ist hier vergleichbar hoch.
Die Modelle können auch eingesetzt werden, wenn die Erfahrung mit den verwendeten Entwicklungstechniken oder des eingesetzten Entwicklungsteams gering ist. Da mit jedem Inkrement die Erfahrung gesteigert werden kann.	Die Anwendung eines Vorgehensmodells dieser Familie erfordert, dass sich Anforderungen in Teilmengen mit möglichst wenigen Abhängigkeiten untereinander, aufteilen lassen.
Der Benutzer des Modells erlebt durch das inkrementelle Vorgehen, einen sanften Umstieg vom alten auf das neue System, da Fragmente von Systemversionen bereits angewendet werden können.	Eine Integration der unterschiedlichen Inkremente kann schwierig sein und hängt davon ab (i) wie viele Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Teilmengen der Anforderungen existieren und (ii) wie erweiterbar die Grundarchitektur des Systems ist.
Die Modelle dieser Familie reduzieren das Risiko einer Fehlentwicklung, da einzelne Inkremente bereits frühzeitig mit den Kunden besprochen werden.	
Falls das Projekt einen bestimmten Auslieferungstermin einzuhalten hat, sollten diese Vorgehensmodelle angewandt werden, da bereits fertiggestellte Inkremente ausgeliefert werden können während noch nicht beendete Inkremente in Ruhe vollendet werden können.	

2.4.2.4 Wiederverwendungsorientierten Vorgehensmodelle

Als wiederverwendungsorientierte Vorgehensmodelle, werden wiederholende Modelle verstanden, welche auf die Wiederverwendung derer Ergebnisse aus vorangegangenen Software-Entwicklungsprojekten setzen. Des Weiteren wird auf die Wiederverwendbarkeit von Ergebnissen des laufenden Software-Entwicklungsprojekts, als Basis für zukünftige Projekte geachtet (*siehe Abbildung 11*). Um den gewünschten Grad der Wiederverwendbarkeit zu erreichen, existieren verschiedene Methoden: Strukturierung der Software-Entwicklung nach den wiederverwendbaren Komponenten, Verwendung von Software-Bibliotheken oder

⁷⁵ Bunse und Knethen 2008, S. 14–15.

Entwurfsmustern, intensive Iterationsprozess-Nutzung, um innerhalb des Projektes zu lernen und Erfahrungen aufzuarbeiten usw.⁷⁶

Je nach konkretem Vorgehensmodell kann die Aufbereitung der sogenannten Wiederverwendungskandidaten und deren Ablage in der Bibliothek, im konkreten Projekt oder außerhalb erfolgen. Das heißt, es könnte auch eine separate Abteilung mit der Aufbereitung der Wiederverwendungsoptionen beauftragt werden, um die konkreten Projekte zu entlasten und die Qualität der Bibliothek zu gewährleisten.⁷⁶

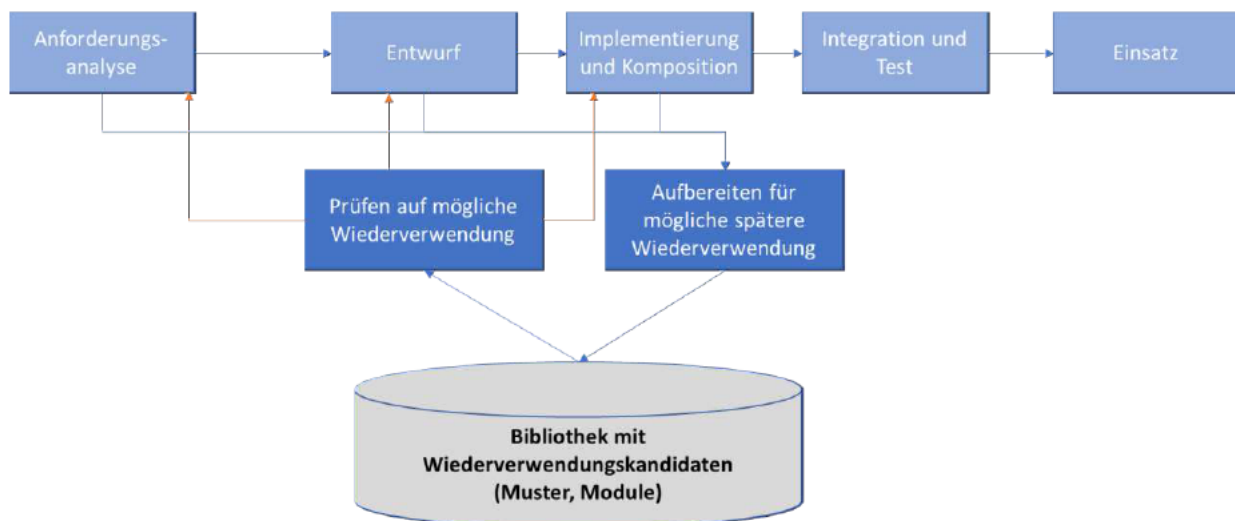


Abbildung 11 - Wiederverwendungsorientiertes Vorgehensmodell⁷⁷

Auch in der Familie der wiederverwendungsorientierten Vorgehensmodelle, können Vor- und Nachteile wie folgt identifiziert werden:

Tabelle 7 - Vor- und Nachteile wiederverwendungsorientierter Modelle⁷⁸

Vorteile	Nachteile
Durch den Einsatz von Ergebnissen aus vorangegangenen Projekten können Erfahrungen wiederverwendet und Fehler bei der Software-Entwicklung vermieden werden. Prototypen können somit leichter bereitgestellt werden.	Die Integration des Systems wird umständlicher, da wiederverwendete Ergebnisse aus vorangegangenen Projekten mehr oder weniger als benötigt Funktionalitäten bereitstellen. Somit passen wiederverwendbare Ergebnisse nicht immer umfänglich und müssen noch angepasst werden, was wiederum die Komplexität des Systems erhöht.
Die Anwendung von Mustern auf Anforderungs-, Architektur-, Entwurf- und Codeebene können spätere Änderungen leichter unterstützt und Aufwände für den Systemtest reduziert werden.	Erfordern ein umfangreiches Versions- und Konfigurationsmanagement, nicht nur innerhalb des Projektes sondern auch Projektübergreifend. Die Anzahl der Versionen ist hier vergleichbar hoch.

⁷⁶ Bunse und Knethen 2008, S. 16.

⁷⁷ Bunse und Knethen 2008, S 16, Abb. 6.

⁷⁸ Bunse und Knethen 2008, S. 17–18.

Vorteile	Nachteile
Der Einsatz dieser Modelle bietet sich vor allem dann an, wenn im Unternehmen bereits ähnliche Systeme entwickelt werden.	Die Modelle benötigen eine Reihe von unterstützenden Unternehmensprozessen, welche die wiederverwendbaren Ergebnisse zu Wiederaufbereitungskandidaten aufbereiten und die Qualität sicherstellt.
Wenn die Wiederverwendung von Ergebnissen vorangegangener Projekte durchgeführt wird, können Kosten gespart werden.	Die Verwendung ist nur sinnvoll, wenn die Erfahrungen der Anwendern mit den verwendeten Entwicklungstechniken hoch sind.
	Die Bereitstellung von Wiederverwendungskandidaten führt meistens zu zusätzlichen Kosten im Projekt.

3 State-of-the-Art Recherche

In diesem Abschnitt der Arbeit, soll die Systematische Literaturrecherche durchgeführt und dokumentiert werden, um folgende Aufgabe (*siehe 1.3 Arbeitspakete*) zu erfüllen.

Teil 1: Systematische Literaturrecherche

- Recherche zu bereits vorhandenen Methoden zur quantitativen & qualitativen Bewertung von Projekten in einem produzierenden Industrieunternehmen zur Erleichterung der Investitionsentscheidung.

3.1 Durchführung der Systematischen Literaturrecherche

In diesem Abschnitt soll nun, die zuvor in der Theorie erläuterte Methode der systematischen Literaturrecherche angewandt werden, um die bereits vorhandenen Methoden zur quantitativen und qualitativen Bewertung von Projekten in einem produzierenden Industrieunternehmen zur Erleichterung der Investitionsentscheidung zu definieren.

Zu Beginn der Recherche wurden die Suchmaschinen „*Scopus*“, „*Sciencedirect*“ und „*Google Scholar*“ ausgesucht, da diese erfahrungsgemäß den gewünschten wissenschaftlichen Bereich abdecken.

Bei einer ersten ungerichteten Suche nach Schlagworten wie „*digitalisation*“ und „*project investment*“, „*project selection*“ wurden bereits mehrere tausende bzw. zehntausende Resultate erzielt. Deswegen war es natürlich von Notwendigkeit die Suche spezifischer zu gestalten. Da bei einer ersten detaillierteren Suche und dem Nutzen von Wortkombinationen jedoch festgestellt werden konnte, dass hier recht wenige Veröffentlichungen (jeweils <100 Stück pro Suche) im Bereich der Priorisierung von Digitalisierungsprojekten in Unternehmen vorhanden waren, wurde auf eine zu kritische Bildung von Ein- und Ausschlusskriterien verzichtet.

Die Verfeinerung der Suche, zur Eingrenzung der relevanten Themenfelder und Kategorien wurde mittels der Bildung von Unterkategorien erreicht. Das Ziel der Unterkategorien war es, die durch die Suche erhaltenen Dokumente, thematisch zu eben diesen Kategorien zuteilen zu können.

Wenn es möglich war die Dokumente, zu mindestens zwei Kategorien zuzuordnen, wurden sie als relevante Literatur eingestuft und anschließend weiterbearbeitet. Wenn keine Zuordnung zu diesen Themen möglich war, wurde jenes Dokument nicht für die Ergebnisse dieser Arbeit herangezogen.

Somit wurde eine grobe Vorgabe für die Ergebniseingrenzung, wie in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt, vorgegeben:

Tabelle 8 - Ausschlusskriterien der Literaturrecherche

Bildung der Ein- & Ausschlusskriterien	
Titel oder Abstract:	Wenn fehlende Relevanz erkennbar
Jahr	2012 – 2022
Länder/Gebiete	Weltweit
Fachgebiete (Subject Areas)	Engineering, Business – Management & Accounting, Computer Science, Decision Sciences, Economics Econometrics and Finance
Sprache	Deutsch, Englisch
Themenbezug:	Muss einer Unterkategorie zuordenbar sein

Tabelle 9 - Unterkategorien für die Literaturrecherche

Bildung thematischer Unterkategorien	
Unterkategorie 1	Projekte in Verbindung mit Digitalisierung z.B. Digitalisierungsprojekte, IT-Projekte
Unterkategorie 2	Industriezugehörigkeit z.B. produzierende Unternehmen, metallverarbeitende Industrie
Unterkategorie 3	Entscheidungsunterstützung & Auswahlhilfe für Investment bzw. Einführung

Im Anschluss an die Definition der Suchkriterien, konnte eine Liste mit zu suchenden Schlagwörtern, sowie deren Kombinationen erstellt und die Suche damit gestartet werden.

Die Literaturrecherche erfolgte erstmals zu Anfang der Masterarbeitsthemenfindung im Jahr 2021 in unstrukturierter Form, sowie nochmals in KW12 im Jahr 2022, um die aktuellen Methoden in dem Bereich abdecken zu können. Die Datenbankabfragen wurden in Microsoft Word in einer zuvor definierten Form dokumentiert und im Anhang angefügt. (siehe 7.1 - Literaturrecherche Datenbankabrufe)

Nach jeweils 15 verschieden durchgeführten Abfragen über die Suchmaschinen „Scopus“, „Sciedirect“ und „Google Scholar“ standen 7.025 Ergebnisse zu Buche, wobei nach Anwendung der Ausschlusskriterien vorübergehend 5.053 Titel als grob relevant klassifiziert werden konnten.

Im weiteren Schritt wurden die jeweiligen Titel der Veröffentlichungen gesichtet, wobei die relevanten Arbeiten hier nochmals auf 48 eingegrenzt werden konnten. Um die große Anzahl an relevanten Titeln weiter eingrenzen zu können, wurden die Abstracts, der für relevant befundenen Titel analysiert und wiederum mittels der zuvor

festgelegten Ausschlusskriterien bewertet. So konnten weitere Veröffentlichungen aus der Liste gestrichen und zu 26 verbliebenen Arbeiten zusammengefasst werden. *[Anm.: Bei den Abfragen, welche explizit nur in der Suchmaschine „Google Scholar“ (siehe 7.1- Literaturrecherche Datenbankabrufe – Abfragen Nummer 14 &15) durchgeführt wurden, wurden wegen der geringen Filtermöglichkeit und der hohen Anzahl an Treffern, nur die ersten 10 Seiten mit jeweils 10 Treffern pro Seite, durchsucht und nach möglichen relevanten Titeln gesichtet.]*

Um die gewünschte Information zur Erfüllung der gesetzten Aufgabenstellung zu erhalten, wurden (falls möglich) die für relevant befundenen Dokumente, den in Tabelle 9 angeführten Unterkategorien zugeordnet. Wenn zumindest zwei der Unterkategorien im selben Dokument behandelt wurden, konnte das betroffene Dokument als relevant eingegliedert und somit eine letzte Aussortierung durchgeführt werden. So war es möglich, die benötigten Informationen schnell und genau nach Bedarf zu extrahieren und die relevanten Arbeiten in diesem Themenbereich zu identifizieren.

Legende:

- = wird behandelt
- = wird teils behandelt
- = wird nicht behandelt
- D = Digitalisierungsprojekt
- I = IT-Projekt
- P = Produktionsunternehmen
- M = Metallverarbeitende Industrie

Tabelle 10 - Literaturanalyse mittels Unterkategorien

Literatur	UK 1		UK 2		UK 3
	D	I	P	M	E
Diaz et al. 2020	●		●	●	●
Demircan Keskin F. 2020	●				●
Joppen et al. 2019	●		●		●
Fähnle et al. 2018	●		●		●
Sinsel et al. 2017		●	●		
Pschybilla et al. 2019	●		●		●
Neumeier A. 2017	●		●		●
Hufnagl et al. 2021		○			
Volk et al. 2021					○
Jafarzadeh et al. 2022		○			●
Park C. und Kim M. 2021		○			
Marciniak et al. 2020		○			

Literatur	UK 1		UK 2		UK 3
	D	I	P	M	E
Grekul et al. 2019		○			●
Pendharkar, P.C. 2014	●				○
Frączkowski et al. 2018	○				○
Idler B. und Spang K. 2018	○				
Bogodistov et al. 2019	○				
Kohl et al. 2019	○				○
Müller et al. 2019	○		○		
Rumphorst K. 2018	○		○		
Börkircher et al. 2021	○		○		
Dreyer et al. 2022			○		○
Khomenko V.V und Ruzhnikov E.A. 2019					
Alsufyani N. und Gill A.Q. 2022					

Wie in Tabelle 10 ersichtlich, ergab die Literaturanalyse mittels der Unterkategorien, 7 relevante Veröffentlichungen, die sich im weitesten Sinn mit einer Auswahl oder Priorisierung von Digitalisierungsprojekten beschäftigen. Weitere 14 Dokumente, konnten als teilweise relevant eingestuft werden und werden somit in der Beschreibung der Lösungsansätze nur als ergänzende Information, wenn benötigt, verwendet. Zwei Veröffentlichungen wurden nach der Sondierung als nicht relevant eingestuft und 3 Weitere konnten nicht beurteilt werden, da der Zugriff auf die Veröffentlichungen nicht möglich war.

3.2 Existierende Lösungsansätze für die Problemstellung

In der Literatur mangelt es noch an bewährten Methoden zur Bewertung des Wertbeitrags von Digitalisierungsprojekten für produzierende Unternehmen. In der Vergangenheit wurden zwar bereits mehrere Ansätze zur Bewertung und Priorisierung von Projekten im Bereich der Informationstechnologie (IT) entwickelt, doch eine Vielzahl dieser Artikel basiert auf traditionellen Methoden der Finanzanalyse und beschreibt nicht die komplexen Zusammenhänge, welche bei der Evaluierung von Digitalisierungsprojekten zu beachten ist.

Neumeier A. (2017) hat auf Grundlage einer Analyse der digitalen Werttreiber in den Dimensionen Infrastruktur, Anwendungssystem und Services, Geschäftsprozesse, Geschäftsmodell und Kunde zwei generische Werttreiber Effizienz (für die interne Perspektive) sowie Kundenerlebnis (für die externe Perspektive) für die Beurteilung potenzieller Digitalisierungsmaßnahmen in Dienstleistungsunternehmen abgeleitet.

Das Bewertungsschema, basiert auf einer Skala mit drei Bewertungsstufen (gering, mittel, hoch) und erlaubt eine vereinfachte Experteneinschätzung der Potenziale ohne die Notwendigkeit einer komplexen, tiefergehenden Quantifizierung. Somit erhalten Entscheider im Unternehmen eine pragmatische, qualitative Bewertungsmöglichkeit einzelner Digitalisierungsprojekte. Die beiden beschriebenen Werttreiber können jedoch nicht ohne Einschränkungen auf andere Branchen übertragen werden. Insbesondere der Werttreiber Kundenerlebnis ist beispielsweise nur begrenzt im Bereich B2B einsetzbar, da hier kein direkter Endkundenkontakt vorliegt.⁷⁹

Sinsel et al. (2017) stellen eine Methodik und deren Softwareunterstützung vor, welche erlaubt eine fallspezifische Analyse zur vorausschauenden Bewertung von Digitalisierungsmaßnahmen durchzuführen. Es wurde hierbei eine Kosten-Nutzen-Analyse beschrieben, welche durch eine Software zur Strukturierung der monetären Bewertung unterstützt wird und drei Phasen umfasst: Selektion relevanter Wirkbereiche und Kostenarten, Abschätzung beeinflusster Wirkbereiche und Kostenarten sowie der Ermittlung der Höhe möglicher Einsparpotentiale.⁸⁰ Die vorgestellte Methode beschreibt jedoch nicht explizit eine mehrdimensionale Auswahlhilfe für Digitalisierungsprojekte dar, sondern eine monetäre Bewertung von IT-Investitionen.

Pschybilla et al. (2019) entwickelten ein Vorgehensmodell, welches Unternehmen die Möglichkeit bietet, Digitalisierungsprojekte entlang ihrer gesamten Prozesskette zu bewerten, gegenüberzustellen und darauf aufbauend zu priorisieren. Das Vorgehensmodell bietet den Anwendern, Bausteine entlang von vier Phasen für die Betrachtung von Digitalisierungsprojekten welche bedarfsorientiert angepasst und adaptiert werden können. Bei der Adaption des Modells ist jedoch zu beachten, dass sich Anwender im Vorfeld Gedanken machen müssen, welche Prozesse in die Betrachtung einfließen, anhand welcher übergreifenden Zielgrößen und Hilfsvariablen priorisiert werden soll und wie Abhängigkeiten sowie Risiken die Bewertung beeinflussen.⁸¹

In ihrer Arbeit beschreiben Joppen et al (2022) ein systematisches Vorgehen, bestehend aus 5 Elementen, zur Bewertung von Industrie 4.0-Anwendungen in der Produktion vor. Es stellt die auszuführenden Tätigkeiten, die zu verwendenden Werkzeuge und die Ergebnisse in einen zeitlichen Zusammenhang. Das zentrale Ziel der Methodik ist es, Transparenz über den Bewertungsprozess einer Investition in eine Industrie 4.0-Anwendung in der Produktion zu schaffen.⁸²

⁷⁹ Neumeier 2017.

⁸⁰ Sinsel et al. 2017.

⁸¹ Pschybilla et al. 2019.

⁸² Joppen et al. 2022.

Diaz et al. (2020) stellen in ihrer Arbeit ein Rahmenwerk vor, welches die Investitionsrisiken von Digitalisierungsprogrammen im militärischen Schiffbau im Hinblick auf Kosten-Nutzen-Abwägungen untersucht. Der Ansatz nutzt ein künstliches neuronales Netzwerk, um die Vorteile und Risiken eines Projekts zu quantifizieren, während die Auswirkungen betrieblicher Restriktionen mit Hilfe einer Szenarioanalyse quantifiziert werden. Mit Hilfe eines Monte-Carlo-Modells werden Datenproben erzeugt, welche die Anwendung des Neuronalen Netzes unterstützen. Auf diese Weise können die Prinzipien der Portfoliomanagement-Theorie genutzt werden, um die Leistungsfähigkeit des Digitalisierungsportfolios zu ermitteln und zu bewerten.⁸³

Das von Fähnle et al. (2018) entwickelte betriebswirtschaftliche Model, befasst sich mit der Entscheidungsunterstützung zur langfristigen Maximierung des Unternehmenswertes bei der Durchführung von IoT-Investitionen (Internet-of-Things) in Produktionsunternehmen. Das Entscheidungsmodell verplant IoT-Projekte für mehrere Planungszeiträume und berücksichtigt sowohl monetäre als auch monetarisierte Projekteffekte in Einklang mit den Prinzipien des wertorientierten Managements und der Auswahl von Projektportfolios und ermittelt darauf aufbauend die Projektreihenfolge mit dem höchsten Wertbeitrag. Das Entscheidungsmodell betrachtet nur einen einzigen Produktionsprozess mit mehreren Produktoutputs und kann daher nicht auf andere Arten von Geschäftsprozessen angewendet werden.⁸⁴

In einer Studie von Demircan Keskin (2019) wird ein Auswahlverfahren für ein Industrie 4.0-Projektportfolio mit einem integrierten Ansatz in einer unscharfen Umgebung behandelt, um Unsicherheiten im Entscheidungsprozess zu reflektieren. Zur Lösung dieses Problems wird eine zweistufige Methodik vorgeschlagen. Die erste Stufe umfasst die Bestimmung der Hauptkriterien und Unterkriterien, die bei der Auswahl des Industrie 4.0-Projektportfolios verwendet werden sollen. Darauf folgend werden die Wichtigkeitsgrade der Kriterien unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren berechnet, um anschließend die Projektalternativen anhand dieser Kriterien zu bewerten.⁸⁵

Das vorliegende Kapitel hat bestehende Ansätze für die Bewertung und Priorisierung von Digitalisierungs- beziehungsweise IT-Projekten aufgezeigt. Keiner der beschriebenen Ansätze ist jedoch ausreichend in der Lage alle abgeleiteten Anforderungen aus der Praxis abzubilden bzw. die Entscheidungshilfe mit einer vertretbaren Komplexität durchzuführen oder zu reduzieren.

⁸³ Diaz et al. 2020.

⁸⁴ Fähnle et al. 2018.

⁸⁵ Demircan Keskin 2020.

4 Entwicklung des Vorgehensmodells

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des Vorgehensmodells dokumentiert. Die Inhalte dieses Kapitels, sollen den zweiten Unterpunkt aus dem 1. Teil, den gesamten 2. Teil und den ersten Unterpunkt aus dem 3. Teil des unter *1.3 Arbeitspakete* festgelegten Vorgehens beinhalten:

Teil 1: Systematische Literaturrecherche

- Identifizieren und Sammeln von Kennzahlen welche zur durchgängigen Bewertung von Projekten in unterschiedlichen Unternehmensbereichen nötig sind.

Teil 2: Erstellen der Bewertungsmethodik

- Festlegen von geeigneten Gliederungsebenen und deren benötigte Quantität, um eine konsequente, vergleichbare und transparente Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu ermöglichen.
- Gewichten der einzelnen Kategorien und Kennzahlen untereinander.
- Identifizieren von Gesichtspunkten zur Gliederung der zuvor festgelegten Kategorien.
- Identifizieren und Bewerten des Projekteinflusses auf das Unternehmen.
- Definition eines Vorgehensmodells zur Anwendung des Bewertungsmethodik in produzierenden Industrieunternehmen.

Teil 3: Praktische Anwendung der Forschungserkenntnisse

- Validierung geeigneter Ebenen des Vorgehensmodells, mittels zur Verfügung gestellter Unternehmensdaten

4.1 Erhebung digitaler Reife

4.1.1 Allgemein

Digitale Neuerungen wie das mobile Internet, soziale Medien oder Online-Einkäufe sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Man kann mit Sicherheit sagen, dass sich kaum etwas in den letzten Jahren prägender auf unsere Gesellschaft ausgewirkt hat als die Digitalisierung. Inzwischen wird auch das Wirtschaftsgeschehen durch die voranschreitende digitale Transformation grundlegend beeinflusst und verändert. Umso wichtiger wird es für Unternehmen, neue Technologien und digitale Trends nicht nur zu erkennen, sondern diese auch für das Unternehmen nutzbar zu machen. Mit Hilfe von digitalen Technologien erschließen sich den Unternehmen dabei zahlreiche Möglichkeiten, um neue Kundengruppen zu generieren, die

Unternehmensorganisation und Produktionsabläufe effizienter zu gestalten oder die Produktions- und Lieferketten zu optimieren.⁸⁶

Wie von Lassnig (2020) empfohlen, können bei der Erarbeitung der Digitalisierungsstrategie unter der Zielsetzung „Bilden Sie ein Bewusstsein für den Stand der Digitalisierung in Ihrem Unternehmen und Ihrem Marktumfeld“ folgende Fragestellungen abgearbeitet werden⁸⁷:

- *Wo steht Ihr Unternehmen aktuell?*
- *Welche digitale Infrastruktur, die Sie ausbauen können, ist schon vorhanden? Wo müssen oder können Sie neu ansetzen?*
- *Welche Abläufe sind zentral für Ihre Geschäftstätigkeit?*
- *Welche Art von Technologien gibt es und wie können diese in Zukunft Ihr Unternehmen beeinflussen?*

Um die Bereitschaft eines Unternehmens quantifizieren zu können, wird hierbei die „Digital Readiness“ herangezogen. Diese beschreibt, in welchem Maß ein Unternehmen für die Digitalisierung gewappnet bzw. bereit ist. Gleichzeitig ist sie auch ein Maß für die Vergleichbarkeit der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Firmen. Wie hoch die Bereitschaft ist, wird durch den „Digital Readiness Index“ angegeben. Wörtlich kann der Begriff mit „Kennzahl der digitalen Bereitschaft“ übersetzt werden, wobei sich im Deutschen Sprachgebrauch eher die Bezeichnung „digitaler Reifegrad“ wiederfindet. Manchmal ist auch von „Digital Maturity“ (*englisch: digitale Reife*) die Rede. Meistens werden die Begriffe synonym verwendet.⁸⁸

Zum digitalen Reifegrad zählt zum Beispiel, inwiefern Technologien oder digitale Workflows im Unternehmen bereitstehen. Doch auch die digitale Kompetenz der Mitarbeiter und die strategische Ausrichtung trägt entscheidend zur Digital Readiness bei. Je stärker alle Bereiche in einem Unternehmen aufgestellt sind, desto höher ist die Digitale Readiness beziehungsweise der digitale Reifegrad.

Um Entwicklungspotenziale im Unternehmen zu bestimmen und somit Teil der digitalen Revolution sein zu können, müssen Unternehmer zunächst den Ist-Stand ihrer Firma kennen. Hierbei ist es aber wichtig zu beachten, dass die Digitalisierung innerhalb der einzelnen Arbeitsbereiche unterschiedlich weit vorangeschritten sein kann. Beispielsweise kann die Vertriebs-Abteilung bereits seit längerem auf Online-Tools setzen und die Digitalisierung der Produktion hingegen noch am Anfang stehen, oder umgekehrt.^{88 89}

⁸⁶ Lassnig 2020, S. 3.

⁸⁷ Lassnig 2020, S. 4.

⁸⁸ Digital X 2021b.

⁸⁹ Innolytics AG 2022.

Durch das Aufschieben oder Aussetzen von notwendigen Digitalisierungsprojekten können aufgrund der potenziell disruptiven⁹⁰ Natur der digitalen Transformation weitreichende Folgen für die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens entstehen. Oftmals besteht die Fehleinschätzung, dass zwingend große Investitionen durchgeführt werden müssen. Diese Annahme stammt aus der Einschätzung, dass das Unternehmen vollständig digitalisiert, automatisiert oder sogar zum „Digital-Leader“ der Branche aufgebaut werden müsse, um einen Vorteil aus Digitalisierungsprojekten zu erzielen. Jedoch können auch bereits kleine, gezielte Investitionen, wie beispielsweise in den Aufbau und Betrieb eines automatisierten Informationsaustauschs, einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil bringen, soweit sie im Kontext einer umfassenden und langfristig angelegten Digitalisierungsstrategie getätigt werden. Deswegen sollen auch kleine Investitionen durchgeführt, der digitale Reifegrad des Unternehmens schrittweise gesteigert und somit das Risiko von überraschenden disruptiven Veränderungen im Wirtschaftsgeschehen gesenkt werden.⁹¹

Die Bewertung des digitalen Reifegrades ist für Produktionsunternehmen zu Beginn der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten von zentraler Bedeutung. Es gibt mehrere Tools zur Erfassung der digitalen Reife und digitalen Bereitschaft von Unternehmen. Die Anwendung solcher Tools erwies sich bereits als effektiv, da sie den Unternehmen ermöglicht, systematisch über ihr digitales Niveau, ihre Stärken und Schwächen sowie den zu berücksichtigenden Potenzialen und Herausforderungen vor der Umsetzung der Digitalisierungsprojekte nachzudenken.⁹²

4.1.2 Vorgehen

Mit den Erkenntnissen und Entwicklungen aus dem vorigen Abschnitt, ergab sich die Erforderlichkeit zur Integration der Erhebung der Digital Readiness bzw. des digitalen Reifegrades in das Vorgehensmodell zur Bewertung und Priorisierung von Digitalisierungsprojekten. Da sich mit der Darstellung des Reifegrades bereits Handlungsfelder und Restriktionen bei der Einführung von Digitalisierungsprojekten ableiten lassen, wurde diese Methode als erste Stufe für das Vorgehensmodell ausgewählt.

Es existieren bereits eine Vielzahl an unterschiedlichen Reifegradmodellen, mit denen sich einzelne Einheiten einer Organisation bewerten lassen. Ziel der Modelle ist es,

⁹⁰ Der Begriff „Disruption“ leitet sich von dem englischen Wort „disrupt“ (also „zerstören“, „unterbrechen“) ab. Damit ist ein Prozess gemeint, bei dem ein gesamter Markt durch eine stark wachsende Innovation abgelöst beziehungsweise „zerschlagen“ wird. Vgl. Döring 2020.

⁹¹ Lassnig 2020, S. 5.

⁹² Brozzi et al. 2021.

langfristig vorhandene Strukturen strategisch und agil zu verbessern, damit eine digitale Transformation erfolgreich durchgeführt werden kann.^{93 94}

Die existierenden Ansätze zur Erhebung des digitalen Reifegrades, orientieren sich zumeist an einer 4- bis 6-stufigen Skala, welche verschiedene Dimensionen (z.B: Produktion, Mitarbeiter, Strategie, Produkte, etc.) des Unternehmens betrachtet und anhand von spezifischen Fragen und Aussagen zu diesen Themengebieten beantworten lassen.

In der nachfolgenden Tabelle ist ein Überblick über einige ausgewählte digitale Reifegradmodelle und deren wichtigsten Eigenschaften gegeben:

⁹³ Digital X 2021a.

⁹⁴ Digital X 2021b.

Tabelle 11 - Überblick über ausgewählte digitale Reifegradmodelle⁹⁵

Nr.	Autor	Thema	Herkunft	Design	Transfer	Inhalt	Reifegradstufen
1	Berghaus/ Back/ Kaltenrieder (2017)	Digitale Transformation im Unternehmen	Wissenschaft und Beratung	Anwendung eines Modells und Darstellung der Ergebnisse	Standardisierte Online- Fragebogen (Berghaus/Back/ Kaltenrieder 2017, S. 8-9)	9 Dimensionen: Customer Experience, Produktinnovation, Strategie, Organisation, Prozessdigitalisierung, Zusammenarbeit, Informationstechnologie, Kultur und Expertise, Transformationsmanagement (Berghaus/Back/Kaltenrieder 2017 S. 8)	5 Reifegrade mit Zwischenstufen ohne Namen (Berghaus/Back/ Kaltenrieder 2017, S. 18)
2	BMWi (2018)	Digitalisierung deutscher Unternehmen	Politik	Anwendung eines Modells und Darstellung der Ergebnisse	Computer- gestützte Telefon- befragung mit standardisiertem Fragebogen (BMWi 2018, S. 74)	3 Dimensionen: Einfluss der Digitalisierung auf den Geschäftserfolg, digitale Durchdringung unternehmensinterner Prozesse und Arbeitsabläufe, Nutzungsintensität digitaler Technologien und Dienste (BMWi 2018, S. 75)	5 Reifegrade: Digitale Nachzügler, Digitale Anfänger, Digitales Mittelfeld, digital Fortgeschrittene, digitale Vorreiter (BMWi 2018, S. 6-7)
3	BSP (2016)	Digitalisierung im Mittelstand	Politik	Anwendung eines Modells und Darstellung der Ergebnisse	Standardisierter Online- Fragebogen (BSP 2016, S.10)	6 Dimensionen: Mitarbeiter, Kultur, Technologie, Kundenerlebnis, Leadership, Strategie (BSP 2016, S. 6-8)	4 Reifegrade: Digitaler Anfänger, Digitaler Intermediär, Digitaler Fortgeschrittener, Digitaler Experte (BSP 2016, S. 8-9)

⁹⁵ Homann 2019, S. 77–78.

