

**„Vorgehen zur Entwicklung kundenorientierter Digitalisierungsangebote
zur Unterstützung des digitalen Wandels in der Textilbranche“**

**„Approach for Developing Customer-Oriented Digitization Services to
Support the Digital Transformation in the Textile Industry“**

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Kai Bruno Müller

Berichter: Univ.-Prof. Prof. h. c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries
Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Frank Thomas Piller

Tag der mündlichen Prüfung: 24. November 2023

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek online
verfügbar.

Teile dieser Arbeit wurden im Rahmen des DFG-Exzellenclusters „Internet of Production“ (Projektnr. 390621612) erarbeitet, in welchem ich im Zeitraum von 2019 bis 2023 mitgewirkt habe. Die Inhalte basieren teilweise auf den Ergebnissen der von mir betreuten studentischen Arbeiten. Eine bibliographische Auflistung befindet sich am Ende des Literaturverzeichnisses.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Kurzfassung

Die deutsche Textilindustrie sieht sich mit vielfältigen Herausforderungen wie Fachkräftemangel, Konkurrenz aus Asien oder komplexen Lieferketten konfrontiert. Digitalen Technologien und Prozessen kommt bei der Bewältigung dieser Aufgaben eine zentrale Rolle zu. Allerdings treten gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen Hindernisse bei der digitalen Transformation auf. Zusätzlich sind bestehende Service-Angebote oft unzureichend in der Ursachenanalyse, stark standardisiert und damit ohne Kundenorientierung oder unflexibel bei der Berücksichtigung neuer Informationen.

Das Hauptziel der Arbeit besteht darin, durch gezielte digitale Maßnahmen die spezifischen Herausforderungen der deutschen Textilindustrie zu bewältigen und die Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu stärken. Dazu wird in dieser Arbeit ein Vorgehen zur Konfiguration kundenorientierter Angebote für die digitale Transformation entwickelt und in drei Praxisbeispielen validiert.

Zunächst werden digitale Begriffe im Unternehmenskontext und die Charakteristika der Textilbranche definiert. Darauf aufbauend werden Bausteine der Digitalisierung in Organisationen vorgestellt mit deren Hilfe eine neue Struktur für das Angebotsportfolio der ITA Academy GmbH entwickelt wird. Zur einheitlichen Beschreibung und Vergleichbarkeit verschiedener Angebotsformate wird ein Steckbrief entwickelt. Die Steckbriefe werden in der Angebotsstruktur hinterlegt und bieten einen Überblick über Aufwände, notwendige Kompetenzen und Abläufe der Angebote.

Anschließend wird ein Vorgehen zur Konfiguration kundenindividueller Angebote erarbeitet. Dieses fünfstufige Modell ermöglicht die Erfassung von Kundenhemmnissen sowie die Priorisierung von Handlungsfeldern und Kundenzielen. Basierend auf diesen Informationen können zielgerichtet Lösungen aus der entwickelten Angebotsstruktur ausgewählt werden.

Abschließend wird das Vorgehen in drei Praxisbeispielen validiert: Retrofitting einer Produktionsanlage, Strategieentwicklung inklusive Marktanalyse und Erarbeitung eines Technologieradars.

Abstract

The German textile industry faces a range of challenges such as skills shortages, competition from Asia, and complex supply chains. Digital technologies and processes play a pivotal role in addressing these issues. However, obstacles to digital transformation, particularly among small and medium-sized enterprises, are prevalent. Furthermore, existing service offerings often lack thorough causative analysis, are heavily standardized without customer orientation, or lack flexibility in incorporating new information.

The primary aim of this study is to overcome the specific challenges of the German textile industry and enhance long-term competitiveness through targeted digital initiatives. To achieve this, a methodology for configuring customer-oriented digital transformation solutions is developed and validated through three practical case studies.

Firstly, digital terminology in the corporate context and the characteristics of the textile sector are defined. Building on this foundation, the components of digitalization within organizations are introduced, forming the basis for a new structure of the ITA Academy GmbH's offerings portfolio. To ensure consistent description and comparability of various solution formats, a template is devised. These templates are incorporated into the framework of the offerings, providing an overview of the resources required, necessary competencies, and implementation processes.

Subsequently, a methodology for configuring customer-specific solutions is developed. This five-step model facilitates the identification of customer impediments, prioritization of action areas, and customer objectives. Based on this information, targeted solutions can be selected from the framework of the developed offerings.

Finally, the methodology is validated through three practical case studies: retrofitting of a production facility, strategy development including market analysis, and the creation of a technology radar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Erkenntnisse	6
2.1	Die deutsche Textilindustrie	6
2.1.1	Die textile Prozesskette	6
2.1.2	Charakteristika der deutschen Textilindustrie	8
2.2	Digitalisierung in produzierenden Unternehmen	15
2.2.1	Begriffsdefinition im Kontext dieser Arbeit	16
2.2.1.1	Digitalisierung	16
2.2.1.2	Barrieren der Digitalisierung	19
2.2.2	Ebenen der Digitalisierung im Leitbild des ITA	21
2.2.3	Status der Textilindustrie	22
2.2.3.1	Motivation und Ziele der Digitalisierung	22
2.2.3.2	Defizite der Textilindustrie im Bereich Digitalisierung	25
2.2.4	Bewertungsdimensionen für den digitalen Reifegrad	26
2.2.5	Handlungsdimensionen – Bausteine der Digitalisierung	35
2.2.6	Geschäftsmodelle	37
2.2.6.1	Bestandteile von Geschäftsmodellen	37
2.2.6.2	Erfolgsbeispiele	40
2.2.6.3	Das Digital Capability Center Aachen	41
2.3	Zusammenfassung	43
3	Unterstützende Angebote	45
3.1	Anforderungen an unterstützende Angebote	45
3.2	Identifizierte Angebote	48
3.3	Bewertung der Angebote	60
3.4	Zusammenfassung	63
3.5	Zwischenfazit	64
4	Hemmnisidentifikation und Strukturierung	66
4.1	Identifizierte Barrieren aus der Literatur	66
4.2	Qualitativ identifizierte Barrieren	69
4.2.1	Grundlagen zur Methodik	69

4.2.2	Leitfaden und befragte Unternehmen	71
4.3	Auswertung und Strukturierung der Hemmnisse	73
4.4	Zusammenfassung	76
5	Beschreibung des Lösungsraums	78
5.1	Leistungsportfolio des DCC Aachen	79
5.1.1	Workshops	80
5.1.2	Potenzialanalysen	82
5.1.3	Beratungsdienstleistung	83
5.1.4	Umsetzungsprojekte	84
5.2	Angebotsaufbau	88
5.2.1	Ziel und Leistungsbeschreibung	88
5.2.2	Ablaufplan	90
5.2.3	Voraussetzungen	91
5.2.4	Qualifikations- und Kompetenzprofile	93
5.2.5	Aktivitätsgrad des Leistungserbringers und Kunden	95
5.2.6	Berücksichtigte Bausteine der Digitalisierung	96
5.2.7	Aufwandsabschätzung	98
5.3	Vorstellung ausgewählter Angebote	101
5.3.1	Pilotierungs- u. Umsetzungsprojekt – Datenaufnahme	101
5.3.2	Einführungsworkshop digitale Transformation	113
5.3.3	Geschäftsmodellentwicklung – Business Model aaS	114
5.4	Zusammenfassung	118
6	Entwicklung einer Angebotsstruktur	119
7	Ablauf des entwickelten Vorgehens	129
7.1	Bedarfsermittlung beim Kunden	129
7.2	Hemmnispriorisierung	132
7.3	Lösungsauswahl und Angebotskonfiguration	135
7.4	Verbesserungsprozess	138
7.5	Zusammenfassung und Anforderungserfüllung des Vorgehens	140
7.6	Zwischenfazit	145
8	Validierung des entwickelten Vorgehens	148
8.1	Anwendungsfall 1 – Datenaufnahme in der Produktion	148
8.1.1	Bedarfsermittlung	149

8.1.2	Retrofitting in der Bandweberei	153
8.1.2.1	Erfasste Störgrößen	155
8.1.2.2	Maschinenanpassung zur Erfassung der Störgrößen	159
8.1.2.3	Auswertung der Daten	160
8.1.2.4	Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen	163
8.1.2.5	Definition von Verbesserungsmaßnahmen	167
8.1.3	Wirtschaftliche Betrachtung	168
8.1.3.1	Szenario A – Ausgangssituation	169
8.1.3.2	Szenario B – Verbesserte Verfügbarkeit, gleiche Produktionsmenge	172
8.1.3.3	Szenario C – Verbesserte Verfügbarkeit, höhere Produktionsmenge	175
8.1.3.4	Szenarioanalyse	177
8.2	Anwendungsfall 2 – Strategieentwicklung	179
8.2.1	Bedarfsermittlung	179
8.2.2	Marktanalyse	183
8.2.3	Strategieentwicklung	184
8.3	Anwendungsfall 3 – Technologie-Roadmap	188
8.3.1	Bedarfsermittlung	188
8.3.2	Technologieradar	191
8.4	Zusammenfassung	193
9	Zusammenfassung	195
10	Ausblick	199
11	Summary	202
12	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	206
12.1	Abbildungen	206
12.2	Tabellen	212
13	Literaturverzeichnis	215
14	Anhang A: Abkürzungsverzeichnis, Formelzeichen	248
15	Anhang B: Erläuterungen	251

1 Einleitung

Daten sind ein Rohstoff des 21. Jahrhundert und wertvoller als Öl [Bha17]. Mit dieser Aussage wird der Stellenwert von Daten respektive der Informationen, die sie repräsentieren, für die Produktion im 21. Jahrhundert simpel zusammengefasst. Mithilfe digitaler Technologien kann die Produktion effizienter, stabiler und nachhaltiger gestaltet werden [BWS+21]. Die Potenziale der Digitalisierung reichen so weit, dass Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit einbüßen, wenn sie die Transformation nicht vollziehen [WG18].

Der zunehmende Fachkräftemangel [Hei18], Konkurrenz aus Asien und damit verbundener Kostendruck [AGK+19], undurchsichtige und lange Lieferketten [ABB+21], Vorgaben durch Geschäftskunden [Bec07] sowie schnell wechselnde Produktpaletten bedrohen Deutschland als Produktionsstandort für Textilien. Zusätzlich stellen veränderte Kundenansprüche – bspw. hinsichtlich Nachhaltigkeit, Transparenz der Lieferketten und Individualität – produzierende Unternehmen vor Herausforderungen [ABB+20]. Digitalen Technologien und Prozessen kommt bei der Bewältigung dieser Aufgaben eine zentrale Rolle zu. Dies hat auch die Bundesregierung erkannt und in ihrer Hightech-Strategie 2025 eine Produktivitätssteigerung durch Nutzung der Potenziale der Digitalisierung vorgesehen [Bun18].

Gleichzeitig sieht sich die von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) geprägte Textilbranche bei der digitalen Transformation mit unterschiedlichen Hemmnissen konfrontiert (vgl. Kap. 4). Unterstützung versprechen Service-Angebote (vgl. Kap. 3). Die identifizierten Angebote sind jedoch komplex gestaltet und nicht spezifisch auf die individuellen Bedürfnisse einzelner Unternehmen zugeschnitten. In der Folge verpassen primär KMU der Textilbranche den digitalen Wandel und drohen, langfristig ihre Wettbewerbsfähigkeit einzubüßen. Abbildung 1.1 zeigt die Motivation zur digitalen Transformation sowie die Herausforderungen, mit denen sich Unternehmen der Textilbranche bei der Digitalisierung konfrontiert sehen.



Abbildung 1.1: Herausforderungen bei der Digitalisierung der Textilbranche

Ziel dieser Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, bis zum Ende der High-Tech Strategie 2025 durch geeignete Digitalisierungsmaßnahmen einen nachweisbaren Beitrag zur Lösung der charakteristischen Herausforderungen der deutschen Textilindustrie zu leisten. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit langfristig erhöht werden. Der Erfolg der Maßnahmen wird anhand eines Anstiegs des Digitalisierungsgrades (vgl. Kap. 2.2, Abbildung 2.16) der Branche gemessen.

Ansatz zur Zielerreichung

Um dieses Ziel zu erreichen, werden kundenorientierte Angebote zur Unterstützung digitaler Transformationsprozesse erarbeitet. Dazu werden unternehmensspezifische Probleme bei der Transformation analysiert und mit geeigneten Maßnahmen verbunden. So entstehen auf Basis individueller Hemmnisse unterstützende Angebote, die gezielt auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten

sind. Die Bewertung erfolgt anhand der Umsetzung in einem industriellen Anwendungsfall.

Methode

Zunächst werden Anforderungen an kundenspezifische Angebote definiert. Anschließend werden Hemmnisse der digitalen Transformation auf zwei Arten erfasst. Im ersten Schritt wird eine Literaturrecherche durchgeführt, die im zweiten Schritt durch gezielte Experteninterviews ergänzt wird. Ein Ordnungsrahmen zur Beschreibung und Strukturierung des Problem- und Lösungsraums wird definiert. Aufbauend darauf wird eine umfassende und erweiterbare Übersicht zu Hemmnissen und unterstützenden Angeboten erstellt. Ein Vorgehen zur Erstellung kundenspezifischer Angebote wird erarbeitet, welches die Grundlage für die systematische Projektierung von digitalen Transformationsprojekten darstellt. Abschließend folgt die Formulierung des methodischen Vorgehens und die Validierung durch eine Anwendung in der Praxis.