Nr.	Autor	Thema	Herkunft	Design	Transfer	Inhalt	Reifegradstufen
4	Egeli (2016)	Mobile Business	Wissenschaft	Entwicklung eines Modells nach Becker/Knackstedt/Pöppelbuß (2009) wie Neff u.a. (2014)	Standardisierter Excel-basierter Fragebogen (Egeli 2016, S. 100)	10 Dimensionen: Bedeutung, Organisation, Performance Management, Kundenprozesse, Mitarbeiterprozesse, Durchgängigkeit, technische Umsetzung, Sicherheitsmechanismen, Kompetenzen, Anwenderakzeptanz (Egeli 2016, S. 61)	5 Reifegradstufen: geringe Mobilität, reaktive Mobilität, situative Mobilität, strategische Mobilität, integrale Mobilität (Egeli 2016, S. 96)
5	Jüngst (2016)	Digitale Kundeninteraktion im Internet	Wissenschaft	Entwicklung eines Modells nach Becker/Knackstedt/Pöppelbuß (2009)	Kriterienkatalog (Jüngst 2016, S. 194)	3 Domänen mit verschiedenen Bewertungsbereichen: Digitale Kommunikation und Interaktion, Unternehmen und Prozesse, Technologie und Daten (Jüngst 2016, S. 124-187)	4 Reifegrade: Information, Kommunikation, Interaktion, Integration, Innovation (Jüngst 2016, S. 122-123)
6	Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Kaiserslautern (2018)	Digitalisierung im Mittelstand	Politik	Vorstellung eines Modells	Standardisierter Online-Fragebogen (Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2018, S. 2)	5 Dimensionen: Strategie, Technologie, Produkte und Dienstleistungen, Organisation und Prozesse, Mitarbeiter (Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2018, S. 2)	6 Reifegrade: Erkunder, Einsteiger, Fortgeschrittener, Experte, Vorreiter (Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2018, S. 3)

Nach der Sichtung und dem Zusammentragen diverser Reifegradmodelle, wurde eine Liste mit 10 Dimensionen und weit über 50 möglichen Fragestellungen zusammengetragen.^{95 96 97}

Bei der weiteren Bearbeitung der vorliegenden Masterarbeit war es wegen der weitreichenden Beeinflussung vieler Unternehmensbereiche im Zuge der Digitalisierung nötig, eine Abgrenzung des Themengebietes zu setzen.⁹⁸ Das entwickelte Vorgehensmodell, richtet sich demnach an Unternehmen welche folgende Charakteristika bzw. Anforderungen erfüllen:

- Produzierende Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau
- Hauptfokus auf die metallverarbeitende Industrie erwünscht
- Hauseigene Produktion
- Kein Dienstleistungsunternehmen
- Umfassender Einblick in das verfügbare Projektportfolio
- Schwierigkeiten in der Evaluierung bzw. Entscheidungsfindung in Projekten

Mit dieser Eingrenzung, wurden in einer 3-stündigen Befragung mit zwei Experten bei Fraunhofer Austria, die möglichen Dimensionen und Fragestellungen zur Erhebung der digitalen Reife für das Vorgehensmodell, auf 3 übergeordnete Dimensionen und 29 grundlegende Fragestellungen heruntergebrochen und in Excel in einer Tabelle implementiert. Der Konsens wurde erreicht, in dem zu jeder gegebenen Dimension die Fragestellung nach der Eignung für das Vorgehensmodell und für die Einführung von Digitalisierungsprojekten gestellt wurde. Hierbei wurde auch auf die Erkenntnisse einer Studie Bezug genommen, in der von den wesentlichen Herausforderungen bei der digitalen Transformation berichtet wurde. Es wurden die hohen Kosten von Digitalisierungsprojekten, gefolgt von dem bei Projektstart eingangs niedrigem Digitalisierungsgrad vieler Unternehmen, sowie dem Widerstand der Mitarbeiter gegen Veränderungen.⁹⁹

Die somit resultierenden Dimensionen sind: Produktion, Strategie und Mitarbeiter, welche nun beschrieben werden sollen.

- *Produktion/Technologien*¹⁰⁰: Unter dieser Dimension wird der Einsatz und das Verständnis innovativer digitaler Technologien verstanden. Vor allem sind die im Unternehmen bereits vorhandenen oder noch aufzubauenden Kompetenzen und Infrastrukturen von Interesse, da diese das professionelle Bewerten, Etablieren und Einsetzen neuer Technologien ermöglichen. Im Mittelpunkt der technologischen Digitalisierung steht die IT eines jeden Unternehmens. Sie

⁹⁶ Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2019.

⁹⁷ Leitfaden Industrie 4.0 2015.

⁹⁸ Wagner 2018, S. 16–17.

⁹⁹ Mitrofanova et al. 2021.

¹⁰⁰ Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2019, S. 7.

erfüllt die Aufgabe als Systemadministrator und Verwaltungseinheit und liefert Denkstöße und Impulse für neue digitale Technologien.

- *Mitarbeiter*¹⁰⁰: Auch in Zeiten der Digitalisierung ist die Belegschaft eines Unternehmens maßgeblich mitverantwortlich für den Erfolg oder Misserfolg eines Veränderungsprozesses und muss daher explizit betrachtet werden. Im Hinblick auf die digitale Transformation ist es wichtig zu wissen, ob und in welchem Umfang digitale Kompetenzen verfügbar sind und wie offen die Belegschaft den Herausforderungen des digitalen Wandels entgegenet.
- *Strategie*¹⁰¹: Diese Kategorie befasst sich mit der Entwicklung einer langfristigen Digitalisierungsstrategie und ist allen zuvor behandelten Dimensionen, die sich auf einzelne Unternehmensbereiche beziehen, übergeordnet. Hierbei geht es vor allem darum, ob und in welcher Ausprägung eine Digitalisierungsstrategie vorhanden ist und auch verfolgt wird. Das Ziel der strategischen Ausrichtung ist meist der Aufbau digitaler Geschäftsmodelle, welche die Performance eines Unternehmens nachhaltig verbessern können. Der strategischen Dimension kommt bei der Bewertung der digitalen Reife eines Unternehmens eine Schlüsselrolle zu.

Zu den jeweiligen Dimensionen wurden wie vorhin erwähnt, insgesamt 29 Aussagen zugeordnet, welche im Vorgehensmodell mit einer 5-stufigen Skala, beginnend bei der niedrigsten Stufe „Umsetzung nicht geplant“, über „Umsetzung geplant“ und „Punktueller Umsetzung“, sowie „Weitgehende Umsetzung“ bis zur höchsten Stufe „Vollständige Umsetzung“ bewertet werden sollen. Die 5-stufige Skala eignet sich wegen der gleichmäßigen Verteilbarkeit der Digitalen Reifestufen in den Augen der Experten am besten zur Bewertung.

Aussagen zur Digitalisierung	1.Stufe - Interne digitale Basisreife				
	1.Stufe	2.Stufe	3.Stufe	4.Stufe	5.Stufe
	Umsetzung nicht geplant	Umsetzung geplant	Punktueller Umsetzung	Weitgehende Umsetzung	Vollständige Umsetzung
Die Anlagen bzw. Produkte sind an das Internet angebunden.				X	
Die Anlagen der Produktion können über Webdienste gesteuert werden.					
Die erfassten Daten von Produkten bzw. Anlagen werden für Analysen ausgewertet.					
Produkte bzw. Anlagen reagieren auf Basis von gewonnenen Daten eigenständig (Integration von Sensoren/ Aktoren)					

Abbildung 12 - Auszug aus der 1.Stufe des Vorgehensmodells in Microsoft Excel

Die digitale Reife oder auch digital Readiness für die Projekte, konnte nun ermittelt werden, in dem zu jeder der 29 Aussagen eine Zuteilung in eine der 5 Stufen erfolgt. Wenn die Zustimmung zu einer Stufe einer bestimmten Aussage gewünscht war, musste mittels Dropdown-Menüs für die gewünschte Stufe ein „X“ gesetzt werden

¹⁰¹ Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2019, S. 8.

(siehe Abbildung 12). Jede der 29 Aussagen muss einer Stufe zugeordnet werden, um eine durchgängige Bewertung und Bestimmung der Digitalen Reife für die Einführung des Digitalisierungsprojektes zu ermöglichen.

Im Anschluss an die Zuordnung, wird im Modell die erhobene Digitale Readiness des Unternehmens dargestellt. Diese ergibt sich aus der Summierung aller ausgewählten Stufen und der Bildung des Durchschnittswertes mittels der Excel-Funktion „ $=(SUMME(C34;D34;E34;F34;G34)/29)$ “. (siehe Abbildung 13)

Dimensionen	Aussagen zur Digitalisierung	1.Stufe	2.Stufe	3.Stufe	4.Stufe	5.Stufe
		Umsetzung nicht geplant	Umsetzung geplant	Punktueller Umsetzung	Weitgehende Umsetzung	Vollständige Umsetzung
MitarbeiterInnen	Die MitarbeiterInnen werden durch geeignete Maßnahmen gut auf organisatorische Veränderungen und den Einfluss der Digitalisation auf die bestehende Arbeitsweise vorbereitet.			X		
	Es sind genaue Maßnahmen gesetzt, um die MitarbeiterInnen durch digitale Kommunikationswege über Neuigkeiten rund um das Unternehmen und dessen Produkte informieren zu können.				X	
	Es wird darauf geachtet, dass die MitarbeiterInnen der Digitalisierung positiv gegenüber stehen (zB durch Workshops oder positive Kommunikation des Themas im Unternehmen)		X			
Stufe	Digital Readiness Punkte	0	20	30	20	20
Benennung	Digitale Fortgeschrittene					

Abbildung 13 - Auswertung der digitalen Readiness, Auszug aus dem Vorgehensmodell in Excel

Die erhaltene Zahl, lässt sich wiederum wie in *Tabelle 12* dargestellt, in einen Bereich der digitalen Reife zuordnen. Dieser Bereich präsentiert den Anwendern die Information, wie die digitale Reife bzw. Readiness zur Durchführung des gewollten Vorhabens einzuordnen ist und welche Maßnahmen sich gegebenenfalls aus dieser Bewertung ergeben. Die Zuteilung und die Beschreibung der erhaltenen Digitalen Reifestufen orientiert sich an den zuvor analysierten Reifegradmodellen, vor allem jedoch an Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern (2019).^{102 103 104 105}

Auf der erhaltenen Stufen Basis können Unternehmen einen Gesamtüberblick und objektive Vergleiche zur Reife ihrer Digitalisierung ziehen. Die Resultate zeigen, wo Maßnahmen für eine digitale Transformation, mit der Einführung von Digitalisierungsprojekten, erfolgen sollten. Digitale Reifemodelle sind nicht auf bestimmte Branchen oder Unternehmensformen beschränkt. Sie dienen der Bestimmung der Digitalisierung im Handwerk als auch der Digitalisierung in Betrieben.¹⁰⁶

Aus einer Studie zur Digitalisierung auf Prozessebene aus dem Jahr 2020 ging hervor, dass 10 Prozent der befragten Unternehmen im Bereich Industrie und industrienaher Dienstleistungen sich noch immer auf Stufe 1 der Digitalisierung befinden. Weitere 80

¹⁰² Pirola et al. 2020.

¹⁰³ Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern 2019.

¹⁰⁴ Business School Berlin 2017.

¹⁰⁵ Carolis et al. 2017.

¹⁰⁶ Digital X 2021a.

Prozent der befragten Unternehmen finden sich immerhin auf den Stufen 2 und 3 wieder. Auf den Stufen 4 und 4 siedeln sich immerhin 20 Prozent an. Die höchste Stufe wird jedoch nur von rund zwei Prozent der befragten Unternehmen heute schon erreicht.¹⁰⁷

Eine weitere Untersuchung der Studie auf Produktebene zeigte, dass der Umsatzanteil eines Produktes mit zunehmendem Reifegrad der Digitalisierung eines Unternehmens deutlich ansteigt. So erwirtschaften Unternehmen auf Stufe 4 und 5 ca. 40 Prozent ihrer Umsätze mit digitalen Leistungen. Im Gegensatz dazu weisen Unternehmen, die nur einen Reifegrad der Digitalisierung von Stufe 2 oder 3 besitzen, weniger als die Hälfte dieser Zahlen auf.

In der Prognose für die kommenden fünf Jahre, gaben die befragten Unternehmen an, eine Verdopplung der digitalen Umsatzanteile zu erwarten. Bereits zum Zeitpunkt der Befragung, wurden bei zwei Dritteln der Unternehmen, welche die verfolgten Ziele mit Digitalisierungsmaßnahmen erreichen wollten, diese vollständig erreicht oder sogar übertroffen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Mitarbeiterzuwachs sowie das Umsatzwachstum mit dem digitalen Reifegrad ansteigen.¹⁰⁸

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Maßnahmen lediglich Empfehlungen darstellen und keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Optimalität erheben. Es handelt sich um mögliche Zuteilungen, zur Ermöglichung einer Standortbestimmung für Unternehmen und somit zur Bildung einer geeigneten Basis vor Projektstart. Die Einteilung hat sich auf Basis der Sinnhaftigkeit und Verwendbarkeit der ausgewählten Maßnahmen ergeben und stellt keine absolute Lösung für einen perfekten Maßnahmenkatalog dar.

¹⁰⁷ Holicki 2020.

¹⁰⁸ Holicki 2020.

Bereich der digitalen Reifestufe „dR“	Benennung der Reifegruppen	Bedeutung der Reifestufe und empfohlene Maßnahmen
1.0 < dR ≤ 1.8	Digitale Erkunder	<ul style="list-style-type: none"> - Sie stehen noch am Beginn des digitalen Transformationsprozesses. In der Mehrzahl der Handlungsfelder befindet sich das Unternehmen in der Findungs- oder Planungsphase. Es sind noch keine konkreten Digitalisierungslösungen geplant. - Digitalisierungsprojekte sollen zur Weiterentwicklung des Unternehmens in der weiteren Phase verfolgt werden, jedoch kann es bei der anfänglichen Umsetzung zu Problemen kommen.
1.8 < dR ≤ 2.6	Digitale Anfänger	<ul style="list-style-type: none"> - Sie haben Potenziale erkannt und erste Digitalisierungslösungen sind geplant. Ihre Führungskräfte stehen vor der Aufgabe die ersten Erfahrungen zu bewerten und weitere Schwerpunkte der Weiterentwicklung zu setzen sowie konkrete Aktivitäten einzuleiten. - Ungeachtet dieser Bewertung können einzelne Unternehmen dieser Gruppe im Umgang mit digitalen Technologien sehr versiert sein und haben z. B. ERP-Systeme, moderne Kommunikations- oder Online-Marketing-Tools bereits erfolgreich implementiert. Dennoch mangelt es an einer tieferen Einsicht für die Notwendigkeit der Digitalisierung und an einer übergreifenden strategischen Ausrichtung. - Kleinere digitale Projekte sollen bereits angegangen werden, aber es fehlt ein bewusst integriertes Change-Management.
2.6 < dR ≤ 3.4	Digitale Fortgeschrittene	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierungslösungen werden in einigen, ersten Bereichen eingesetzt. Führungskräfte haben die Chancen der Digitalisierung erkannt und sind bereit diese im Unternehmen umzusetzen. - Machen Sie die Digitalisierung zu einem zentralen Baustein Ihrer strategischen Planung. Leiten Sie aus Ihrer Digitalisierungsstrategie erste Maßnahmen ab und überprüfen Sie Ihre Ziele regelmäßig. Nutzen Sie betriebswirtschaftliche Kennzahlen zur Beurteilung der Zielerreichung. - Verfolgen Sie die Maßnahmen zur Einbindung von Mitarbeitern in Digitalisierungsvorhaben in Ihrem Unternehmen konsequent. Überprüfen Sie, inwieweit die Vorschläge von Mitarbeitern tatsächlich auch umgesetzt werden können und geben Sie entsprechendes Feedback an die Beteiligten. Begründen Sie die Ablehnung von Vorschlägen. Entwickeln Sie eine "lebendige Partizipationskultur".

Bereich der digitalen Reifestufe „dR“	Benennung der Reifegruppen	Bedeutung der Reifestufe und empfohlene Maßnahmen
3.4 < dR ≤ 4.2	Digitale Experten	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierungslösungen werden in einer Reihe von Bereichen eingesetzt. Mitarbeiter und Führungskräfte kennen digitale Trends und sind bereit diese auf das Unternehmen anzupassen. - Nutzen Sie die Investitionsbereitschaft in Ihrem Unternehmen in Bezug auf Digitalisierungslösungen und planen Sie Maßnahmen auf dieser Grundlage. Diese Planung sollte Kernbestandteil Ihrer Digitalisierungsstrategie sein. - Aktualisieren Sie in Abstimmung mit der Digitalisierungsstrategie regelmäßig den Kompetenzbedarf Ihrer Mitarbeiter bzgl. Digitalisierung. Ergänzen Sie Kompetenzprofile, wenn sich neue Aufgabenfelder und Tätigkeitsbereiche aufgrund der Digitalisierung ergeben.
4.2 < dR ≤ 5.0	Digitale Vorreiter	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierung wird aktiv "gelebt" und ist im Unternehmen verankert. Digitalisierungslösungen werden schnell, zielbringend und problemlos eingesetzt und zur zukunftsorientierten Weiterentwicklung des Unternehmens genutzt. - Mitarbeiter und Führungskräfte haben digitale Trends und Chancen verinnerlicht. Potenziale, die sich aus digitalen Lösungen ergeben, werden im Unternehmen proaktiv verfolgt. - Es kann durch die hohe digitale Reife, weiterhin mit Bedacht in Digitalisierungsprojekte investiert werden.

Tabelle 12 - Einteilung der Reifegrade und Deutung

4.2 Bewertung der Abhängigkeiten

4.2.1 Allgemein

In der betrieblichen Realität ist oft folgendes Szenario zu beobachten: Eine neue Projektidee ist geboren und soll in begrenzter Zeit, mit begrenzten Ressourcen umgesetzt werden.¹⁰⁹

Unternehmen werden mit steigender Tendenz so strukturiert, dass auf neue Marktbedingungen schnell reagiert werden kann. Diese Anpassungen geschehen in den meisten Fällen durch die Einführung von Projekten. Dies führt dazu, dass die in Unternehmen durchschnittlich durchgeführte Anzahl von Projekten pro Jahr stark ansteigt.¹¹⁰

So sind in einer Organisation in der Praxis bereits Projekte in Umsetzung und weitere schon in der Planung.¹¹¹

Bei der Durchführung der Projekte muss somit darauf geachtet werden, dass einzelne Projekte im Portfolio häufig nicht eigenständig zu betrachten sind, sondern andere Projekte beeinflussen, selbst beeinflusst werden, oder gar beides.¹¹²

Projekte haben zumeist begrenzte Ressourcen (z.B.: Mitarbeiter, Zeit, Sachmittel, finanzielle Mittel) zur Verfügung, so dass mehrere Projekte in der Regel auf die gleichen Ressourcen zugreifen müssen. Somit wird eine Priorisierung von Projekten unumgänglich.¹¹³

Die Beeinflussung der Projekte, kann außer der Ressourcensicht, auf weitere Arten dargestellt werden. Folgende Abhängigkeiten seien zusätzlich erwähnt¹¹⁴:

- *Ein Projekt schafft die konzeptionellen Voraussetzungen für andere (Innovationszusammenhang).*
- *Ein Projekt muss zusammen mit anderen Projekten realisiert werden, um das Gesamtziel zu erreichen (Integrationszusammenhang).*
- *Ein Projekt hat Auswirkungen auf die Kosten anderer Projekte (Investitionszusammenhang).*

Wesentlich dabei ist jedoch, dass diese Priorisierung nicht „subjektiv“ nach Beliebigkeit und im Sinne eines Machtausgleiches erfolgt, sondern vielmehr nach objektiven,

¹⁰⁹ Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement 2013, S. 3.

¹¹⁰ Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement 2013, S. 75.

¹¹¹ Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement 2013, S. 88.

¹¹² Kreutter 2016.

¹¹³ Ennsfellner Consulting e.U. 2021.

¹¹⁴ Fiedler 2013, S. 65.

nachvollziehbaren Kriterien. Folgenden Kriterien werden für die Projektauswahl in Unternehmen am häufigsten verwendet¹¹³:

- Strategische Gesichtspunkte, Wirkung auf die Unternehmensziele
- Operative Dringlichkeit
- Grad an Komplexität
- Inhaltliche Abhängigkeit der Projekte untereinander

4.2.2 Vorgehen

Aus diesen Überlegungen, sollen in der 2. Stufe des Vorgehensmodells, die internen Projektabhängigkeiten untersucht und gegeneinander bewertet werden. Dies dient der Identifikation von Gemeinsamkeiten der geplanten, laufenden und bereits umgesetzten Projekte. So können bereits in der Planungs- und Evaluierungsphase Maßnahmen, abhängig vom Grad der Beeinflussung, eingeleitet und eine Basis für die erfolgreiche Umsetzung der Projekte geschaffen werden.

Da meist eine größere Anzahl an möglichen Digitalisierungsprojekten für die Unternehmen zur Verfügung stehen, soll in einem ersten Schritt, eine Zuteilung zu vordefinierten Digitalisierungs-Projektkategorien erfolgen, um die Abhängigkeiten unter Themengebieten einfacher zusammen fassen und auch in den nachfolgenden Stufen 3 und 4 des Vorgehensmodells, Kennzahlen und Benefits effizienter zu den zu bewertenden Projekten zuordnen zu können.

Die bei der Recherche identifizierten Themenkategorien zur Zuteilung der zu Bewertenden Digitalisierungsprojekte, wurden zusammengetragen und auf eine handhabbare Menge zusammengefasst.

In nachfolgender Tabelle sind die Themenkategorien und deren Definitionen aufgelistet:^{115 116 117 118}

¹¹⁵ Mockenhaupt 2021.

¹¹⁶ Schumacher 2020.

¹¹⁷ Deloitte 2016.

¹¹⁸ PwC Österreich GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2015.

Tabelle 13 - Einteilung von Digitalisierungsprojekten in Kategorien

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
Transparenz in der Wertschöpfung	<ul style="list-style-type: none"> - Vernetzte Kommunikation in der Wertschöpfungsspirale mit Blick auf den Kunden im Mittelpunkt. - Das heißt: Unternehmen müssen ihre Kunden aus allen Perspektiven im Wertschöpfungsprozess im Blick haben. - Die Transparenz im Wertschöpfungsprozess stellt sicher, dass Änderungswünsche direkt an alle prozessbeteiligten weitergeleitet werden. Das heißt auch, jede Kennzahl im Unternehmen steht in einer direkten Beziehung zu den anderen Kennzahlen. - Transparenz im Wertschöpfungsprozess bedeutet also, nicht nur seine eigenen Kennzahlen isoliert zu betrachten, sondern die Gesamtauswirkungen zu erkennen. Eine ganzheitliche Betrachtung führt zu einem kundenzentrierten Wertschöpfungsprozess..¹¹⁹
Digitalisierung und Visualisierung von Prozessen/ Digital Twins	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierung bedeutet in Bezug auf Prozesse, dass vormals analoge Informationen anschließend digital verfügbar gemacht oder vormals analoge Arbeitsschritte anschließend elektronisch aus- geführt werden oder beides..¹²⁰ - Graphische Darstellung von Prozessabläufen und der Wechselwirkung von Prozessen. Ein Prozessablauf ist in der Regel gekennzeichnet durch eine Prozesslandschaft und durch Einzelprozesse..¹²¹ - Digital Twins, auch digitale Zwillinge genannt, sind die virtuelle Darstellung eines physikalischen Objektes oder Systems. Die Aufgabe besteht beispielsweise darin, die Leistung einer Anlage oder eines Prozesses zu verstehen, vorherzusagen und zu optimieren..¹²²
Digitalisierung der HR, (Smarte) Autonome bzw. Software für Personaldisposition	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierung von HR meint den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie und alle Veränderungen, die damit einhergehen. Das können sein: Formen der Zusammenarbeit, Rollenverständnis, Führungsverhalten etc..¹²³ - Die Disposition der Mitarbeiter dient vorrangig dazu, die aktuellen und erwarteten Mitarbeiterzahlen zu optimieren mit dem Ziel, den idealen Personalbestand zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass sowohl strategische Unternehmensziele als auch die Mitarbeitermotivation gewährleistet werden. Gleichzeitig ist es notwendig, eine hohe Flexibilität zu bewahren, denn nur so ist es möglich, die Einsatzplanung stets an die sich verändernden Gegebenheiten anzupassen..¹²⁴

¹¹⁹ BVL.digital 2020.

¹²⁰ Bitkom 2016.

¹²¹ Quality Services & Wissen – Österreich.

¹²² Mindsquare AG 2021.

¹²³ Personio GmbH 2019.

¹²⁴ Papershift GmbH 2022.

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
Smart Engineering	<ul style="list-style-type: none"> - Der Begriff „Smart Engineering“ steht für interdisziplinäres, vernetztes, intelligentes, kluges Vorgehen in der Produktentwicklung, um attraktive Innovationen erfolgreich in zukünftigen intelligenten, vernetzten Produkten zu ermöglichen..¹²⁵
Individuelle Fertigung	<ul style="list-style-type: none"> - Losgröße 1 - also eine Sonderanfertigung bzw. Einzelfertigung zu den Kosten einer Massenfertigung. Generell bezeichnet die Losgröße die Menge von Produkten oder Teilen, die direkt hintereinander ohne eine Unterbrechung der Fertigung produziert wird..¹²⁶ - Ein Unternehmen, das spezialisierte und individualisierte Kundenprodukte zu denselben wirtschaftlichen Voraussetzungen produzieren will wie bei einer Massenfertigung, benötigt eine hochwandlungsfähige und flexible Produktion. Daher müssen die Arbeitsplätze entsprechend angepasst und gestaltet sein. Das Arbeitsumfeld wird sich durch Industrie 4.0 ändern und künstliche Intelligenz (KI) wird dabei unterstützend eingesetzt werden.¹²⁶
(Intelligente)Sensorik zur erweiterten Datengenerierung/ Automatisierung der Abläufe	<ul style="list-style-type: none"> - Smarte Sensoren tauschen Daten aus und wenden eigene Algorithmen an. So schaffen sie nicht nur eine deutlich effizientere Produktion, sondern sie verändern die Geschäftsmodelle vieler Unternehmen von Grund auf..¹²⁷ - Für die Automatisierung eines technischen Prozesses ist es notwendig, dass die Ausgangsgrößen gemessen (Sensorik) und die Eingangsgrößen beeinflusst (Aktuatorik) werden können. Aufgaben der Automatisierungstechnik sind somit: das Steuern, Regeln, Führen und Optimieren eines technischen Prozesses durch Beeinflussung der Eingangsgrößen unter Berücksichtigung der Ausgangsgrößen..¹²⁸ - Flexible Fertigungs- und Produktionstechnik ist ohne Sensoren nicht mehr vorstellbar. Klassische Konzepte stoßen dabei oft an ihre Grenzen. Neue Generationen von Sensoren, welche als intelligente Komponenten viele Aufgaben der fortgeschrittenen Signalverarbeitung übernehmen und Umgebungsinformationen aufwandsarm und mit hoher Qualität bereitstellen. Damit lassen sich die Kosten komplexer Automatisierungsszenarien verringern. „¹²⁹

¹²⁵ Anderl et al. 2012.

¹²⁶ BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH 2021.

¹²⁷ EY Consulting 2019.

¹²⁸ Heibold 2014.

¹²⁹ GITO mbH Verlag für Industrielle Informationstechnik und Organisation 2021.

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
Autonome Transportsysteme	<ul style="list-style-type: none"> - Vom Fachausschuss des VDI (Verein Deutscher Ingenieure) werden fahrerlose Transportsysteme (FTS) als innerbetriebliche, flurgebundene Systeme mit automatisch gesteuerten Transportfahrzeugen beschrieben. „Fahrerlose Transportsysteme, kurz FTS, sind ortsgebunden, transportieren Transportgüter innerhalb eines Anwendungsbereichs und werden berührungslos geführt.“¹³⁰
Datengetriebene Wartung	<ul style="list-style-type: none"> - Vorausschauende Instandhaltungstechniken sollen helfen, mittels Datenerfassung und -auswertung den Zustand von Betriebsanlagen zu bestimmen, um abzuschätzen, wann eine Wartung durchgeführt werden sollte. .¹³¹ - Ziel von datenbasierter Instandhaltungsplanung ist es, die Anlagenverfügbarkeit sowie Prozessstabilität in der Produktion zu erhöhen. Innovatives Instandhaltungs- und Anlagenmanagement ist ein Key-Enabler im Zeitalter der Digitalisierung..¹³²
Physische Unterstützung von Mitarbeitern	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung und physische Entlastung von Mitarbeitern durch moderne Assistenzsysteme. Derartige Systeme machen es möglich Fehlerraten und biomechanische Arbeitsbelastungen zu reduzieren und gleichzeitig die Zufriedenheit der Mitarbeiter zu verbessern und damit zusammenhängende krankheitsbedingte Ausfallzeiten langfristig zu reduzieren..¹³³ - Bei der physischen Assistenz geht es vor allem darum, körperliche Belastungsstörungen von Mitarbeitern (z. B. durch schweres Heben) zu vermeiden..¹³⁴

¹³⁰ Logistik KNOWHOW 2016.

¹³¹ AISOMA AG 2019.

¹³² Fraunhofer Austria Research GmbH 2022.

¹³³ HANDELSKAMMER BOZEN.

¹³⁴ cioplenu GmbH 2022.

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
IT-Schnittstellen und Standards (APIs), IT-Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Application Programming Interfaces (APIs) sind der Alleskleber der Digitalisierung. Sie verbinden sämtliche Komponenten für den digitalen Wandel – dazu gehören Business-Applikationen, Apps jeder Art, Cloud-Services, smarte Dinge und Sensoren aus dem Internet of Things, Bots für die Kundenansprache und die Automatisierung von Prozessen sowie natürlich Daten, die aus immer mehr Quellen in die IT-Systeme der Unternehmen hineinfließen..¹³⁵ - IT-Sicherheit und Cyber Security umfassen alle technischen und organisatorischen Maßnahmen, um Systeme vor Cyber-Angriffen und anderen Bedrohungen zu schützen..¹³⁶
Kognitive Unterstützung für Mitarbeiter in der Arbeitsdurchführung	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung und kognitive Entlastung von Mitarbeitern durch moderne Assistenzsysteme. Zu den kognitiven Assistenzsystemen zählen unter anderem moderne Augmented- (AR), Virtual- (VR) und Mixed-Reality (MR) Technologien. Derartige Systeme machen es möglich Fehlerraten und Arbeitsbelastungen zu reduzieren und gleichzeitig die Zufriedenheit der Mitarbeiter zu verbessern.¹³³ - Auf der kognitiven Ebene wird ein Mitarbeiter vor allem auf psychischer Ebene entlastet, indem er z. B. stets alle relevanten Prozessinformationen zur Verfügung hat und somit durch komplexe Prozesse geführt wird. Diese Informationen müssen in der richtigen Form zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung gestellt werden.¹³⁴
Digitale Kollaboration in der Wertschöpfungskette (mit Externen)	<ul style="list-style-type: none"> - Bei der Digitalisierung und Umgestaltung der Wertschöpfungskette zu einem Ecosystem, bietet die Vernetzung aller Abteilungen und Partner die Möglichkeit, viel schneller auf Änderungen reagieren zu können. .¹³⁷ - Dank der kompletten Vernetzung aller Kettenglieder im Kontrollzentrum hebt die digitale Wertschöpfungskette die beiden sehr wichtigen Unternehmenspunkte Effizienz und Effektivität auf ein neues, Gewinn bringendes Level.¹³⁷
Schulung, Qualifikation & Beratung	<ul style="list-style-type: none"> - Mit regelmäßigen Mitarbeiterschulungen halten Arbeitgeber das Personal ihres Unternehmens fit. Konkrete Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen helfen den Mitarbeitern die für ihre Arbeit notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten zu erwerben und zu stärken..¹³⁸

¹³⁵ DG Tech Media GmbH 2019.

¹³⁶ Greenbone Networks 2020.

¹³⁷ van der Touw und Glitz 2017.

¹³⁸ Büro-Kaizen® GmbH 2021.

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
Transparenz in Logistikprozessen	<ul style="list-style-type: none"> - Logistikdienstleistern ist geholfen, wenn beispielsweise Zustand und Standort der Waren oder Ladungsträger sichtbar sind. - Die geforderte Transparenz wird durch umfassende Datenverfügbarkeit gewährleistet. So können durch Sensortechnik, wie RFID, physische Daten erfasst werden oder es kann auf bestehende Daten, durch beispielsweise Social-Media-Crawling, zurückgegriffen werden. Moderne Tools ermöglichen es, eben diese Datenmengen zu verarbeiten und zielgerichtet zur Verfügung zu stellen..¹³⁹
Produktmanagementsysteme	<ul style="list-style-type: none"> - Produktmanagement umfasst die Planung, Steuerung und Kontrolle von Produkten, beziehungsweise Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Es ist verantwortlich für den Erfolg eines Produkts und muss dafür stets den Überblick über Markt, Produktentwicklung, Produktion und Vermarktungsstrategie behalten..¹⁴⁰ - Diese Plattformen verwalten in erster Linie CAD-Dateien – sowohl 3D- als auch 2D- Zeichnungsdaten. Das ermöglicht den Entwicklern innerhalb eines Unternehmens, die Projektarbeit besser zu verteilen. Darüber hinaus wird die Revisionskontrolle des Produkts verbessert. Dadurch, dass alle Projektbeteiligten den gleichen Stand haben, werden Qualitätsprobleme früher erkannt und damit deutlich reduziert. PDM-Lösungen geben Informationen an das übergeordnete PLM-System weiter..¹⁴¹ - Plattformen für das Lebenszyklusmanagement bilden ein abteilungsübergreifendes Ressourcentool. Auf diese Weise können alle beteiligten Abteilungen (Beschaffung, Entwicklung, Herstellung, Qualitätsmanagement, Marketing usw.) produktbezogene Prozesse für den endgültigen Entwurf genehmigen und überarbeiten. In der Entwicklungsabteilung übergibt die PDM-Plattform die gewünschten Informationen an das PLM-System.¹⁴¹

¹³⁹ Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. 2021.