Untersuchungsraum

Gegenstand der Untersuchung sind KMU der deutschen Textilbranche. Der Fokus liegt hierbei auf Unternehmen mit semi-kontinuierlichen Prozessen (vgl. Abbildung 2.2) gemäß der Aachener Produktionstheorie nach BÜCHER [BÜC21]. Es wird auf das bestehende Digitalisierungsangebot der ITA Group International Centre for Sustainable Textiles, Aachen, Deutschland, aufgebaut und erweitert. Nicht Gegenstand dieser Arbeit sind (infra-)strukturelle und sozialwissenschaftliche Hemmnisse. Im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes werden sie zwar aufgenommen, jedoch nicht näher im Lösungsraum spezifiziert.

Bewertung

Zur Bewertung erfolgt eine Durchführung des Vorgehens in einem realen Anwendungsfall. Die hierbei generierten Dienstleistungen werden aus den Hemmnissen des Kunden und Angeboten des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University, Aachen, zusammengesetzt. Die Bewertung erfolgt auf Basis wirtschaftlicher Kriterien nach Projektabschluss.

Aufbau dieser Arbeit

Zur Zielerreichung wird der Aufbau dieser Arbeit angelehnt an die Strategie angewandter Forschung nach ULRICH [Ulr84]. Das Vorgehen ist in Abbildung 1.2 dargestellt.

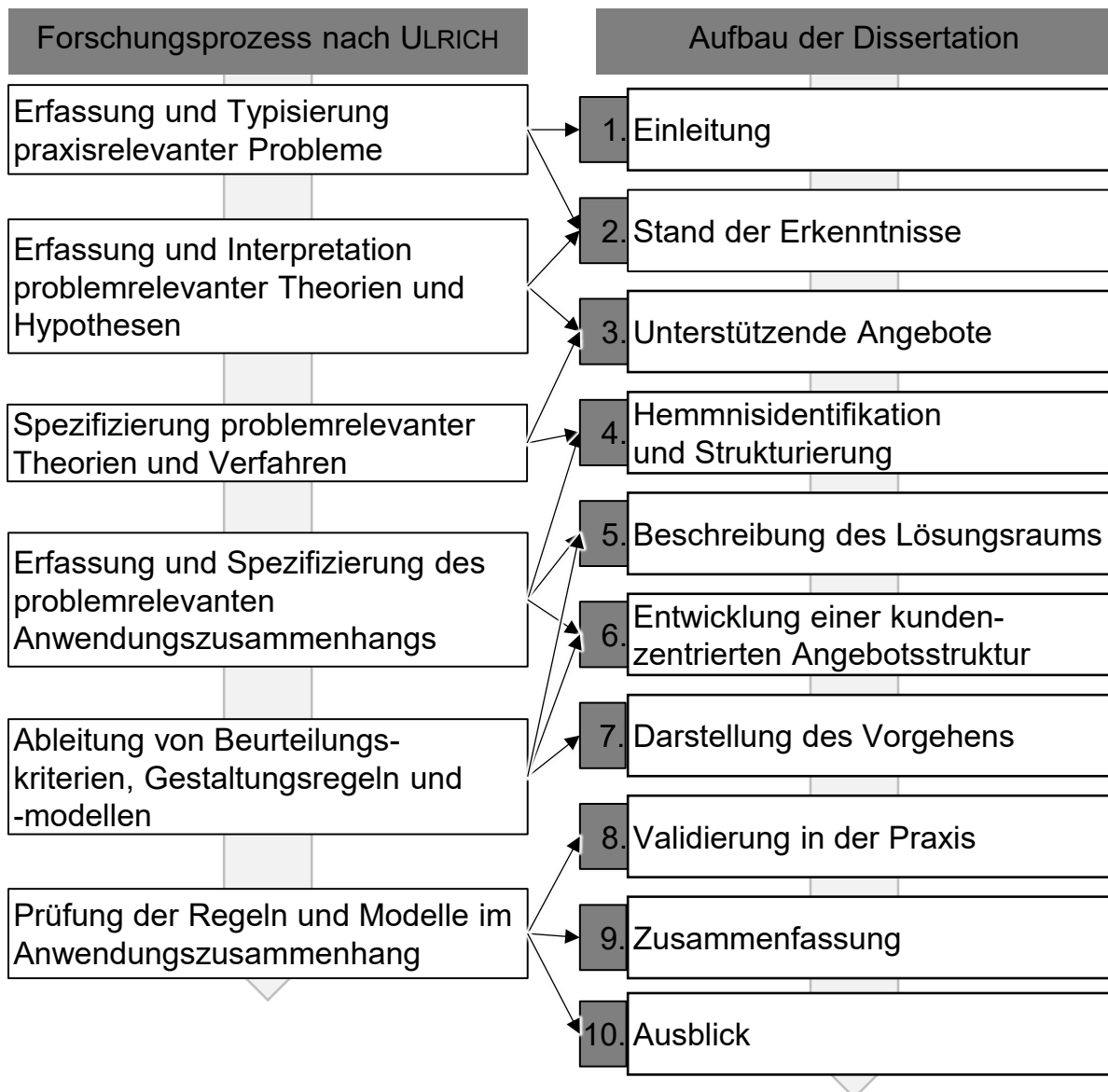


Abbildung 1.2: Aufbau der Dissertation in Anlehnung an den Forschungsprozess nach ULRICH [Ulr84]

In Kapitel 2 werden grundlegende Begriffe definiert, die Charakteristika der Textilbranche erörtert und Bausteine der Digitalisierung in Unternehmen anhand verschiedener Reifegradmodelle abgeleitet. Daraufaufgehend werden in Kapitel 3

industrielle und wissenschaftliche Angebote zur Durchführung digitaler Transformation vorgestellt und ihre Eignung für den Einsatz in der Textilbranche evaluiert. In Kapitel 4 werden spezifische Hemmnisse der Textilbranche bei der Digitalisierung mittels Literaturrecherche und qualitativer Interviews identifiziert und anhand der Bausteine strukturiert. In Kapitel 5 folgt die Erarbeitung des Lösungsraums. Bestehende Angebote der ITA Group werden beschrieben und anhand der Bausteine der Digitalisierung formalisiert, neustrukturiert und erweitert. Ein Steckbrief für die Darstellung und Vergleichbarkeit von Angeboten wird entwickelt. Diese Angebote werden in Kapitel 6 zu einer übersichtlichen Angebotsstruktur zusammengefasst. Das erarbeitete Vorgehen zur Entwicklung kundenzentrierter Digitalisierungsangebote wird in Kapitel 7 beschrieben und in Kap. 8 anhand eines Anwendungsfalls validiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Forschungsbedarfe in Kap. 9. Die grundlegende Erkenntnisperspektive umfasst trotz des wissenschaftlich systematisierten Erkenntnisprozesses nicht weiter begründbare Erfahrungen des Forschers. Diese Erfahrungen wurden während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University gesammelt.

2 Stand der Erkenntnisse

2.1 Die deutsche Textilindustrie

Als eine der ältesten Branchen der Welt war und ist die Textilindustrie ein technologischer Vorreiter für den sekundären Industriesektor [Obe19]. Heute besitzt die Branche weltweite Relevanz, sowohl als Hersteller primärer Produkte (z. B. Bekleidung oder technische Textilien für den Medizin- oder Bausektor) als auch als Zulieferer und Teil der Wertschöpfungsketten weiterer Industriezweige (z. B. technische Halbzeuge für die Automobilindustrie oder Brandschutzbauteile) [FMP+21]. Seit den 1970er Jahren erfährt der deutsche Textilsektor einen erheblichen Zuwachs an Wettbewerb und krisenbedingte Umstrukturierungen. Diese bedrohen die Unternehmen einerseits, begünstigen andererseits jedoch auch den Einsatz und die Weiterentwicklung neuer Technologien. [FMP+21] Zusammengefasst unterstützen die jüngsten Trends der Branche hin zu hoher System- und Prozesseffizienz, hoher Produktqualität und Rationalisierung einen digitalen Wandel. Diese Voraussetzungen, gepaart mit der hohen Komplexität und Vernetzung der Wertschöpfungsketten, machen die Textilindustrie zu einem idealen Untersuchungsgegenstand für die digitale Transformation. Erkenntnisse aus der Branche können – abstrahiert – auch in andere Sektoren des produzierenden Gewerbes überführt werden.

2.1.1 Die textile Prozesskette

Die Textilindustrie ist ein historischer Industriezweig, der heutzutage durch eine große Distanz zwischen Rohstoffherstellung, Produktion und Konsum geprägt ist. International wird zwischen Bekleidung, Haus- und Heim sowie technischen Textilien unterschieden. Hinzu kommen der Textilmaschinenbau und Handel. Als Haus- und Heim oder technische Textilien werden alle Waren ab der Verarbeitung von Fasern bis hin zur Flächenherstellung und Ausrüstung zu anwendungsbezogenen Textilien bezeichnet. Bekleidung wird dagegen als fertig konfektionierte Kleidungsstücke aus textiler Rollenware definiert. [Büc21] Die Aufteilung der Branche ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Bei allen nachfolgend genannten Zahlen sind die Schuh- und Lederwarenindustrie ausgeschlossen.

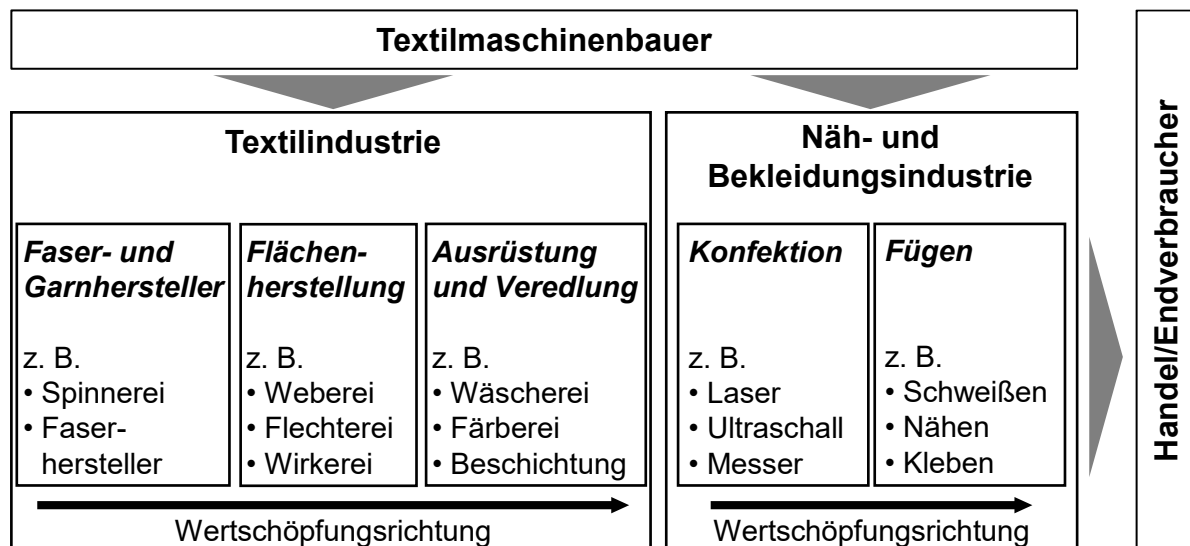


Abbildung 2.1: Übersicht über die textile Wertschöpfungskette, in Anlehnung an [SRA+21]

Die Textilindustrie kann anhand des Produktes und des Produktionstyps in weitere Teilbereiche gegliedert werden. Im Kontext dieser Arbeit wird die Aachener Textilproduktionstheorie (ATP) nach BÜCHER verwendet. Die ATP bietet eine Einordnung nach Produkt (Typ, Länge, Gewicht) und nach Produktion (Typ, produzierte Menge, Prozessstyp, Umwandlungsform). Abbildung 2.2 zeigt die ATP. [Büc21] Die Aufteilung der Produktionsschritte ermöglicht eine Zuordnung der in diesen Bereichen tätigen Unternehmen. Die einzelnen Produktionsschritte weisen eigene Herausforderungen auf und sind durch charakteristische Eigenschaften ausgezeichnet. Faser- und Garnherstellung werden durch einen kontinuierlichen Produktionsprozess mit konstanten Mengen charakterisiert. Typische Prozessschritte sind die Nass-, Trocken- und Schmelzspinnverfahren für chemisch hergestellte Filamente sowie Ring-, Rotor- und Luftdüsen-spinnverfahren für natürliche Garne [GVW19; EHH+07]. Sie sind aufgrund der Kontinuität gut zu automatisieren. Entgegengesetzt dazu stehen die Produktionsschritte der Funktionalisierung und Konfektionierung. Diese sind diskontinuierlich und zeichnen sich durch eine stark variierende Produktionsmenge und einen hohen Anteil manueller Arbeit aus. Klassische Prozessschritte sind unter anderem der Zuschnitt, das Fügen und Bügeln in der Konfektion sowie die Appretur und Druckverfahren in der Funktionalisierung [EHH+07; GVW19; Lut18].