¹⁴⁰ ADITO Software GmbH 2022.

¹⁴¹ MISUMI Europa GmbH.

Digitalisierungsprojekt-Kategorien	Beschreibung
Remote Services & Customer Experience	<ul style="list-style-type: none"> - Remote Service (von engl. remote, „entfernt, fern“ und service, „Dienst“) ist ein Verfahren, über das technische Dienstleistungen mit Hilfe von Telekommunikationsnetzwerken an einem entfernten Ort erbracht werden. Das Hauptaugenmerk bei Remote Service liegt auf proaktiven Services und multimedialer Kommunikation..¹⁴² - Die Customer Experience umfasst die Gesamtheit aller Eindrücke, die ein Kunde während der gesamten Dauer einer Kundenbeziehung von einem Unternehmen erhält. Sie umfasst sämtliche individuellen Wahrnehmungen und Interaktionen des Kunden an den verschiedenen Kontaktpunkten (Touchpoints) mit einem Unternehmen..¹⁴³
Datengetriebene Analyse & Optimierung von internen Prozessen	<ul style="list-style-type: none"> - Wenn ein Unternehmen einen „datengetriebenen“ Ansatz verfolgt, bedeutet das, dass es strategische Entscheidungen trifft, die auf der Analyse und Interpretation von Daten basieren. Ein datengetriebener Ansatz ermöglicht es Unternehmen, ihre Daten zu prüfen und zu organisieren..¹⁴⁴ - Die datengetriebene Prozessoptimierung ist ein wichtiger Bestandteil von Prozess- und Datenstrategien. „Datengetrieben“ meint in diesem Zusammenhang das Identifizieren und Auswerten von Datenspuren in Systemen mit moderner Software mit dem Ziel, Prozesse faktenbasiert zu optimieren..¹⁴⁵
Auftragssteuerung	<ul style="list-style-type: none"> - Die Auftragssteuerung umfasst alle Aufgaben, die bei der Bearbeitung eines Auftrags anfallen, und unterstützt die Zielerreichung in Produktion und Logistik. Als Schnittstelle zwischen Kunde und Unternehmen reicht sie von der Annahme eines Auftrags bis zur Auslieferung der Produkte. Sie dient dazu, Aufträge so zu steuern, dass im gesamten Prozess von Produktion und Logistik die richtigen Produkte in der richtigen Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Qualität vorliegen..¹⁴⁶

¹⁴² Wikipedia 2019.

¹⁴³ Holland.

¹⁴⁴ Applied Technologies Internet SAS.

¹⁴⁵ TME AG 2020.

¹⁴⁶ REFA AG 2022.

Zur Validierung der festgelegten Kategorien, wurden Projektlisten zweier Unternehmen, welche, während der Forschungsarbeiten bei Fraunhofer Austria entstanden, zur Verfügung gestellt. Die beiden österreichischen Unternehmen, mit Tätigkeitsbereich in der Energiebranche sowie der Leiterplattenproduktion, beschäftigten sich im Zuge der Kooperationsarbeit mit Fraunhofer Austria, unter anderem mit der Evaluierung von Digitalisierungsprojekten und erarbeiteten hierbei ein Projektportfolio mit jeweils weit über 50 möglichen oder bereits umgesetzten Optionen. Im Sinne der Geheimhaltungsvereinbarung, können die Projekte in der vorliegenden Arbeit nicht benannt und inhaltlich beschrieben werden.

Um die Eignung der Eingangs definierten Kategorien zu überprüfen, wurden die Projektlisten beider Unternehmen in Microsoft Excel gesammelt und den vorliegenden Kategorien mittels einer Markierung in der betroffenen Spalte zugeordnet. 111 der insgesamt 115 Projekte, konnten somit den 18 Digitalisierungsprojekt-Kategorien zugerechnet werden. Die vier nicht zuteilbaren Projekte, wurden lediglich wegen der mangelnden Beschreibung derer Inhalte, aus der Klassifizierung gestrichen. Ein Projekt galt als klassifizierbar, wenn es mindestens einer der definierten Kategorien angerechnet werden konnte. Eine mehrfache Zuteilung eines Digitalisierungsprojektes zu den Kategorien war hierbei auch möglich, da sich Projekte nicht immer ausnahmslos einzelnen Themengebieten zuordnen lassen und die endgültige Entscheidung bei den Anwendern selbst liegt. Die Vorgehensweise der Validierung, ist in Abbildung 14 ersichtlich (*die Benennung der Projekte wurde aus Gründen der Geheimhaltung unkenntlich gemacht und die Beschreibung der Projekte ausgeblendet*).

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Projektart bzw. Projektkategorie	Transparenz in der Wertschöpfung	Visualisierung von Prozessen/Digital Twins	(Smarte) Autonome bzw. Software für Personaldisposition	Smart Engineering	Individuelle Fertigung	(Intelligente) Sensorik zur erweiterten Datengenerierung/automatisierung der Abläufe	Autonome Transportsysteme	Datengetriebene Wartung
[Redacted]	x							
[Redacted]						x		
[Redacted]				x		x		
[Redacted]		x						
[Redacted]	x						x	
[Redacted]					x			
[Redacted]						x		x
[Redacted]	x							x
[Redacted]	x							x
[Redacted]								
[Redacted]						x		

Abbildung 14 - Auszug: Validierung der Digitalisierungskategorien

Wie in Abbildung 15 dargestellt, entfielen die Nennungen der meisten Projekte auf die Kategorien „Datengetriebene Analyse & Optimierung von internen Prozessen“, gefolgt von „IT-Schnittstellen, -Standards & IT-Sicherheit“ sowie „Kognitive Unterstützung für Mitarbeiter in der Arbeitsdurchführung“.

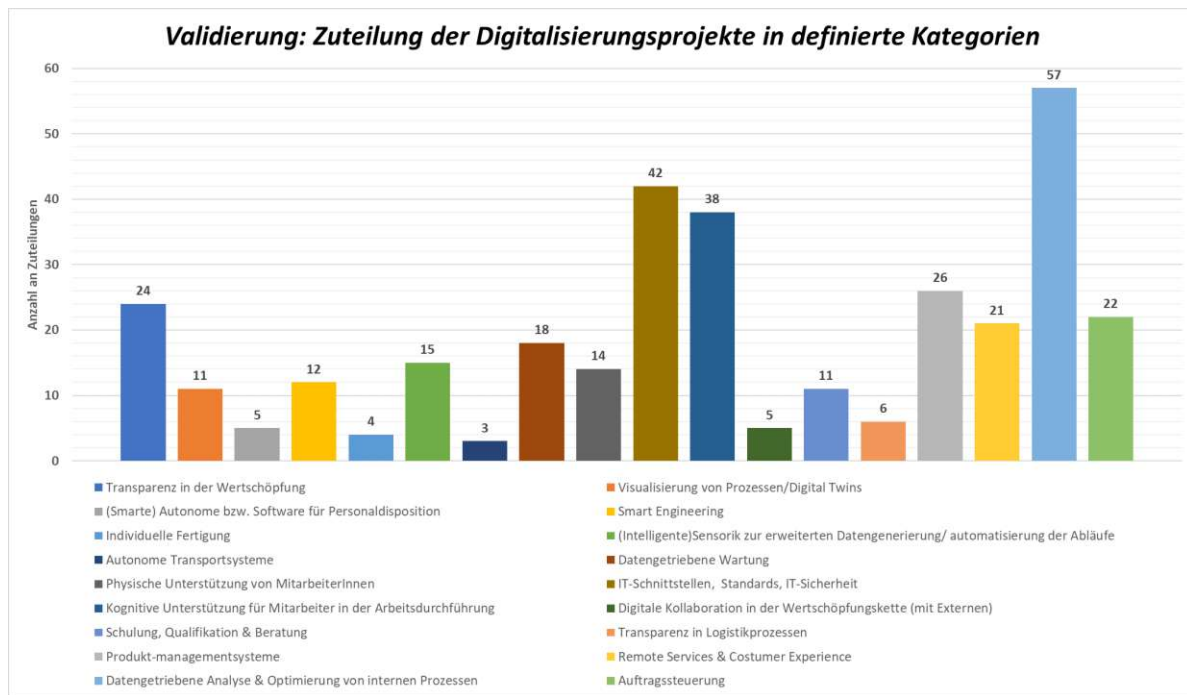


Abbildung 15 - Anzahl der Zuteilungen je Kategorie

Der Schritt der Kategorienbildung diente wie eingangs erwähnt, der einfacheren Handhabbarkeit des Modells mittels Standardkategorien, sowie der Zuordnung von Kennzahlen in der weiteren Bearbeitung des Vorgehensmodells.

Im ersten Bearbeitungsschritt der 2. Stufe des Vorgehensmodells, können nun die, dem Unternehmen zur Verfügung stehenden und zu Evaluierenden Digitalisierungsprojekte, den 18 Kategorien zugeteilt werden. Dafür werden die Bezeichnungen, Kürzel, Synonyme oder auch nur ein stellvertretendes Symbol der Projekte, durch die Anwender in die dafür vorgesehenen Spalte „Bezeichnung des geplanten Digitalisierungsprojektes“ und der dazu passenden Kategorie geschrieben. In die benachbarte Spalte Namens „Bezeichnung von laufenden Digitalisierungsprojekten“ können bereits in der Umsetzung befindliche Projekte eingetragen werden (siehe Abbildung 16). Es können auch mehrere Projekte derselben Kategorie zugeteilt werden.

Im Anschluss an diesen Vorgang, werden die Wechselwirkungen der genannten Projekte untereinander untersucht und mit Hilfe einer Einflussmatrix dargestellt, um Synergien und Konflikte zu erkennen und somit erste Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Um Transparenz in die Abhängigkeitsstruktur der Projekte zu erlangen, wird die „Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)“ von Kreutter (2016) angewandt. Die Basis

für diese Methode legten Publikationen zu sensitiven Abhängigkeitsmodellen von Probst und Gomez (2007) und Vester (2015).^{147 148}

2.Stufe - Projektportfolio Auswahl und Festlegung der Abhängigkeiten			
Nr.	Projektart bzw. Projektkategorie	Bezeichnung des geplanten Digitalisierungsprojektes	Bezeichnung von laufenden Digitalisierungsprojekten
1	Transparenz in der Wertschöpfung		
2	Visualisierung von Prozessen/Digital Twins		
3	(Smarte) Autonome bzw. Software für Personaldisposition		
4	Smart Engineering		
5	Individuelle Fertigung		
6	(Intelligente)Sensorik zur erweiterten Datengenerierung/automatisierung der Abläufe		
7	Autonome Transportsysteme		
8	Datengetriebene Wartung		
9	Physische Unterstützung von MitarbeiterInnen		
10	IT-Schnittstellen,-Standards & IT-Sicherheit		
11	Kognitive Unterstützung für Mitarbeiter in der Arbeitsdurchführung		
12	Digitale Kollaboration in der Wertschöpfungskette (mit Externen)		
13	Schulung, Qualifikation & Beratung		
14	Transparenz in Logistikprozessen		
15	Produktmanagementsysteme		
16	Remote Services & Customer Experience		
17	Datengetriebene Analyse & Optimierung von internen Prozessen		
18	Auftragssteuerung		

Abbildung 16 - 2.Stufe des Vorgehensmodells: Zuordnung des zu Evaluierenden Projektes

Die bei dieser Methode untersuchten Abhängigkeiten zwischen den Projekten, können unterschiedlicher Natur sein. Als Orientierung können folgende Abhängigkeitsarten bei der Bearbeitung des Modells betrachtet werden:¹⁴⁹

- **Zielabhängigkeiten:** Bei der Zielerreichung können Konflikte aber auch Synergien zwischen den Projekten entstehen
- **Ergebnisabhängigkeiten:** Das Ergebnis von Projekt A hängt von dem Ergebnis von Projekt B ab
- **Zeitliche Abhängigkeiten:** Projekt B kann erst begonnen bzw. fortgesetzt werden, wenn Projekt A fertig ist
- **Ressourcenabhängigkeiten:** Projekt A und B verwenden die gleichen Ressourcen (Personal, Anlagen, Material, Räume, etc. ...)
- **Inhaltliche Abhängigkeiten:** Projekt A behandelt teilweise oder größtenteils deckungsgleiche Themen wie Projekt B

Die zu evaluierenden und zuvor den Kategorien zugeteilten Projekte, werden nun in die GCDA-Einflussmatrix übertragen. Hierfür werden sämtliche Projekte untereinander in die jeweils hellblau hinterlegte Spalte und nebeneinander in die Zeile übertragen

¹⁴⁷ Vester 2015.

¹⁴⁸ Gomez und Probst 2007.

¹⁴⁹ Kreutter 2016.

(siehe Abbildung 17). Um einen guten Überblick über die Bewertung zu behalten, wird empfohlen gleichzeitig maximal 10 Projekte gegeneinander zu beurteilen.¹⁵⁰

Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)									
Einfluss VON \ Einfluss AUF	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D	Projekt E	Projekt F	Projekt G	Projekt H	Totale Aktive Abhängigkeiten
	Projekt A	■							
Projekt B		■							0
Projekt C			■						0
Projekt D				■					0
Projekt E					■				0
Projekt F						■			0
Projekt G							■		0
Projekt H								■	0
Totale Passive Abhängigkeiten	0	0	0	0	0	0	0	0	

Abbildung 17 - Einflussmatrix GCDA

Die übertragenen Projekte, sollen im nächsten Schritt mit Punktbereichen zwischen „0 und 9“, bezogen auf die zuvor erläuterten Abhängigkeitsarten, per paarweisen Vergleich bewertet werden. Die zwei Fragen, welche hierbei gestellt werden sollen, lauten:

- *Wie beeinflusse ich das andere Projekt? (Aktivität)* – Bewertung in der Zeile (horizontal)
- *Wie werde ich durch das andere Projekt beeinflusst? (Passivität)* – Bewertung in der Spalte (vertikal)

Bei einer Bewertung mit „0“ wird „keine Beeinflussung“ zwischen den Projekten erwartet oder gesehen. Bei einer Bewertung mit „1“ oder „3“ werden „leichte“ sowie „mittlere“ Beeinflussungen zwischen den Projekten erwartet bzw. beobachtet. Wenn die Beeinflussung als „stark“ angesehen wird, soll eine Bewertung mit „9“ erfolgen.¹⁵¹

Die Bewertung soll in weiterer Folge für die zu evaluierenden Projekte durchgeführt werden. Nach diesem Vorgang stellt die Summe der Zeilen den Wert der Auswirkungen eines Projektes auf andere Projekte (Aktive Abhängigkeit) dar. Die Summe der Spalten wiederum zeigt, wie stark ein Projekt von anderen Projekten abhängig ist (Passive Abhängigkeit) (siehe Abbildung 18).

¹⁵⁰ Kreutter 2016.

¹⁵¹ Kreutter 2016.

Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)									
Abhängigke	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D	Projekt E	Projekt F	Projekt G	Projekt H	Totale Aktive Abhängigkeiten
				9					9
Projekt A				9					9
Projekt B				3					3
Projekt C				1					1
Projekt D	3	1	1		1	3	9	9	27
Projekt E				1					1
Projekt F				3					3
Projekt G				9					9
Projekt H				3					3
Totale Passive Abhängigkeiten	3	1	1	29	1	3	9	9	

Abbildung 18 - Beispiel zur Darstellung GCDA

Wenn mehrere Personen an der Entscheidungsfindung teilnehmen, eignet sich die Einflussmatrix auch für die Befüllung durch mehrere Personen. In diesem Fall werden die weiteren Beurteilungen in dieselben Zellen geschrieben und im Anschluss auf grobe Differenzen untersucht (siehe Abbildung 19).

Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)									
Einfluss AUF	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D	Projekt E	Projekt F	Projekt G	Projekt H	Totale Aktive Abhängigkeiten
Projekt A				9;9					0
Projekt B				3;3					0
Projekt C				1;9					0
Projekt D	3;3	1;1	1;3		1;3	3;9	9;9	9;9	64
Projekt E				1;1					0
Projekt F				3;3					0
Projekt G				9;9					0
Projekt H				3;3					0
Totale Passive Abhängigkeiten	0	0	0	66	0	0	0	0	

Abbildung 19 - Befüllung der GCDA durch mehrere Personen

Falls sich bereits Differenzen in den Bewertungen ergeben, ist dies die erste Handlungsempfehlung im Zuge der GCDA. Es sollen die groben Konflikte geprüft und eine bilaterale Diskussion zwischen den bewertenden Parteien initiiert werden, um eine gemeinsame Sichtweise auf die Auswertung zu erhalten. Der Fokus soll hierbei auf die unterschiedlichen Meinungen mit den „starken“ Beeinflussungen (mindestens einer der ausfüllenden Personen hat eine „9“ vergeben) liegen.¹⁵²

¹⁵² Kreutter 2016.

Im Anschluss an die Befüllung der Einflussmatrix, erhalten die Anwender eine Abhängigkeitsauswertung in vier Zielquadranten in Form eines Blasen-Diagrammes. Die Platzierung der Blasen im Diagramm erfolgt mittels der in den jeweiligen Zeilen und Spalten entstandenen Summenwerte der betrachteten Projekte. Auf der x-Achse werden die Werte der Aktiven Beeinflussungen und auf der y-Achse die Werte der Passiven Beeinflussungen aufgetragen (siehe Abbildung 20).

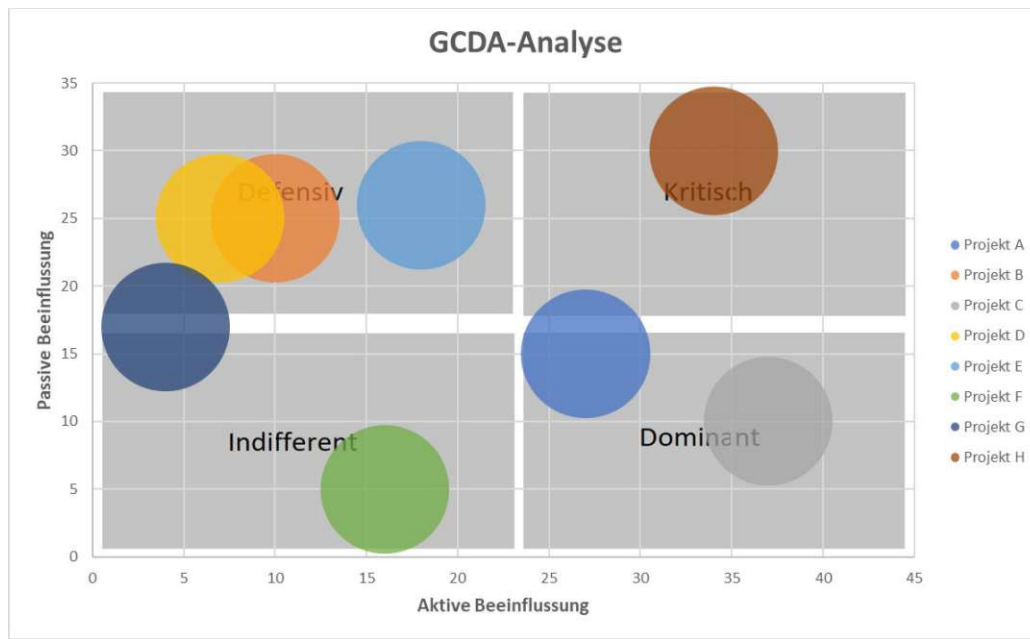


Abbildung 20 - Abhängigkeitsauswertung in Quadranten

Die vier Quadranten werden folgendermaßen beschrieben¹⁵³:

- **Dominant:** hohe Aktivität, geringe Passivität; Aktive Projekte mit großer Auswirkung auf andere Projekte; Diese sind in der Regel große Stellhebel für das Unternehmen; Änderungen haben hier signifikante Auswirkung auf die Landschaft und das Portfolio.
- **Defensiv:** Hohe Passivität, geringe Aktivität; Leiden schnell und am meisten wenn etwas am System geändert wird; haben selbst wenig Handlungsspielraum; müssen in der Regel geschützt werden.
- **Kritisch:** Hohe Aktivität, hohe Passivität; Änderungen an diesen Projekten haben signifikante, oft komplexe Auswirkung auf das Gesamtsystem, positiv wie negativ; Auch wenn sich im Umfeld etwas ändert, haben diese Projekte eine Schlüsselrolle.
- **Indifferent:** Geringe Passivität, geringe Aktivität; Diese Projekte laufen autark bzw. in sich geschlossen. Sie haben keine Auswirkung auf das System, höchstens auf den zu erwartenden Nutzen innerhalb des Projektes, bei Erfolg oder Misserfolg.

¹⁵³ Kreutter 2016.

Mit dieser Einteilung ist es möglich die Art eines jeden Projektes im vorliegenden Portfolio zu bestimmen und erste Erkenntnisse über deren Einflüsse auf das Unternehmen bzw. auf andere Projekte zu ziehen.

In einem weiteren Schritt, wird in der GCDA die zusätzliche Identifikation der Projekte mit starken Wechselwirkungen beschrieben. Hierbei soll die zuvor befüllte Einflussmatrix nochmals auf Einträge mit einer Bewertung von „9“ untersucht und herausgehoben werden. Diese werden im Vorgehensmodell mittels einer bedingten Formatierung farblich (hellrot) hervorgehoben (*siehe Abbildung 21*). Sie stellen die wesentlichen Schnittstellen der Projektbeeinflussung dar und sollten in weiterer Folge kritisch betrachtet werden.

Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)									
Einfluss VON \ Einfluss AUF	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D	Projekt E	Projekt F	Projekt G	Projekt H	Totale Aktive Abhängigkeiten
	Projekt A		9	3	3	1	1	1	
Projekt B	1		1	3	3	1	0	1	10
Projekt C	3	3		3	9	1	9	9	37
Projekt D	0	0	0		3	0	3	1	7
Projekt E	1	9	1	3		0	3	1	18
Projekt F	1	0	1	3	1		1	9	16
Projekt G	0	1	1	1	0	1		0	4
Projekt H	9	3	3	9	9	1	0		34
Totale Passive Abhängigkeiten	15	25	10	25	26	5	17	30	

Abbildung 21 - Projekte mit starken Einflüssen in der GCDA

Die Interpretation der Ergebnisse der GCDA-Analyse sind mitunter schwer zu formalisieren. Zwar kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass Projekte mit hohem Einfluss auf andere Projekte eine hohe Priorität in der weiteren Betrachtung bekommen sollen, jedoch können Wechselwirkungen zwischen Projekten wiederum nicht nur negative, sondern auch positive Effekte bringen. Somit ist ein Kausalzusammenhang zwischen Wechselwirkungen und der Projektpriorisierung schwer herstellbar.^{154 155}

Seidl J. (2011) und Grajek C. (2015) beschrieben Handlungsempfehlungen für die Ergebnisse aus der Abhängigkeitsanalyse. Diese können auch in der vorliegenden Arbeit, als Handlungsempfehlung bei der Durchführung der 2. Stufe des Vorgehensmodells herangezogen werden (*siehe Tabelle 14*):

¹⁵⁴ Grajek und Wolfsteiner 2015, S. 57.

¹⁵⁵ Seidl 2011, S. 95–96.

Tabelle 14 - Handlungsempfehlungen aus der Abhängigkeitsanalyse (GCDA)

Handlungsempfehlungen	Hohe Passiv-Summe	Niedrige Passiv-Summe
Hohe Aktiv-Summe	„Kritische Projekte“ <ul style="list-style-type: none"> - Sicherstellung effizienter und frühzeitiger Informationsflüsse über Planung, Ergebnisse, Störungen und Änderungen mit den abhängigen und dominanten Projekten; - ggf. Bildung Projektprogramm 	„Dominante Projekte“ <ul style="list-style-type: none"> - Aktive Kommunikation von Planung, Ergebnissen, Störungen und Änderungen an die abhängigen Projekte - (Bringpflicht)
Niedrige Aktiv-Summe	„Defensive Projekte“ <ul style="list-style-type: none"> - Aktive Einholung von Informationen über Planung, Ergebnisse, Störungen und Änderungen dominanter Projekte - (Holpflicht) 	„Indifferente Projekte“ <ul style="list-style-type: none"> - Keine besonderen Maßnahmen notwendig

Als direkte Maßnahmen aus der GCDA, werden reguläre Abstimmungen zwischen den Projektverantwortlichen, unabhängig von deren Projektplatzierung im Zielquadranten, empfohlen, um die erzielten Erkenntnisse aus der Analyse kontinuierlich abzugleichen und Änderungen schnell aufgreifen zu können. Das Ziel der Abstimmungen sollen unter anderem folgende sein:^{156 157}

- Etablieren einer einzigartigen Kommunikation mit der oberen Managementebene
- Zusammenbringen von Personen und Themen über Abteilungsgrenzen hinweg
- Teambuilding
- Geregelt Projektkoordination in Abhängigkeit von den erzielten Bewertungen
- Aufdecken von Themen, welche Relevanz für alle Projekte haben
- Impuls für die Bildung angemessener Kommunikationswege und Schnittstellen zwischen den Projekten setzen
- Überwachung und Steuerung der Risiken aus den Wechselwirkungen

Grundsätzlich kristallisiert sich aus der GCDA Analyse, die hohe Relevanz einer zentral koordinierenden und steuernden Funktion über mehrere Projekte hinweg,

¹⁵⁶ Seidl 2011, S. 88–96.

¹⁵⁷ Grajek und Wolfsteiner 2015, S. 57.

heraus. Gerade in einem Umfeld mit knappen Ressourcen und divergierenden Zielsetzungen, führen fehlender Überblick, Steuerung und Kommunikation über mehrere Einzelprojekte, zwangsläufig zu Konflikten, Doppelarbeit und Ineffizienz. Daher muss für entsprechende Informationsflüsse und regelmäßige Kommunikation unter den Projekten gesorgt werden, um auf Veränderungen und Herausforderungen rechtzeitig reagieren zu können. ¹⁵⁸

Mit Hilfe der in diesem Kapitel beschriebenen Abhängigkeitsanalyse können somit bereits in einer frühen Phase der Evaluierung wichtige Zusatzinformationen zur Projektbewertung und -priorisierung ermittelt werden. Sie stellt aber keine primäre Selektionsmethode dar, sondern vervollständigt das Vorgehensmodell in seiner Wirkung.

4.3 Erheben von Kennzahlen

4.3.1 Allgemein

Wie bereits in Abschnitt 2.2 erläutert, stellt die Verwendung von Kennzahlen den Anwendern hervorragende Instrumente zur Vorbereitung, Fundierung und Erleichterung von wichtigen Entscheidungen des Managements zur Verfügung. Oftmals werden Entscheidungen, erst durch Kennzahlen ermöglicht. ¹⁵⁹ Mit Hilfe von Kennzahlen erhält das Management die Möglichkeit Zusammenhänge, Ursachen und Wirkungen positiver und negativer Faktoren zu erkennen. So können Kennzahlen zu einer Verminderung der Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung und zum Auslösen von Lernprozessen beitragen. Einer der wichtigsten Punkte, welche die Entscheidungsfindung mittels Kennzahlen ermöglicht, ist es in Relationen statt in Geldwerten wie Euro und Cent zu denken bzw. mehr auf die Produktivität als auf die Produktion zu schauen. ¹⁶⁰

In der vorliegenden Arbeit soll im Rahmen eines Vorgehensmodells, eine Bewertung und Priorisierungsmöglichkeit für Digitalisierungsprojekte erarbeitet werden. Wie bereits in den ersten zwei Stufen des Modells beschrieben, werden Eingangs die Reife des Unternehmens in Bezug auf ihre Digitalisierung, sowie Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den Projektmöglichkeiten und bestehenden Projekten erhoben. Um jedoch konkrete Benefits (*englisch für „Vorteile“ oder „Nutzen“*) aus der Implementierung eines Projektes ableiten zu können, werden an dieser Stelle sog. „Key performance indicators“ (KPIs) eingeführt.

¹⁵⁸ Passcon 2018.

¹⁵⁹ Siegwart et al. 2010, S. 30.

¹⁶⁰ Siegwart et al. 2010, S. 31.

KPIs werden in der ISO 22400:1-2014 und ISO 22400:2-2014 als „Eine Methode zur Messung der Effizienz einer Organisation und ihrer Fortschritte bei der Erreichung ihrer Ziele“ beschrieben. Des Weiteren werden sie als „sehr wichtig für das Verständnis und die Verbesserung der Produktionsleistung, sowohl aus der Perspektive der schlanken Produktion zur Beseitigung von Verschwendung und aus der Unternehmensperspektive zur Erreichen strategischer Ziele“ bezeichnet.^{161 162}

Posluschny (2007) und Schneyder (2007) beschreiben jeweils ein Schema zum Einsatz von Kennzahlen bzw. Kennzahlensystemen in Unternehmen, welche bereits auch im Zuge der Forschungstätigkeiten des Autors dieser Arbeit, bei Fraunhofer Austria angewandt wurden. Die Entwicklung eines Kennzahlensystems wird hierbei in folgender Reihenfolge beschrieben:^{163 164}

Tabelle 15 - Schritte zur Entwicklung eines Kennzahlensystems in Anlehnung an Posluschny (2007) und Schneyder (2007)

Schritte	Definition
1	Festlegung des Ziels, das mit der Erhebung der geplanten KPI erreicht werden soll (z.B. Verkürzung der Reaktionszeit auf Anfragen von potenziellen Neukunden)
2	Kopplung der KPI mit spezifischen Unternehmenszielen und Bewertung des Zusammenhangs (z.B. erhöhte Neukundenzufriedenheit und mehr Neuaufträge)
3	Ermittlung der Stakeholder, die den KPI verwenden, und Ableiten der KPI-Relevanz (z. B. Nutzung durch den Leiter der Vertriebsabteilung, den Leiter der Kundendienstabteilung, aggregiert für die Geschäftsleitung und den Vorstand ergibt eine hohe KPI-Relevanz)
4	Bestimmung der Unternehmensbereiche für die Messung der KPIs (z.B. Abteilungen des Vertriebs und des Kundendienstes)
5	Festlegung einer konkreten Messgröße zur Ermittlung des KPI (z. B. Ø Reaktionszeit in Minuten auf Online-Formularanfragen von potenziellen Neukunden)
6	Erstmalige Erhebung des Ist-Zustandes des KPIs und Beurteilung der operativen Messbarkeit (z.B. manuelle Auswertung der Zeiten der Formulareingabe der Zeiten der CRM-Eingabe zur Beantwortung der Anfrage)
7	Festlegung von KPI-Zielzuständen und Abstimmung mit Unternehmenszielen (z.B. Reduzierung der Antwortzeiten um 20% bis Ende 2022 zur Steigerung der Neukundenquote)
8	Definition eines Überwachungs- und Berichterstattungsprozesses für den KPI (z. B. vierteljährliche Aktualisierung im KPI-Dashboard einschließlich Aktualisierungsbericht und Stakeholder)

¹⁶¹ ISO 22400-1.

¹⁶² ISO 22400-2.

¹⁶³ Posluschny 2007.

¹⁶⁴ Schneyder 2007.

Anhand des beschriebenen Schemas wird im kommenden Abschnitt die Entwicklung des Kennzahlensystems zur Bewertung vorliegender Digitalisierungsprojekte durchgeführt.

Um die Eignung der gewählten Kennzahlen für den vorliegenden Anwendungsfall zu validieren, wurde das Kennzahlensystem von drei Experten bei Fraunhofer Austria, sowie einem Digitalisierungsexperten eines weltweit agierenden Unternehmens im Bereich der Produktion und dem Vertrieb von Prozessanlagen (*Im Sinne der Geheimhaltungsvereinbarung, kann das erwähnte Produktionsunternehmen in der vorliegenden Arbeit nicht benannt werden*), unabhängig voneinander auf die Zuteilbarkeit zu den in der 2. Stufe der Vorgehensmodells festgelegten Digitalisierungsprojekt-Kategorien überprüft, die Übereinstimmungen extrahiert und zum finalen Kennzahlensystem zusammengeführt.

4.3.2 Vorgehen

Die Umsetzung der dritten Stufe des Vorgehensmodells erfolgt ebenso wie die vorherigen Stufen des Modells in Microsoft Excel.

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, wird die Entwicklung des Kennzahlensystems anhand von acht Schritten beschrieben, welche in nachfolgender Tabelle chronologisch abgearbeitet wurden:

Tabelle 16 - Schritte für die Kennzahlensystem Erstellung

Schritte	Definition	Durchführung in dieser Arbeit
1	Festlegung des Ziels, das mit der Erhebung der geplanten KPI erreicht werden soll	Es wird ein übergeordnetes Ziel in Form einer ganzheitlichen Beschreibung der Auswirkungen auf die betrachteten Unternehmensbereiche im Zuge der Einführung von Digitalisierungsprojekten im gesetzten Betrachtungsrahmen für alle festgelegten KPIs vorgegeben.
2	Kopplung der KPIs mit spezifischen Unternehmenszielen und Bewertung des Zusammenhangs	Die KPIs sollen mit definierten Benefits verknüpft werden. Diese Benefits stellen, die erwarteten und zu verfolgenden Ziele des Unternehmens durch die Einführung des gewählten Digitalisierungsprojektes dar.

Schritte	Definition	Durchführung in dieser Arbeit
3	Ermittlung der Stakeholder, die den KPI verwenden, und Ableiten der KPI-Relevanz	Die Anwendung des Vorgehensmodells und somit des Kennzahlensystems, ist auf keine Person oder Position im Unternehmen beschränkt. Das Modell soll die Bewertung einer jeden betroffenen und in der Entscheidung beteiligten Person ermöglichen. Dies kann durch den Produktionsleiter, den Projektmanager oder der Geschäftsleitung o.ä. erfolgen und in Folge aggregiert an den Vorstand übergeben werden. Somit ergeben sich hohe KPI Relevanzen für das gesamte Kennzahlensystem.
4	Bestimmung der Unternehmensbereiche für die Messung der KPIs	Die Unternehmensbereiche wurden nach eingehender Recherche auf die Produktion, die Logistik, die Buchhaltung, das Personal sowie den Kundenaspekt eingegrenzt. In diesen Bereichen konnten direkte Beeinflussungen der Digitalisierungsmaßnahmen identifiziert und mittels der KPIs bewertet werden. ^{165 166 167}
5	Festlegung einer konkreten Messgröße zur Ermittlung der KPIs	Die Messgrößen können mittels Freitext für jede Kennzahl, vom Unternehmen selbst definiert werden. Als Orientierungshilfe, wird jeder Kennzahl eine zu beantwortende Fragestellung beigefügt.
6	Erstmalige Erhebung des Ist-Zustandes des KPIs und Beurteilung der operativen Messbarkeit	Die Erhebung des Ist-Zustandes, ist für das Vorgehensmodell nicht erforderlich, kann jedoch mit der, zu jedem KPI angeführten Erklärung, zur Standortbestimmung im jeweiligen Kontext vom Unternehmen erhoben werden.
7	Festlegung von KPI-Zielzuständen und Abstimmung mit Unternehmenszielen	Dieser Schritt, stellt die Hauptfunktion der Bewertung im Vorgehensmodell dar. Es soll die erwartete Auswirkungsstärke durch die Einführung des Digitalisierungsprojektes auf die KPIs mittels einer generischen Skala vom minimalen Zahlenwert „1“ bis zum höchsten Wert „5“ bewertet werden. Die bewerteten KPIs sollen mit definierten Benefits verknüpft werden. Diese Benefits stellen, die erwarteten und zu verfolgenden Zielzustände des Unternehmens durch die Einführung des gewählten Digitalisierungsprojektes dar und wirken sich je nach erwarteter Höhe der Beeinflussung der KPIs proportional dazu aus.

¹⁶⁵ Sinsel et al. 2017.

¹⁶⁶ Joppen et al. 2019.

¹⁶⁷ Neumeier 2017.

Schritte	Definition	Durchführung in dieser Arbeit
8	Definition eines Überwachungs- und Berichterstattungsprozesses für den KPI	Der Betrachtungszeitraum kann eingangs für das gesamte Kennzahlensystem vom Anwender individuell per Freitextfeld vergeben werden. Der hierbei gewählte Zeitraum setzt für das Unternehmen die Erwartungshaltung zur Erfüllung der resultierenden Benefits fest und kann nach verstreichen dieses Zeitraums kontrolliert werden.

Die Kennzahlen zur Bewertung der Einflüsse von Digitalisierungsprojekten wurden im Zuge einer Recherche in „Scopus“ sowie „Google Scholar“ identifiziert. Es wurde nach den Schlüsselwörtern „digitalization“, „manufacturing“ und „key performance indicators“, sowie deren Deutsche Pendanten gesucht.

Unter Einbeziehung der bereits am Anfang des Kapitels gesetzten thematischen Restriktionen für die Ausarbeitung des Vorgehensmodells, konnte eine Liste mit weit über 100 möglichen Kennzahlen erstellt werden. Diese wurde in einem darauf folgenden Schritt, in einem Workshop mit drei Experten von Fraunhofer Austria auf die Eignung für den vorliegenden Kontext überprüft und auf 90 Kennzahlen zusammengefasst sowie den, in Schritt 4 von Tabelle 16, definierten Unternehmensbereichen zugeordnet. Es wurden hierbei alle Kennzahlen gestrichen, welche nicht trivial bewertet, für die Betrachtung zu allgemein gefasst waren oder keine Beeinflussbarkeit durch Digitalisierungsprojekte aufzeigen konnten.

Die verbliebenen Kennzahlen wurden im Anschluss von jedem der drei Experten von Fraunhofer Austria, dem externen Experten des zuvor erwähnten Produktionsunternehmens, sowie dem Autor dieser Arbeit zu den in Abschnitt 4.2 definierten 18 Digitalisierungsprojektkategorien zugeordnet. Hierfür wurde eine Matrix erstellt, welche in der obersten Zeile die 18 Kategorien und in der äußersten Spalte die 90 definierten Kennzahlen beinhaltete. Wenn eine Beeinflussung der Kennzahlen durch einer der Projektkategorien festgestellt wurde, erfolgte eine Markierung in der jeweiligen Zelle (siehe Abbildung 22).

Unternehmen:							
Dimensionen							
Kennzahlen/Kenngrößen							
Produktion							
7		5	4	3	2		Termtreue Produktion/Dienstleistung
	6				2		Produktqualität(s-Niveau)
							Fertigstellungswert
7				3			Auftragsvolumen/Zeit
	6		4			1	Ausschuss (Produktbezogen)
	6	5	4			1	Fehlerquote
7	6	5				1	Lagerbestände (Material)
	6	5				1	Verschwendung (Material)
7	6	5	4	3	2	1	Produktivität
	6		4				Lead Time
				3			Produktionskapazität & Projektkapazität
	6		4	3			Reaktion auf Produktionsausfälle
	6				2		Produktionsmängel
						1	Rückgabequote
						1	Nacharbeitsanteil
7	6	5	4	3	2	1	Performance Ratio (OEE)
					2		Instandhaltungsquote
			4				Energieverbrauchsquote
	6		4		2	1	Maschinenausfallquote
	6		4			1	Wertschöpfungsquote
7	6				2	1	geplante Stillstandszeit
7	6				2	1	ungeplante Stillstandszeit

Abbildung 22 - Auszug aus der Zuteilung der Kennzahlen zu Digitalisierungsprojektkategorien

Die einzelnen Bewertungen wurden anschließend in einem Excelsheet zusammengeführt und auf deren Übereinstimmung geprüft. Dies erfolgte mittels der Funktion „=4-ZÄHLENWENN(Bereich;““), welche die leeren Zellen der betrachteten Kennzahlenzeile im gegebenen Bereich zählte und von den maximal 4 möglichen Stimmen abzog. Eine Kennzahl galt als validiert, wenn sie zu mindestens mit einer ¾ Mehrheit einer der Digitalisierungsprojektkategorien zugeteilt wurde (siehe Abbildung 23).

	Transparenz in der Wertschöpfung					Visualisierung von Prozessen/Digital Twins					(Smarte) Autonome bzw. Software für Personaldisposition				
	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung
Produktion					Nennungen					Nennungen					Nennungen
Termtreue Produktion/Dienstleistung			1	1	2	2	2			2	3	3		1	3
Produktqualität(s-Niveau)				1	1	2	2		1	3	3				1
Fertigstellungswert				1	1	2				1					0
Auftragsvolumen/Zeit			1	1	2	2		1		2	3			1	2
Ausschuss (Produktbezogen)	1		1	1	3	2				1			3		1
Fehlerquote	1		1	1	3	2				1			3		1
Lagerbestände (Material)	1	1	1	1	4					0					0
Verschwendung (Material)	1	1	1	1	4					0					0
Produktivität	1	1	1	1	4	2	2	2	1	4	3	3	3	1	4
Lead Time Zeit von Bestellung bis Lieferung		1	1	1	3		2		1	2				1	1
Produktionskapazität & Projektkapazität				1	2				1	1	3	3		1	3
Reaktion auf Produktionsausfälle			1	1	2	2	2	1		3	3		3	1	3

Abbildung 23 - Vergleich der Kennzahlzuordnung

Bei dem Abgleich der abgegebenen Zuteilungen, konnten mit dieser Methodik weitere Kennzahlen aus der Betrachtung gestrichen werden, da keine Beeinflussung durch eine der Digitalisierungsprojektkategorien festgestellt werden konnte. Die finalisierte Kennzahlensammlung enthielt letztendlich 67 Kennzahlen für die Evaluierung des

Einfluss von Digitalisierungsprojekten auf das Unternehmen.^{168 169 170 171 172 173 174 175}

Im Durchschnitt konnten einer Digitalisierungsprojektkategorie ~14 Kennzahlen zugeordnet werden, wobei sich eine Kennzahl wiederum auf mehrere Kategorien auswirken konnte.

Eine Sammlung der gesamten Kennzahlen zur Evaluierung des Einflusses von Digitalisierungsprojekten auf das Unternehmen, sowie Informationen zu deren Messung kann dem Anhang (siehe 7.2) entnommen werden.

Die finalisierte Kennzahlenliste, wurde anschließend im Vorgehensmodell integriert und mit einer Bewertungslogik versehen. Zu Beginn der Bearbeitung dieser Stufe, sollen das Unternehmen, sowie die ausfüllende Person zur einfacheren Identifikation und Vergleichbarkeit in der Zukunft angegeben werden. Des Weiteren ist der Betrachtungszeitraum für das Projekt anzuführen, um für das Unternehmen selbst eine terminliche Restriktion zur Erwartung der Wirksamkeit der Benefits in Folge der Durchführung des Digitalisierungsprojektes sowie ein erwartetes Projektende zu setzen. Zudem soll der betrachtete Bereich bei der Bewertung des Vorgehensmodells angegeben werden. Hierfür kann aus einer Liste mit folgenden Optionen gewählt werden: Unternehmensweit, einzelner Standort, Abteilung, Prozessabschnitt, Arbeitsplatz, Shop Floor, Projektteam und Einzelnes Produkt. Dies soll der einfacheren Identifikation mit der Fragestellung bei der Bewertung der einzelnen Kennzahlen für den Anwender dienen.

3.Stufe - Kennzahlenbewertung				
Die Bewertung erfolgt für das folgende Digitalisierungsprojekt:	Unternehmen:	Leiterplattenproduktions-GmbH	Ich erwarte mir die Verbesserungen für folgenden Zeitraum...	in den nächsten 3 Jahren
Projekt B	Zuständige Person:	Dipl.-Ing. Max Mustermann	Welche Bereiche des Unternehmens werden bei der Bewertung betrachtet?	Shop Floor

Abbildung 24 - Auszug aus der Umsetzung im Excel-Tool: Allgemeine Informationen Stufe 3

Der Anwender erhält anschließend, je erfolgter Einordnung des zu bewertenden Digitalisierungsprojektes in der 2.Stufe des Vorgehensmodells, die entsprechenden Kennzahlen zur Beurteilung angezeigt. Die Beurteilung der Kennzahlen erfolgt anhand einer Skala mit Wertigkeiten beginnend bei „1 = Es wird eine marginal positive Auswirkung auf die Kennzahl, durch die Einführung des Digitalisierungsprojektes erwartet“, über „3 – Es wird eine positive Auswirkung auf die Kennzahl, durch die Einführung des Digitalisierungsprojektes erwartet.“ bis „5 – Es wird eine größtmögliche

¹⁶⁸ Krol et al. 2021.

¹⁶⁹ Joppen et al. 2019.

¹⁷⁰ Kang et al. 2016.

¹⁷¹ ISO 22400-1.

¹⁷² ISO 22400-2.

¹⁷³ Zhu et al. 2018.

¹⁷⁴ reimus.NET GmbH 2021.

¹⁷⁵ Entreß-Fürsteneck et al.

positive Auswirkung auf die Kennzahl, durch die Einführung des Digitalisierungsprojektes erwartet“.

Es ist möglich, im Zuge der Bewertung der geplanten Auswirkungsstärke, jede Kennzahl, um deren betrachtete Einheit mittels eines Freitext-Feldes zu ergänzen. Hierdurch soll in Zukunft eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet sowie eine genauere Zieldefinition ermöglicht werden.

Kennzahlen/Kenngrößen	Bewerten der geplanten Auswirkungsstärke [1 - 5]	In welcher Einheit betrachte ich die angegebene Kennzahl?
Produktion		
Termintreue Produktion/Dienstleistung	3	
Produktqualität(s-Niveau)	1	
Auftragsvolumen/Zeit	2	
Ausschuss (Produktbezogen)	4	
Fehlerquote	4	
Lagerbestände (Material)	1	

Abbildung 25 - Auszug aus der Umsetzung im Excel-Tool: Bewertung der Kennzahlen

Nach der Beurteilung der geplanten Auswirkungsstärke des Digitalisierungsprojektes auf jede der vorgegebenen Kennzahlen, erfolgt in der kommenden Stufe des Vorgehensmodells, die Zuteilung der Kennzahlen zu Benefits, welche als erwartbarer Nutzen bei der Einführung des beurteilten Digitalisierungsprojektes betrachtet werden können.

4.4 Generieren von Benefits

4.4.1 Allgemein

Das Definieren von Zielvorgaben, wie beispielsweise "Erzeugen von geringeren Betriebskosten", stellt Projektziele dar, welche zur langfristigen Verbesserung der Unternehmensleistung nach Projektabschluss beitragen können. Die Definition eines effektiven Sollnutzens ist somit von entscheidender Bedeutung, um Investitionsentscheidungen für ein Projekt treffen zu können, eine klare Ausrichtung des Projektmanagements zu gewährleisten und damit die Projekt- und Unternehmensleistung zu verbessern.¹⁷⁶

Die Schwierigkeit, Kosten und Nutzen von Informationstechnologien zu ermitteln, ist weder neu noch ausschließlich auf bestimmte Branchen beschränkt. Es handelt sich um ein globales Problem, das in allen Arten von Wirtschaftszweigen und Organisationen besteht. Das entscheidende Kriterium des Erfolgs, wird oftmals durch eine allgemeine Verbesserung der Geschäftslage des Unternehmens beschrieben. Daher ist die Abstimmung des Unternehmensnutzen- und der verwendeten Technologiestrategien von größter Bedeutung.¹⁷⁷

Die in dieser Arbeit behandelten Projekt-Benefits können grundsätzlich in zwei Gruppen unterschieden werden:¹⁷⁸

- „Target-Benefits“ (*englisch für Zielnutzen*): der Nutzen, der vor dem Projektbeginn festgelegt wird und den der Projektförderer durch eine Investition in ein Projekt erreichen will
- „Fortuitous Benefits“ (*englisch für Zufallsnutzen*): Nutzen der sich während des Projekts unerwarteter Weise ergeben kann

Da in dieser Arbeit, eine konkrete Auswahlentscheidung für Digitalisierungsprojekte gegeben werden soll, wird auf die Bestimmung und Auswahl von „Target-Benefits“ eingegangen. Die „Target-Benefits“ werden hierbei definiert als "strategische Projektziele, die nach Abschluss des Projekts die Unternehmensleistung verbessern". Der angestrebte Nutzen wird in der Literatur auch als Unternehmensziel des Projekts bezeichnet, da es sich dabei um die Erwartungen des Projekteigentümers an die Nutzung der Projektergebnisse handelt, nachdem das Projekt von der Projektorganisation an ihn übergeben worden ist.¹⁷⁸

Die angestrebten Benefits können daher neben anderen taktischen Kurzzeitzielen wie beispielsweise dem termingerechten Abschluss eines Projekts und der Einhaltung des

¹⁷⁶ Zwikael et al. 2018.

¹⁷⁷ Baldwin et al.

¹⁷⁸ Zwikael et al. 2018.

Budgets, als eine Untergruppe der Projektziele betrachtet werden. Der angestrebte Nutzen wird in der Initialisierungsphase eines Projekts festgelegt und dann im Business Case des Projekts zur Genehmigung durch den Auftraggeber dokumentiert und dient anschließend als Grundlage für die laufende Überwachung und Kontrolle sowie für die spätere Bewertung der Projektleistung.^{178 179 180}

Wie wichtig die Festlegung effektiver Zielvorgaben ist, verdeutlicht die Tatsache, dass 74 % der Unternehmen, die in ihren Geschäftsberichten Zielvorgaben festlegen, ihre Projektziele erreichen, gegenüber lediglich 48 % der Organisationen, die dies nicht tun.¹⁸¹

Mihm (2010) merkt ebenfalls an, dass bei der Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen Informationen in der Entscheidungsfindung, bessere Entscheidungen durch die Verantwortlichen getroffen werden können.¹⁸² In diesem Zusammenhang können klare Projektziele zu fundierteren Entscheidungen über die Projektfinanzierung beitragen. Durch klare Ziele wird der Beitrag eines vorgeschlagenen Projekts zu den strategischen Zielen der Organisation gerechtfertigt und dient als Grundlage für die anschließende Projektplanung.¹⁸³

4.4.2 Vorgehen

Anhand der, im vorigen Abschnitt beschriebenen Charakteristiken von Benefits, sowie deren Nutzen für die Entscheidungsfindung im Unternehmen, wurden im nächsten Schritt, geeignete Benefits zur Beschreibung des Erwarteten Nutzens von Digitalisierungsprojekten im Unternehmen, aus der Literatur extrahiert.

In der nachfolgenden Baumstruktur (*siehe Abbildung 26*), werden die konkreten Benefits und deren vorgeschlagene Granularität dargestellt:^{184 185 186 187 188 189 190 191 192 193}

¹⁷⁹ Laursen und Svejvig 2016.

¹⁸⁰ Terlizzi et al. 2017.

¹⁸¹ Project Management Institute 2016.

¹⁸² Mihm 2010.

¹⁸³ Zwikael et al. 2018.

¹⁸⁴ Zwikael et al. 2018.

¹⁸⁵ Terlizzi et al. 2017.

¹⁸⁶ Project Management Institute 2016.

¹⁸⁷ Baldwin et al.

¹⁸⁸ Ghildyal und Chang 2017.

¹⁸⁹ Askedal et al. 2019.

¹⁹⁰ Blumberg et al. 2012.

¹⁹¹ Bradley 2010.

¹⁹² The Open University - Open Learn.

¹⁹³ Schneider Electric 2021.

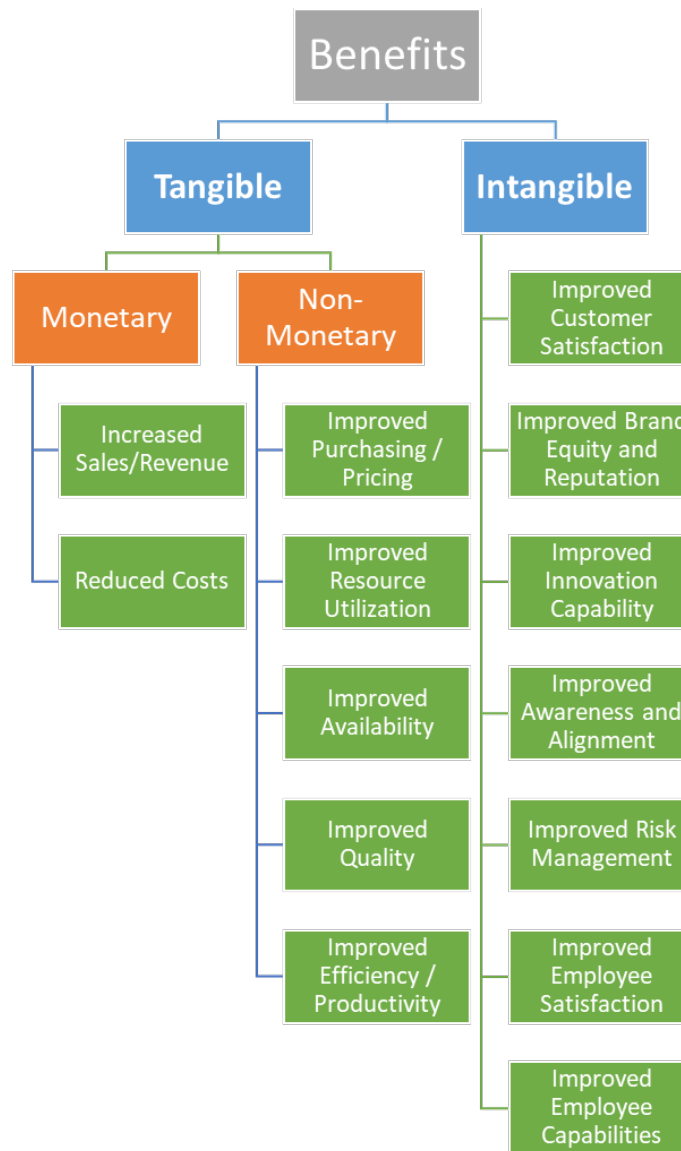


Abbildung 26 - Identifizierte Benefits zur Beschreibung der erwarteten Auswirkungen der Digitalisierungsprojekte

Die Unterteilung der Struktur, in „Intangible und Tangible Benefits“ entstammt der unterschiedlichen Natur ihrer Messbarkeit. Als „Tangible Benefits“ werden Nutzeneffekte bezeichnet, welche quantifizierbar und messbar sind bzw. in finanzieller Hinsicht aufgewogen werden können. „Intangible Benefits“, auch „weiche Vorteile“ genannt, hingegen lassen sich nicht direkt in wirtschaftlicher Hinsicht quantifizieren, haben aber dennoch einen sehr bedeutenden Einfluss auf das Unternehmen. Diese Art der Vorteile wird nicht in die finanziellen Berechnungen einbezogen, da sie keinen monetären Wert haben oder schwer zu quantifizieren und zu berechnen sind und somit fälschlicherweise oftmals als unwichtig eingestuft werden. Die Bedeutung immaterieller Werte kann, vor allem in der modernen, komplexen Geschäftswelt, in der sich immer mehr Unternehmen Wettbewerbsvorteile durch Beziehungen und Reputation verschaffen, gar nicht hoch genug angesetzt werden.

Wirtschaftswissenschaftlern zufolge beruhen mehr als 25 Prozent des Wertes eines Unternehmens auf immateriellen Werten. ^{186 192 194 195 196}

Die Herausforderungen, die mit immateriellen Messgrößen verbunden sind, werden in der Studie des PMI (2016) Studie deutlich: Nur etwas mehr als ein Drittel, d. h. nur 38 Prozent der Unternehmen, quantifizieren die immateriellen Projektvorteile in der Praxis. ¹⁹⁷

Nachdem die konkreten Benefits festgelegt waren, wurden diese, wie bereits die Kennzahlen im vorigen Kapitel 4.3, in einem halbtägigen Workshop von drei Experten von Fraunhofer Austria, dem externen Experten des zuvor erwähnten Produktionsunternehmens, sowie dem Autor dieser Arbeit, unabhängig voneinander zu den in Abschnitt 4.3 festgelegten Kennzahlen zugeteilt. Hierfür wurde eine Matrix erstellt, welche in der obersten Zeile die 14 Benefits und in der äußersten Spalte die 67 ausgearbeiteten Kennzahlen beinhaltet. Wenn die Generierung eines Benefits, durch die Veränderung der betrachteten Kennzahl zu erwarten war, erfolgte eine Markierung in der jeweiligen Zelle.

Englisch	Increased Sales/Revenue	Reduced Costs	Improved Efficiency	Improved Resource Utilization	Improved Availability
Deutsch	Gesteigerter Absatz/Ertrag	Reduzierte Kosten	Verbesserte Effizienz/Produktivität	verbesserte Ressourcennutzung	Verbesserte Verfügbarkeit
Termintreue Produktion/Dienstleistung	x	x	x		x
Produktqualität(s-Niveau)	x				
Fertigstellungswert			x		x
Auftragsvolumen/Zeit	x	x	x	x	x
Ausschuss (Produktbezogen)		x	x	x	x
Fehlerquote		x	x	x	x
Lagerbestände (Material)		x		x	x
Verschwendung (Material)		x	x	x	
Produktivität	x		x	x	x
Lead Time	x		x		x
Produktionskapazität & Projektkapazität	x	x	x		x
Reaktion auf Produktionsausfälle		x	x		x
Produktionsmängel		x	x	x	
Rückgabequote	x	x	x	x	

Abbildung 27 - Auszug aus dem Workshop zur Ausarbeitung der Kennzahlen-Benefits Wirkung

Die einzelnen Experten-Auswertungen wurden anschließend in einem Excelsheet zusammengeführt und auf deren Übereinstimmung geprüft. Dies erfolgte mittels der Funktion „=4-ZÄHLENWENN(Bereich;\"")“, welche die leeren Zellen der betrachteten Kennzahlenzeile im gegebenen Bereich zählte und von den maximal 4 möglichen

¹⁹⁴ ScienceDirect 2018a.

¹⁹⁵ ScienceDirect 2018b.

¹⁹⁶ Badewi 2016.

¹⁹⁷ Project Management Institute 2016.

Stimmen abgezogen. Ein Benefit galt als validiert, wenn ihr mindestens mit einer $\frac{3}{4}$ Mehrheit, eine der Kennzahlen zugeteilt wurde (siehe Abbildung 28).

	Increased Sales/Revenue					Reduced Costs					Improved Efficiency				
	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung	DAT	JAG	BEF	MRH	Auswertung
					Nennungen					Nennungen					Nennungen
Termintreue Produktion/Dienstleistung	x	x	1	1	4	x			1	2	x			1	3
Produktqualität(s-Niveau)	x	x	1	1	4					0				1	1
Fertigstellungswert		x		1	2					0	x				1
Auftragsvolumen/Zeit	x	x		1	3	x			1	2	x			1	3
Ausschuss (Produktbezogen)			1	1	2	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4
Fehlerquote		x	1	1	3	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4
Lagerbestände (Material)			1	1	2	x	x		1	3		x		1	2
Verschwendung (Material)			1	1	2	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4
Produktivität	x		1	1	3		x	1		2	x	x	1	1	4
Lead Time	x	x	1	1	4				1	1	x	x	1	1	4
Produktionskapazität & Projektkapazität	x		1	1	3	x	x	1		3	x		1	1	3
Reaktion auf Produktionsausfälle			1	1	2	x	x	1		3	x	x	1	1	4
Rückgabequote	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4
Nacharbeitsanteil			1	1	2	x	x	1	1	4	x	x	1	1	4
Performance Ratio (OEE)	x		1	1	3	x	x	1		3	x	x	1	1	4
Instandhaltungsquote			1	1	2		x	1	1	3	x	x	1		3
Energieverbrauchsquote			1	1	2	x	x	1	1	4	x	x	1		3

Abbildung 28 - Auszug aus dem Benefit-Meinungsabgleich der Experten

Bei dem Abgleich der abgegebenen Zuteilungen, wurde auch die die Anzahl der festgelegten Benefit-Kategorien auf ihre Eignung überprüft. Jeder Benefit-Kategorie konnten mindestens 9 und maximal 32 beeinflussende Kennzahlen zugeordnet werden. Im Durchschnitt erfolgte die Beeinflussung einer Benefit-Kategorie durch ~18 Kennzahlen, wobei sich eine Kennzahl wiederum auf mehrere Kategorien auswirken konnte.

Eine Sammlung der gesamten Benefits zur Quantifizierung des Einflusses von Digitalisierungsprojekten auf das Unternehmen, sowie deren Beschreibung können Tabelle 17 entnommen werden.

Bei der Anwendung des Modells, erhält der Anwender in dieser Stufe, automatisch aus den bewerteten Kennzahlen der 3. Stufe, die im Vorhinein definierten Benefits in einem Netzdiagramm aufgezeigt (siehe Abbildung 29). Die Auswirkungsstärke der zu erwartenden Benefits richtet sich hierbei nach der vergebenen Wertung der Kennzahlen in Stufe 3, mit Wertigkeiten zwischen „1“ und „5“. Wenn die Kennzahl mit einer Wertigkeit von „1“ beurteilt wurde, können die Effekte der zu erwartenden Benefits geringer ausfallen als bei einer Bewertung mit der Wertigkeit „5“. Wenn mehrere Kennzahlen bewertet wurden, welche auf denselben Benefit einwirken, wird der Durchschnitt dieser gebildet und somit eine Benefit Auswirkungsstärke dargestellt.

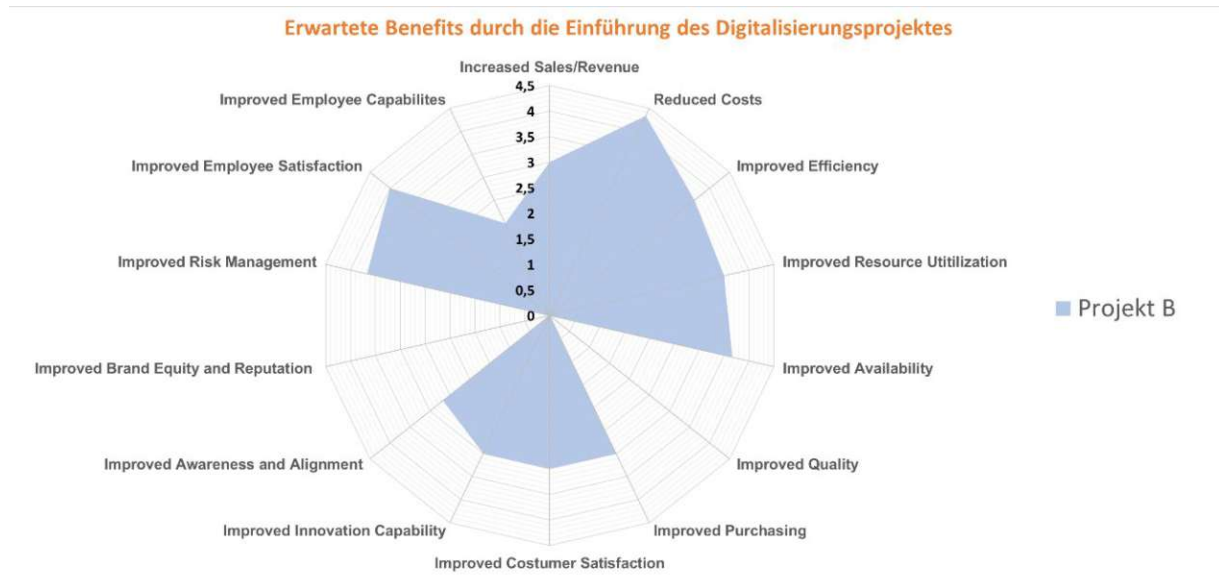


Abbildung 29 - Benefit Darstellung aus dem Excel-Tool

Der hierbei erhaltene Benefit-Zustand, signalisiert dem Anwender einen möglichen Zielzustand bei einer Einführung des betrachteten Digitalisierungsprojektes, gilt als Motivation für die Durchführung des Projektes und soll bei einem Vergleich gegenüber anderen Projekten eine Entscheidungsunterstützung bieten. Das Modell kann für alle zur Verfügung stehenden Digitalisierungsprojekte des Unternehmens durchgeführt und die präferierte Benefit-Konstellation gewählt werden.

Tabelle 17 - Benefit-Beschreibungen

Benefits (Englisch)	Benefits (Deutsch)	Kategorie	Beschreibung
Increased Sales/Revenue	Gesteigerter Absatz/Ertrag	Tangible – Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Dies ist die häufigste Art von Nutzen eines Projekts und die von den Beteiligten am meisten gewünschte. - Steigende Einnahmen entstehen, wenn ein Projekt direkte Auswirkungen auf die Einnahmen der Organisation hat. - Zu den bestehenden Einnahmen können zusätzliche Einnahmequellen, wie die Einführung eines neuen Produkts oder die Bereitstellung eines Angebots, hinzu kommen. - Die Erhöhung der Einnahmen wird durch einen genauen Barwert dargestellt.
Reduced Costs	Reduzierte Kosten	Tangible - Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Die Digitalisierung der Fertigung hilft den Unternehmen, einen besseren Einblick in die Lieferkette zu gewinnen, z. B. in die Lagerbestände, den Lieferstatus und die Nachfragezyklen. - Diese erhöhte Transparenz trägt dazu bei, unnötige Risiken und Kosten zu reduzieren, die z. B. durch zu hohe Bestände entstehen.
Improved Efficiency	Verbesserte Effizienz/Produktivität	Tangible - Non Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung von Systemen, Infrastrukturen und Prozessen, um mehr Output für eine Input-Einheit zu erhalten. Der Einsatz der richtigen technischen Hilfsmittel kann die Arbeitsabläufe optimieren und die Produktivität steigern. - Durch die Automatisierung vieler manueller Aufgaben und die Integration von Daten im gesamten Unternehmen können Personal und Anlagen effizienter arbeiten.

Benefits (Englisch)	Benefits (Deutsch)	Kategorie	Beschreibung
Improved Resource Utilization	Verbesserte Ressourcennutzung	Tangible - Non Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Unter Ressourcennutzung versteht man das Verfahren zur optimalen Nutzung der Ressourcen, die einem zur Verfügung stehen, um den angestrebten Zweck zu erreichen. - Die ordnungsgemäße Nutzung von Ressourcen ist wichtig für die Aufrechterhaltung der Produktivität, da sie verhindert, dass Mitarbeiter zu wenig leisten oder durch die Arbeitslast überlastet werden und sich verausgaben. - Die maximale Auslastung der Ressourcen ermöglicht einen besseren Return-On-Investment - Es wird sichergestellt, dass bestimmte Ressourcen nicht über- oder unterausgelastet werden.
Improved Availability	Verbesserte Verfügbarkeit	Tangible - Non Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Eine hohe Anlagenverfügbarkeit ist unter anderem ein Beleg dafür, dass es wenig ungeplante Stillstandzeiten gegeben hat – etwa durch Reparaturen oder menschliches Versagen. - Die Produktion der Waren läuft nahezu reibungslos und verursacht keine Störungen oder Qualitätsverluste. - Unternehmen, die regelmäßig hohe Anlagenverfügbarkeiten erreichen, sind damit gegenüber anderen Betrieben klar im Vorteil.
Improved Quality	Verbesserte Qualität	Tangible - Non Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Einer der wichtigsten Vorteile der Digitalisierung besteht darin, dass sie gewährleistet, dass jeder Vorgang auf konsistente Weise durchgeführt wird, was zu einer qualitativ hochwertigen und zuverlässigen Leistung führt. - Der Kunden erhält jedes Mal die gleiche Qualität der Dienstleistung oder des Gutes durch Ihr Unternehmen. - Aufgrund der gesicherten Qualität und Konsistenz sowie der Zeit- und Effizienzvorteile kann auch damit begonnen werden, qualitativ hochwertigere und funktionsreichere Produkte zu entwerfen, ohne dass die Herstellungszeit und -kosten steigen.