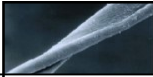
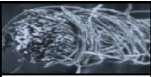
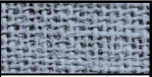
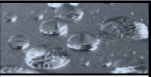
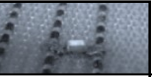
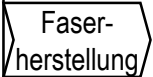
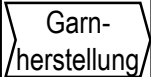
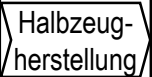
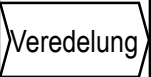
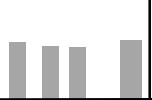
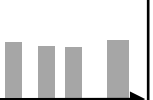
						
Produkt	Faser	Garn	Halbzeug	Veredelt. Halbzeug	Funktion. Halbzeug	End-produkt
Länge	10^{-2} - 10^3 m	10^6 m	10^{-2} - 10^5 m	10^{-2} - 10^5 m	10^{-2} - 10^5 m	10^{-2} - 10^2 m
Gewicht	10^{-5} g/m	10^{-5} g/m	10^2 g/m ²	10^{-2} g/m ²	10^3 g/m ²	10^3 g/Stück
Produktion						
Produzierte Menge						
Prozesstyp	Kontin.	Kontin.	Semi-kontin.	Semi-kontin.	Diskont.	Diskont.
Umwandlung	Stofflich/ Umformend	Additiv (1D)	Additiv (2D)	Stofflich/ Beschriften	Hybrid	Fügend/ Additiv (3D)

Abbildung 2.2: Die Aachener Textilproduktionstheorie (ATP) nach BÜCHER, in Anlehnung an [Büc21]

Eine Kombination der beiden Extreme stellen die semi-kontinuierlichen Prozesse der Halbzeugherstellung und Veredelung dar. Sogenannte *Batches* können (teil-)automatisiert verarbeitet werden, ein Produktwechsel erfordert jedoch manuelle Eingriffe. Typische Prozessschritte sind bspw. Web-, Vlies- und Maschenwareherstellungsverfahren in der Halbzeugproduktion sowie Farbgebung und Stickverfahren in der Veredelung [Lut18; GVW19; EHH+07].

2.1.2 Charakteristika der deutschen Textilindustrie

Nachfolgend werden die Besonderheiten der Textilindustrie eingehender erläutert. In den Charakteristika der Branche liegt die Notwendigkeit zur Digitalisierung teilweise begründet. Zeitgleich sind sie in unterschiedlichem Ausmaß ursächlich für die gehemmte digitale Transformation.

Mittelständisch geprägte Branche

Die deutsche Textilindustrie ist nahezu ausschließlich durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) geprägt. Nach Angaben des Gesamtverbandes der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V., Berlin, sind 96 % der deutschen Textilunternehmen den KMU zuzuordnen [Ges19]. Die ca. 1.300 Unternehmen verteilen sich zu 39 % auf den Bekleidungssektor und zu 61 % auf den Textilsektor. In Abbildung 2.3 sind die deutschen Textilunternehmen nach Anzahl der Mitarbeitenden dargestellt. Die Branche erzielte in Deutschland im Jahr 2020 mit 106.000 Mitarbeitern einen Umsatz von 24,9 Mrd. €. In Deutschland ist die Textilindustrie eine Zulieferindustrie. Im Jahr 2020 betrug die Gesamtsumme aller Zulieferungen 10,394 Mrd. €. [Ges19]

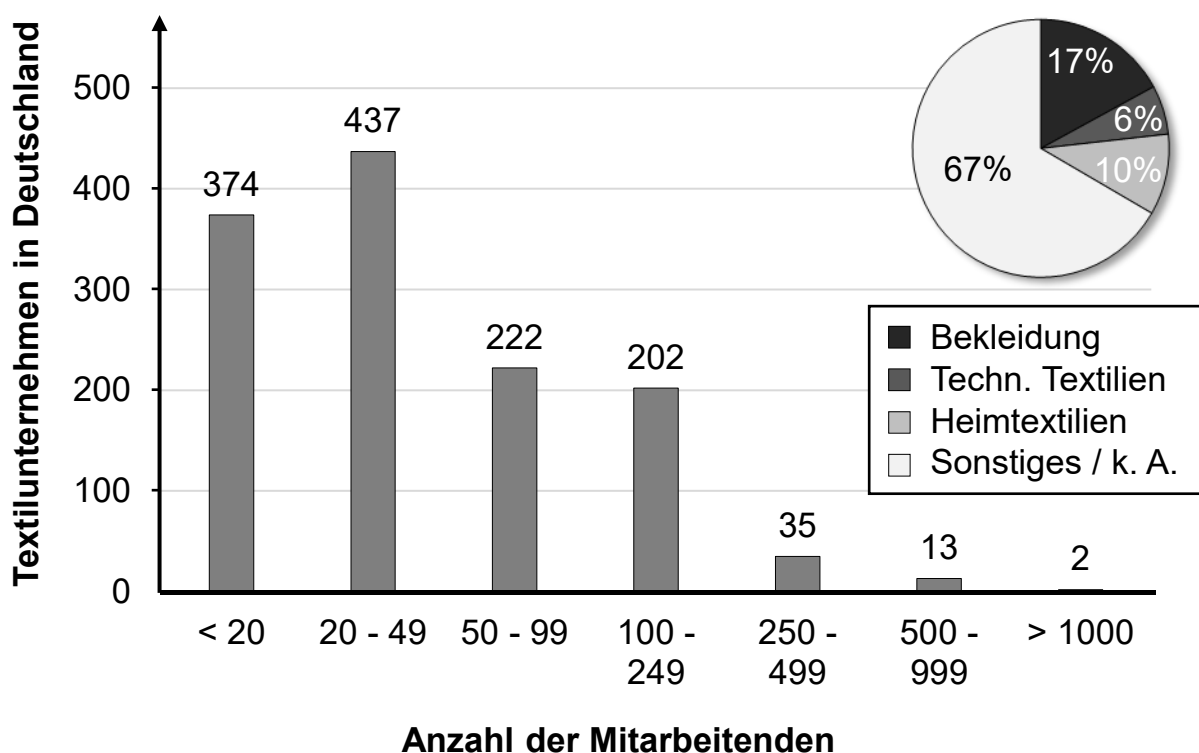


Abbildung 2.3: Die deutsche Textilindustrie ist geprägt von KMU [Ges19; Sta23; Sta23a]

Abhängigkeiten in Zulieferketten

Das Volumen der Zulieferungen bestätigt den Status der Textilbranche als Zulieferer von Zwischenprodukten für weitere Sektoren. Die deutsche

Textilproduktion ist fest in die Wertschöpfungsketten anderer Branchen eingebettet [FMP+21]. Auftraggeber aus dem Automobilbereich, der Medizintechnik und der Luft- und Raumfahrt machen enge Vorgaben an die Textilindustrie, die dadurch unter ständigem Preis- und Leistungsdruck agiert. In Abbildung 2.4 ist beispielhaft der Aufbau der Automobilzulieferindustrie dargestellt. Produktvorgaben werden durch *Original Equipment Manufacturer* (OEM) gestellt, sodass sich ein einseitiges Abhängigkeitsverhältnis für Zulieferer ergibt. [Bec07; LG15] Das hat zur Folge, dass Textilunternehmen häufig nur reagieren, statt agieren können. Dementsprechend werden wenige Ressourcen in Innovation bzw. digitale Transformation investiert.

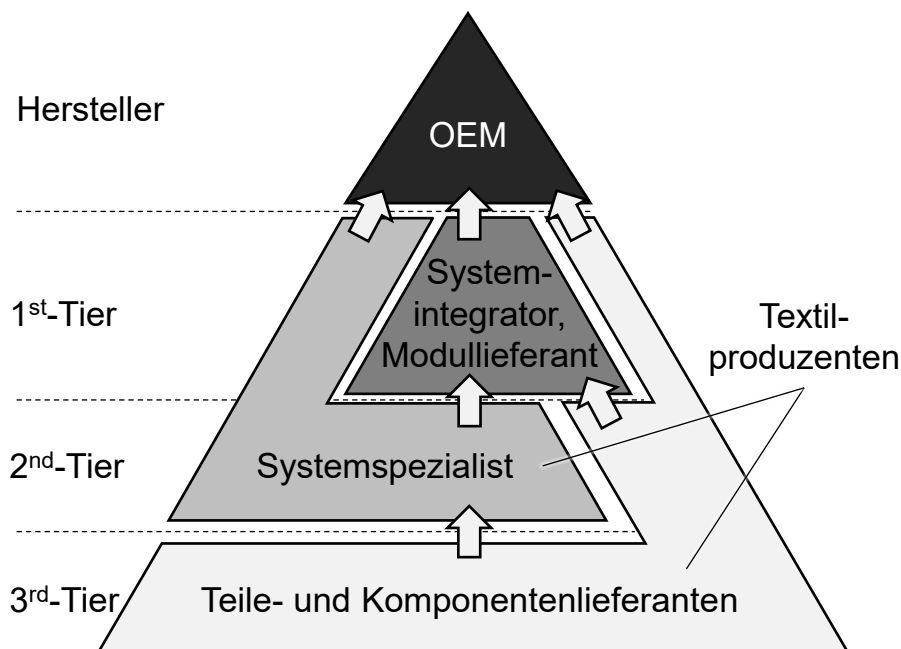


Abbildung 2.4: Die dt. Textilbranche ist in der Zuliefererpyramide hauptsächlich in Tier 2 und 3 aktiv, in Anlehnung an [Bec07]

Demografischer Wandel und unausgewogene Altersstruktur

70,8 % der Angestellten in der Branche sind weiblich und liegen mit einem Durchschnittsalter von 47,2 Jahren fast 3,6 Jahre über dem Durchschnitt aller Arbeitnehmer in Deutschland (Ø 43,6 Jahre). Waren 2009 noch 24 % der Arbeitnehmer in der Branche über 50 Jahre alt, sind es 2018 bereits 35 %. [Sta18a] Dem gegenüber stehen 2021/22 laut Statistischem Bundesamt nur etwa 2.700 eingeschriebene Studierende mit Schwerpunkt im Textil- und

Bekleidungstechnikgewerbe [Sta22]. Diese besondere Altersstruktur stellt die Branche vor eigene, spezifische Herausforderungen. Hier stehen besonders die Inklusion älterer Mitarbeiter und spezifisch angepasste Lehr-/Schulungskonzepte im Mittelpunkt. Darüber hinaus sieht sich die Textilbranche immer wieder mit dem Problem des Fachkräftemangels konfrontiert. Aufgrund der hohen Konkurrenzsituation können Textilunternehmen oftmals keine attraktiven Löhne zahlen, was ein Defizit an qualifizierten Nachwuchskräften zur Folge hat [Bur23; Stü22].

Langlebige Maschinenparks und hoher Anteil manueller Arbeit

Die Textilindustrie ist eine der ältesten Branchen der Welt. Die Mechanisierung des Webstuhls während der ersten industriellen Revolution im Jahr 1784 war der erste Entwicklungsschritt hin zur Massenfertigung [Obe19]. Entsprechend lange wird bereits an der Weiterentwicklung von Textilmaschinen geforscht. Das hat zur Folge, dass heute eingesetzte Maschinenparks langlebig sind. Maschinen mit einer Lebensdauer bzw. einem Alter von 30 Jahren und mehr sind keine Seltenheit in der Branche. Dementsprechend anspruchsvoll ist die Einführung einer einheitlichen Digitalisierungsstrategie, die auf die heterogenen Maschinenparks zugeschnitten ist.

Auf die Mechanisierung folgten die arbeitsteilige Massenfertigung und Automatisierung durch elektrische Energie im Jahr 1870. Die dritte industrielle Revolution im Jahr 1969 ist gekennzeichnet durch Digitalisierung in Form der ersten Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Die vierte industrielle Revolution beschreibt schließlich die Vernetzung der Unternehmensinfrastruktur mittels cyber-physischer Systeme (CPS). Die Vision von Industrie 4.0 wird zuerst auf der Hannover Messe im Jahr 2011 ausgerufen [KLW11]. Neben nicht digitalisierten Maschinenparks erschwert der hohe Anteil manueller Arbeitsschritte in vielen Bereichen der Textilbranche die digitale Transformation. Vor allem im Bereich der Konfektion und Maschineneinrüstung wird größtenteils auf Fachkräfte zurückgegriffen. In anderen Bereichen, bspw. der Qualitätskontrolle, erreichen automatisierte Technologien Marktreife und tragen zu einer erhöhten Sicherheit

und gesteigerten Transparenz der Produktion bei. In Abbildung 2.5 ist die Entwicklung der Industrialisierung dargestellt. [Obe17]

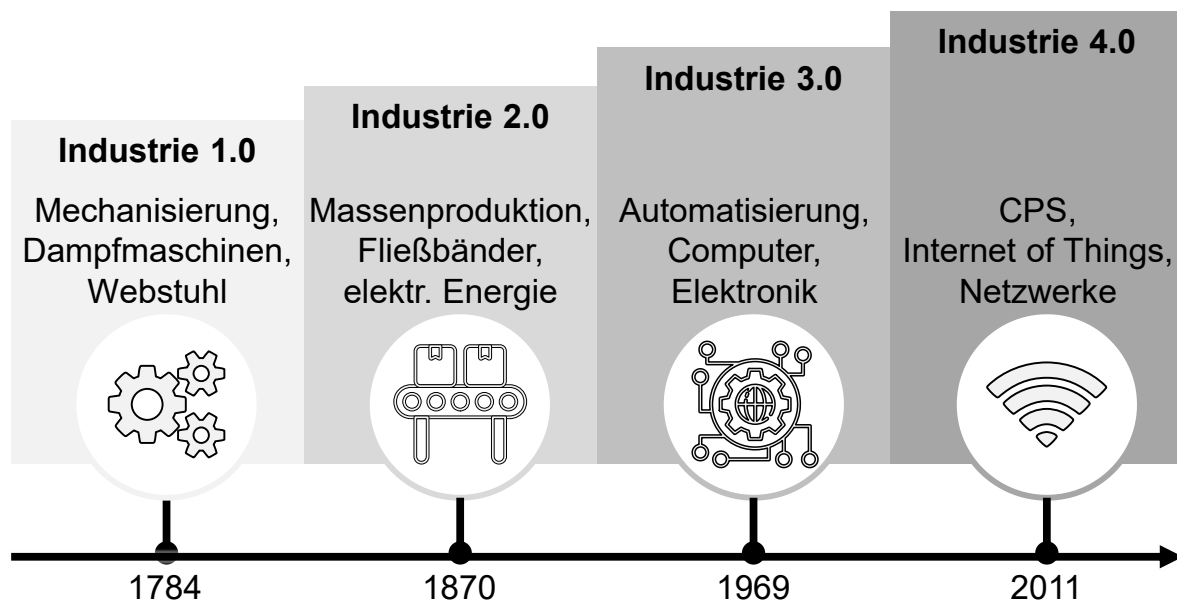


Abbildung 2.5: Die industriellen Revolutionen, in Anlehnung an [Obe17]

Produktentwicklungszyklen, Variantenvielfalt und Absatzmengen

Im Gegensatz zu anderen produzierenden und verarbeitenden Branchen zeichnet sich die Textilindustrie durch einige Besonderheiten aus. Dazu gehört eine hohe Frequenz bei Produkt- bzw. Kollektionswechseln – im Bekleidungsbereich *Fast Fashion* genannt [BF10]. Während im Automobilbereich die Produktentwicklungszyklen etwa 40 – 54 Monate betragen, bringen Textil- und Bekleidungshersteller bis zu 20 Kollektionen pro Jahr (entspricht einem Produktentwicklungszyklus von 0,6 Monaten) auf den Markt [Neu22; HM22; Bun22]. Der Produktentwicklungszyklus von Haus- und Heimtextilien sowie technischen Erzeugnissen ist zwar nicht vergleichbar kurz, liegt jedoch mit 7 bzw. 9 Monaten immer noch unter den Werten der verglichenen Branchen.