Benefits (Englisch)	Benefits (Deutsch)	Kategorie	Beschreibung
Improved Purchasing	Verbesserte Beschaffung	Tangible - Non Monetary	<ul style="list-style-type: none"> - Durch eine integrierte Digitalisierung des strategischen Einkaufs werden die prinzipiellen Inhalte der Arbeitsschritte kaum verändert. - Es wird vielmehr der Arbeitsprozess durch technologische Innovationen personell verschlankt, beschleunigt und qualitativ verbessert. Das Ziel ist es, durch eindeutig abbildbare Regelwerke repetitive, zeitaufwändige und fehleranfällige Arbeitsschritte von IT-Systemen, anstatt von Mitarbeitern durchführen zu lassen. - Dies gewährt eine gleichbleibende hohe Qualität der Daten, Analysen und Entscheidungen. Das Ganze geschieht mit kürzeren Durchlaufzeiten und geringeren Personalkosten.
Improved Costumer Satisfaction	Verbesserte Kundenzufriedenheit	Intangible	<ul style="list-style-type: none"> - Die Projekte zielen im Allgemeinen darauf ab, den Endkunden zufrieden zu stellen, unabhängig davon, ob es sich dabei um einen externen oder internen Kunden der Organisation handelt. Wenn der Kunde mit dem Ergebnis nicht zufrieden ist, kann das Projekt nicht als erfolgreich angesehen werden. - Die digitale Fertigung trägt dazu bei, die Markenbekanntheit zu erhöhen, was wiederum den Unternehmen hilft, kundenspezifische Lösungen anzubieten.
Improved Innovation Capability	Verbesserte Innovationsfähigkeit	Intangible	<ul style="list-style-type: none"> - Neue Technologien wie IoT und KI können Unternehmen helfen, innovativer zu werden, indem sie neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen. - So können beispielsweise KI-basierte Bots verborgenes Wissen in Daten finden und in verwertbare Geschäftserkenntnisse umwandeln. - Solche erkenntnisgesteuerten Unternehmen können intelligentere Entscheidungen treffen und neue Einnahmequellen erschließen.
Improved Awareness and Alignment	Verbessertes Pflichtbewusstsein und Orientierung	Intangible	<ul style="list-style-type: none"> - Anordnung aller Elemente eines Unternehmens - einschließlich der Marktstrategie und der Art und Weise, wie das Unternehmen selbst organisiert ist - dass sie die Erfüllung des langfristigen Unternehmenszwecks bestmöglich unterstützen.

Benefits (Englisch)	Benefits (Deutsch)	Kategorie	Beschreibung
Improved Brand Equity and Reputation	Verbesserter Markenwert und Reputation	Intangible	- Der Markenwert ist für die meisten Organisationen eines der wichtigsten Ziele. Einige Projekte zielen darauf ab, den Markenwert durch die Bereitstellung besserer Dienstleistungen und die Einhaltung von Standards zu verbessern.
Improved Risk Management	Verbessertes Risikomanagement	Intangible	- Der Begriff Risikomanagement bezeichnet eine logische und systematische Methode zur Ermittlung des Kontextes, zur Identifizierung, Analyse, Bewertung, Behandlung, Überwachung und Kommunikation von Risiken, die mit einer Tätigkeit, einer Funktion oder einem Prozess verbunden sind, und zwar in einer Weise, die es Unternehmen ermöglicht, Verluste zu minimieren und Chancen zu maximieren.
Improved Employee Satisfaction	Verbesserte Mitarbeiterzufriedenheit	Intangible	- Mitarbeiter, die mit ihrer Arbeit zufriedener sind und sich stärker für ihr Unternehmen engagieren, können Veränderungen und Verbesserungen maßgeblich vorantreiben. - Zufriedene, engagierte Mitarbeiter sind oft loyaler. Deshalb ist dies ein hervorragendes Mittel, um die Personalfuktuation zu verringern. Wenn Sie die Fluktuation verringern, sparen Sie Zeit und Geld, die Sie in die Einstellung, Auswahl, Einarbeitung und Umschulung investieren müssen.
Improved Employee Capabilities	Verbesserte Mitarbeiterfähigkeiten	Intangible	- Verbesserte Mitarbeiterfähigkeiten geben den Mitarbeitern die Grundlage, die sie brauchen, um die Probleme, auf die sie bei ihrer Arbeit stoßen, selbst zu lösen. Dies verbessert nicht nur die Effizienz, sondern signalisiert Ihren Mitarbeitern auch, dass sie und ihre Visionen von Ihnen geschätzt und anerkannt werden.

4.5 Risikobewertung

4.5.1 Allgemein

Durchzuführende Projekte im IT-Bereich unterliegen immer einem gewissen Risiko, da eine Vielzahl von Einflussfaktoren dazu führen kann, dass das Erreichen der angestrebten Ziele gefährdet oder gar erhebliche negative Folgewirkungen denkbar sind.¹⁹⁸

Risikobehafteten Vorhaben wird heutzutage immer noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Es kommt oft vor, dass über Themen wie dem zu planenden kommenden Jahresbudget über mehrere Sitzungen auf Managementebene diskutiert wird, jedoch bei Investitionen in IT- und Digitalisierungsvorhaben mit mehreren Millionen € in kurzer Zeit entschieden wird.¹⁹⁹

Sorgfältiges und systematisches Risikomanagement werden besonders im Projektgeschäft benötigt, da Projekte definitionsgemäß mit hohen Risiken behaftet sind.²⁰⁰

Um bereits vor der Einführung eines Projektes, eine Vorabanalyse des zu erwartenden Risikos zu erhalten, sollen in der letzten Stufe des Vorgehensmodells, die erzielten bzw. erwarteten Benefits, erzielt durch die Einführung diverser Digitalisierungsprojekte, um einen Risikofaktor ergänzt werden. Dieser soll auf die Problematik bei der Einführung und Durchführung von Projekten aufmerksam machen und die möglichen störenden Einflüsse mittels eines Fragebogens aufdecken.

Der erhobene Risikofaktor soll somit auf die möglichen Risiken bei der Ein- und Durchführung der Projekte hinweisen und mögliche Gegenmaßnahmen für die Anwender beinhalten, um die zu erwartenden Benefits nicht zu gefährden, falls sich ein hohes Risiko bei der Beantwortung des Fragebogens ergibt. Außerdem ist es möglich die hierbei identifizierten Einzelrisiken, bei einer tatsächlichen Durchführung des Projektes, gleich zu Beginn zu beachten und mit entsprechenden Gegenmaßnahmen zu minimieren. Hierfür wird vorgeschlagen, im Besonderen die Risiken welche laut Bewertung in die Kategorie „hohes Risiko“ (siehe Tabelle 20) fallen, in der nachfolgenden Projektphase zu beachten.

Die Grundlage für die Erhebung des bestehenden Risikos, bietet ein Fragebogen, gegliedert in die Risikokategorien^{198 201}:

- Projektorganisations-Risiko

¹⁹⁸ Tiemeyer 2017.

¹⁹⁹ Fiedler 2013, S. 145.

²⁰⁰ Fiedler 2013, S. 146.

²⁰¹ Projektmanagement Manufaktur 2021.

- Terminliches Risiko
- Ressourcen-Risiko
- Umweltrisiko
- Technisches Risiko

In jeder einzelnen Kategorie sollen die essenziellsten Risiken, welche den Erfolg eines Projektes mindern könnten, abgefragt und quantifiziert werden. Die Bewertung erfolgt mittels der in der ISO 31000, dem ISO Standard für das Risikomanagement (Risk management – Principles and guidelines) oder der ISO/IEC 27001 (Managementsystem für Informationssicherheit) gegebenen Definition des Risikos, dem Produkt aus dem potenziell möglichen Schaden und der damit verbundenen Eintrittswahrscheinlichkeit²⁰²:

$$\text{Risiko} = \text{Schaden} \times \text{Eintrittswahrscheinlichkeit}$$

Die identifizierten Standardrisiken je Risikokategorie, entstammen der Literatur und der nachfolgenden Abstimmung dieser mit Experten.^{198 203 204}

Nach dem Zusammentragen der für Digitalisierungsprojekte und IT-Projekte am sinnvollsten erscheinenden Risiken aus der Recherche, wurden diese mit drei Experten bei Fraunhofer Austria, in einem Workshop auf deren Eignung überprüft und auf eine vernünftig zu bewertende Menge in einem angenehmen zeitlichen Rahmen für die AnwenderInnen reduziert. Die Experten können eine mehrjährige einschlägige Erfahrung im Bereich von Projektarbeiten und auch Expertise im Bereich der Digitalisierung aufweisen. Dies bietet eine gute Evaluierungsbasis für die festzulegenden Standardrisiken.

Mit den identifizierten Punkten soll sichergestellt sein, dass die Standardrisiken bereits in der frühen Evaluierungsphase der Projekte betrachtet werden und ein Verständnis für diese im Unternehmen aufgebaut wird.

4.5.2 Vorgehen

Die letzte Stufe des Vorgehensmodells wurde ebenso wie die vorherigen Stufen des Modells in Microsoft Excel umgesetzt.

Die Skalierung zur Bewertung des erwarteten Schadens, wird mit Schadensklassen von „1“ bis „5“ beschrieben. Wobei „1“ den niedrigsten erwarteten Schaden und „5“ den höchsten erwarteten Schaden klassifiziert. Da in jedem Unternehmen, die Einteilung der Schadensausprägung individuell durchgeführt werden kann, soll mittels Tabelle 18 eine mögliche Interpretation und Orientierungshilfe zur Bewertung gegeben

²⁰² Stoiber 2019.

²⁰³ Projektmanagement Manufaktur 2021.

²⁰⁴ Windolph 2017.

werden. Den einzelnen Schadensklassen, können auch finanzielle Schäden zugeordnet werden (z.B. „Zu vernachlässigen sind Schäden bis < 5000€; „Katastrophal“ sind Schäden ab > 50.000€). Auf diese Darstellung wird hierbei jedoch zwecks der sehr unterschiedlichen Interpretation von finanziellen Schäden je nach Unternehmen verzichtet.

Tabelle 18 - Schadensklassen Risikobetrachtung

Schadensklasse		Technische Kriterien	Zeitrahenkriterien
1	Zu vernachlässigen	- Unbedeutende Mängel	Unbedeutend
2	Unkritisch	- Einzelne Projektergebnisse sind unzureichend	Mehr als 1 Monat Verzögerung
3	Mittelmäßig	- Beträchtliche Abweichungen vom geplanten Ergebnis	Beträchtlich, Umplanung nötig
4	Kritisch (negative und deutlich merkbare Auswirkung)	- Projektergebnis weist gravierende Mängel auf - Kosten zu Nutzen Relation negativ - Schäden für das Unternehmen	Einfluss auf Folgeprojekte
5	Projektgefährdend / katastrophal	- Projektergebnis ist nicht beherrschbar - Projekt war ein Verlust	Abbruch des Projektes

Die Skalierung zur Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos, wird ebenfalls mit einer Unterteilung von 1 bis 5 beschrieben. Hierbei stellt „1“ die niedrigste Eintrittswahrscheinlichkeit und „5“ die höchste Wahrscheinlichkeit des Szenarios dar. Einen weiteren Bewertungsaspekt der Eintrittswahrscheinlichkeit, stellt die Abschätzung der Projektrisiken aus vergangenen Projekten dar. Wie auch bei den Schadensklassen, liegt die Ausprägung der Inhalte zur Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit im Unternehmen selbst und Tabelle 19 dient hierbei nur als Interpretationsmöglichkeit bzw. als Orientierungshilfe beim Befüllen des Modells.

Tabelle 19 - Eintrittswahrscheinlichkeiten Risikobetrachtung

Eintrittswahrscheinlichkeit		Kriterien	Blick in die Vergangenheit
1	Fast unmöglich	Sehr unwahrscheinlich, dass dies jemals eintritt	Vorfall ist bisher noch nie eingetreten
2	Unwahrscheinlich	Manchmal wird dies zum Problem	Vorfall ist vor mehr als 5 Jahren oder einmalig vor langer Zeit eingetreten
3	Wahrscheinlich (50/50)	Gleichverteilte Chance, dass dies eintritt	Vorfall ist in den letzten 3 – 5 Jahren eingetreten

Eintrittswahrscheinlichkeit		Kriterien	Blick in die Vergangenheit
4	Sehr sicher	Große Wahrscheinlichkeit, dass dies zum Problem wird	Vorfall ist in den letzten 1 – 3 Jahren oder bereits wiederholt eingetreten
5	So gut wie sicher	Alles deutet darauf hin, dass dies zum Problem wird	Vorfall ist in den letzten Monaten eingetreten

Mit den festgelegten Schadensklassen und der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeiten aller Risiken, kann nun eine durchgehende Bewertung der identifizierten Risiken vollzogen werden. Hierfür soll die „5.Stufe – Risikobewertung“ des Vorgehensmodell in den Spalten „Schaden“ sowie „Eintrittswahrscheinlichkeit“ durchgängig befüllt werden. Jede freie Zelle soll mit einer Zahl zwischen 1 und 5 befüllt werden (siehe Abbildung 30). Mit dem Produkt aus den beiden Spalten wird im Anschluss, pro Zeile, die sogenannte Risikokennziffer errechnet, welche einen Betrag zwischen 1 bis 25 einnehmen wird.²⁰⁵

5.Stufe - Risikobewertung				
Risikoart / Risikokategorie	Identifikation der Risiken	Zu erwartender Schaden (1-5)	Eintrittswahrscheinlichkeit (1-5)	Risikokennziffer (E x S)
Projektorganisations-Risiko	Fehlende Geschäftliche Unterstützung	3	1	3
	Hoher Projektumfang	2	1	2
	Zu viele Projektabhängigkeiten	4	4	16
	Nachlassendes Interesse / Wechsel Management	2	2	4
	Zu viele Änderungen / schlechtes Änderungsmanagement	5	5	25
	Störung operativer Unternehmensprozesse	1	1	1
Terminliches Risiko	Abweichung vom Terminziel	5	5	25
Ressourcen-Risiko	Fachliche Überforderung/Fachwissen	2	2	4
	Ausfall / Konflikte von Projektmitarbeitern	3	1	3
	Fehlende Maschinenressourcen	3	2	6
	Anforderungen passen nicht zu der Unternehmensstrategie/prozessen	1	1	1

Abbildung 30 - Auszug Umsetzung Excel-Tool Risikobewertung: Befüllen der Zellen

Anschließend wird der Mittelwert über alle erhaltenen Risikokennziffern mittels der Excel-Funktion „=MITTELWERT(x:y)“ gebildet. Die hiermit erhaltene Risikokennziffer stellt nun das ermittelte Risiko für das gesamte Projekt dar und kann anschließend als Gefahr für die erwarteten Benefits gesehen werden. Die erhaltene Risikokennziffer wird anschließend zu 5 gleichmäßig unterteilten Wertebereichen zugeordnet. Die hierbei entstehenden Unterkategorien sind in Tabelle 20 dargestellt, wobei eine gemittelte Risikokennziffer von „1“ ein komplett risikofreies Projekt und „25“ ein undurchführbares Projekt darstellt.²⁰⁶

²⁰⁵ Fiedler 2013, S. 145–160.

²⁰⁶ Fiedler 2013, S. 151.

Tabelle 20 - Risikokennziffer Wertebereiche und Deutung

Wertebereiche der gemittelten Risikokennziffern	Risikobedeutung	Vorgeschlagene Maßnahmen
25	Undurchführbar	Risikovermeidung
20 – 24,99	Hohes Risiko	Risikovermeidung
15 – 19,99	Signifikantes Risiko	Risikovermeidung, Risikobehandlung, Risikoübertragung
10 – 14,99	Mittleres Risiko	Risikobehandlung, Risikoübertragung
5 – 9,99	Geringes Risiko	Risikoakzeptanz
1 – 4,99	Praktisch risikofrei	Risikoakzeptanz

Um die identifizierten Risiken, bei der Durchführung des Digitalisierungsprojektes, steuern zu können, werden vier verschiedenen Arten bzw. Maßnahmen zur Abschwächung der erhaltenen Risiken beschrieben: ^{207 208 209 210 211}

- **Risikovermeidung:** Bedeutet, das Risikoereignis nicht eintreten lassen, aber somit auch nicht die Chancen wahr zu nehmen, die aus dem Eingehen des Risikos erst entstehen würden. Der Vorgang der Vermeidung eines Risikos wird somit immer mit einer Änderung innerhalb des Projekts erreicht. Jedoch ist es manchmal das einzig Ratsame, Risiken komplett aus dem Weg zu gehen. Dies kann gelingen, indem die Ursache komplett beseitigt wird. Hierzu ist oftmals auch eine Änderung des Projektplanes durch geschicktes Umplanen oder zum Beispiel, durch Weglassen einer Funktionalität des Produktes, welches große Risiken birgt, notwendig. Dies gilt als sinnvoll, wenn das Risiko als besonders schwerwiegend eingestuft wird und den Gesamterfolg des Projektes bedrohen kann.
- **Risikobehandlung:** Bei der Anwendung dieser Strategie, wird versucht, entweder die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos zu senken oder die Tragweite (den Schaden) bei Eintritt des Risikos zu reduzieren, um die negativen Begleiterscheinungen der Risikovermeidung nicht in Kauf nehmen zu müssen. Die Maßnahmen hierbei können entweder auf die Ursache des Risikos (ursachenbezogene Risikoverminderung) oder direkt auf das Risiko wirken (wirkungsbezogene Risikoverminderung). Zu den ursachenbezogenen

²⁰⁷ Dettmer 2020.

²⁰⁸ Projekte leicht gemacht 2021.

²⁰⁹ Wanner 2022.

²¹⁰ TimeTrack 2021.

²¹¹ Ebert 2013, S. 79–89.

Maßnahmen gehören unter anderem Coaching-Maßnahmen (Sensibilität aller Beteiligten für die relevanten Risiken steigern; Schulungen) für den Projektleiter oder intensivere Tests der Soft- oder Hardware zu einem frühen Zeitpunkt des Projektes. Zu den wirkungsbezogenen Maßnahmen gehören zum Beispiel spezielle Sicherheitssysteme, welche im Ernstfall sofort bestimmte Anlagenteile abschalten oder eine Umgestaltung des Arbeitsplatzes um Schäden am Personal soweit wie möglich zu vermindern (Schadensvorsorge). Es können auch Sprinklersysteme in Gebäuden installiert werden oder State-of-the Art Arbeitsmittel eingesetzt werden, welche einen möglichen Schaden begrenzen (Schadenbegrenzung).

- **Risikoübertragung:** Die Risiken zu übertragen bedeutet, das Risiko mit allen möglichen Konsequenzen und der Verantwortung für Verminderungsmaßnahmen teilweise oder komplett an Dritte abzugeben, welche das Risiko eingehen und managen. Dies kann durch eine Versicherung oder einen Unterlieferant bzw. Kooperationspartner erfolgen. Das Übertragen von Risiken kann sinnvoll bei direkten finanziellen Auswirkungen im Risikofall, sinnvoll sein und ist meistens mit der Zahlung einer Prämie oder eines Risikozuschlages an den Abnehmer verbunden. Hierbei werden die Risiken oft in Vertragsklauseln übertragen, wie bei der Haftung bzw. Haftungsbegrenzung, bei der Gewährung von Garantien oder bei Fix-Preis-Verträgen.
Risiken an Unterlieferanten zu übertragen kann jedoch wegen der erzeugten Abhängigkeit von diesen problematisch werden. Falls der Kooperationspartner das Risiko nicht im Griff hat, können wieder Konsequenzen für den Projektstatus entstehen. Deshalb ist es oft besser die Risiken unter eigener Kontrolle zu haben. Eine weitere Möglichkeit der Verlagerung ist das „Schieben“ von speziellen Problemen in ein Folge- oder Parallelprojekt.
- **Risikoakzeptanz:** Dieser Ansatz ist ein eher passiver Ansatz der Risikobehandlung und wird oft auch als Nullposition bezeichnet. Hierbei werden Risiken als gegebene Ereignisse erachtet, welche im Notfall bei der Durchführung in Kauf genommen werden müssen, weil man sie weder vermeiden noch reduzieren oder umleiten kann. Dies betrifft einen Großteil der Risiken mit kleineren bis mittleren Auswirkungen, da man den wirklich wichtigen Risiken sonst gar nicht begegnen könnte. Aber auch die hierbei identifizierten Risiken sollten dennoch kontinuierlich kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass diese tragbar bleiben. Diese Strategie lohnt sich vor allem dann, wenn ein Risiko nur mit geringer Wahrscheinlichkeit eintritt oder keine besondere Tragweite hat. Auch Risiken, deren Management übermäßige Ressourcen verbrauchen würden und nicht umgangen werden können, kann so begegnet werden.

Um die zuvor identifizierten Maßnahmen zur Risikosteuerung, den identifizierten Risikokennziffern zuordnen zu können, existieren verschiedene Empfehlungen. Die in dieser Arbeit herangezogene Empfehlung, orientiert sich an der Vorgehensweise von Fiedler (2014). Hierbei werden die Risikokategorien je nach deren Risikohöhe zu den Maßnahmen zugeordnet (*siehe Abbildung 31*).

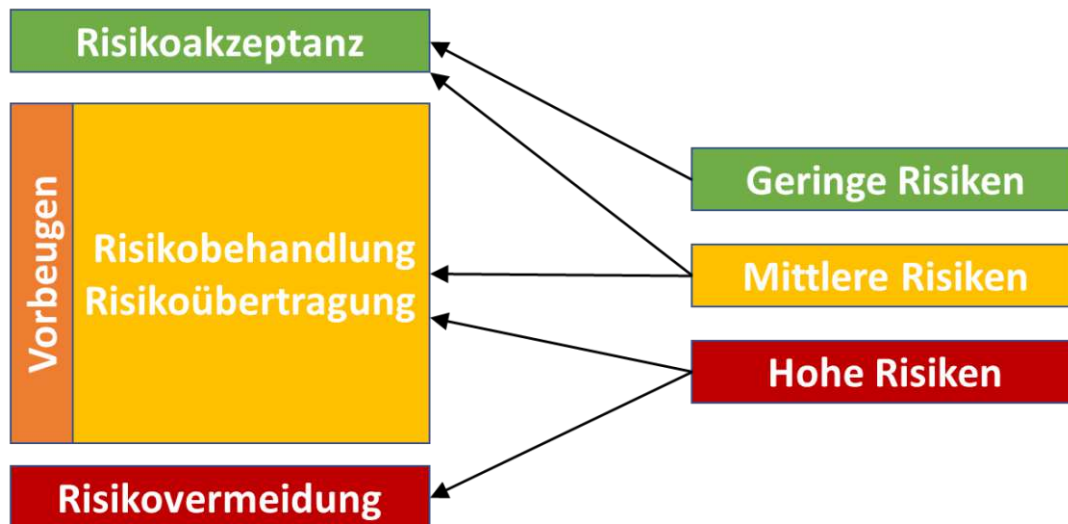


Abbildung 31 - Risikosteuerungsmöglichkeiten²¹²

Es ist hierbei zu erwähnen, dass die Maßnahmen lediglich Handlungsoptionen darstellen und keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Optimalität erheben. Es handelt sich um mögliche Gegenmaßnahmen, um die jeweils identifizierten Risiken vor Projektstart zu minimieren. Die Einteilung hat sich auf Basis der Sinnhaftigkeit und Verwendbarkeit der ausgewählten Maßnahmen ergeben und stellt keine absolute Lösung für einen perfekten Maßnahmenkatalog dar.

Das Excel-Modell bietet über die farbliche Codierung der Risikokennziffern einen schnellen Überblick über die zu erwartenden Risiken (*siehe Abbildung 32*). Das gemittelte Gesamtrisiko wird zusätzlich mit Ampelsymbolen versehen, welche im Falle eines „hohen oder Signifikanten Risikos“ auf Rot schalten, bei einem „mittleren Risiko“ mittels gelber Farbe und darunter mit grüner Ampelfarbe dargestellt werden.

²¹² Fiedler 2013, 151, Abbildung 126.

Umweltrisiko	Abweichung vom Qualitätsziel	3	4	12
	Fehlende Kundenakzeptanz	4	1	4
	Fehlende Kompetenz – Projektversagen/Kostenexplosion	3	4	12
	Ungenaue Aufgabenteilung	3	3	9
	Negative Einstellung der MitarbeiterInnen	3	3	9
	Lange Entscheidungswege / Verantwortungsübernahme Angst	4	5	20
Technisches Risiko	Unflexible Architektur ermöglicht keine Änderungen	1	1	1
	Leit – und Grundsätze werden verletzt	1	1	1
	Over-Engineering - unnötige Funktion und Design-Features	4	5	20
	Datenschutz - Sicherheitslücken	1	1	1
	Technische Durchführbarkeit - Komponenten oder Produkte können nicht in Betrieb genommen werden	3	3	9
	Nicht einhalten von Wartungsplänen	1	2	2
	Integration in die bestehende Struktur	3	1	3
Gesamtrisikokennzahl				
			Geringes Risiko	● 8,04

Abbildung 32 – Auszug Excel-Tool Umsetzung der Risikobewertung: Farbcodierung der Risikokennzahlen

Zusätzlich zu den vorgeschlagenen Gegenmaßnahmen (*siehe Tabelle 20*) für das Projekt, je nach erhaltener Risikokennzahl, können auch bereits die am höchsten bewerteten Einzelrisiken, welche im Excel-Modell **rot** hinterlegt werden, bei einer tatsächlichen Durchführung des Digitalisierungsprojektes in der Planungsphase betrachtet und wenn nötig entsprechende Gegenmaßnahmen zur Vermeidung des Eintretens dieser Einzelrisiken eingeleitet werden. Geringe Risiken und diverse Risiken mittlerer Stärke werden im Regelfall akzeptiert, da sich der Aufwand für Gegenmaßnahmen hierbei nicht rechnet.²¹³

Bei der Sichtung von geeigneter Literatur für die behandelte Thematik, konnten in der Praxis angewandte und bewährte Möglichkeiten zur Behandlung von sog. „Top-10 Risiken“, zusammengetragen von Ebert C. (2013), identifiziert werden. Diese wurden in der vorliegenden Arbeit zur Ergänzung im Anhang ohne weitere Erklärung übernommen und können den Anwendern als Richtlinie für konkrete Maßnahmen dienen (*siehe 7.2 - Risikomanagement: Maßnahmen gegen Top-10 Risiken*).

²¹³ Fiedler 2013, S. 151.

5 Demonstration und Evaluierung

In diesem Kapitel wird die Anwendung des Vorgehensmodells anhand eines Fallbeispiels dokumentiert. Die Inhalte dieses Kapitels, sollen den zweiten Unterpunkt aus dem 3. Teil des unter *1.3 Arbeitspakete* festgelegten Vorgehens beinhalten:

Teil 3: Praktische Anwendung der Forschungserkenntnisse

- Validierung und Anwendung der Methodik durch Experten anhand eines Anwendungsfalls zzgl. Anwenderfeedback

Um die Eignung des vorgeschlagenen Vorgehensmodells sowie der in Microsoft Excel erfolgten Umsetzung als Tool, zu prüfen, wurde die Methodik mittels eines Anwendungsfalls aus der Industrie erprobt.

Der Anwendungsfall leitet sich einem österreichischen Unternehmen mit Tätigkeitsbereich in der Leiterplattenproduktion ab. Das Unternehmen beschäftigte sich im Zuge der Kooperationsarbeit mit Fraunhofer Austria unter anderem mit der Evaluierung von Digitalisierungsprojekten und erarbeitete hierbei ein Projektportfolio mit weit über 50 möglichen oder bereits umgesetzten Projektoptionen. Durch die fehlende Möglichkeit eine schnelle und vielfältige Entscheidungsunterstützung für die Auswahl eines Digitalisierungsprojektes durchzuführen, war der Bedarf für die Anwendung des Vorgehensmodells gegeben. Im Sinne der Geheimhaltungsvereinbarung, können die Projekte in der vorliegenden Arbeit nicht benannt und inhaltlich beschrieben werden.

5.1 Anwendungsfall – Entscheidungsunterstützung für Digitalisierungsprojekte in der Leiterplattenproduktion

Wie in Kapitel 4 - Entwicklung des Vorgehensmodells ausführlich beschrieben, wurde das 5-Stufige Vorgehensmodell für die Entscheidungsunterstützung anhand zur Verfügung gestellter Projektdaten des Konzerns simuliert.

- **1.Stufe**

Zu Beginn des Auswahlvorgehens, sollte in der 1. Stufe des Vorgehensmodells die Digitale Basisreife des Unternehmens bestimmt werden, um auf Handlungsfelder und Restriktionen bei der Einführung von Digitalisierungsprojekten in der frühen Phase der Entscheidungsfindung aufmerksam zu machen.

Hierzu wurde im Excel-Tool der Reiter mit der 1.Stufe des Vorgehensmodells herangezogen und die 29 Aussagen zum Digitalisierungsstand im Unternehmen beantwortet. Wie in 4.1 beschrieben, war eine Zuordnung jeder Aussage in die Stufen von 1 bis 5 nötig.

		1. Stufe - Interne digitale Basisreife				
Dimensionen	Aussagen zur Digitalisierung	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	5. Stufe
		Umsetzung nicht geplant	Umsetzung geplant	Punktuelle Umsetzung	Weitgehende Umsetzung	Vollständige Umsetzung
MitarbeiterInnen	Es sind klare Maßnahmen implementiert um die Chancen und Risiken der Digitalisierung im Unternehmen klar zu kommunizieren und bekannt zu machen.			X		
	Die MitarbeiterInnen werden durch geeignete Maßnahmen gut auf organisatorische Veränderungen und den Einfluss der Digitalisation auf die bestehende Arbeitsweise vorbereitet.			X		
	Es sind genaue Maßnahmen gesetzt, um die MitarbeiterInnen durch digitale Kommunikationswege über Neuigkeiten rund um das Unternehmen und dessen Produkte informieren zu können.				X	
	Es wird darauf geachtet, dass die MitarbeiterInnen der Digitalisierung positiv gegenüber stehen (zB durch Workshops oder positive Kommunikation des Themas im Unternehmen)		X			
Stufe	Digital Readiness Punkte	0	20	30	20	20
Benennung	Digitale Fortgeschrittene					

Abbildung 33 - Excel-Tool Use-Case Auszug: Bewertung der digitalen Basisreife

Die Aussagen bzw. Behauptungen waren verständlich formuliert und ermöglichten eine zügige Einordnung und Bewertung des Unternehmens. Das Ergebnis mit der Wertigkeit von „3,10 Digital Readiness Punkten“ wurde am Schluss des Formulars ausgegeben und lieferte zudem auch die Einordnung in die Kategorie der „Digitalen Fortgeschrittene“. Dies führte zu den, in Kapitel 4.1.2 beschriebenen Bedeutungen und Maßnahmen für das Unternehmen:

Tabelle 21 - Bedeutung und Maßnahmen für erhaltene Digitale Readiness Stufe

Bereich der digitalen Reifestufe „dR“	Bedeutung der Reifestufe und empfohlene Maßnahmen
<p>2.6 < dR ≤ 3.4</p> <p>„Digitale Fortgeschrittene“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisierungslösungen werden in einigen, ersten Bereichen eingesetzt. Führungskräfte haben die Chancen der Digitalisierung erkannt und sind bereit diese im Unternehmen umzusetzen. - Machen Sie die Digitalisierung zu einem zentralen Baustein Ihrer strategischen Planung. Leiten Sie aus Ihrer Digitalisierungsstrategie erste Maßnahmen ab und überprüfen Sie Ihre Ziele regelmäßig. Nutzen Sie betriebswirtschaftliche Kennzahlen zur Beurteilung der Zielerreichung. - Verfolgen Sie die Maßnahmen zur Einbindung von Mitarbeitern in Digitalisierungsvorhaben in Ihrem Unternehmen konsequent. Überprüfen Sie, inwieweit die Vorschläge von Mitarbeitern tatsächlich auch umgesetzt werden können und geben Sie entsprechendes Feedback an die Beteiligten. Begründen Sie die Ablehnung von Vorschlägen. Entwickeln Sie eine "lebendige Partizipationskultur".

➤ **2. Stufe**

Im nächsten Schritt des Vorgehensmodells, sollten zu Beginn die zur Verfügung stehenden Projektmöglichkeiten, in die 18 vordefinierten Digitalisierungsprojektkategorien zugeordnet werden um die weitere Vorgehensweise und Zuteilung der Kennzahlen, sowie Benefits, zu vereinfachen.

Ebenso war es an dieser Stelle möglich, bereits in Umsetzung befindliche Projekte im Vorgehen zu berücksichtigen und den gegebenen Kategorien zuzuordnen, um mögliche Abhängigkeiten zwischen potenziellen und bestehenden Projekten aufzudecken und Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Um diesen Schritt simulieren zu können, konnte auf eine Liste von über 50 Projekten des Unternehmens zurückgegriffen werden, welche sich auch problemlos in die Kategorien zuteilen ließen. Um die Komplexität des Unterfangens in Anbetracht auf die zur Verfügung stehenden Zeit und die große Menge an Projekten in diesem Schritt zu reduzieren, wurden in einer ersten Erprobung nur 10 Projekte des Unternehmens zur Bewertung herangezogen. Es ist jedoch möglich eine beliebige Anzahl an Projekten zu bewerten, wobei sich lediglich der Zeitaufwand bei der Durchführung erhöht.