In Abbildung 2.6 sind die durchschnittlichen Entwicklungszykluszeiten verschiedener Branchen im Vergleich zu sehen. Darüber hinaus unterscheiden sich die Branchen deutlich in der Gewinnmarge des verkauften Produkts. Während im Automobilbereich bis zu 17.000 € Gewinn (Porsche AG, Stuttgart Deutschland) [HM22] pro verkauftem Fahrzeug angegeben werden, sind es bei einem

einfachen T-Shirt etwa 1,02 € - für den Händler [Sta18]. Daneben sieht sich die Branche konfrontiert mit einer zunehmenden Nachfrage nach individualisierten Produkten und damit verbundenen kleinen Fertigungslosen [KBG+17].

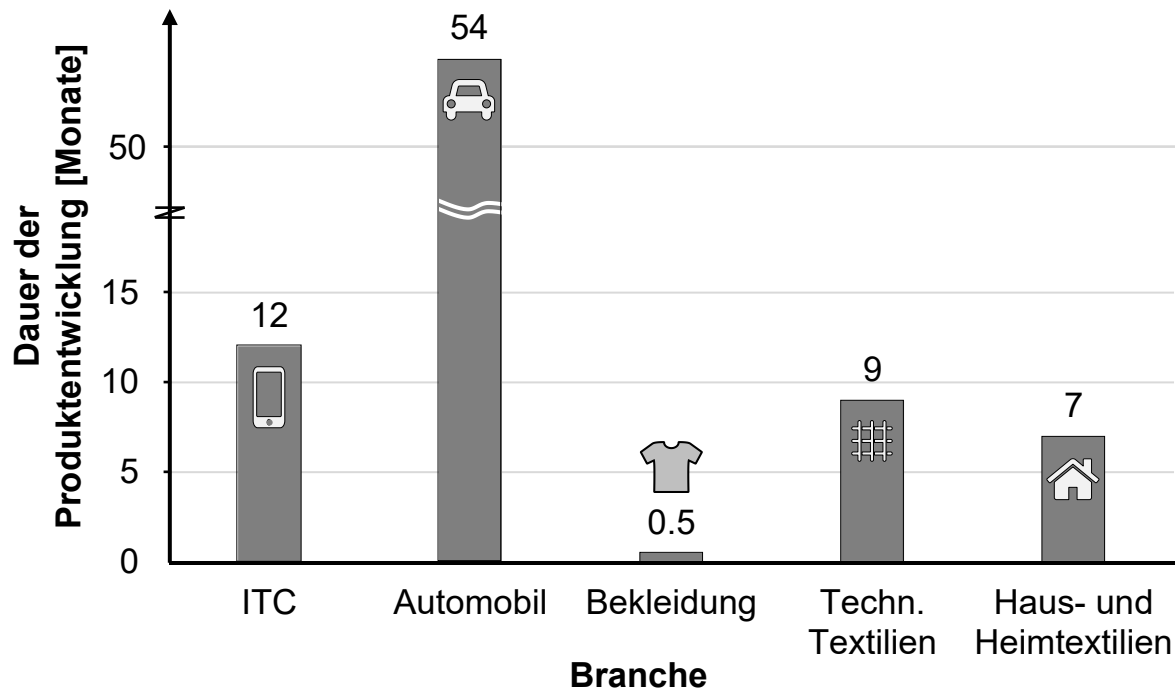


Abbildung 2.6: Durchschnittliche Produktentwicklungszykluszeit, [BMW18; Neu22; Fle21]

Globalisierung und Konkurrenzsituation

Der weltweite Bedarf an Textilien und die Verschiebung zu immer günstigeren Produktionsstandorten sind Ursache für eine global verteilte textile Lieferkette. Aufgrund der vielfältigen notwendigen Produktionsschritte weisen die Wertschöpfungsketten oftmals einen hohen Komplexitätsgrad auf [SGK04]. Globalpolitische Ereignisse wie die COVID-19-Pandemie oder die Havarie der Ever Given im März 2021 verdeutlichen die Anfälligkeit globaler Wertschöpfungsketten [MHG+22]. Die wachsende Konkurrenz durch Hersteller aus Südeuropa, Asien und Nordafrika stellt die deutsche Textilbranche vor weitere Herausforderungen [Dic15; Wei10]. Ursachen für den Verlust von Marktanteilen an diese Regionen liegen einerseits in den hohen Lohnkosten in Deutschland, andererseits in geltenden hohen Umwelt- und Emissionsstandards sowie einem Mangel an natürlich wachsenden Ressourcen begründet [FMP+21]. Abbildung 2.7 zeigt die

Exportsummen der 10 bedeutendsten Exportländer für Textilien im Jahr 2020. Es ist ersichtlich, dass Länder mit vergleichsweise geringen Lohnkosten einen Großteil des weltweiten Textilexports verantworten [Wor22].

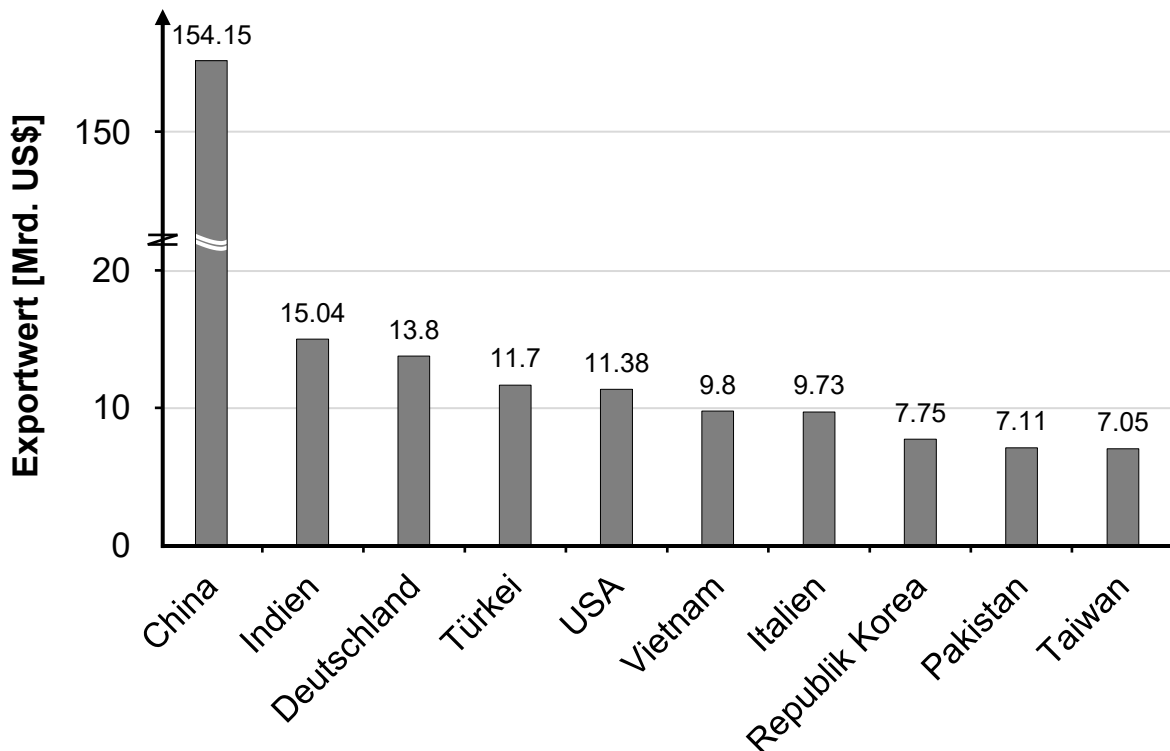


Abbildung 2.7: Die zehn stärksten Textilexporteure 2020, Datenquelle: [Wor22]

Begrenzte Möglichkeiten zur Produktdigitalisierung

Im Gegensatz zu den Spitzenreitern des Digitalisierungsindex (Automobil- und Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)-Branche, vgl. Kap. 2.2.4) produziert die Textilindustrie nahezu ausschließlich Produkte ohne digitale Schnittstellen, wie sie etwa bei Kraftfahrzeugen oder Computern vorzufinden sind. In der Folge sammeln Textilunternehmen keine Erkenntnisse über Nutzer- und Nutzungsdaten ihrer Produkte. Umgekehrt können den Kunden auch keine zusätzlichen Mehrwerte durch erweiterte Dienstleistungen aus der Ferne (bspw. das Aufspielen neuer Software bei Computern) angeboten werden. Darüber hinaus entstehen endkonturnahe Produkte erst relativ spät in der Wertschöpfungskette. Um den Handhabungsaufwand gering zu halten, werden Meterwaren produziert, die erst in den letzten Schritten in individuelle (Teil-)produkte verarbeitet

werden. Die Erstellung eines digitalen Produktschattens und damit der Transport von Informationen zu einzelnen Produkten wird damit erschwert. Die Voraussetzungen beeinträchtigen die Änderungsmöglichkeiten des Geschäftsmodells deutscher Textilproduzenten. Beispiele für erfolgreiche digitale Geschäftsmodelle, die der Branche in Zukunft als Vorbild dienen könnten, sind in Kap. 2.2.6 angeführt.

Zusammenfassung

In der Vergangenheit reagiert die Textilbranche auf Herausforderungen mit einer Spezialisierung auf technisch anspruchsvolle und hochwertige Produkte reagiert. Diese kommen beispielsweise in der Automobilproduktion, der Medizin sowie der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz. [FN20; FMP+21] So haben in den vergangenen Jahrzehnten vor allem die erfolgreichen mittelständischen Unternehmen durch Neustrukturierungen und die Erkundung neuer Nischen ihren Fortbestand sichern können [Sch19]. Jedoch setzen die aufgeführten Herausforderungen und der allgemeine Trend hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft in Deutschland (Beschäftigte im Dienstleistungssektor 2021: 74,9 % [Wei22]) der Textilbranche zu. Langfristig wird es für die Textilindustrie und andere produzierende Industriezweige schwieriger, sich ausschließlich auf der Produktebene zu behaupten. Sie sind daher dazu angehalten, sich mittel- und langfristig dienstleistungsorientierter und digital aufzustellen. Aufgrund ihrer vielfältigen Besonderheiten und Charakteristika ist die Textilbranche ein geeigneter Anwendungsfall für die Erprobung kundenspezifischer Dienstleistungsangebote. Gelingt die erfolgreiche digitale Transformation in dieser komplexen Industrie, können Erkenntnisse auch in weitere Branchen übertragen werden.

2.2 Digitalisierung in produzierenden Unternehmen

In den folgenden Abschnitten wird die Digitalisierung in produzierenden Unternehmen skizziert. Dazu werden zunächst die wichtigsten Begriffe dieser Arbeit erläutert (vgl. Kap. 2.2.1). Darauf aufbauend werden die verschiedenen Ebenen der Digitalisierung anhand des Digitalisierungsleitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen vorgestellt (vgl. Kap. 2.2.2). Vor diesem

Hintergrund wird in Kap. 2.2.3 der Status der Digitalisierung innerhalb der deutschen Textilindustrie untersucht. Zur Bewertung des Standes der Digitalisierung werden anschließend Bewertungsdimensionen verschiedener Reifegradmodelle zusammengetragen (vgl. Kap. 2.2.4) und Handlungsdimensionen in Form von Bausteinen der Digitalisierung für Unternehmen abgeleitet (vgl. Kap. 2.2.5). Der Abschnitt endet mit einer Beschreibung der Bestandteile von Geschäftsmodellen und schließt mit einer Analyse des Betriebsmodells des DCC Aachen und des Geschäftsmodells der ITA Academy GmbH (vgl. Kap. 2.2.6).