Stellvertretend und symbolisierend für die Benennung der Projekte, wurden Buchstaben von „A“ bis „J“ in die Tabelle eingetragen, wobei Mehrfachnennungen in einzelnen Kategorien auch möglich waren. Es wurden für die Betrachtung, sechs neuartige sowie vier bereits in Umsetzung befindliche Projekte ausgewählt, welche folgenden Kategorien zugeordnet wurden:

2.Stufe - Projektportfolio Auswahl und Festlegung der Abhängigkeiten			
Nr.	Projektart bzw. Projektkategorie	Bezeichnung des geplanten Digitalisierungsprojektes	Bezeichnung von laufenden Digitalisierungsprojekten
1	Transparenz in der Wertschöpfung		
2	Visualisierung von Prozessen/Digital Twins		
3	(Smarte) Autonome bzw. Software für Personaldisposition		
4	Smart Engineering		
5	Individuelle Fertigung		
6	(Intelligente)Sensorik zur erweiterten Datengenerierung/automatisierung der Abläufe		
7	Autonome Transportsysteme	B ; C	I
8	Datengetriebene Wartung	E	J
9	Physische Unterstützung von MitarbeiterInnen	A	H
10	IT-Schnittstellen, -Standards & IT-Sicherheit	D	
11	Kognitive Unterstützung für Mitarbeiter in der Arbeitsdurchführung		
12	Digitale Kollaboration in der Wertschöpfungskette (mit Externen)		
13	Schulung, Qualifikation & Beratung		
14	Transparenz in Logistikprozessen		
15	Produktmanagementsysteme		
16	Remote Services & Customer Experience		
17	Datengetriebene Analyse & Optimierung von internen Prozessen	F	G
18	Auftragssteuerung		

Abbildung 34 - Excel-Tool: Zuteilung der Projekte in definierte Kategorien

Im nächsten Schritt wurden diese Projekte in die Einflussmatrix übertragen, um Synergien und Konflikte zwischen diesen zu erkennen und somit erste Handlungsempfehlungen ableiten zu können. Die zu untersuchenden Abhängigkeiten können sich, wie in 4.2.2 beschrieben, folgendermaßen äußern und werden bei der Beurteilung als Bewertungsgrundlage verstanden: Zielabhängigkeiten, Ergebnisabhängigkeiten, Zeitliche Abhängigkeiten, Ressourcenabhängigkeiten und Inhaltliche Abhängigkeiten.

Bei der Durchführung der 2.Stufe wurde festgestellt, dass die Skala zur Bewertung der Abhängigkeiten im Tool nicht definiert war und somit nachgefügt werden sollte. Durch die sonstigen eingblendeten Informationen war für den Anwender jederzeit verständlich, wie die Bewertung zu erfolgen hatte und welche Kriterien bei der Befüllung zu beachten waren.

Goal and Content Dependency Analysis (GCDA)											
Einfluss VON \ Einfluss AUF	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D	Projekt E	Projekt F	Projekt G	Projekt H	Projekt I	Projekt J	Totale Aktive Abhängigkeiten
	Projekt A	0	3	3	3	0	1	1	9	3	
Projekt B	1	0	9	0	0	3	3	1	9	0	26
Projekt C	1	9	0	0	0	3	3	1	9	0	26
Projekt D	0	0	0	0	3	9	9	0	0	3	24
Projekt E	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0	9
Projekt F	0	0	0	3	1	0	3	1	1	3	12
Projekt G	0	0	0	3	1	9	0	0	0	0	13
Projekt H	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Projekt I	1	9	9	1	0	0	0	0	0	0	20
Projekt J	1	0	0	0	9	1	1	1	3	0	16
Totale Passive Abhängigkeiten	13	21	21	13	14	29	23	13	25	6	

Abbildung 35 - Excel-Tool: Ergebnisse Abhängigkeitsbewertung 2.Stufe

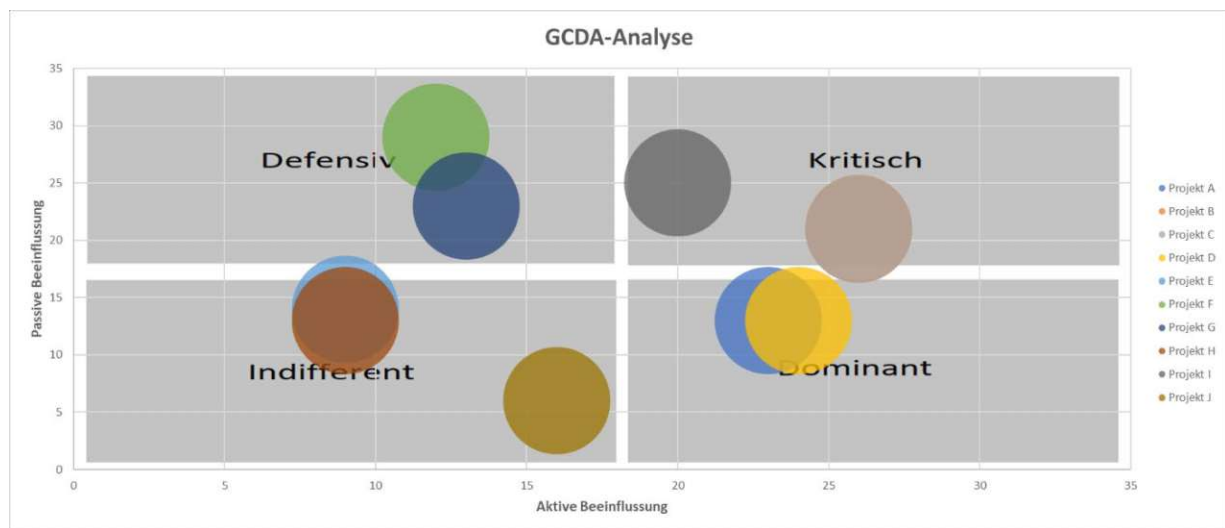


Abbildung 36 - Excel-Tool: Visualisierung Projektabhängigkeiten GCDA

Die Projekte wurden durch die Beurteilung, in die 4 Zielquadranten unterteilt. Die Bedeutung der Quadranten und die Behandlung von Projekten in den jeweiligen Kategorien, konnte in der vorliegenden Arbeit nachgelesen werden. Außerdem sind in der Einflussmatrix die besonders starken Abhängigkeiten zwischen den betrachteten Projekten, durch rot hinterlegte Zellen hervorgehoben worden. So war ein schneller Überblick über kritische Schnittstellen gegeben und die Möglichkeit zur weiteren Behandlung geschaffen. Die in der Arbeit beschriebenen Handlungsempfehlungen könnten somit für die entsprechenden Projekte angeregt werden.

➤ **3. Stufe**

Nach der Bestimmung der digitalen Reife sowie den Abhängigkeiten zwischen den betrachteten Projekten, erfolgt in der 3. Stufe die Bewertung der Kennzahlenbeeinflussung durch die betrachteten Projekte.

Anfangs wurde das betroffene Unternehmen, die verantwortliche Person für die Bewertung, sowie die Betrachtungsdauer der Auswirkungen und der betrachtete Bereich des Unternehmens angegeben. Hierbei wurde bemerkt, dass das betrachtete Projekt zur Bewertung (z.B. in diesem Fall Projekte A bis F) nicht im Informationsreiter erwähnt war und somit eine leichte Verwechslung der Bewertungen erfolgen konnte. Dies wurde dementsprechend nachgebessert.

3.Stufe - Kennzahlenbewertung				
Die Bewertung erfolgt für das folgende Digitalisierungsprojekt:	Unternehmen:	Leiterplattenproduktions-GmbH	Ich erwarte mir die Verbesserungen für folgenden Zeitraum...	in den nächsten 3 Jahren
Projekt B	Zuständige Person:	Dipl.-Ing. Max Mustermann	Welche Bereiche des Unternehmens werden bei der Bewertung betrachtet?	Shop Floor

Abbildung 37 - Excel-Tool: Allgemeine Informationen Stufe 3

Um die geeigneten Kennzahlen zur Bewertung der betroffenen Projekte zu erhalten, musste vom Anwender die Filterung in Spalte A per Dropdown und nachfolgender Freitexteingabe der gewünschten Projektkategorie erfolgen. Dies erfolgte problemlos und resultierte in einer Liste von zu befüllenden Kennzahlen. Dieser Vorgang wurde für alle betrachteten Digitalisierungsprojekte wiederholt.

Die Bewertung stellt hierbei eine Erwartungshaltung an die Beeinflussung der angegebenen Kennzahlen durch das einzuführende Digitalisierungsprojekt dar. Die Kennzahlen konnten mittels der angeführten Information zu deren Messung, zügig mittels der Dropdownmöglichkeit beurteilt werden. Jedoch wurde auch in dieser Stufe festgestellt, dass die Skalierung für die Bewertung im Tool nicht angegeben war und somit nachgefügt werden musste.

In Abbildung 38 und Abbildung 39 ist der Bewertungsvorgang der Projekte „B“ und „C“ ersichtlich. Hierbei kann ein direkter Vergleich zwischen zwei, der Kategorie „Autonome Transportsysteme“, zugeteilter Projekte erfolgen.

Die Bewertung erfolgt für das folgende Digitalisierungsprojekt:	Unternehmen:		Leiterplattenproduktions-GmbH	Ich erwarte mir die Verbesserungen für folgenden Zeitraum ...	in den nächsten 3 Jahren
Projekt B	Zuständige Person:		Dipl.-Ing. Max Mustermann	Welche Bereiche des Unternehmens werden bei der Bewertung betrachtet?	Shop Floor
Filterung nach gewählter Digitalisierungsprojektkategorie	Kennzahlen/Kenngrößen	Bewerten der geplanten Auswirkungsstärke [1 - 5]	In welcher Einheit betrachte ich die angegebene Kennzahl?	Information zur Messung / Measure	Formel
Autonome Transportsysteme	Auftragsvolumen/Zeit	2		Umfang der erteilten Aufträge innerhalb eines Monats	Auftragsvolumen im Jahr x / zwölf Monate
Autonome Transportsysteme	Produktivität	5		Wie hoch ist der Anteil an Ausbringungsmenge zu Einsatzmenge?	Ausbringungsmenge/Einsatzmenge ; Output/In
Autonome Transportsysteme	Lead Time	5		Wie schnell werden Ihre Bestellungen operativ umgesetzt?	Lead Time = Liefertermin – Bestelldatum
Autonome Transportsysteme		3		Wie schnell kann benötigtes Material an den benötigten Stellen zur Verfügung gestellt werden?	Verfügbarkeit = Summe der Einsatzzeiten/Summe der Ausfallzeiten. Bzw. verfügbare vorhandene Bestand minus / plus der Menge der geplanten Bestandsbuchungen für alle Aufträge
Autonome Transportsysteme	Materialverfügbarkeit	1		Wie adäquat erfassen Sie den Lagerbestand?	1 - (Abweichung/Gesamtbestand) X 100
Autonome Transportsysteme	Lagerbestandsgenauigkeit	2		Wie hoch sind ihre Transportzeiten für Material, Betriebshilfsmittel, Werkzeuge usw. ?	er Transportzeiten pro Zeiteinheit für betrac
Autonome Transportsysteme	Transportzeiten intern	5		Wie setzen sich ihre Transport- und Lieferkosten zusammen?	r den Transport von Gütern wie Material, W
Autonome Transportsysteme	Transport und Lieferkosten	3		Wie hoch sind Ihre internen Bearbeitungskosten?	hnittliche Kosten pro bearbeiteten Einkaufs
Autonome Transportsysteme	Interne Auftragskosten	3		Zahl der Unfälle je 1.000 geleisteter Arbeitsstunden (relative Gefährdung durch Arbeitsunfälle)	stete Arbeitsstunden in gewünschtem Betra
Autonome Transportsysteme	Unfallquote	4		Wie hoch ist der Anteil an automatisierten Prozessen in Betracht auf die gesamten Prozesse?	Automatisierte Prozesse/gesamte Prozesse

Abbildung 38 - Excel-Tool: Ausfüllen der Kennzahlen Beeinflussung für Projekt B des Use-Cases

Die Bewertung erfolgt für das folgende Digitalisierungsprojekt:	Unternehmen:		Leiterplattenproduktions-GmbH	Ich erwarte mir die Verbesserungen für folgenden Zeitraum ...	in den nächsten 3 Jahren
Projekt C	Zuständige Person:		Dipl.-Ing. Max Mustermann	Welche Bereiche des Unternehmens werden bei der Bewertung betrachtet?	Shop Floor
Filterung nach gewählter Digitalisierungsprojektkategorie	Kennzahlen/Kenngrößen	Bewerten der geplanten Auswirkungsstärke [1 - 5]	In welcher Einheit betrachte ich die angegebene Kennzahl?	Information zur Messung / Measure	Formel
Autonome Transportsysteme	Auftragsvolumen/Zeit	1		Umfang der erteilten Aufträge innerhalb eines Monats	Auftragsvolumen im Jahr x / zwölf Monate
Autonome Transportsysteme	Produktivität	3		Wie hoch ist der Anteil an Ausbringungsmenge zu Einsatzmenge?	Ausbringungsmenge/Einsatzmenge ; Output/In
Autonome Transportsysteme	Lead Time	3		Wie schnell werden Ihre Bestellungen operativ umgesetzt?	Lead Time = Liefertermin – Bestelldatum
Autonome Transportsysteme		5		Wie schnell kann benötigtes Material an den benötigten Stellen zur Verfügung gestellt werden?	Verfügbarkeit = Summe der Einsatzzeiten/Summe der Ausfallzeiten. Bzw. verfügbare vorhandene Bestand minus / plus der Menge der geplanten Bestandsbuchungen für alle Aufträge
Autonome Transportsysteme	Materialverfügbarkeit	4		Wie adäquat erfassen Sie den Lagerbestand?	1 - (Abweichung/Gesamtbestand) X 100
Autonome Transportsysteme	Lagerbestandsgenauigkeit	5		Wie hoch sind ihre Transportzeiten für Material, Betriebshilfsmittel, Werkzeuge usw. ?	er Transportzeiten pro Zeiteinheit für betrac
Autonome Transportsysteme	Transportzeiten intern	5		Wie setzen sich ihre Transport- und Lieferkosten zusammen?	r den Transport von Gütern wie Material, W
Autonome Transportsysteme	Transport und Lieferkosten	3		Wie hoch sind Ihre internen Bearbeitungskosten?	hnittliche Kosten pro bearbeiteten Einkaufs
Autonome Transportsysteme	Interne Auftragskosten	5		Zahl der Unfälle je 1.000 geleisteter Arbeitsstunden (relative Gefährdung durch Arbeitsunfälle)	stete Arbeitsstunden in gewünschtem Betra
Autonome Transportsysteme	Unfallquote	5		Wie hoch ist der Anteil an automatisierten Prozessen in Betracht auf die gesamten Prozesse?	Automatisierte Prozesse/gesamte Prozesse

Abbildung 39 - Excel-Tool: Ausfüllung der Kennzahlen Beeinflussung für Projekt C des Use-Cases

➤ **4.Stufe**

Diese Stufe des Vorgehensmodells, beinhaltet keine durchzuführenden Tätigkeiten für den Nutzer.

Der Anwender erhält erstmals eine Übersicht über die generierten Benefits, welche sich automatisch durch die Kennzahlenbewertung in der 3.Stufe ergeben.

Durch die Darstellung der generierten Benefits wird die Haupteinflussgröße zur Entscheidungshilfe bei der Auswahl des durchzuführenden Projektes geliefert. Diese Benefits repräsentieren die erwarteten Auswirkungen auf das Unternehmen aus Anwendersicht und können als angestrebtes Ziel für die Durchführung der Projekte gesehen werden.

Im durchgeführten Anwendungsfall wurden, unter anderem, zwei Digitalisierungsprojekte in der Kategorie „Autonome Transportsysteme“ beurteilt. In Abbildung 40 und Abbildung 41 wurden die erwarteten Benefits dieser Projekte dargestellt. Das Unternehmen konnte somit abwägen welches der Projekte, Benefits in der gewünschten Kategorie und Quantität erzeugen würde und somit eine präferierte Option zur Durchführung darstellt. Im beschriebenen Anwendungsfall könnte sich das Unternehmen durch „Projekt B“ eine starke Auswirkung auf die Mitarbeiterfähigkeiten, die Beschaffung und die Kundenzufriedenheit erwarten. Im „Projekt C“ hingegen, könnte eine starke Auswirkung auf die Innovationsfähigkeit, die Mitarbeiterzufriedenheit, die Ressourcennutzung sowie eine Kostenreduktion erwartet werden. Diese Auswertungen lieferten dem Unternehmen zusätzliche Informationen über den erwarteten Einfluss der Projekte, wobei die letztendliche Entscheidung für eine der Optionen weiterhin bei dem Unternehmen liegt. In diesem Fall wäre die bevorzugte Option des Anwenders, die Durchführung von Projekt C gewesen, da die Kostenreduktion die gewünschte Zielsetzung des Unternehmens darstellte.

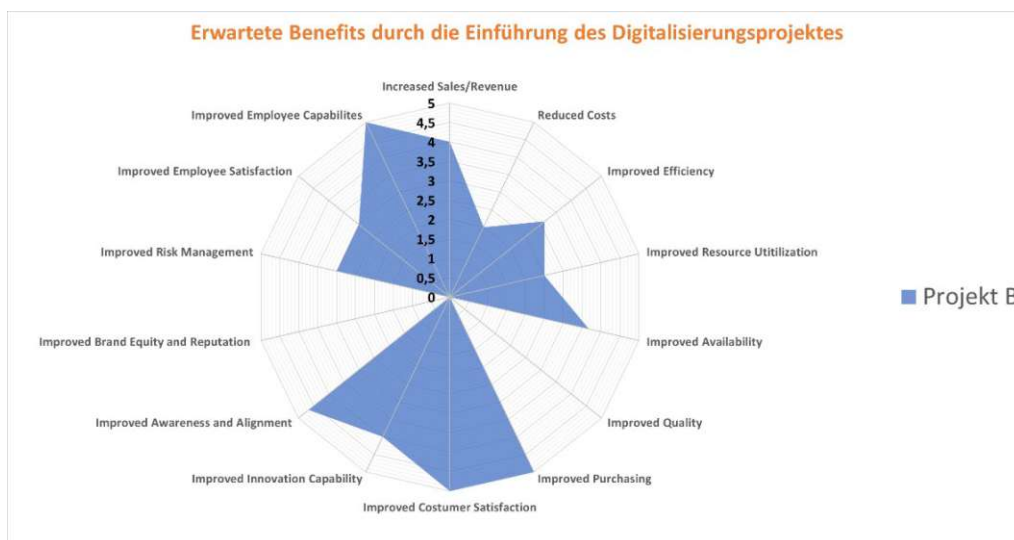


Abbildung 40 - Excel-Tool: Benefit-Darstellung für Projekt B des Use-Cases

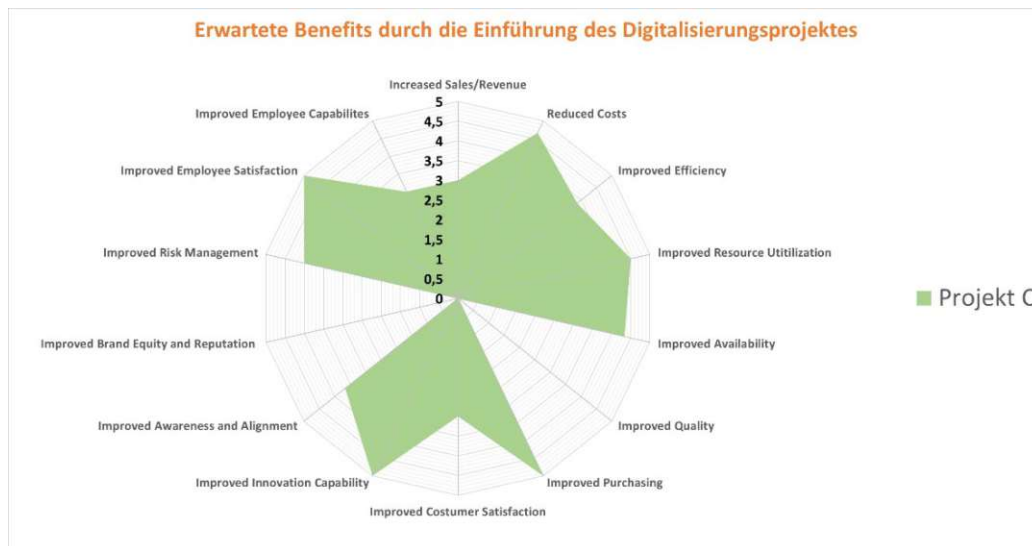


Abbildung 41 - Excel-Tool: Benefit-Darstellung für Projekt C des Use-Cases

➤ 5.Stufe

Den Abschluss des Vorgehensmodell, bildet eine Risikobewertung, um dem Unternehmen die möglichen Risiken bei der Durchführung der zuvor betrachteten und gewählten Projekte aufzuzeigen, frühzeitig Maßnahmen zur Abschwächung dieser einzuleiten und somit die Gefährdung der zu erwarteten Benefits bzw. einen möglichen Abbruch des Projektes zu vermeiden.

Hierzu wurde im Excel-Tool der Reiter mit der 5.Stufe des Vorgehensmodells herangezogen und die 24 Risikoarten sequenziell bewertet. Wie in 4.5 beschrieben, ist eine Bewertung der zwei Spalten „Zu erwartender Schaden“ und „Eintrittswahrscheinlichkeit“ mit Wertigkeiten von 1 bis 5 nötig. Bei der Befüllung des Tools, wurde auch in dieser Stufe die fehlende Beschreibung der Skalierung zur Bewertung bemängelt und im Nachgang ergänzt.

Die definierten Risiken waren für den Anwender klar verständlich und konnten mittels der beschriebenen Skalierung sowie den darunter verstandenen Auswirkungen, schnell und präzise beantwortet werden. Die farbliche Darstellung der erhaltenen Risikokennziffern lieferte dem Nutzer einen schnellen Überblick der möglicherweise risikoreichen Faktoren.

Die bei der Durchführung erhaltene gemittelte Risikokennzahl hatte den Wert „7,13“, welches auf ein geringes Risiko bei der Ein- und Durchführung verwies.

Der Anwender erhielt sowohl die Kennzahl als auch dessen Bedeutung direkt im Tool angezeigt und konnte sich anhand dessen gut orientieren. Das Vorgehen war leicht verständlich und lieferte schnelle Ergebnisse.

Die Risikokategorien konnten des Weiteren direkt mit empfohlenen Maßnahmen, wie in 4.5.2 beschrieben, abgeglichen werden und führten in dem Anwendungsfall zu der Handlungsempfehlung der „Risikoakzeptanz“ (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22 - Risikobeschreibung

Wertebereiche der gemittelten Risikokennziffern	Risikobedeutung	Vorgeschlagene Maßnahmen
5 – 9,99	Geringes Risiko	Risikoakzeptanz

Dies bedeutete für das Unternehmen, dass keine zusätzlichen Maßnahmen aus der Projektevaluierung abgeleitet wurden und das gewählte Projekt weiterhin verfolgt werden könnte.

5.Stufe - Risikobewertung				
Risikoart / Risikokategorie	Identifikation der Risiken	Zu erwartender Schaden (1-5)	Eintrittswahrscheinlichkeit (1-5)	Risikokennziffer (E x S)
Projektorganisations-Risiko	Fehlende Geschäftliche Unterstützung	3	1	3
	Hoher Projektumfang	2	1	2
	Zu viele Projektabhängigkeiten	4	4	16
	Nachlassendes Interesse / Wechsel Management	2	2	4
	Zu viele Änderungen / schlechtes Änderungsmanagement	5	5	25
	Störung operativer Unternehmensprozesse	1	1	1
Terminliches Risiko	Abweichung vom Terminziel	5	5	25
Ressourcen-Risiko	Fachliche Überforderung/Fachwissen	2	2	4
	Ausfall / Konflikte von Projektmitarbeitern	3	1	3
	Fehlende Maschinenressourcen	3	2	6
	Anforderungen passen nicht zu der Unternehmensstrategie/prozessen	1	1	1
Umweltrisiko	Abweichung vom Qualitätsziel	3	4	12
	Fehlende Kundenakzeptanz	4	1	4
	Fehlende Kompetenz – Projektversagen/Kostenexplosion	3	4	12
	Ungenauere Aufgabenteilung	3	3	9
	Negative Einstellung der MitarbeiterInnen	3	3	9
	Lange Entscheidungswege / Verantwortungsübernahme Angst	2	5	10
Technisches Risiko	Unflexible Architektur ermöglicht keine Änderungen	1	1	1
	Leit – und Grundsätze werden verletzt	1	1	1
	Over-Engineering - unnötige Funktion und Design-Features	4	2	8
	Datenschutz - Sicherheitslücken	1	1	1
	Technische Durchführbarkeit - Komponenten oder Produkte können nicht in Betrieb genommen werden	3	3	9
	Nicht einhalten von Wartungsplänen	1	2	2
	Integration in die bestehende Struktur	3	1	3
Gesamtrisikokennzahl				
Geringes Risiko				7,13

Abbildung 42 - Excel-Tool: Ergebnis der Risikobewertung im Anwendungsfall

5.2 Fazit und Zusammenfassung

In Kapitel 5 wurde das entwickelte Vorgehensmodell (Artefakt) auf ein reales industrielles Fallbeispiel angewandt. Gemäß dem Design Science Ansatz, kann dies der Demonstration und Evaluierung des entwickelten Artefakts zugeordnet werden.

Der Anwender konnte durch die sequenzielle Bearbeitung des Vorgehensmodells, sowohl die Eignung des Unternehmens für Digitalisierungsmaßnahmen, die dabei möglicherweise entstehenden Risiken, auftretende Abhängigkeiten sowie zu erwartende Benefits bestimmen.

Während der Abarbeitung des Modells, konnten jedoch fehlende Informationen in den Stufen der Abhängigkeitsbewertung, der Kennzahlenbewertung sowie der Risikobestimmung identifiziert werden. Diese Informationen waren für die Bewertung essenziell und haben dem Anwender ausdrücklich gefehlt, um eine problemlose Abarbeitung zu gewährleisten. Aus dem Feedback des Anwendungsfalls konnte das Modell, für die unkomplizierte Anwendung angepasst und vervollständigt werden.

Die Durchführung erfolgte mit Hilfe des erstellten Excel-Tools im Rahmen der Diplomarbeit und konnte ohne weitere Beihilfen befüllt werden.

Die Hauptvorteile des Modells offenbarten sich durch den Verzicht des Durchführens von ressourcenintensiven Workshops mit dem Unternehmen, dem Wegfall von komplexen Prozessen zur Datenerhebung und externen Beratern sowie Moderatoren. Das Vorgehensmodell bietet eine gute Basis bzw. eine zusätzliche Informationsquelle für die Entscheidungsfindung im Prozess der Projektevaluierung und kann ohne explizitem Vorwissen oder zusätzlichen großen Aufwänden für die Unternehmen als gute Basis für den weiteren Evaluierungsprozess betrachtet werden.

6 Resultate, Conclusio und Ausblick

6.1 Resultate der angewendeten Methoden

In der Bearbeitung dieser Diplomarbeit, wurden die systematische Literaturrecherche sowie der Design Science Ansatz angewandt. Die Funktionen und Vorgehensweise der Methoden wurden einleitend in Kapitel 1.5 beschrieben.

Mit Hilfe der systematischen Literaturrecherche, konnten existierende Lösungsansätze für die bearbeitete Problematik ausgeforscht, zusammengetragen und evaluiert werden. Infolgedessen konnten die Nachteile der zur Verfügung stehenden Ansätze als Motivation für den Entwurf des Vorgehensmodells herangezogen werden. Des Weiteren lieferte die Recherche, wichtige Erkenntnisse zu benötigten Kennzahlen, welche in der Bewertung von Digitalisierungsprojekten maßgeblichen Anteil hatten.

Mit dem Strukturierten Vorgehen der Design Science Methodik, war es möglich Forschungsergebnisse (Artefakte) zu entwickeln und anschließend einer Evaluierung zu unterziehen, welche zu einer Lösung einer zuvor definierten Problemstellung beitragen.

6.2 Resultate in Bezug auf die Problemstellung

In Kapitel 1.1 wurde die Problemstellung und die Inspiration für die Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten beschrieben. Der Kern des Problems äußerte sich in der fehlenden, standardisierten Möglichkeit für Unternehmen sowohl wirtschaftlich als auch organisatorisch nützlichste Projekte bzw. potenzielle Investment Cases mit einem vertretbaren Aufwand zu bestimmen.

Zur Unterstützung von Unternehmen in diesem Unterfangen, konnte ein Vorgehensmodell entworfen werden, welches durch verschieden eingesetzte Methoden, neue Sichtweisen und Bewertungsmöglichkeiten von Digitalisierungsprojekten eröffnet und diese in einem Tool implementiert. Die Anwender haben somit die Möglichkeit eine geeignete Basis bzw. zusätzliche Informationen für die Auswahl von Digitalisierungsprojekten zu schaffen und die Entscheidung pointiert zu beeinflussen.

6.3 Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen

Die Durchführung der Masterarbeit erfolgte mit ständiger Orientierung an den Eingangs, in Kapitel 1.2, definierten Forschungsfragen, welche durch die im Rahmen der Forschungs- und Beratungstätigkeiten von Fraunhofer Österreich, identifizierte Forschungslücke im Bereich der transparenten Bewertung und geeigneten Priorisierung von Digitalisierungsprojekten ausgemacht werden konnte. Die

Forschungsfragen werden im Folgenden durch zusammenfassende Aussagen beantwortet und jeweils ein Verweis zum Kapitel der vorliegenden Arbeit angefügt, welches der Beantwortung der Frage im Detail dient (*siehe Tabelle 23 & Tabelle 24*).