2.2.1 Begriffsdefinition im Kontext dieser Arbeit

Die Einführung einheitlicher Begrifflichkeiten schafft ein durchgängiges Verständnis für die verwendeten Begriffe aus der digitalen Transformation und deren Hintergründe.

2.2.1.1 Digitalisierung

In diesem Abschnitt wird der Begriff Digitalisierung für diese Arbeit definiert und von der *Digitization* sowie der *digitalen Transformation* abgegrenzt. Der Zusammenhang der Begriffe ist in Abgrenzung der Begriffe Digitization, Digitalisierung und digitale Transformation, in Anlehnung an [Pfe18] aufgezeigt.

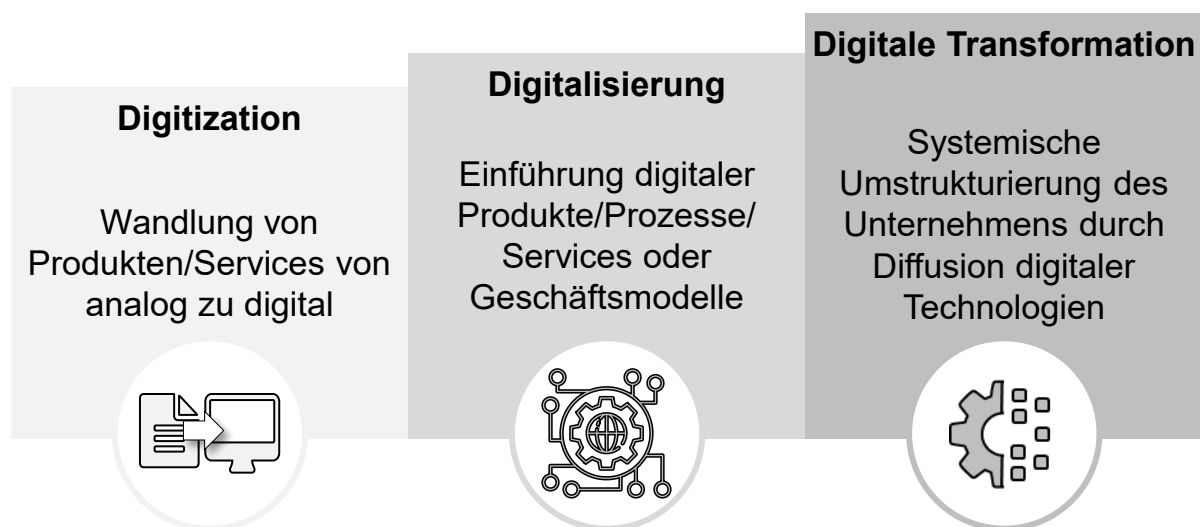


Abbildung 2.8: Abgrenzung der Begriffe Digitization, Digitalisierung und digitale Transformation, in Anlehnung an [Pfe18]

Digitization

Im Englischen wird der Begriff *digitization* zur Beschreibung des Wandels von Produkten und Services von einem analogen Angebot hin zu einem digitalen verwendet. Im Deutschen wird der Begriff mit *Digitalisierung* übersetzt, was die Bedeutung des Begriffs allerdings nicht vollständig trifft. Digitization ist ein notwendiger Teilschritt hin zur Digitalisierung und schließlich zur digitalen Transformation. [LEH+17]

Digitalisierung im Kontext dieser Arbeit

Im Kontext dieser Arbeit wird die Definition des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für Digitalisierung verwendet. Digitalisierung ist demnach die Ausschöpfung der Potenziale des Produktionsfaktors Daten zur Verbesserung oder Erneuerung von Prozessen und Produkten. Charakteristisch ist die virtuelle Verknüpfung von Prozessen und Produkten entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch den Austausch und die Weitergabe von Daten. Aus der Verbindung der genannten Faktoren resultieren neue, digital basierte Geschäftsmodelle. [Bun20] Die Digitalisierung stellt somit die Grundlage auf dem Weg zur Industrie 4.0 dar und ermöglicht eine umfassende Datengenerierung [Wag18; Obe19]. Auf Basis dieser Daten können neues Wissen generiert und neue Geschäftsfelder erschlossen werden [Rot16; Obe19; Bun20; KRS19]. Die Digitalisierung ermöglicht es, die im Kontext der Industrie 4.0 aufgezeigten Verbesserungspotentiale zu realisieren und gilt als Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung [Obe19].

Digitale Transformation

Der Begriff *Transformation* wird im Unternehmenskontext auf eine fundamentale Veränderung mit Auswirkung auf die Organisationsstrategie, -struktur und Machtverhältnisse bezogen [Kot95; MHB15; WD06]. Transformation erfordert von Unternehmen eine Veränderung oder Neuausrichtung der internen Strukturen und Geschäftsmodelle. Dies stellt einen anspruchsvollen organisatorischen Lernprozess dar, der durch einen strukturierten Veränderungsprozess zu begleiten ist. [SS15] Der Begriff *digitale Transformation* findet für die Beschreibung

von Veränderungen auf Branchen- oder Organisationsebene Anwendung [YBL+12]. In dieser Arbeit wird der Begriff ausschließlich für organisatorische Änderungen verwendet. Primär werden dabei Prozesse fokussiert, die die Effizienz eines Unternehmens erhöhen. Digitale Transformation resultiert aus der ständigen technologischen Weiterentwicklung und der Digitalisierung. Sie bedeutet die Anpassung von Organisationen an die digitalen Entwicklungen und die Nutzung von Daten zur Mehrwertgenerierung in Unternehmen. Dieser Mehrwert kann sowohl unternehmensintern (z. B. in Form eines optimierten Energieverbrauchs in der Produktion) als auch extern (z. B. in Form einer Dienstleistung durch die Bereitstellung von Daten oder Services rund um ein Produkt) erzeugt werden. [GS19]

Kunden- und nutzerzentrierte Digitalisierung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Bereitstellung von kunden- und nutzerzentrierten Digitalisierungsangeboten und -dienstleistungen. Den Grundsätzen der *Mass Customization* folgend, ist dafür eine modulare Angebotsarchitektur vorzusehen *standardisierten* und *individualisierten* Komponenten (vgl. Abbildung 2.9. [PG20; TJ01])

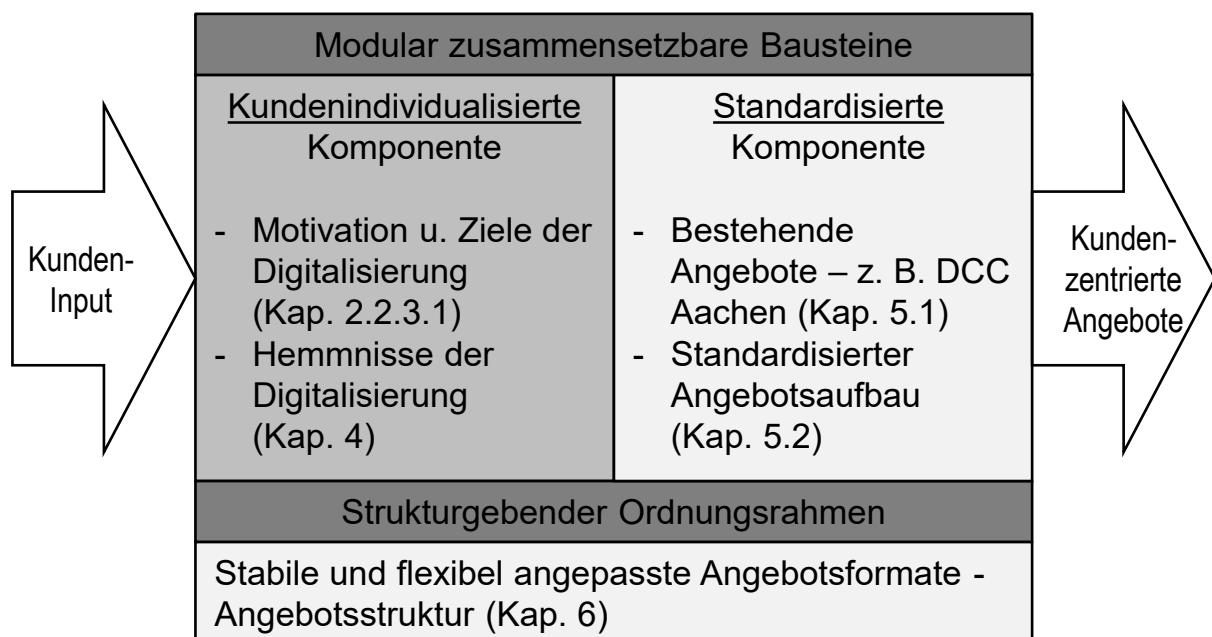


Abbildung 2.9: Bestandteile kunden- und nutzerzentrierter Digitalisierungsangebote in dieser Arbeit

Dabei ist ein ökonomisches Abwägen zwischen standardisierten und individualisierten Anteilen erforderlich. Kunden sind auf der Suche nach Leistungen, die ihren individuellen Vorstellungen entsprechen und sind auch nur hierfür bereit zu bezahlen. Entsprechend ist eine Einbindung des Kunden über eine geeignete Schnittstelle (im Falle dieser Arbeit über die Berücksichtigung individueller Hemmnisse, vgl. Kap. 4) vorzusehen. Alle Digitalisierungsprojekte sind innerhalb eines definierten Lösungsraums (vgl. Kap. 2.2.4 u. Kap. 5) durchzuführen und basieren auf bekannten Methoden, die flexibel (modular) an die Problemstellung angepasst werden [Pil04]. Die wesentliche Leistung dieser Arbeit ist die Bereitstellung eines Angebots, das durch die Integration des Kunden die Konfiguration einer individuellen Leistung – in diesem Fall einer Digitalisierungsmaßnahme – ermöglicht.

2.2.1.2 Barrieren der Digitalisierung

Hemmnis

In dieser Arbeit werden die Begriffe *Hemmnis* und *Barriere* synonym verwendet. Mit den Ausdrücken wird die kleinste explizit definierbare Einheit eines Widerstandes oder Problems in digitalen Transformationsprojekten beschrieben. Zur Darstellung der kleinsten Einheit wird das Ishikawa-Diagramm verwendet. Hier werden Faktoren (Hemmnisse) für Qualitätseinflüsse einer Qualitätscharakteristik (Hemmnis-Cluster) zugeordnet [Ish81]. Hemmnisse können einander beeinflussen und rufen in der Summe eine ungewünschte Wirkung hervor.

Hemmnis-Cluster

Zur besseren Übersichtlichkeit werden Barrieren mit ähnlichem Ursprung, gleichen Akteuren oder betroffenen Systemen in *Hemmnis-Clustern* zusammengefasst. Diese ermöglichen die gezielte, übergeordnete Suche nach ähnlich gelagerten Problemen. Das Pendant im Ishikawa-Diagramm hierzu sind die Qualitätscharakteristika. Manche Hemmnisse sind nicht eindeutig einem Hemmnis-Cluster zuordenbar, sodass sie mehreren Clustern zugeordnet werden können. Durch die Kombination von Hemmnis und Hemmnis-Cluster wird eine

eindeutige Zuordnung möglich. Der Zusammenhang von Hemmnissen und Hemmnis-Clustern ist in Abbildung 2.10 dargestellt.

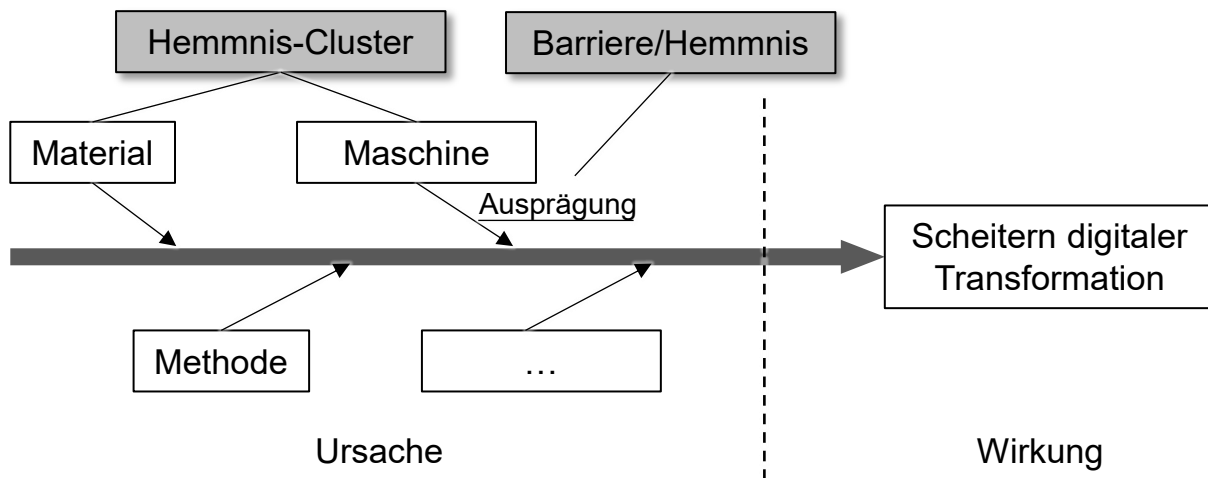


Abbildung 2.10: Hemmnisse und Hemmnis-Cluster dargestellt in einem Ishikawa-Diagramm, in Anlehnung an [Ish81]

Lösungsweg und Angebote

Um von einem problematischen Zustand zu einem gelösten Zustand zu gelangen, wird ein Lösungsweg benötigt. In Abbildung 2.11 sind Wege zur Problemlösung dargestellt.