6.3.1 Theorieorientierte Forschungsfragen

Tabelle 23 - Theorieorientierte Forschungsfragen

Nr.	Forschungsfragen
1	<p>Welche Kennzahlen sind erforderlich, um eine ganzheitliche Bewertung von Digitalisierungsprojekten zu ermöglichen?</p> <p>Es konnte mittels Literaturrecherchen eine große Menge an verfügbaren Kennzahlen für Projektbewertung, Digitalisierungs- und Produktionsvorgänge identifiziert werden. Um eine Vorselektierung zu ermöglichen, wurden Unternehmensbereiche (Produktion, Logistik, Buchhaltung, Personal, Kunde) festgelegt, in denen große Auswirkungen bedingt durch Digitalisierungsmaßnahmen identifiziert werden konnten. Die Eignung und Selektierung wurde anschließend an die Literaturrecherche, mit Hilfe von Kennzahlenworkshops überprüft. Durch übereinstimmende Selektierung der Kennzahlen durch Experten, konnten die geeigneten Kennzahlen validiert und in ein Vorgehensmodell überführt werden. (siehe Kapitel 4.3)</p>
2	<p>Wie müssen die Bewertungsaspekte strukturiert werden, um eine ganzheitliche Bewertung von Digitalisierungsprojekten in Industrieunternehmen zu ermöglichen?</p> <p>Die Strukturierung der Bewertungsaspekte und dafür benötigter Methoden, wurde im Zuge der Literaturrecherche und daraus folgendem Vergleich mit bestehenden Lösungen abgeleitet. Es wurde keine Orientierung an einer bestimmten Anzahl an Ebenen vorgenommen, vielmehr wurden diese durch die identifizierten Bedarfe der Forschung und Industrie geformt. Es wurde der Versuch getätigt, eine ganzheitliche Bewertung von Digitalisierungsprojekten und des nahen Umfeldes in welchem sie umgesetzt werden sollen, durchzuführen. Dies erfolgte durch eine sequenzielle Abarbeitung der Überprüfung der Eignung des Unternehmens für Digitalisierungsmaßnahmen, der Identifikation von dabei möglicherweise entstehenden Risiken, dem Evaluieren von auftretenden Abhängigkeiten zwischen Projekten sowie zu erwartenden entstehenden Benefits. Die Strukturierung dieser Schritte erfolgte mit dem Ziel, die Abarbeitung im Vorgehensmodell so angenehm wie möglich zu gestalten. (siehe Kapitel 4)</p>

6.3.2 Praxisorientierte Forschungsfragen

Tabelle 24 - Praxisorientierte Forschungsfragen

Nr.	Forschungsfragen
1	<p>Wie können Digitalisierungsprojekte in produzierenden Industrieunternehmen qualitativ, sowie quantitativ bewertet werden?</p>
	<p>Das entworfene Vorgehensmodell vereinigt unterschiedlichste Methoden der Forschung und industriellen Anwendung zur Bewertung von Projekten, welche in dieser Abfolge bislang nicht zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten herangezogen wurden. Es werden infolgedessen die Erhebung der digitalen Reife, sensitive Abhängigkeitsanalysen, Key-Performance-Indicators, Benefits sowie die Durchführung von Risikobewertungen vereinigt um eine qualitative sowie quantitative Bewertung zu ermöglichen. Um die Eignung des vorgeschlagenen Vorgehens zu überprüfen, wurde es anhand eines industriellen Anwendungsfalls evaluiert und durch den Anwender bewertet. (siehe Kapitel 4 & 5)</p>
2	<p>Welcher Mehrwert wird durch die Anwendung der entwickelten Bewertungsmethode zur systematischen Bewertung von Digitalisierungsprojekten, im Vergleich zu State-of-the-Art Modellen, geschaffen?</p>
	<p>Es wurde ein Vorgehensmodell entworfen, welches verschiedene praxiserprobte Methoden und deren Vorteile kombiniert und dem Anwender bzw. dem Unternehmen infolgedessen eine Basis zur Entscheidungsunterstützung liefert. Der Anwender kann durch die sequenzielle Bearbeitung des Vorgehensmodells, sowohl die Eignung des Unternehmens für Digitalisierungsmaßnahmen, die dabei möglicherweise entstehenden Risiken, auftretende Abhängigkeiten sowie zu erwartende Benefits bestimmen. Dafür müssen keine ressourcenintensiven Workshops mit dem Unternehmen durchgeführt oder ein komplexer Prozess zur Datenerhebung o.ä. angestoßen werden. Die Durchführung erfolgt mit Hilfe einer Excel-Implementierung des Vorgehensmodells im Rahmen der Diplomarbeit und kann ohne weitere Beihilfen befüllt werden. Das Vorgehensmodell bietet eine gute Basis bzw. eine zusätzliche Informationsquelle für die Entscheidungsfindung im Prozess der Projektevaluierung. (siehe Kapitel 4 & 5)</p>

6.4 Conclusio und Ausblick

Ausgehend von weitreichenden Innovationen der jüngeren Vergangenheit, bedingt durch die Digitalisierung, eröffnet die Industrie 4.0 neue Wege, um den technischen Fortschritt mit den Anforderungen der Unternehmen in Einklang zu bringen.²¹⁴

Jedoch kann in vielen Unternehmen eine gewisse Zögerlichkeit in der Auseinandersetzung mit der Digitalisierung festgestellt und daraus resultierend

²¹⁴ Wagner 2018, S. 18.

geringe Investitionsmengen in Digitalisierungsvorhaben aufgezeigt werden. Diese sind oftmals auf unvollkommene Bewertungsmethoden zurückzuführen, da selbst bei ausreichend vorhandenen Ressourcen, Digitalisierungsprojekte oftmals an vermeintlich fehlender Rentabilität scheitern. Die Ursache hierfür liegt vor allem darin, dass herkömmliche Kapitalrentabilitäts-Kennzahlen, zwar wichtige Zielgrößen bei der Bewertung von Digitalisierungsmaßnahmen darstellen, den Nutzen von Investitionen allerdings allein nur unvollständig widerspiegeln. Ausgehend von dieser Fehleinschätzung werden Digitalisierungsprojekte erst relativ spät oder gar nicht umgesetzt werden, da weitere zentrale Faktoren wie Risiko, Zeit aber auch Marken-Image oder die Mitarbeiter-Zufriedenheit nicht berücksichtigt werden.²¹⁵

Angetrieben durch eine Reihe an Experten-Empfehlungen, herkömmliche Bewertungsmethoden für Digitalisierungsprojekte um weitere „Key Performance Indicators“, wie zum Beispiel Indizes für den digitalen Reifegrad oder um eine Gegenüberstellung der Best- vs. Worts-Case Szenarien, zu ergänzen, wurde in der durchgeführten Arbeit Folge getragen und ein Vorgehensmodell mit fünf Stufen entworfen.²¹⁶

Das Vorgehensmodell vereinigt unterschiedlichste Methoden der Forschung und industriellen Anwendung zur Bewertung und Priorisierung von Projekten, welche in jener Abfolge bislang nicht zur Bewertung von Digitalisierungsprojekten herangezogen wurden. Ausgehend der Erhebung der digitalen Reife zur Ermittlung der Digitalisierungsbereitschaft eines Unternehmens werden des Weiteren sensitive Abhängigkeitsanalysen um positive sowie negative Wechselwirkungen zwischen Projekten transparent darzustellen und mit geeigneten Maßnahmen zu entgegnen, die Abfrage von Key-Performance-Indicators um die erwarteten Auswirkungen der evaluierten Projekte auf das Unternehmen strukturiert abzubilden, die Generierung materieller und immaterieller Benefits als Grundlage für die Entscheidungsfindung sowie die abschließenden Durchführung von Risikobewertungen zur Analyse der mit Projekten einhergehenden Gefahren und Unsicherheiten gekoppelt um eine qualitative sowie quantitative Bewertung zu ermöglichen.

Bei der Anwendung des Modells stach die klare und strukturierte Abarbeitung der Stufen positiv heraus. Die Vielseitigkeit der Ergebnisse, bietet dem Nutzer eine Vielzahl an Stellhebeln in unterschiedlichen Bereichen, um Digitalisierungsprojekte erfolgreich voran treiben und eine für das Unternehmen geeignete Entscheidung treffen zu können. Die generierten Benefits bieten dem Unternehmen eine gute Orientierung der zu erwartenden Auswirkungen und die Möglichkeit des Reportings an höhere Ebenen. Der Nutzer erhält mit dem Vorgehensmodell und der Umsetzung in Microsoft Excel, ein praktikables Tool welches ohne der Notwendigkeit für vertiefende

²¹⁵ Lassnig 2020, S. 7.

²¹⁶ Lassnig 2020.

Workshops oder zeitintensiven Datenerhebungen, eine gute Basis zur Entscheidungsfindung liefert.

Dennoch ergibt sich ein weiterer Forschungsbedarf im Themenkomplex.

Bei der Bearbeitung der vorliegenden Masterarbeit war es wegen der weitreichenden Beeinflussung vieler Unternehmensbereiche im Zuge der Digitalisierung nötig, eine Abgrenzung des Themengebietes zu setzen.²¹⁷ Das entwickelte Vorgehensmodell, richtet sich demnach an Unternehmen welche folgende Charakteristika bzw. Anforderungen erfüllen:

- Produzierende Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau
- Hauptfokus auf die metallverarbeitende Industrie erwünscht
- Hauseigene Produktion
- Kein Dienstleistungsunternehmen
- Umfassender Einblick in das verfügbare Projektportfolio
- Schwierigkeiten in der Evaluierung bzw. Entscheidungsfindung in Projekten

Der Verfasser dieser Arbeit sieht vor allem in der Möglichkeit der Ausweitung der betrachteten Abteilungen und Kennzahlen einen vernünftigen Ansatz zur Weiterentwicklung des Modells. Neben der Erweiterung der Kennzahlen auf weitere Wirkungsbereiche von Digitalisierungsprojekten und dem detaillierten Aufzeigen von Benefits, kann auch eine betriebswirtschaftliche Sichtweise mit explizit finanziellen Benefits in das Modell integriert werden.

Auch die Einbettung der Aspekte der Nachhaltigkeit von Digitalisierungsmaßnahmen, könnten in die Betrachtung integriert werden. Aktuell beschränkt sich die Fokussierung von Unternehmen größtenteils auf ökonomische und nur selten auf ökologische Stellhebel bei der Evaluierung von Leistungssteigernden oder optimierenden Maßnahmen.²¹⁸

²¹⁷ Wagner 2018, S. 16–17.

²¹⁸ Sihn et al. 2021, S. 21.

7 Anhang

7.1 Literaturrecherche Datenbankabrufe

<https://www.scopus.com/search/>, www.Sciencedirect.com, <https://scholar.google.com/>

Suchterm: Digitalisation and Project

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
2,462	1560	/	/	0

Suchterm: "digitalisation" AND "project" AND "decision support"

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
32	21	5	1	0

Suchterm: Digitalisation Project and Decision

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
9	8	6	0	0

Suchterm: Digitization Project and Decision

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
34	0	0	0	0

Suchterm: Digitalisation Project and Selection

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
3	2	2	1	0

Suchterm: Digitization Project* and Selection

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
39	5	1	0	

Suchterm: Digitalisation Project and choice

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
2	1	1	0	0

Suchterm: Industr* 4.0 AND Project and selection

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
73	67	7	2	3

Suchterm: IT Project and selection

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
219	99	10	5	4

Suchterm: digital transformation and project and selection

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
44	38	5	3	2

Suchterm: digitalisation project

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
122	76	5	2	5

Suchterm: digital* AND project AND prioritising

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
104	47	2	1	2

Suchterm: digitalization project AND assessment

Ohne Filter	Mit Filter	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
12	9	4	2	0

Suchterm (nur in Google Scholar): digitalisierungsprojekte bewerten

Ohne Filter	Mit Filter (teilweise)	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
1670	1430	Nach 10 Seiten abgebrochen	7	0

Suchterm (nur in Google Scholar): auswahl digitalisierungsprojekte

Ohne Filter	Mit Filter (teilweise)	relevante Titel	Abstract	Bereits vorhanden
2200	1690	Nach 10 Seiten abgebrochen	6	0

7.2 Kennzahlenliste

Kennzahlen/Kenngrößen	Formel/Berechnung
Produktion	
Termintreue Produktion/Dienstleistung	$(\text{Anzahl der einwandfreien Lieferungen} / \text{Gesamtzahl der Lieferungen}) * 100\%$
Produktqualität(s-Niveau)	$(\text{Anzahl fehlerfreier Einheiten} / \text{Anzahl Einheiten gesamt})$
Auftragsvolumen/Zeit	Auftragsvolumen im Jahr x / zwölf Monate
Ausschuss (Produktbezogen)	$(\text{Fehlerhafte Teile ohne Nacharbeit} / \text{Gesamtstückzahl für Produkt}) * 100\%$
Fehlerquote	Anzahl der Fehler (z. B. Ausschuss, Beschwerden) im Zeitraum x
Lagerbestände (Material)	$(\text{Anfangswert des Bestandes} + \text{Endwert des Bestandes}) / 2.$
Verschwendung (Material)	Überflüssige Wartezeiten, Unergonomische Bewegungen, Vermeidbare Materialbewegungen, Überproduktion, Defekte und Ausschuss
Produktivität	Ausbringungsmenge/Einsatzmenge; Output/Input
Lead Time	Lead Time = Liefertermin – Bestelldatum
Produktionskapazität & Projektkapazität	$\text{Ist-Auslastung} / \text{mögliche Auslastung} * 100\%$
Reaktionszeit auf Produktionsausfälle	Verstrichene Zeit von Produktionsausfall bis Wiederherstellung der Funktion
Rückgabequote	$\text{Anzahl der zurückgegebenen Produkte} / \text{Gesamtanzahl der verkauften Produkte}$
Nacharbeitsanteil	$\text{Nacharbeitsmenge} / \text{Gesamtmenge fehlerhafter Produkte im Betrachtungszeitraum} * 100\%$
Performance Ratio (OEE)	Anlagenverfügbarkeit (AV), Leistungsgrad (LG), Qualitätsrate (QR) $AV \times LG \times QR$
Instandhaltungsquote	$\text{Instandhaltungskosten/Wiederbeschaffungswert} * 100\%$
Energieverbrauchsquote	
Maschinenausfallquote	$\text{verlorene Zeiten durch Maschinenausfälle} / \text{Gesamt mögliche Maschineneinsatzzeit}$
Maschinenverfügbarkeit	$(\text{tatsächliche Laufzeit} / \text{Planbelegungszeit}) * 100\%$
Wertschöpfungsquote	$(\text{Wertschöpfung/Gesamtleistung}) * 100\%$
geplante Stillstandszeit	Kalenderzeit - Planbelegungszeit
ungeplante Stillstandszeit	Planbelegungszeit - Ausfallzeiten
Datenqualität und Verfügbarkeit	Fehlerfrei, zeitgemäß, relevant, vollständig, selbstverständlich und zuverlässige Daten

Kennzahlen/Kenngrößen	Formel/Berechnung
Logistik	
Lieferanten Termintreue	pünktlichen Lieferungen / gesamten Lieferungsanzahl *100%
Auftragserfüllungsquote (Lieferanten)	Zahl einwandfreier Lieferungen / Gesamtanzahl der Lieferungen
Lieferantenabhängigkeit	Angebote mehrerer Lieferanten vergleichen
Lieferanten Bestelldurchlaufzeit	kumulierte Zeit, welche alle Phasen ab dem Zeitpunkt der Anfrage bis zur Zusage durch den Lieferanten beinhaltet
Lieferanten Verfügbarkeit	angenommenen bzw. erfolgreich durchgeführten Bestellanfragen der Lieferanten / Gesamtanzahl aller gestellten Anfragen
Lieferanten Materialqualität	Anzahl Reklamierter Lieferungen aufgrund von Qualitätsabweichungen / Gesamtlieferungen
Durchlaufzeit	Rüstzeit + Bearbeitungszeit + Transportzeit + Bearbeitungszeit + Liegezeit
Lieferfähigkeit	(Anzahl der Terminzusagen zum Wunschtermin / Anzahl aller Terminzusagen) *100%
Materialverfügbarkeit	Verfügbarkeit = Summe der Einsatzzeiten/Summe der Ausfallzeiten. Bzw. verfügbare vorhandene Bestand minus / plus der Menge der geplanten Bestandsbuchungen für alle Aufträge
Lagerbestandsgenauigkeit	$1 - (\text{Abweichung} / \text{Gesamtbestand}) \times 100$
Transportzeiten intern	Summe aller Transportzeiten pro Zeiteinheit für betrachtetes Gut
Lagerumschlagshäufigkeit	Erlöse aus Lagerbestand / durchschnittlich gebundenes Kapital ODER Umgeschlagene Waren (gesamt) / durchschnittlicher Lagerbestand
Buchhaltung	
Transport und Lieferkosten	Summe aller Kosten für den Transport von Gütern wie Material, Werkzeug, Anlagen usw.
IT Kapitalrendite	Erwirtschafteter Gewinn / eingesetztes Kapital
Erlös pro Nutzer	Gesamtumsatz / (Anzahl der Nutzer/Kunden))
Kostenprognose F&E, Produkte, Projekte	Prognostizierte Kosten im betrachteten Bereich
Cost Variance	Earned Value - Actual Cost
Interne Auftragskosten	durchschnittliche Kosten pro bearbeiteten Einkaufsauftrag

Kennzahlen/Kenngrößen	Formel/Berechnung
Lagerkosten	Summe der Raumkosten, Kosten für den Lagerbestand, Lohnkosten, Kosten für Förder- und Hilfsmittel, Materialkosten für die Lagerverwaltung
Instandhaltungskosten	Direkte Kosten: Personal, Material/Ersatzteile, externe Dienstleister Indirekte Kosten: Umsatzausfall, Material- und Energieverschwendung, Arbeitssicherheit, Strafzahlungen wegen Lieferverzugs
Produktionskosten	Fixkosten + variable Kosten* Menge
Mitarbeiter	
Krankheitsquote	Abwesenheit der Mitarbeiter bedingt durch Krankheit / geplante Einsatzzeit
Fluktuationsquote	wie viele Mitarbeiter das Unternehmen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes verlassen (meistens pro Jahr)
Time to Fill	Die Zeit, die von der Stellenausschreibung bis zur endgültigen Besetzung der Stelle vergeht
Qualifikation der Mitarbeiter	Anzahl an erfüllten Qualifikationsstufen der MA pro betrachtetem Bereich
Weiterbildungsquote	Abgeschlossene Weiterbildungen / Anzahl Mitarbeiter) * 100
Unfallquote	Unfälle je geleistete Arbeitsstunden in gewünschtem Betrachtungszeitraum
Automatisierungsrate/grad	Automatisierte Prozesse/gesamte Prozesse
Gesamtarbeitsaufwand des Projekts	meist in Personenmonaten oder Personenjahren
Mitarbeiterverfügbarkeit	Abwesenheit der Mitarbeiter / geplante Einsatzzeit
Mitarbeiterzufriedenheit	Net Promoter Score, erzielt durch Umfragen
Mitarbeitereffektivität	Ergebnis / Arbeitsaufwand
Sales/Kundenaspekt	
Bearbeitungszeit pro Anfrage	Abwesenheit in Tagen nach Ursachen / Summe der Fehlzeiten
Server Downtime	Ausfalltage durch Arbeitsunfähigkeit / Summe der Regelarbeitstage
Software Downtime	Ausfalltage durch Arbeitsunfähigkeit / Summe der Regelarbeitstage
Mean Time to Repair (extern)	Mittlere Dauer für die Wiederherstellung nach einem Ausfall
Kundenzufriedenheit	Customer Satisfaction Score (CSAT) Kunden bewerten ihre Zufriedenheit mit einem Produkt, Unternehmen oder Dienstleistung

Kennzahlen/Kenngrößen	Formel/Berechnung
Unternehmensansehen bei den Kunden	z.B. anhand des Marktanteils, Absoluter Marktanteil = Unternehmens Umsatz bzw. Absatz / Gesamtumsatz bzw. Gesamtabatz des Marktbereiches * 100
Schaffung von direktem Kundenmehrwert	Wert des fertigen Produktes, Wert der Vorleistungen, Abschreibungen und Wert der Arbeitskraft
Durchschnittliche Antwortzeit	Zeit zwischen dem Moment, in dem der Kunde Kontakt aufnimmt, bis zu dem Moment, in dem ein Mitarbeiter darauf reagiert bzw. antwortet
Aufwand für Kundenbetreuung	wie viel Aufwand betreibt ein Kunde, um ein konkretes Problem zu lösen
Servicelevel	Beantwortete Anfragen pro betrachtetem Zeitraum
Supportkosten vs Umsatz	Supportkosten in Relation zu Gesamtumsatz
Customer LifeTimeValue	Deckungsbeitrag x Wiederkaufsrate) x Kundenlebensdauer – Kundenakquisitionskosten.
Lieferzeit zum Kunden (Termintreue)	(Anzahl der einwandfreien Lieferungen / Gesamtzahl der Lieferungen) * 100%

7.3 Risikomanagement: Maßnahmen gegen Top-10 Risiken ²¹⁹

➤ **Unzureichende Organisation**

Abschwächung: Klare verbindliche Governance-Kriterien und Vorgaben für Prozesse; durchgängige Geschäftsprozesse; balancierte Kennzahlen für Unternehmen und Linienorganisation umsetzen; balancierte Zielvorgaben für Führungskräfte; unmittelbare Rückkopplung bei Fehlverhalten; Null-Toleranz beim bewussten Verschweigen von Risiken; klare Verantwortungen beschreiben und umsetzen; Risikomanagement im Vorstand verankern und vorleben; Risikomanagement als explizites Element in jedem Projektreview; regelmäßige Trainings der Führungskräfte zu den Management-Prinzipien; regelmäßige Trainings der Mitarbeiter zu Prozessen, Aufgaben und Werkzeugen; Regelungen für das Krisenmanagement; Regelungen für Kommunikation von Problemen nach außen; regelmäßige unabhängige Audits des Risikomanagements und der Prozesse; Regelmäßige Assessments der Prozessfähigkeit im Unternehmen; Lernen aus Fehlern; Erfahrungen und „Lessons Learned“ aus Projekten in die Prozesse einarbeiten; Checklisten und Prozesse kontinuierlich verbessern.

➤ **Falsche und fehlende Anforderungen**

Abschwächung: Analyse und gutes Verständnis der Projektziele; Kundenbedarf und Kundennutzen verstehen; systematisches Requirements Engineering; Anforderungen dokumentieren; enge Zusammenarbeit zwischen Marketing, Produktmanagement und Projektleitung; verbindliche Projektbeauftragung mit konkreten Inhalten; unabhängige Reviews und Inspektionen der Anforderungen aus Sicht verschiedener Gruppen; Benutzer-Interviews mit verschiedenen Perspektiven, um alle Schlüsselgruppen zu berücksichtigen; Benutzer in die Entwicklung mit einbeziehen (oftmals leicht gesagt und unmöglich in der Umsetzung); Referenzinstallationen; Use Cases und Misuse Cases; Beschreibung von Rollen (so genannte „Persona“) und Anwenderaufgaben; Benutzer-Interviews; Benutzer-Mitarbeit; Usability Tests; Benutzer-Laboratorium; Prototyping und evolutionäre Entwicklung vor allem bei Benutzungsschnittstellen; frühe Dokumentation, die mit den Benutzern prototypische durchgegangen werden kann; Training der Produktmanager, um deren Verantwortung im Kontext des Unternehmens oder der Produktlinie konsistent umzusetzen; Quality Function Deployment, um Ziele zu priorisieren und im Entwicklungsprozess zu verfolgen.

➤ **Sich ändernde Anforderungen**

Abschwächung: Systematisches Requirements Engineering; Anforderungen dokumentieren; Änderungen während des Projekts mit der gleichen Intensität wie neue

²¹⁹ Ebert 2013, S. 89–94.

Anforderungen vor Projektstart behandeln; Schwellen für Änderungsgenehmigungen; Gründe für die Änderungen verstehen bevor sie akzeptiert werden; Bewertung der Einflüsse von Änderungen; Alternativszenarien zur Behandlung der Änderungen vergleichen; Projektvision vorab mit allen Schlüsselpersonen verbindlich vereinbaren; Nachverfolgbarkeit der Anforderungen zu Dokumentation, Code, Test und Planung kontinuierlich und durchgängig gewährleisten (Traceability Matrix); Change Review Board einführen; klare Aufgabenteilung zwischen Vertrieb/Marketing, Produktmanagement und technischer Realisierung; inkrementelle Entwicklung; Modularisierung („Design for Change“); Methodik des Requirements Engineering zu einem verbindlichen Änderungsmanagement; Projektmanager so trainieren, dass er sich gegenüber Vertrieb/Marketing (bei Produktentwicklung) und Fachbereichen/interner Beauftragung (IT-Projekte) richtig verhalten; Regressionstestfälle vor Freigabe von Änderungen durchführen.

➤ **Unrealistische Planung**

Abschwächung: Detaillierte Schätzung von Aufwand und Kosten; verschiedene Perspektiven in der Schätzung berücksichtigen (z. B. Delphi); Schätzung Top-Down und Bottom-Up; Schätzungen und Planung plausibilisieren; Schätzwerkzeuge einsetzen (z. B. QSM etc.); Kosten-Nutzen-Analyse (Business Case); klare Trennung zwischen Zielen, Schätzung und Planung – die dann bestmöglich zusammengeführt werden; Planung mit den relevanten Interessengruppen abstimmen; nötige und verfügbare Kompetenzen in der Personalplanung berücksichtigen (d. h. nicht nur Excel-Listen“); Portfoliomanagement zur Abstimmung von Roadmaps und Projekten; Zusatzaufwände und Puffer zur Risikoabschwächung einplanen; Puffer rigoros kontrollieren, damit sie nicht verschwendet werden; systematische Projektkontrolle mit definierten Vorlagen und Kennzahlen; Regelmäßige Verfolgung der Projektrisiken; Earned-Value Methode zur wertbasierten Fortschrittskontrolle; Design to Cost; inkrementelle Entwicklung; Wiederverwendung; Time-Boxing mit priorisierten Anforderungen, um notfalls Anforderungen mit niedrigerer Bedeutung rechtzeitig ausgrenzen zu können und sich auf die wesentlichen Inhalte zu konzentrieren; Aufwände systematisch erfassen und damit die Schätzung verbessern.

➤ **Personelle Schwächen**

Abschwächung: Exakte Planung mit konkreten Ressourcen und den nötigen Kompetenzen; beste Mitarbeiter einsetzen; Team Building, um Mitarbeiter auf gemeinsame Ziele und gegenseitige Unterstützung zu fokussieren; verbesserte Kommunikation; regelmäßige Mitarbeitergespräche; Fortbildungsmaßnahmen adäquat einplanen und umsetzen; Lernerfolge kontrollieren; unmittelbares Feedback bei Fehlern; Null-Toleranz bei Mobbing; offene Kommunikation fördern und nicht auf Flurfunk eingehen; Abstimmungen mit parallelen Projekten, damit Schlüsselpersonen nicht ständig in mehreren Projekten arbeiten; Training von Ersatzpersonen; Pair

Programming; Portfoliomanagement zur Abstimmung von Roadmaps und Mitarbeiterplanung; Management-Audits durch unabhängige Experten zur Schwachstellenanalyse; Management-Training; Planspiele und Projektsimulationen; Teambuildingmaßnahmen; Rotation von Führungskräften, um Silos aufzubrechen; klare Vorgaben und regelmäßige Kontrolle der Zielerreichung.

➤ **Over-Engineering**

Abschwächung: Nutzen und Wert für Kunden verstehen; minimale Lösungen spezifizieren; Anforderungen explizit spezifizieren und dokumentieren, um Abweichungen schnell erkennen zu können; unabhängige Architektur-Reviews; alternative Lösungsszenarios bewerten und vergleichen; regelmäßige Reviews von Design und Architektur; Anforderungen kontrollieren; Business Case und Kosten-Nutzenrechnung auf der Basis einzelner Anforderungen, um deren Grenznutzen ständig präsent zu haben; Verfolgbarkeit von Anforderungen; alle Änderungsvorschläge auf Anforderungen abbilden; Prototypen; Kosten-Nutzen-Analyse; Design to Cost; Wertanalyse und Projektkontrolle mittels Earned Value; Kosten pro Anforderung oder Feature verfolgen, um rechtzeitig gegensteuern zu können, falls bestimmte Funktionen zu teuer werden.

➤ **Lieferantenprobleme**

Abschwächung: Benchmarking der Lieferanten; Win-Win-Vereinbarungen mit den Lieferanten; Lieferanten-Audits anhand deren Prozessfähigkeit; Inspektionen; regelmäßige Reviews zu Projektfortschritt und erreichter Qualität; Kompatibilitätsanalyse der gelieferten Komponenten mit den eigenen Schnittstellen; Vertragsgestaltung dahingehend, dass nur eine erfolgreiche Integration zur vollständigen Bezahlung führt; Service Level Agreements, die frühzeitig überwachbar sind; verbindliche Eskalationsmechanismen; Schnittstellenkontrolle; Audits vor jedem Meilenstein; Endnutzen-orientierte Vorgaben und Verträge; mehrere Lieferanten im gegenseitigen Wettbewerb einsetzen (Dual-Sourcing); projektspezifisches Wissen der Lieferanten gezielt dokumentieren; kritisches Know-how im eigenen Unternehmen replizieren; gemeinsame Teams zwischen Lieferanten und eigenen Mitarbeitern; Teambuildingmaßnahmen mit dem Lieferanten.

➤ **Fehler und Qualitätsmängel**

Abschwächung: Qualitätsstrategie zum Projektstart vereinbaren; Qualitätsmaßnahmen hinsichtlich Termine, Kompetenzen und Aufwand im Projektplan einplanen; testbare Anforderungen spezifizieren; Qualitätsanforderungen explizit und testbar spezifizieren; Anforderungs-Reviews; abgestimmte Maßnahmen für Prüfung und Validierung der Software; Codierungs-Richtlinien; Checklisten für Reviews; angepasste Abdeckungskriterien für Testfälle – sowohl White Box als auch Black Box; Test-Driven Development (d. h. Testfälle frühzeitig festlegen); Testende-Kriterien

definieren; Regressionstests systematisch durchführen; Testfälle dokumentieren (sie können im Schadensfall relevant werden); moderne Werkzeuge für statische Analyse und Test einsetzen; Effizienz und Wirksamkeit der Verifikation und Validierung systematisch messen – und verbessern; Training der Mitarbeiter zu Entwicklungsmethodik, Verifikation und Validierung; Training zu Werkzeugen; Wirksamkeit und Kosten der Werkzeuge regelmäßig bewerten und optimieren; alle Fehler mit Quelle und Status in einer Fehlerdatenbank berichten; regelmäßige Ursachenanalyse für kritische Fehler; periodische Assessments der eigenen Prozessfähigkeit mit CMMI oder SPICE.

➤ **Architekturdefizite**

Abschwächung: Entwickler für Architektur und Methodik trainieren; expliziten Systemarchitekten benennen; Qualitätsanforderungen explizit spezifizieren, modellieren und bewerten. Simulation; Ablauf- und Verhaltensmodelle; durchgängige Modellierung; Checkliste und Richtlinien für gute Architektur; Codierungs-Richtlinien; unabhängige Architektur-Reviews; Benchmarking; Prototypen; Instrumentierung in Verifikation und Test; Performance-Tuning; frühzeitig nutzbare Testumgebungen für kritische Ressourcen; verschiedene Lösungsalternativen oder -modelle performanceorientiert vergleichen; Skalierbarkeit mit besseren Plattformen vorsehen; modulare Architektur zum raschen Austausch von Komponenten; Qualitätsanforderungen testen; regelmäßiges Refactoring.

➤ **Technologiekomplexität**

Abschwächung: intensive technische Analyse von Anforderungen gegenüber den eigenen Fähigkeiten; eine Technologie-Roadmap vereinbaren und mit der Produktstrategie synchronisieren; verschiedene in Frage kommende Technologien werden durch externe Fachleute evaluiert und verglichen, um Voreingenommenheit zu reduzieren; rechtzeitig Mitarbeiter mit Fähigkeiten in neuen Technologien einstellen; Management regelmäßig für neue Technologien extern weiterbilden; regelmäßige „Lunch-Tutorials“ während der Mittagspause, wo alle Mitarbeiter mit einer neuen Technologie konfrontiert werden; Experten einladen, die eine neue Technologie und ihr wirtschaftlich nutzbares Umfeld vorstellen; Projekt vereinbart Trainingspläne vor dem Projektstart; Produkt- und Projekt-Assessment (durch außenstehende Experten), Kosten-Nutzen-Analyse verschiedener möglicher Lösungsszenarien; Prototyping; Schulungen; Coaching; Consulting und externe Unterstützung rechtzeitig einplanen.

8 Literaturverzeichnis

ADITO Software GmbH (Hg.) (2022): Was macht das Produktmanagement? Online verfügbar unter <https://www.adito.de/knowhow/blog/produktmanagement>, zuletzt aktualisiert am 19.01.2022, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

AISOMA AG (Hg.) (2019): Predictive Maintenance: Definition und Abgrenzung. Online verfügbar unter <https://www.aisoma.de/predictive-maintenance-definition-und-abgrenzung/>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Anderl, Reiner; Eigner, Martin; Sendler, Ulrich; Stark, Rainer (2012): Smart Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Applied Technologies Internet SAS (Hg.): Datengetrieben. Online verfügbar unter <https://www.atinternet.com/de/glossar/datengetrieben/#:~:text=Wenn%20ein%20Unternehmen%20ein%20%E2%80%9Cdatengetriebenen,zu%20pr%C3%BCfen%20und%20zu%20organisieren.,> zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Askedal, Kirsti; Flak, Leif Skiftenes; Aanestad, Margunn (2019): Five Challenges for Benefits Management in Complex Digitalisation Efforts – and a Research Agenda to Address Current Shortcomings. In: *EJEG* 17 (2). DOI: 10.34190/EJEG.17.2.001.

ISO 22400-2, 2014: Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management.

ISO 22400-1, 2014: Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management.

Badewi, Amgad (2016): The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework. In: *International Journal of Project Management* 34 (4), S. 761–778. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.05.005.

Baldwin, Andrew; Betts, Martin; Carter, C.; Hamilton, A.; Stokes, E.; Thorpe, T.: A framework for measuring IT innovation benefits. In: *ITcon*, Bd. 5, S. 57–72. Online verfügbar unter <https://www.itcon.org/2000/4>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Bandow, Gerhard (2009): "Das ist gar kein Modell!". Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften. Wiesbaden: Gabler (Springer eBook Collection Business and Economics).

Bitkom (Hg.) (2016): Digitale Prozesse. Begriffsabgrenzung und thematische Einordnung. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/160803-Whitepaper-Digitale-Prozesse.pdf>, zuletzt aktualisiert am Juli 2016, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH (Hg.) (2021): Individuelle Fertigung bis Losgröße 1 gehört die Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.bito.com/de-de/fachwissen/artikel/individuelle-fertigung-bis-losgroesse-1-gehört-die-zukunft/>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Blumberg, Sven; Chen, Xiao; Heidemann, Julia; Beer, Martina; Fridgen, Gilbert; Müller, Hanna-Vera (2012): IT-Projektsteuerung – eine Methodik zum Benefits-Management mit integrierter Risikobetrachtung. In: *Wirtschaftsinformatik und Management* 4 (4). Online verfügbar unter <https://www.fim-rc.de/Paperbibliothek/Veroeffentlicht/395/wi-395.pdf>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Booth, Andrew (2006): "Brimful of STARLITE": toward standards for reporting literature searches. In: *Journal of the Medical Library Association : JMLA* 94 (4), 421-9, e205.

Bradley, Gerald (2010): Benefit realisation management. A practical guide for achieving benefits through change. 2nd ed. Farnham: Gower.

Brozzi, Riccardo; Riedl, Michael; Matta, Dominik (2021): Key Readiness Indicators To Assess The Digital Level of Manufacturing SMEs. In: *Procedia CIRP* 96, S. 201–206. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.075.

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. (Hg.) (2021): Transparenz in der Supply Chain. Online verfügbar unter <https://www.bvl-trends.de/trend/transparenz-in-der-supply-chain/>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Bunse, Christian; Knethen, Antje von (2008): Vorgehensmodelle kompakt. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl. (kompakt-Reihe).

Büro-Kaizen® GmbH (Hg.) (2021): Mitarbeiterschulung – Definition, Vorteile und vieles mehr. Online verfügbar unter <https://www.buero-kaizen.de/mitarbeiterschulung/>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Business School Berlin (Hg.) (2017): Mittelstand im Wandel - Ermittlung des digitalen Reifegrads. Berlin (01). Online verfügbar unter https://kommunikation-mittelstand.digital/content/uploads/2017/01/Leitfaden_Ermittlung-digitaler-Reifegrad.pdf, zuletzt geprüft am 26.04.2022.

BVL.digital (Hg.) (2020): Transparenz im Wertschöpfungsprozess erhöht kundenzentriertes Handeln. Online verfügbar unter <https://technologieradar.de/news/transparenz-im-wertschoepfungsprozess-erhoeht-kundenzentriertes-handeln>, zuletzt aktualisiert am 25.05.2020, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Carolis, Anna de; Macchi, Marco; Negri, Elisa; Terzi, Sergio (2017): A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. In: Hermann Lödding, Ralph Riedel, Klaus-Dieter Thoben, Gregor von Cieminski und Dimitris Kiritsis (Hg.): *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*, Bd. 513. Cham: Springer International Publishing (IFIP Advances in Information and Communication Technology), S. 13–20.

cioplenu GmbH (Hg.) (2022): Werkerassistenz-System: 4 Schlüsselfaktoren für den Erfolg. Online verfügbar unter <https://operations1.com/de/blog/werkerassistenzsystem-4-schluesselfaktoren-fuer-den-erfolg>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Cisco Systems (Hg.) (2018): Datenvolumen des globalen IP-Traffics in den Jahren 2014 bis 2017 sowie eine Prognose bis 2022. (in Exabyte pro Monat). Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/266869/umfrage/prognose-zum-datenvolumen-des-globalen-ip-traffics/>, zuletzt aktualisiert am 10.11.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Deloitte (Hg.) (2016): Manufacturing 4.0: Meilenstein, Must-Have oder Millionengrab? Warum bei M4.0 die Integration den entscheidenden Unterschied macht. Online verfügbar unter <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/operations/articles/manufacturing-40-digitalisierung-der-produktion.html>, zuletzt aktualisiert am 12/2016, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Demircan Keskin, Fatma (2020): A two-stage fuzzy approach for Industry 4.0 project portfolio selection within criteria and project interdependencies context. In: *J Multi-Crit Decis Anal* 27 (1-2), S. 65–83. DOI: 10.1002/mcda.1691.

Dettmer, Tim (2020): Risikoanalyse. Hg. v. Projektmanagement Mentor. Bochum. Online verfügbar unter <https://www.projektmanagement-mentor.de/risikoanalyse/>, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement (2013): Basiswissen Projektmanagement. Projekte planen, Risiken erkennen. 1. Aufl. Düsseldorf: Symposion.

DG Tech Media GmbH (Hg.) (2019): APIs – der Klebstoff für die Digitalisierung. Online verfügbar unter <https://www.computerwoche.de/a/apis-der-klebstoff-fuer-die-digitalisierung,3546568>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Diaz, Rafael; Smith, Katherine; Landaeta, Rafael; Padovano, Antonio (2020): Shipbuilding Supply Chain Framework and Digital Transformation: A Project Portfolios Risk Evaluation. In: *Procedia Manufacturing* 42, S. 173–180. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.067.

Digital X (Hg.) (2021a): Digital Maturity Model: Digitalisierung im Unternehmen auf dem Prüfstand. Online verfügbar unter <https://www.digital-x.eu/de/magazin/artikel/dx-xplain/digital-maturity-model>, zuletzt aktualisiert am 18.02.2021, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Digital X (Hg.) (2021b): Digital Readiness: Der digitale Reifegrad von Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.digital-x.eu/de/magazin/artikel/dx-xplain/digital-readiness>, zuletzt aktualisiert am 03.02.2021, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Döring, Stefan (2020): #ExplainIT: Disruption erklärt. München. Online verfügbar unter <https://muenchen.digital/blog/disruption-erklart/>, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Dr. Alexander Blumenau (Hg.) (2021): Projektarten: So können Projekte unterschieden werden. Arctic Project Lapland AB. Online verfügbar unter <https://projekte-leicht-gemacht.de/blog/projektmanagement/projektarten/>, zuletzt aktualisiert am 20.09.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Ebert, Christof (2013): Risikomanagement kompakt. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ennsfellner Consulting e.U. (Hg.) (2021): Methoden zur Priorisierung von Projekten. Online verfügbar unter <https://www.ennsfellnerconsulting.eu/de/images/news/downloads/priorisierung.pdf>, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Entreß-Fürsteneck, Matthias von; Karl, Johannes; Urbach, Nils: Performance Measurement im Zeitalter der Digitalisierung: Eine Balanced Scorecard für die Industrie 4.0. In: Anwendungsorientierte Beiträge zum Industriellen Management,, Bd. 6, S. 107–132. Online verfügbar unter https://www.haufe.de/finance/haufe-finance-office-premium/kennzahlen-zur-steuerung-der-digitalisierung-rahmenkonz-3-spezifische-kennzahlen-zur-steuerung-der-digitalen-transformation_idesk_PI20354_HI11805831.html, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

EY Consulting (Hg.) (2019): Wie smarte Sensoren Industrie 4.0 vorantreiben. Online verfügbar unter https://www.ey.com/de_at/industrial-products/wie-smarte-sensoren-industrie-40-vorantreiben, zuletzt aktualisiert am 27.09.2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Fähnle, Annika; Püschel, Louis; Röglinger, Maximilian; Stohr, Alexander (2018): Business Value of the IoT – A Project Portfolio Selection Approach. 26. Aufl. Portsmouth. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/329428869_Business_Value_of_the_Internet_of_Things_-_A_Project_Portfolio_Selection_Approach, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Fiedler, Rudolf (2013): Controlling von Projekten. Mit konkreten Beispielen aus der Unternehmenspraxis - Alle Aspekte der Projektplanung, Projektsteuerung und Projektkontrolle. 6th ed. Dordrecht: Springer. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1592463>.

Forcam (Hg.) (2021): Shopfloor Management Definition. Online verfügbar unter <https://forcam.com/shopfloor-management-bedeutung-arten-lean-management/#:~:text=Shopfloor%20bedeutet%20im%20Deutschen%20so,F%C3%BChrungs%20kr%C3%A4fte%20am%20Ort%20des%20Geschehens.>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2021, zuletzt geprüft am 24.03.2022.

Fraunhofer Austria Research GmbH (Hg.) (2022): Instandhaltung und Anlagenmanagement. Online verfügbar unter <https://www.fraunhofer.at/de/zusammenarbeit/produktionsmanagement/instandhaltung.html>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Ghildyal, Amit; Chang, Elizabeth (2017): IT Governance and Benefit Models: Literature Review and Proposal of a Novel Approach. In: *IJEEEE* 7 (2), S. 123–131. DOI: 10.17706/ijeeee.2017.7.2.123-131.

GITO mbH Verlag für Industrielle Informationstechnik und Organisation (Hg.) (2021): Smarte Sensoren in der Produktion. Mit intelligenten Systemen einen hohen Automatisierungsgrad realisieren. Online verfügbar unter <https://www.productivity.de/node/528>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Gomez, Peter; Probst, Gilbert J. B. (2007): Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens. Vernetzt denken, unternehmerisch handeln, persönlich überzeugen. 3., unveränd. Aufl., [3. Nachdr.]. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

GPM (Hg.) (2015): Makroökonomische Vermessung der Projektstätigkeit in Deutschland. EBS Universität für Wirtschaft und Recht. Online verfügbar unter https://www.gpm-ipma.de/know_how/studienergebnisse/makroekonomische_vermessung_der_projektaetigkeit_in_deutschland.html, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Grajek, Christian; Wolfsteiner, Christian (2015): Optimale Organisationsentwicklung. St. Gallen: St. Galler Business Books & Tools (General management series, Band 17).

Greenbone Networks (Hg.) (2020): Definition IT-Sicherheit – Was ist IT-Sicherheit? Online verfügbar unter <https://www.greenbone.net/it-sicherheit-informationssicherheit-datensicherheit/#:~:text=IT%2DSicherheit%20und%20Cyber%20Security,Virensch scanner%2C%20Schwachstellenmanagement%20und%20vieles%20mehr.>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

HANDELSKAMMER BOZEN (Hg.): Assistenzsysteme in der Fertigung. Assistenzsysteme für Industrie- und Handwerksunternehmen. Online verfügbar unter <https://www.handelskammer.bz.it/de/dienstleistungen/digitalisierung/praxiswissen/fachbeitr%C3%A4ge/assistenzsysteme-der-fertigung>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Hanschke, Inge (2018): Digitalisierung und Industrie 4.0 - einfach und effektiv. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Heibold, Tilo (2014): Einführung in die Automatisierungstechnik. Automatisierungssysteme, Komponenten, Projektierung und Planung. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://www.hanser-elibrary.com/isbn/9783446426757>.

Hevner; March; Park; Ram (2004): Design Science in Information Systems Research. In: *MIS Quarterly* 28 (1), S. 75. DOI: 10.2307/25148625.

Hevner, Alan; Chatterjee, Samir (Hg.) (2010): Design Research in Information Systems. Boston, MA: Springer US (Integrated Series in Information Systems).

Holicki, Rolf (2020): Digitale Ökonomie und der Reifegrad der Digitalisierung. Hg. v. Seeburger AG. Online verfügbar unter <https://blog.seeburger.com/de/digitale-oekonomie-und-der-reifegrad-der-digitalisierung/>, zuletzt aktualisiert am 18.11.2020, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Holland, Heinrich: Customer Experience Management. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/customer-experience-management-54478>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Homann, Elina Farina (2019): Reifegradmodelle zur Analyse und Bewertung der Digitalisierung mittelständischer Unternehmen am Beispiel der Berufsausbildung. Masterarbeit. Universität Siegen, Siegen. Betriebswirtschaftslehre, insb. Medienmanagement, zuletzt geprüft am 24.04.2022.

Innolytics AG (Hg.) (2022): Was ist ein digitaler Reifegrad? Online verfügbar unter <https://www.innolytics.de/was-ist-ein-digitaler-reifegrad/>, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

inray Industriesoftware GmbH (Hg.) (2021): Der Weg von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0. Online verfügbar unter https://www.inray.de/wp-content/uploads/2020/08/Industrie1.0-zu-4.0_inrayblau_1000x670px.png, zuletzt aktualisiert am 06.08.2021, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Joppen, Robert; Enzberg, Sebastian von; Gundlach, Jan; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman (2019): Key performance indicators in the production of the future. In: *Procedia CIRP* 81, S. 759–764. DOI: 10.1016/j.procir.2019.03.190.

Joppen, Robert; Kühn, Arno; Förster, Magdalena; Dumitrescu, Roman (2022): Evaluation of Industry 4.0 Applications in Production. In: *J Knowl Econ*. DOI: 10.1007/s13132-022-00959-2.

Kang, Ningxuan; Zhao, Cong; Li, Jingshan; Horst, John A. (2016): A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. In: *International journal of production research* 54 (21), S. 6333–6350. DOI: 10.1080/00207543.2015.1136082.

KfW (Hg.) (2021): Doppelt bis dreifach höhere Investitionen in IT und Digitalisierung nötig. Online verfügbar unter [KfW Research \(Hg.\) \(2021\): Digitalisierung im internationalen Vergleich: Deutschland liegt bei IT-Investitionen weit hinten \(352\). Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-352-Oktober-2021-IT-Investitionen.pdf>, zuletzt aktualisiert am 14.10.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.](https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_673984.html#:~:text=KfW%20Research%3A%20Doppelt%20bis%20dreifach%20h%C3%B6here%20Investitionen%20in%20IT%20und%20Digitalisierung%20n%C3%B6tig,-Deutschland%20bei%20Anwendung&text=Die%20digitale%20Transformation%20ist%20ein%20wichtiger%20Treiber%20f%C3%BCr%20technologischen%20Fortschritt%20und%20Wachstum., zuletzt aktualisiert am 14.10.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.</p></div><div data-bbox=)

Kreutter, Tobias (2016): Projektabhängigkeiten einfach systematisch analysieren: Die GCDA. Hg. v. xm-institute. Online verfügbar unter <https://xm-institute.com/xm-blog/projektabhängigkeiten-einfach-systematisch-analysieren-die-gcda/>, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Krol, Felix; See, Birgit von; Kersten, Wolfgang (2021): Digitalisierung messbar machen. In: *I4OM* 2021 (3), S. 30–34. DOI: 10.30844/I4OM_21-3_S30-34.

Lassnig, Markus (2020): Handlungsempfehlungen zur digitalen Transformation für KMU. Salzburg Research. Salzburg. Online verfügbar unter <https://www.salzburgresearch.at/publikation/handlungsempfehlungen-zur-digitalen-transformation-fuer-kmu/>, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Laursen, Markus; Svejvig, Per (2016): Taking stock of project value creation: A structured literature review with future directions for research and practice. In: *International Journal of Project Management* 34 (4), S. 736–747. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.06.007.

Läzer, Katrin Luise; Sonntag, Mareike; Drazek, Roxanne; Jaeschke, Richard-Ismael; Hogreve, Carolin (2010): Einführung in die systematische Literaturrecherche mit den Datenbanken PsycINFO“, „Pubmed“ und „PEP – Psychoanalytic Electronic Publishing“ sowie in das Literaturverwaltungsprogramm „Citavi“. Hg. v. Universität Kassel. Kassel. Online verfügbar unter <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2010081634029>, zuletzt geprüft am 24.03.2022.

Leadersnet (Hg.) (2021): "Digitalisierung bringt Wachstumsschub, Wertschöpfung, Arbeitsplätze und neue Investitionen". Online verfügbar unter <https://www.leadersnet.at/news/52059,digitalisierung-bringt-wachstumsschub-wertschoepfung.html>, zuletzt aktualisiert am 04.08.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Leitfaden Industrie 4.0. Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand (2015). Frankfurt am Main: VDMA-Verl.

Logistik KNOWHOW (Hg.) (2016): Fahrerlose Transportsysteme (FTS). Online verfügbar unter <https://logistikknowhow.com/materialfluss-und-transport/fahrerlose-transportssysteme/>, zuletzt aktualisiert am 02.2016, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

manager-magazin.de (Hg.) (2021): Das Geheimnis erfolgreicher Projekte. Online verfügbar unter <https://www.manager-magazin.de/harvard/management/das-geheimnis-erfolgreicher-projekte-a-00000000-0002-0001-0000-000159313152>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Mihm, Jürgen (2010): Incentives in New Product Development Projects and the Role of Target Costing. In: *Management Science* 56 (8), S. 1324–1344. DOI: 10.1287/mnsc.1100.1175.

- Mindsquare AG (Hg.) (2021): Digital Twin. Online verfügbar unter <https://mindsquare.de/knowhow/digital-twin/>, zuletzt aktualisiert am 05.08.2021, zuletzt geprüft am 03.05.2022.
- MISUMI Europa GmbH (Hg.): Computer Aided Design. Online verfügbar unter <https://de.misumi-ec.com/de/applikationen/know-how/computer-aided-design-teil-3/>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.
- Mitrofanova, Yana S.; Glukhova, Lyudmila V.; Burenina, Valentina I.; Evstafeva, Oksana A.; Popova, Tatiana N. (2021): Smart production: features of assessing the level of personnel digital readiness. In: *Procedia Computer Science* 192, S. 2962–2970. DOI: 10.1016/j.procs.2021.09.068.
- Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern (Hg.) (2019): Der Readiness-Check Digitalisierung. Ein Instrument zur Bestimmung der digitalen Reife von KMU. Institut für Technologie und Arbeit e.V. (ITA). Kaiserslautern. Online verfügbar unter https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/wp-content/uploads/2021/08/Broschu%CC%88re_Readiness_Check_Digitalisierung_Januar_2019_final.pdf, zuletzt geprüft am 26.04.2022.
- Mockenhaupt, Andreas (2021): Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Neumeier, Anna (2017): Wert der Digitalisierung – Erfolgreiche Auswahl von Digitalisierungsprojekten. In: *HMD* 54 (3), S. 338–350. DOI: 10.1365/s40702-017-0305-6.
- Papershift GmbH (Hg.) (2022): Personaldisposition. Online verfügbar unter <https://www.papershift.com/lexikon/personaldisposition>, zuletzt aktualisiert am 18.03.2022, zuletzt geprüft am 03.05.2022.
- Passcon (Hg.) (2018): Multiprojektmanagement. Online verfügbar unter https://www.passcon.de/whitepaper/Multiprojektmanagement_v2-passcon.pdf, zuletzt geprüft am 04.05.2022.
- Peppers, Ken; Rothenberger, Marcus; Tuunanen, Tuure; Vaezi, Reza (2012): Design Science Research Evaluation. In: David Hutchison, Takeo Kanade, Josef Kittler, Jon M. Kleinberg, Friedemann Mattern, John C. Mitchell et al. (Hg.): *Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice*, Bd. 7286. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), S. 398–410.
- Peppers, Ken; Tuunanen, Tuure; Rothenberger, Marcus A.; Chatterjee, Samir (2007): A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. In: *Journal of Management Information Systems* 24 (3), S. 45–77. DOI: 10.2753/MIS0742-1222240302.
- Personio GmbH (Hg.) (2019): Top-Trends der HR Digitalisierung – und wie Personaler sie in die Praxis umsetzen können. Online verfügbar unter <https://www.personio.de/blog/digitalisierung-hr/#:~:text=Digitalisierung%20von%20HR%20meint%20den,werden%20in%20digitale%20C3%BCberf%20bzw.,> zuletzt aktualisiert am 16.04.2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.
- Pirola, Fabiana; Cimini, Chiara; Pinto, Roberto (2020): Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research. In: *JMTM* 31 (5), S. 1045–1083. DOI: 10.1108/JMTM-09-2018-0305.
- Posluschny, Peter (2007): Die wichtigsten Kennzahlen. 1. Auflage. München: Redline Wirtschaft (New Business Line). Online verfügbar unter https://www.wiso-net.de/document/REDL__978363601441295.
- Probst, Hans-Jürgen (2012): Kennzahlen. Richtig anwenden und interpretieren. 3., aktualisierte Aufl. München: Redline-Verl. (Alles, was Sie wissen müssen).
- Project Management Institute (Hg.) (2016): Delivering Value: Focus on benefits during project execution. Online verfügbar unter <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/benefits-focus-during-project-execution.pdf>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.
- Projekte leicht gemacht (Hg.) (2021): Mit diesen Strategien kannst du Projektrisiken managen. Unter Mitarbeit von Andrea Windolph. Online verfügbar unter <https://projekte-leicht->

gemacht.de/blog/methoden/projektrisiken/strategien-zum-umgang-mit-risiken/, zuletzt aktualisiert am 01.09.2021, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

DIN 69901-1, 2009: Projektmanagement - Projektmanagementsysteme - Teil 1: Grundlagen. Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/wdc-beuth:din21:113428320>, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Projektmanagement Manufaktur (Hg.) (2021): Risikoanalyse im Projektmanagement. Online verfügbar unter <https://projektmanagement-manufaktur.de/risikoanalyse-projektmanagement>, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Pschybilla, Thomas; Hofmann, Manuela; Enders, Tobias; Vössing, Michael (2019): Priorisierung von Digitalisierungsprojekten entlang der gesamten kundenorientierten Prozesskette im Maschinenbau. In: *HMD* 56 (6), S. 1144–1156. DOI: 10.1365/s40702-019-00571-0.

PwC Österreich GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Hg.) (2015): Industrie 4.0. Österreichs Industrie im Wandel. Online verfügbar unter <https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/industrie-4-0-oesterreichs-industrie-im-wandel-2015.pdf>, zuletzt aktualisiert am 06/2015, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Quality Services & Wissen – Österreich (Hg.): Prozess-Visualisierung. Online verfügbar unter <https://www.quality.at/wiki/prozess-visualisierung/>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

REFA AG (Hg.) (2022): Auftragssteuerung. Online verfügbar unter <https://refa.de/service/refa-lexikon/auftragssteuerung#:~:text=Die%20Auftragssteuerung%20umfasst%20alle%20Aufgaben,bis%20zur%20Auslieferung%20der%20Produkte.>, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Refa.de (Hg.) (2022): Smart Factory. Online verfügbar unter <https://refa.de/service/refa-lexikon/smart-factory>, zuletzt geprüft am 24.03.2022.

reimus.NET GmbH (Hg.) (2021): Bilanzkennzahlen zur Bilanzanalyse (Kennzahlenkatalog). Umfangreiche Kennzahlen-Übersicht mit Beispielberechnungen und Online-Rechner. Online verfügbar unter <https://www.controllingportal.de/Fachinfo/Kennzahlen/Bilanzkennzahlen-zur-Bilanzanalyse.html>, zuletzt aktualisiert am 26.10.2021, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Reinsel, David; Gantz, John; Rydning, John (2018): The Digitization of the World. From Edge to Core. Hg. v. seagate. IDC. Online verfügbar unter <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf>, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Schneider Electric (Hg.) (2021): Global Digital Transformation Benefits Report. Online verfügbar unter https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Customer+success+story&p_File_Name=998-20387771_DTBR.pdf&p_Doc_Ref=998-20387771_DTBR, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Schneyder, Wolfram (2007): Kennzahlen für die Personalentwicklung. Referenzmodellbasiertes System zur Quantifizierung erzeugter Wirkungen. Zugl.: Tübingen, Univ., Diss., 2006. 1. Aufl. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag (Wirtschaftswissenschaft).

Schumacher, Andreas (2020): Ein wertstrombasiertes Bewertungsmodell für den Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad produzierender Unternehmen. Dissertation. Technische-Universität Wien, Wien. Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

ScienceDirect (Hg.) (2018a): Intangible Benefit. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/intangible-benefit/pdf>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

ScienceDirect (Hg.) (2018b): Tangible Benefit. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/tangible-benefit/pdf>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Seidl, Jörg (2011): Multiprojektmanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Siegwart, Hans; Reinecke, Sven; Sander, Stefan (2010): Kennzahlen für die Unternehmensführung. 7., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

Sihn, Wilfried; Nemeth, T.; Schieder, P.; Rußbach, L.; Martineau, S.; Schindler, P. A. und Hübsch, M. (2021): Nachhaltige Wertschöpfungssysteme. Hg. v. Fraunhofer Austria Research GmbH. Online verfügbar unter <https://www.fraunhofer.at/de/publikationen/whitepaper/download-nws-whitepaper.html>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Sinsel, Alexander; Bangert, Christopher; Stoldt, Johannes; Büttner, Thomas (2017): Wirtschaftlichkeitsbewertung der Smart Factory. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 112 (9), S. 602–606. DOI: 10.3139/104.111794.

Staehele, Wolfgang H. (1967): Kennzahlen und Kennzahlensysteme. ein Beitrag zur modernen Organisationstheorie. University of California. Online verfügbar unter https://books.google.at/books/about/Kennzahlen_und_Kennzahlensysteme.html?id=ZSQTAQAAIAAJ&redir_esc=y, zuletzt geprüft am 25.03.2022.

Stoiber, Regina (2019): Risikoanalyse durchführen. mit Muster / Vorlage und Beispiel. Online verfügbar unter <https://regina-stoiber.com/2019/04/28/risikoanalyse-durchfuehren-mit-muster-vorlage-und-beispiel/>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2019, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Terlizzi, Marco Alexandre; Albertin, Alberto Luiz; Moraes, Heverton Roberto Oliveira Cesar de (2017): IT benefits management in financial institutions: Practices and barriers. In: *International Journal of Project Management* 35 (5), S. 763–782. DOI: 10.1016/j.ijproman.2017.03.006.

The Open University - Open Learn (Hg.): Technology Evaluation. Tangible and intangible benefits and costs. Online verfügbar unter <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-and-technology/technology/technology-evaluation/content-section-5.2>, zuletzt geprüft am 07.05.2022.

Tiemeyer, Ernst (2017): IT-Projektrisiken erfolgreich managen. Online verfügbar unter <https://www.informatik-aktuell.de/management-und-recht/projektmanagement/it-projektrisiken-erfolgreich-managen.html>, zuletzt geprüft am 18.04.2022.

TimeTrack (Hg.) (2021): Risikomanagement – So bereiten Sie sich auf „unerwartete“ Ereignisse vor. Unter Mitarbeit von Fenja Behnke. Online verfügbar unter <https://www.timetrackapp.com/blog/risikomanagement-so-bereiten-sie-sich-auf-unerwartete-ereignisse-vor/>, zuletzt aktualisiert am 15.06.2021, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

TME AG (Hg.) (2020): Datengetriebene Prozessoptimierung: Der Weg in die digitale Zukunft. Online verfügbar unter <https://tme-ag.de/blog-beitrag/datengetriebene-prozessoptimierung-der-weg-in-die-digitale-zukunft/#:~:text=Die%20datengetriebene%20Prozessoptimierung%20ist%20ein,Ziel%2C%20Prozesse%20faktenbasiert%20zu%20optimieren.>, zuletzt aktualisiert am 03.11.2020, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Toth, Daniel (November / 2019): Transformation der Planungsparadigmen. im Kontext der Digitalisierung in der metallverarbeitenden Industrie. Technische-Universität Wien, Wien. Institut für Managementwissenschaften.

van der Touw, Willem; Glitz, Oliver (2017): Was eine digitale Wertschöpfungskette ausmacht. Online verfügbar unter https://www.bevh.org/fileadmin/content/04_politik/Digitalisierung/Quellen/Was_eine_digitale_Wertschoepfungskette_ausmacht.____Notch_Interactive.pdf, zuletzt aktualisiert am 12.08.2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Vester, Frederic (2015): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität ; ein Bericht an den Club of Rome ; [der neue Bericht an den Club of Rome. 10. Aufl. München: Dt. Taschenbuch-Verl. (dtv Wissen, 33077).

Voss, Daniel (2014): Projektcontrolling – Theoretischer Ansatz und praktische Einführung bei der TUI Service AG. St.Gallen Business School, St.Gallen. Online verfügbar unter

<https://sgbs.ch/publication/projektcontrolling-theoretischer-ansatz-und-praktische-einfuehrung-bei-der-tui-service-ag/2-1-2-projektarten>, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Wagner, Rainer Maria (2018): *Industrie 4.0 für die Praxis. Mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps*: Springer Gabler.

Wanner, Roland (2022): *Risikobewältigungsstrategien. So definieren Sie für Ihr Projekt wirkungsvolle Maßnahmen*. Hg. v. Kayenta Training und Beratung. Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.kayenta.de/training-seminar/artikel/risikobewaeltigungsstrategien-wirkungsvolle-massnahmen-im-projekt.html>, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Wikipedia (Hg.) (2019): *Remote Service*. Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/wiki/Remote_Service, zuletzt aktualisiert am 2019, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

William Blair Investment Management (Hg.) (2021): *Wie Digitalisierung Unternehmensinvestitionen vorantreibt*. Online verfügbar unter <https://e-fundresearch.com/newscenter/187-william-blair-investment-management/artikel/41851-wie-digitalisierung-unternehmensinvestitionen-vorantreibt>, zuletzt aktualisiert am 07.08.2021, zuletzt geprüft am 29.03.2022.

Windolph, Andrea (2017): *130 Projektrisiken, die auch dein Projekt treffen könnten*. Hg. v. *Projekte leicht gemacht*. Online verfügbar unter <https://projekte-leicht-gemacht.de/blog/methoden/projektrisiken/130-projektrisiken-beispiele/>, zuletzt aktualisiert am 28.11.2021, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Zhu, Li; Johnsson, Charlotta; Varisco, Martina; Schiraldi, Massimiliano M. (2018): *Key performance indicators for manufacturing operations management – gap analysis between process industrial needs and ISO 22400 standard*. In: *Procedia Manufacturing* 25, S. 82–88. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.06.060.

Zwikael, Ofer; Chih, Ying-Yi; Meredith, Jack R. (2018): *Project benefit management: Setting effective target benefits*. In: *International Journal of Project Management* 36 (4), S. 650–658. DOI: 10.1016/j.ijproman.2018.01.002.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Gant Chart zur Darstellung des zeitlichen Rahmens der Aktivitäten in der Masterarbeit.....	3
Abbildung 2 - Starlite Elemente	6
Abbildung 3 - Geschichte der industriellen Revolution	14
Abbildung 4 - Datenvolumen des globalen IP-Traffics in den Jahren 2014-2017 + Prognose bis 2022	18
Abbildung 5 - Berichtshierarchie, eigene Darstellung	25
Abbildung 6 - Projektarten unterschieden nach Aufgabenstellung und sozialer Komplexität	30
Abbildung 7 - Schema zur Einordnung von Vorgehensmodellen	34
Abbildung 8 - Sechphasiges, sequenzielles Schleifenmodell	35
Abbildung 9 - Prototypisches Vorgehensmodell	36
Abbildung 10 - Wiederholendes Vorgehensmodell mit 6 Aktivitäten und 4 Inkrementen	38
Abbildung 11 - Wiederverwendungsorientiertes Vorgehensmodell	40
Abbildung 12 - Auszug aus der 1.Stufe des Vorgehensmodells in Microsoft Excel...55	55
Abbildung 13 - Auswertung der digitalen Readiness,Auszug aus dem Vorgehensmodell in Excel.....	56
Abbildung 14 - Auszug: Validierung der Digitalisierungskategorien.....	68
Abbildung 15 - Anzahl der Zuteilungen je Kategorie.....	69
Abbildung 16 - 2.Stufe des Vorgehensmodells: Zuordnung des zu Evaluierenden Projektes.....	70
Abbildung 17 - Einflussmatrix GCDA.....	71
Abbildung 18 - Beispiel zur Darstellung GCDA.....	72
Abbildung 19 - Befüllung der GCDA durch mehrere Personen.....	72
Abbildung 20 - Abhängigkeitsauswertung in Quadranten.....	73
Abbildung 21 - Projekte mit starken Einflüssen in der GCDA	74
Abbildung 22 - Auszug aus der Zuteilung der Kennzahlen zu Digitalisierungsprojektkategorien.....	81
Abbildung 23 - Vergleich der Kennzahlenzuordnung.....	81
Abbildung 24 - Auszug aus der Umsetzung im Excel-Tool: Allgemeine Informationen Stufe 3	82
Abbildung 25 - Auszug aus der Umsetzung im Excel-Tool: Bewertung der Kennzahlen	83
Abbildung 26 - Identifizierte Benefits zur Beschreibung der erwarteten Auswirkungen der Digitalisierungsprojekte	86
Abbildung 27 - Auszug aus dem Workshop zur Ausarbeitung der Kennzahlen-Benefits Wirkung	87
Abbildung 28 - Auszug aus dem Benefit-Meinungsabgleich der Experten	88

Abbildung 29 - Benefit Darstellung aus dem Excel-Tool.....	89
Abbildung 30 - Auszug Umsetzung Excel-Tool Risikobewertung: Befüllen der Zellen	97
Abbildung 31 - Risikosteuerungsmöglichkeiten	100
Abbildung 32 – Auszug Excel-Tool Umsetzung der Risikobewertung: Farbcodierung der Risikokennzahlen	101
Abbildung 33 - Excel-Tool Use-Case Auszug: Bewertung der digitalen Basisreife..	103
Abbildung 34 - Excel-Tool: Zuteilung der Projekte in definierte Kategorien.....	104
Abbildung 35 - Excel-Tool: Ergebnisse Abhängigkeitsbewertung 2.Stufe	105
Abbildung 36 - Excel-Tool: Visualisierung Projektabhängigkeiten GCDA.....	105
Abbildung 37 - Excel-Tool: Allgemeine Informationen Stufe 3.....	107
Abbildung 38 - Excel-Tool: Ausfüllen der Kennzahlen Beeinflussung für Projekt B des Use-Cases.....	108
Abbildung 39 - Excel-Tool: Ausfüllung der Kennzahlen Beeinflussung für Projekt C des Use-Cases.....	108
Abbildung 40 - Excel-Tool: Benefit-Darstellung für Projekt B des Use-Cases	109
Abbildung 41 - Excel-Tool: Benefit-Darstellung für Projekt C des Use-Cases	110
Abbildung 42 - Excel-Tool: Ergebnis der Risikobewertung im Anwendungsfall.....	111

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Artefakte im Design-Science	8
Tabelle 2 - Prinzipien zur Durchführung von Design Science.....	9
Tabelle 3 - Prozessmodell zur Durchführung von Design-Science Forschung	10
Tabelle 4 - Vor- und Nachteile von sequenziellen Vorgehensmodellen	35
Tabelle 5 - Vor- und Nachteile von prototypischen Modellen	37
Tabelle 6 - Vor- und Nachteile von wiederholenden Vorgehensmodellen	39
Tabelle 7 - Vor- und Nachteile wiederverwendungsorientierter Modelle	40
Tabelle 8 - Ausschlusskriterien der Literaturrecherche.....	43
Tabelle 9 - Unterkategorien für die Literaturrecherche	43
Tabelle 10 - Literaturanalyse mittels Unterkategorien	44
Tabelle 11 - Überblick über ausgewählte digitale Reifegradmodelle	52
Tabelle 12 - Einteilung der Reifegrade und Deutung.....	59
Tabelle 13 - Einteilung von Digitalisierungsprojekten in Kategorien	62
Tabelle 14 - Handlungsempfehlungen aus der Abhängigkeitsanalyse (GCDA).....	75
Tabelle 15 - Schritte zur Entwicklung eines Kennzahlensystems in Anlehnung an Posluschny (2007) und Schneyder (2007)	77
Tabelle 16 - Schritte für die Kennzahlensystem Erstellung	78
Tabelle 17 - Benefit-Beschreibungen	90
Tabelle 18 - Schadensklassen Risikobetrachtung.....	96
Tabelle 19 - Eintrittswahrscheinlichkeiten Risikobetrachtung	96
Tabelle 20 - Risikokennziffer Wertebereiche und Deutung.....	98
Tabelle 21 - Bedeutung und Maßnahmen für erhaltene Digitale Readiness Stufe ..	103
Tabelle 22 - Risikobeschreibung	111
Tabelle 23 - Theorieorientierte Forschungsfragen.....	114
Tabelle 24 - Praxisorientierte Forschungsfragen	115

11 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
€	Euro
uvm.	Und Viele mehr
etc.	et cetera
v.a.	Vor allem
h	Stunde
u./o.Ä.	und/oder Ähnliche/s
z.B.	zum Beispiel
Sog.	sogenannte