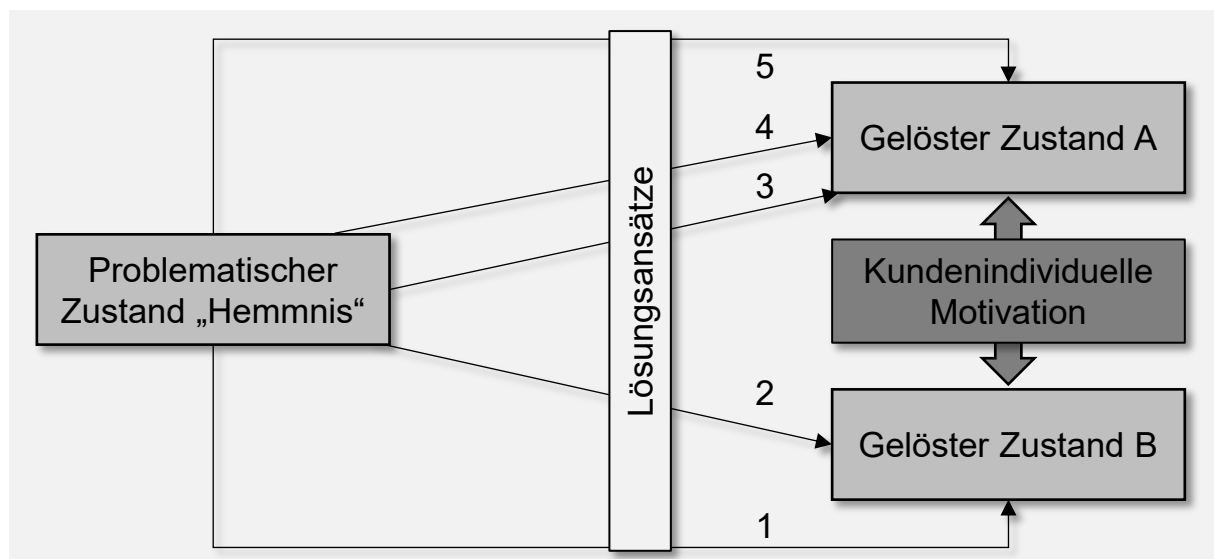


Abbildung 2.11: Der Zielzustand – in Abhängigkeit von der Motivation – kann durch unterschiedliche Lösungswege (1-5) erreicht werden

Mehrere Lösungswege können mit unterschiedlichem Aufwand zur Herstellung des gewünschten Zustands führen. Je nach Motivation einer (Digitalisierungs-)Maßnahme (vgl. Kap. 2.2.3.1) können sich sowohl der Zielzustand als auch die Lösungswege unterscheiden. Diese Arbeit hat zum Ziel, Unternehmen einen Überblick über verschiedene Lösungsmöglichkeiten anzubieten. Dazu werden kundenspezifische Hemmnisse und Motivation zur Digitalisierung in Form von individuellen Angeboten zusammengefasst.

2.2.2 Ebenen der Digitalisierung im Leitbild des ITA

Das Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University hat ein eigenes Digitalisierungsleitbild entwickelt (vgl. Abbildung 2.12). Es besteht aus 3 Ebenen mit jeweils 4 fokussierten Feldern. Die äußere Ebene bildet die organisatorischen Randbedingungen der Digitalisierung ab – agile Organisationsformen, agiles Projektmanagement, digitale Infrastruktur und offene Innovationsprozesse. [Gri16]

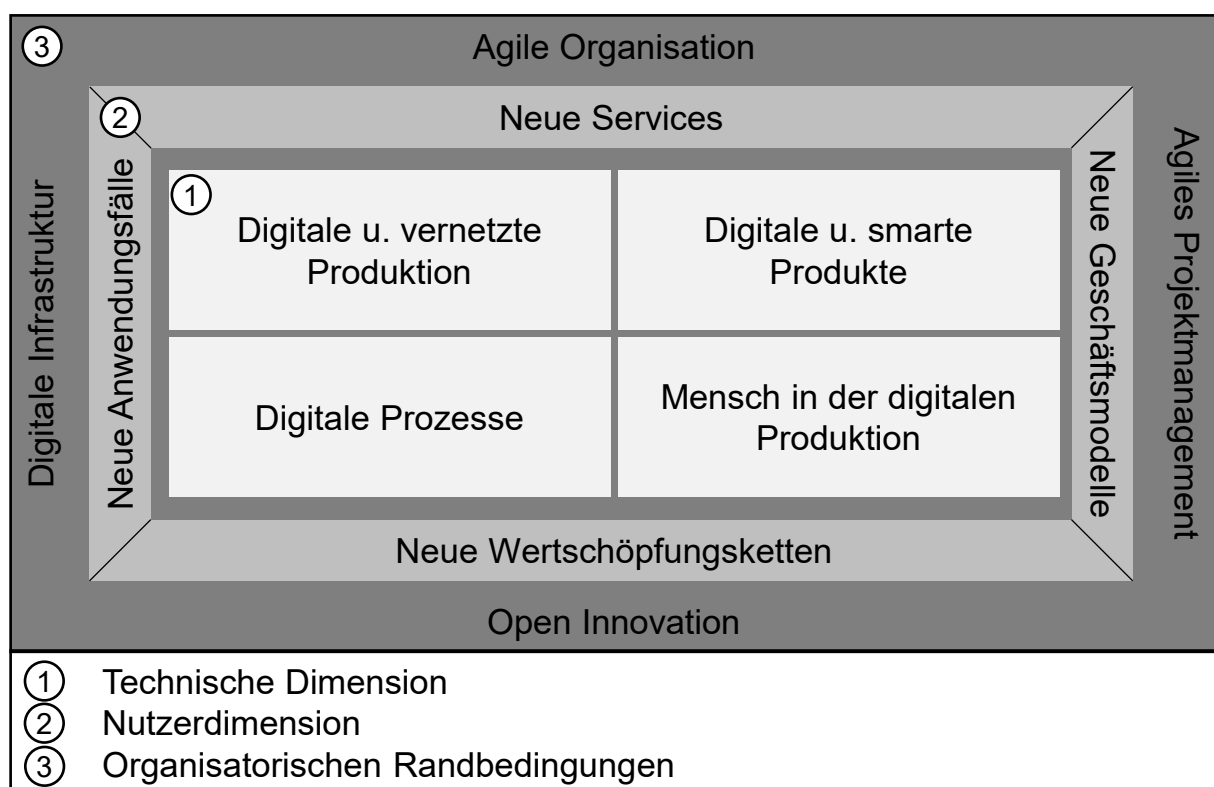


Abbildung 2.12: Digitalisierungsleitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University, in Anlehnung an [Gri16]

Die mittlere Ebene stellt die Nutzerdimension dar. In ihr werden neue Wege der Wertschöpfung durch Digitalisierung beschrieben: neue Anwendungsfälle, neue Wertschöpfungsketten, neue Geschäftsmodelle und neue Services. Hier bietet vor allen Dingen die digitale Einbindung des Kunden in die Produktionsprozesse großes Potenzial für neue Märkte. Durch Einbezug des Kunden wird es möglich, kunden- bzw. nutzerspezifisch zu produzieren – ein Leitgedanke der „Industrie for you (Industrie 4U)“. Schließlich skizziert die innere Ebene die technische Dimension der Digitalisierungsbemühungen. Im Leitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University werden diese unterteilt in digitale bzw. vernetzte Produktion, digitale bzw. smarte Produkte, digitale Produktionsprozesse und schließlich den Menschen in der digitalen Produktion.

2.2.3 Status der Textilindustrie

Nachdem im vorangehenden Abschnitt Begrifflichkeiten der Digitalisierung definiert und die verschiedenen Ebenen der Digitalisierung vorgestellt wurden, folgt in diesem Abschnitt ein Überblick über Beweggründe zur Digitalisierung. In Abhängigkeit von dem Motiv können sich verschiedene Lösungsszenarien für unterschiedliche Problemstellungen ergeben. Anschließend werden die Defizite der Textilbranche im digitalen Kontext herausgearbeitet.

2.2.3.1 Motivation und Ziele der Digitalisierung

Das „magische“ Dreieck

Anstrengungen zur Digitalisierung von Unternehmen sollten zielgerichtet und unter optimalen Ressourceneinsatz durchgeführt sein. Analog zum Projektmanagement kann das Ziel einer Digitalisierungsmaßnahme die *Qualitätssteigerung*, *Zeitreduktion* oder *Kostenreduktion* sein. Die drei Kriterien bilden ein sogenanntes *magisches Dreieck* (eng. *Iron Triangle*), dessen Ziele nie alle zeitgleich berücksichtigt bzw. erfüllt werden können. [Pin20] So geht bspw. eine Erhöhung der Produktqualität immer einher mit steigenden Kosten und/oder erhöhtem Zeitaufwand. In der Praxis wird ein Zustand in der Innenfläche des Dreiecks angestrebt, ein Kompromiss aus allen 3 Zielvorgaben. Das Dreieck ist beispielhaft in Abbildung 2.13 dargestellt. CLOPPENBURG stellt dieses Dilemma in seiner Dissertation am Beispiel der Textilindustrie anschaulich dar [Clo19].

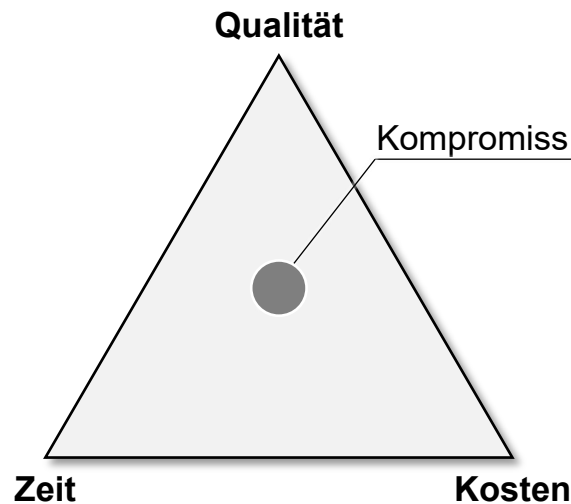


Abbildung 2.13: „Magisches“ Dreieck des Projektmanagements, in Anlehnung an [Pin20]

Da sich die Motivation zur Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen von Unternehmen zu Unternehmen unterscheidet, werden sich auch die Prioritäten unterscheiden. Im späteren Verlauf der Arbeit werden unter Berücksichtigung der Zielsetzung unterschiedliche Angebote bzw. Lösungswege erarbeitet und dargestellt.

Effektivität- und Effizienzsteigerung

Zur Beschreibung der Wirksamkeit von Digitalisierungsmaßnahmen in produzierenden Unternehmen sind zunächst die Begriffe *Effektivität* und *Effizienz* voneinander abzugrenzen. Die meisten heute bestehenden Unternehmen weisen eine effektive Produktion auf. Das bedeutet, dass die durchgeführten Maßnahmen – in diesem Fall Produktionsprozesse und -abläufe – am Ende zu einem Produkt führen. Eine effiziente Produktion ist darüber hinaus so angelegt, dass das Ziel bzw. Produkt möglichst wirtschaftlich erreicht wird. In einer effizienten Produktion wird mit minimalem Ressourcenaufwand der maximale Ertrag erzielt. [RM99; Kar02] Der Unterschied zwischen Effektivität und Effizienz ist nachfolgend in Abbildung 2.14 dargestellt.

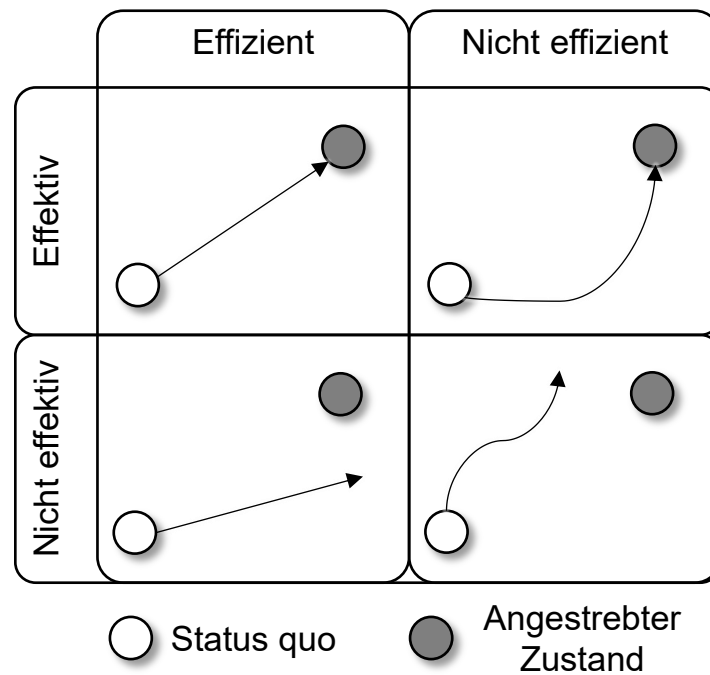


Abbildung 2.14: Effizienz und Effektivität, in Anlehnung an [Bec08]

Von Digitalisierungsmaßnahmen versprechen Unternehmen sich primär eine Effizienzsteigerung gegenüber dem Status quo. Anzustreben ist daher eine effektive und effiziente Arbeitsweise. Diese kann sich in ganz unterschiedlichen Bereichen auswirken, bspw. durch einen optimierten Materialverbrauch im Prozess oder zusätzliche Informationsbereitstellung in Planungsprozessen. [Bjö20; Sza19; IHS18]

Zusätzliche Mehrwerte für Kunden

Unternehmen können Digitalisierungsmaßnahmen dazu nutzen, zusätzliche Mehrwerte für ihre Kunden zu schaffen. Konkret beinhaltet das die Erweiterung bzw. Verbesserung von Produkten entweder um physische/digitale Merkmale oder durch die Ergänzung von Dienstleistungen. Für die Textilbranche ist aufgrund der physischen Natur der Produkte vor allem der Punkt Dienstleistungen von Interesse. Kundenzufriedenheit kann mit dem Kano-Modell abgebildet werden. Es skizziert die Kundenzufriedenheit in Abhängigkeit von dem Erfüllungsgrad der Kundenforderungen an ein Produkt. Bei den Anforderungen werden *Basismerkmale*, *Leistungsmerkmale* und *Begeisterungsmerkmale* unterschieden. [Dal19; XJY+09] Das Modell ist in Abbildung 2.15 dargestellt.

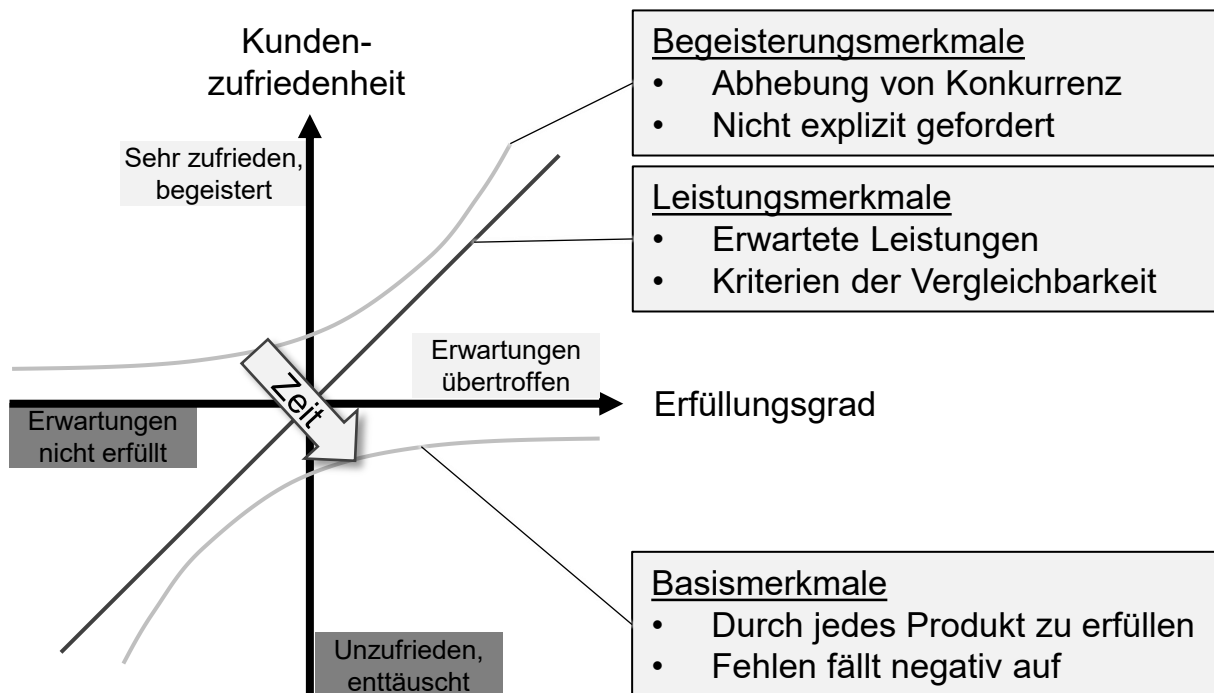


Abbildung 2.15: Das Kano-Modell, in Anlehnung an [Dal19]

Basismerkmale sind Ausprägungen, die jedes Produkt erfüllen muss. Erst ihr Fehlen fällt negativ auf. Zum Beispiel muss jede – zur Nutzung im Wintersport – verkaufte Ski-Jacke wasserdicht sein. Die Kundenzufriedenheit steigt linear mit der Erfüllung von Leistungsmerkmalen. Diese werden von Kunden explizit erwartet und miteinander verglichen. Beim Beispiel der Ski-Jacke ist dies bspw. die Wassersäule oder Taschen zur Verstaumung von Skipass und weiteren Utensilien. Begeisterungsmerkmale lösen beim Kunden Begeisterung aus, werden aber nicht explizit gefordert. Sie dienen der Abhebung gegenüber der Konkurrenz. Im Beispiel der Ski-Jacke sind z. B. ein integrierter Sensor zur Lawinenrettung (meist in der Kapuze) oder die Ästhetik Begeisterungsmerkmale.

2.2.3.2 Defizite der Textilindustrie im Bereich Digitalisierung

Digitalen Technologien und Prozessen kommt zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit von Deutschland als Industriestandort eine zentrale Rolle zu. Dies hat auch die Bundesregierung erkannt und in ihrer Hightech-Strategie 2025 eine Produktivitätssteigerung durch Nutzung der Potenziale der Digitalisierung vorgesehen. [Bun18] In ihrem jährlich veröffentlichten Digitalisierungsindex wird der Grad der Digitalisierung 11 übergeordneter Branchen anhand eines

Punktesystems evaluiert. In Abbildung 2.16 ist der Digitalisierungsindex des Jahres 2021 dargestellt [BDG+21]. Es ist zu erkennen, dass die Branchen des verarbeitenden und produzierenden Gewerbes – zu denen die Textilbranche zählt – nur etwa 60 % des deutschen Punktedurchschnitts erreichen. Demgegenüber steht die IKT-Branche als Spitzenreiter und Vorbild mit dem 2,5-fachen Wert des deutschen Punktedurchschnitts. Damit sind die Potenziale der Digitalisierung in der Textilindustrie noch nicht ausgeschöpft. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund, dass der Digitalisierungsindex den Stand bezüglich Industrie 4.0 Tauglichkeit repräsentiert. Die im Leitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University aufgeführten Ebenen (vgl. Abbildung 2.12) – besonders die Nutzerdimension – bleiben hier weitgehend unberücksichtigt.

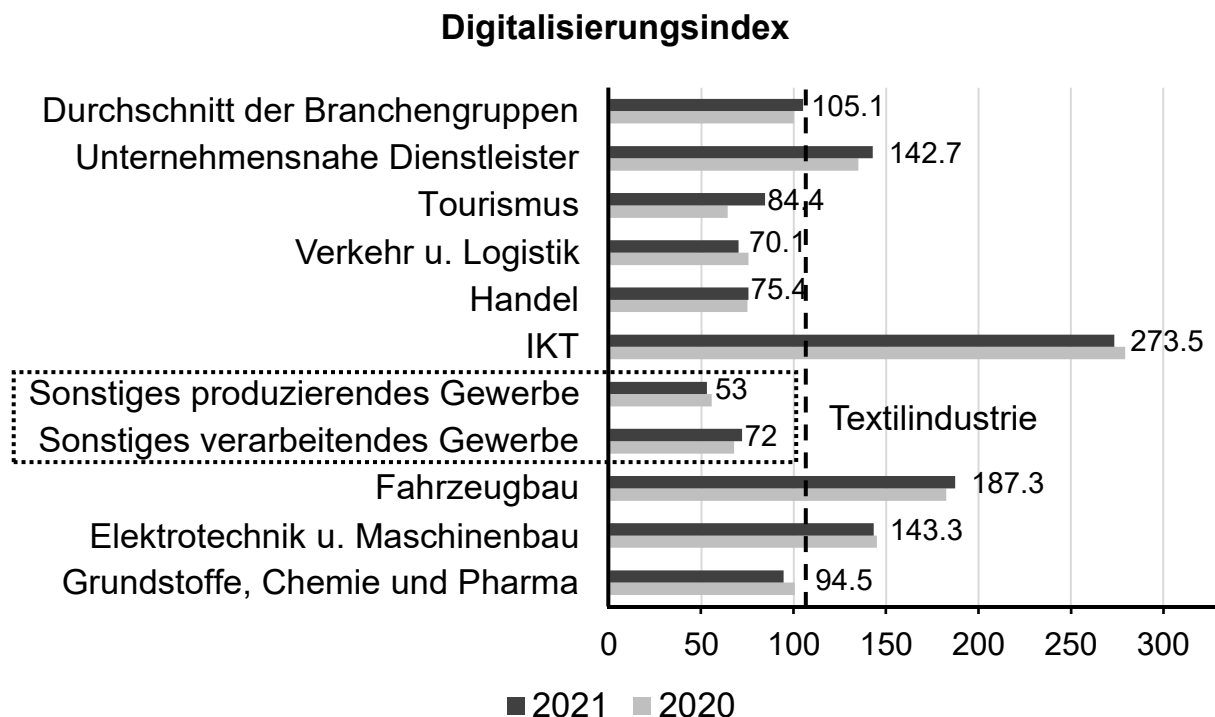


Abbildung 2.16: Digitalisierungsindex des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Jahre 2020 und 2021 [BDG+21]

2.2.4 Bewertungsdimensionen für den digitalen Reifegrad

Zur Eingrenzung des Untersuchungsraums wird in diesem Abschnitt der Begriff Digitalisierung in den Unternehmenskontext gesetzt. Ziel dieses Unterkapitels

ist es, Bausteine digitaler Transformation innerhalb von Organisationen zu definieren. Dazu werden digitale Reifegradmodelle recherchiert und die primär verwendeten Bewertungsdimensionen sowie Beurteilungskriterien analysiert.

Ein (digitales) Reifegradmodell besteht aus mehreren Dimensionen und Beschreibungskriterien. Diese werden zur Charakterisierung von Handlungsfeldern und Reifegradstufen herangezogen. Mit Reifegradmodellen wird in der Regel der Status quo beschrieben [BKP09]. Des Weiteren werden sie genutzt, um mögliche Entwicklungspfade zum gewünschten Zielzustand abzuleiten [PR11]. [BB16] Die Bewertung des digitalen Reifegrads einer Organisation ist einer der Schlüssel zur Erreichung einer höheren Unternehmensleistung [PF18]. Die identifizierten Modelle zur Reifegradmessung unterscheiden sich teils deutlich voneinander. Es existieren Modelle mit Anspruch auf Allgemeingültigkeit (z. B. [Bun20]) genauso wie domänenspezifische Modelle (z. B. [ESS16]). Nachfolgend werden relevante Modelle vorgestellt und die wichtigsten Bausteine zur Beschreibung und Bewertung der Digitalisierung in Unternehmen beschrieben.

SALVIOTTI ET AL. stellen in ihrer Studie zu strategischen Faktoren der Digitalisierung insgesamt 10 Handlungsfelder vor [SGP19]. Diese werden anhand von Umfragen unter 137 Unternehmen ermittelt und sind in Tabelle 2.1 dargestellt. In dem Modell fehlen im Vergleich zu anderen Arbeiten die Berücksichtigung der digitalen Strategie sowie der produzierten Güter. Das liegt teils im Design der Studie begründet, da Annahmen zur digitalen Vision und Strategie getroffen werden.

Tabelle 2.1: 10 strategische Faktoren der Digitalisierung nach SALVIOTTI ET AL. [SGP19]

Faktoren der Digitalisierung nach SALVIOTTI ET AL.	
1. IT-Infrastruktur	6. Eingangslogistik
2. Personalwesen	7. Prozesse
3. Forschung u. Entwicklung	8. Ausgangslogistik
4. Verwaltung, Finanzen u. Controlling	9. Marketing und Verkauf
5. Beschaffung	10. After Sales Services

BERGHAUS UND Back identifizieren in einer Umfrage mit 417 Unternehmen aus Deutschland und der Schweiz insgesamt 25 Bewertungskriterien für den Stand der digitalen Transformation. Diese werden in 9 übergeordnete Dimensionen gegliedert. Obwohl das Modell gemeinsam mit Industriepartnern erarbeitet ist, fehlen im Vergleich mit anderen relevanten Modellen die Themen Geschäftsmodell und Personal. Eine Auflistung der Bewertungsdimensionen ist in Tabelle 2.2 zu sehen. [BB16]

Tabelle 2.2: Bewertungsdimensionen der digitalen Transformation nach BERGHAUS ET AL. [BB16]

Dimensionen der Digitalisierung in Unternehmen nach BERGHAUS ET AL.	
1. Kundenerlebnis	6. Kollaboration
2. Produktinnovation	7. Informationstechnologie
3. Strategie	8. Kultur u. Expertise
4. Organisation	9. Transformationsmanagement
5. Prozessdigitalisierung	

In der durch die Impuls-Stiftung des VDMA geförderten Studie „Industrie 4.0-Readiness“ werden insgesamt 18 Themenfelder der Digitalisierung in 6 Dimensionen erfasst. Die übergeordneten Dimensionen sind in Tabelle 2.3 aufgelistet. In dieser Studie legt das Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen e. V. den Fokus auf sogenannte „smarte“ Technologien, Prozessen und Services. Damit bildet das Modell die Bewertungsgrundlage für die technische Dimension innerhalb des Digitalisierungsleitbildes des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University ab. Darüber hinaus werden technische Voraussetzungen für die Nutzerdimension gut abgebildet. Der Reifegrad der 6 Dimensionen ist anschließend unternehmensindividuell auf einer ebenfalls sechsstufigen Skala (0 - 5) zu bewerten. [LSB+15] Obwohl gegenüber anderen Modellen die Dimensionen Geschäftsmodell und Randbedingungen fehlen, stellt das Reifegradmodell eine gute Basis zur Einschätzung der Voraussetzungen für Digitalisierungsvorhaben. Daher wird es im späteren Verlauf der Arbeit zur Prüfung der Voraussetzungen vor der Umsetzung von Projekten wieder aufgegriffen.

Tabelle 2.3: Dimensionen der Industrie 4.0 Readiness [LSB+15]

Reifegradmodell der Impuls-Stiftung des VDMA	
1. Strategie u. Organisation	6. Mitarbeiter
2. Smart Factory	
3. Smart Operations	
4. Smart Products	
5. Data-driven Services	

Das Industrie 4.0 Readiness-Modell des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen wird von der deutschen Akademie der Technikwissenschaften e. V., München – kurz acatech – aufgenommen. Der Industrie 4.0-Maturity Index verspricht die Erstellung einer digitalen Roadmap, basierend auf der Angabe der Unternehmensstrategie und implementierten Technologien im System. Das Modell besteht aus 4 übergeordneten Gestaltungsfeldern, die in Tabelle 2.4 gelistet sind. [SAD+20] Der Index ist produktionsnah ausgelegt, was sich in konkreten Beispielen wie der Implementierung eines Enterprise Resource Planning (ERP)-Systems widerspiegelt. Dagegen werden übergeordnete Themen wie der Mensch als Produktionsfaktor nicht berücksichtigt. Insgesamt ist der Maturity Index als Blaupause für spezifische Umsetzungsprojekte und weniger als Bewertungstool des Digitalisierungsgrads einzuschätzen.

Tabelle 2.4: Gestaltungsfelder der Digitalisierung des ACATECH E. V. [SAD+20]

Gestaltungsfelder der Digitalisierung im INDUSTRIE 4.0 Maturity Index des ACATECH E. V.
1. Ressourcen
2. Informationssysteme
3. Organisationskultur
4. Kultur

COLLI ET AL. erweitern das Modell der acatech in mehreren Schritten. Zunächst werden 5 digitale Dimensionen festgelegt, die in Tabelle 2.5 zu sehen sind. Für diese Dimensionen werden anschließend Reifegrade festgelegt. Die Skala reicht dabei von 0 (kein Bewusstsein für Digitalisierung) bis 5 (autonome

Entscheidungsfindung). [CMB+18] Insgesamt fehlt dem Modell die nötige Auflösung, um alle Unternehmensbereiche abzubilden.

Tabelle 2.5: Erweitertes acatech e. V. Modell nach COLLI ET AL. [CMB+18]

Dimensionen zur Bewertung des digitalen Reifegrads
1. Führung
2. Technologie
3. Vernetzung
4. Wertschöpfung
5. Kompetenzen

In einer jährlich erhobenen Umfrage, dem sogenannten Digitalisierungsindex, bewertet das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) anhand von 37 Indikatoren makroökonomisch den Stand der Digitalisierung in der deutschen Wirtschaft. Die Indikatoren werden in insgesamt 10 Kategorien eingeteilt, welche nochmals nach internen und externen Faktoren unterschieden werden. Die Kategorien sind in Tabelle 2.6 dargestellt. Links sind unternehmensinterne, rechts -externe Kategorien gelistet. Insgesamt ist der Index ausführlich und umfassend, jedoch werden gegenüber anderen Modellen die Punkte Kultur und Kundenkommunikation nicht abgedeckt.

Tabelle 2.6: Bewertete Kategorien im Digitalisierungsindex des BMWK [BE22]

Dimensionen der Digitalisierung im Digitalisierungsindex des BMWK	
Unternehmensintern	Unternehmensextern
1. Prozesse	6. Technische Infrastruktur
2. Produkte	7. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Geschäftsmodell	8. Gesellschaft
4. Qualifizierung	9. Humankapital
5. Forschungs-/Innovationsaktivitäten	10. Innovationslandschaft

REMANE ET AL. untersuchen insgesamt 7 Faktoren zur Beschreibung des Digitalisierungsgrades von Unternehmen. In einer qualitativen Studie werden Unternehmen zum Einfluss dieser Faktoren einerseits hinsichtlich der digitalen Transformation und andererseits hinsichtlich der Bereitschaft zur Veränderung befragt.

Im Ergebnis steht eine einfaktorielle Varianzanalyse, mit deren Hilfe die Faktoren bewertet werden. Auffällig in dieser Studie ist die Berücksichtigung der Unternehmensgröße und des Umsatzes. Dagegen fehlen einige der in anderen Studien genannten Faktoren, wie bspw. Strategie, Organisation oder Rahmenbedingungen. Eine Übersicht der relevanten Faktoren ist in Tabelle 2.7 abgebildet. [RHW+17]

Tabelle 2.7: Digitale Reifegradcluster nach REMANE ET AL. [RHW+17]

Digitale Reifegradcluster nach REMANE ET AL.	
1. Unternehmensgröße	6. IT-Budget
2. Industriezugehörigkeit	7. Mitarbeiter-IKT-Kompetenz
3. Profitabilität	
4. Umsatz	
5. B2B/B2C-Vertrieb	

Das Verbundvorhaben „IKT-Wandel“ hat zum Ziel, Kerntechnologien und Veränderungsprozesse für die zukünftige Konkurrenzfähigkeit der deutschen Industrie zu identifizieren. Dazu entwickelt das Konsortium neben anderen Maßnahmen ein Reifegradmodell. Darin ist eine Bewertung von insgesamt 8 Faktoren auf einer fünfstufigen Ausprägungsskala vorgesehen. Die Faktoren sind in Tabelle 2.8 gelistet. Basierend auf den Erkenntnissen können Handlungsempfehlungen für die Bereiche Wissenschaft und Forschung, Wirtschaft und Industrie sowie Politik und Gesellschaft abgeleitet werden. Auffällig ist in diesem Modell das Fehlen des Produktionsfaktors Mensch. Vielmehr werden technische Ausprägungen in den Mittelpunkt gestellt. [ABC+16]

Tabelle 2.8: Reifegradmodell des Verbundvorhabens "IKT-Wandel" [ABC+16]

Reifegradmodell des Verbundvorhabens „IKT-Wandel“	
1. Nutzenversprechen	6. Datenanalyse
2. Wertschöpfungsarchitektur	7. Autonome Systeme
3. Erlösmodell	8. Digital Engineering
4. Strategie	
5. Organisation	

Das amerikanische Marktforschungsunternehmen Forrester Research Inc., Cambridge, MA, USA hat ein vierteiliges Reifegradmodell entwickelt. In den in Tabelle 2.9 gelisteten 4 Kategorien werden Fragen zur Selbsteinschätzung gestellt. Die Antwort erfolgt in einem ganzzahligen Wert zwischen 0 - 3 Punkten. Die Zahlenwerte je Kategorie werden zu einem Gesamtergebnis aufsummiert. In Abhängigkeit von diesem Ergebnis wird eine eher generische Handlungsempfehlung (z. B. „Digitalisierung nutzen, um einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen“) ausgesprochen. In dem Modell fehlen unter anderem Einschätzungen hinsichtlich des Geschäftsmodells und der gegebenen Randbedingungen. [VG16]

Tabelle 2.9: Reifegradmodell des Marktforschungsunternehmens Forrester Research Inc., Cambridge, MA, USA [VG16]

Kategorien des Reifegradmodells der Forrester Research Inc., Cambridge, MA, USA
1. Kultur
2. Technologie
3. Organisation
4. Einblicke (engl. <i>Insights</i>)

Die Telekom Deutschland GmbH, Bonn bewertet jährlich in ihrem Digitalisierungsindex den Stand der Digitalisierung von ca. 2000 deutschen KMU. Die vier Bewertungskriterien sind in Tabelle 2.10 dargestellt. Insgesamt können Unternehmen 100 Punkte erreichen. Verglichen werden die Branchen Bau-, Gastgewerbe, Handel, Handwerk, Industrie und Logistik. Der Mittelwert aller Industrien liegt für 2021 bei 59 Punkten. [Tel22] Problematisch sind bei diesem Modell die undurchsichtige Abgrenzung der Branchen sowie der fehlende Detailgrad der Bewertungskriterien innerhalb der 4 Dimensionen. Dazu fehlen gegenüber anderen Studien die Bereiche Organisation, Strategie, Personal und Randbedingungen. Vorteilhaft ist die große Stichprobe bzw. die Anzahl der teilnehmenden Unternehmen zu bewerten.

Tabelle 2.10: Bewertungskriterien des Digitalisierungsindex der Telekom Deutschland GmbH [Tel22]

Bewertungskriterien des Digitalisierungsindex der Telekom Deutschland GmbH
1. Beziehung zu Kunden
2. Produktivität im Unternehmen
3. Digitale Geschäftsmodelle
4. IT-Sicherheit und Datenschutz

Im späteren Verlauf dieser Arbeit wird eine Struktur zur standardisierten, einheitlichen und vergleichbaren Darstellung von Digitalisierungsangeboten entwickelt (vgl. Kap. 5.2). Für einige Projektformen sind von Seite des Kunden Voraussetzungen zu erfüllen (z. B. ist die Einbindung einer intelligenten Maschinensteuerung nur sinnvoll, wenn bereits ein übergreifendes *Manufacturing Execution System* (MES) zur Verfügung steht. Nicht alle vorgestellten Reifegradmodelle eignen sich zur Durchführung dieser Voraussetzungsprüfung. Um die Erfüllung der Voraussetzungen zu prüfen, sollte ein Reifegradmodell folgende Eigenschaften erfüllen: Berücksichtigung der technischen Dimension, Berücksichtigung der Nutzerdimension, Einfache Anwendbarkeit, Handlungsempfehlung und Vergleich innerhalb der Branche zur Standortbestimmung.

Technischen Dimension: In dieser Kategorie sollte vor allen Dingen die Erfüllung der technischen Voraussetzung bzw. des technischen Status quo in einem Unternehmen abgefragt werden. Die Nutzung von MES-Systemen, Sensorik und weiteren grundlegenden technischen Produktionsvoraussetzungen

Nutzerdimension: Diese Anforderung richtet sich vor allen Dingen an Voraussetzungen die in Verbindung mit externen Kontakten (Kunden, Partnerunternehmen usw.) stehen. Diese Anforderung ist wesentlich zur Generierung neuer Anwendungsfälle, Services und Geschäftsmodelle.

Einfache Anwendbarkeit: Das Reifegradmodell sollte nach Möglichkeit selbstständig von Unternehmen durchgeführt werden können. Dazu bieten sich die Form eines (online) Fragebogens oder Multiple Choice Abfragen besonders an.

Die Ergebnisse dieser Abfrageformen können anschließend übersichtlich und verständlich dargestellt werden.

Handlungsempfehlung: An die Durchführung der Reifegradermittlung sollte eine Handlungsempfehlung angeschlossen werden. Diese ist im Idealfall gegliedert auf verschiedene Bereiche und priorisiert die dringlichsten Themen.

Branchenvergleich: Dieses Kriterium ist nicht zwingend erforderlich, erlaubt aber einerseits eine Standortbestimmung gegenüber Wettbewerbern in einer Branche und zeigt andererseits gezielt Handlungsfelder bzw. Rückstände gegenüber der Konkurrenz auf.

In Tabelle 2.11 sind die Reifegradmodelle hinsichtlich der Erfüllung der genannten Anforderungen bewertet. Es wird ersichtlich, dass vor allem der Punkt Anwendbarkeit von vielen Modellen nicht adressiert wird.

Tabelle 2.11: Bewertung der Reifegradmodelle hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen

Legende:		nicht erfüllt (0)									
			teilweise erfüllt (1)								
				erfüllt (2)							
Reifegradmodell						Technische Dimension	Nutzerdimension	Anwendbarkeit	Handlungsempfehlung	Branchenvergleich	Bewertung
Strategische Faktoren der Digitalisierung [SGP19]											5
Bewertungsdimensionen der digitalen Transformation [BB16]											2
FIR - Industrie 4.0 Readiness [LSB+15]											9
acatech – Gestaltungsfelder der Digitalisierung [SAD+20]											7
Erweitertes acatech Modell [CMB+18]											3
Digitalisierungsindex des BMWK [BE22]											4
Digitale Reifegradcluster [RHW+17]											5
Reifegradmodell des Verbundvorhabens „IKT-Wandel“ [ABC+16]											7
Reifegrad nach Forrester Research Inc. [VG16]											4
Digitalisierungsindex der deutschen Telekom GmbH [Tel22]											4

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird daher auf das Industrie 4.0 Readiness Assessment – eine Entwicklung des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR)

an der RWTH Aachen e. V. gemeinsam mit der IW Consult GmbH Köln – zurückgegriffen. Die einfache Anwendung durch Ausfüllen eines Fragebogens sowie die übersichtliche Auswertung sind hierbei hervorzuheben. Darüber hinaus bietet das Modell sowohl in der technischen als auch in der Nutzerdimension eine ausreichend tiefe Analyse. Schließlich werden klare, priorisierte Handlungsempfehlung für jeden Bereich und jeden Reifegrad gegeben. Der abschließende Vergleich mit Unternehmen der eigenen und fremden Branchen ermöglicht zusätzlich eine Standortbestimmung, die den Entscheidungsprozess unterstützt.

2.2.5 Handlungsdimensionen – Bausteine der Digitalisierung

In den vorgestellten Modellen werden unterschiedliche Dimensionen zur Bewertung des digitalen Reifegrads von Unternehmen skizziert. Jedoch bietet keines der Modelle eine umfassende Grundlage für die Beschreibung von Digitalisierung in allen Organisationseinheiten. TEICHERT formuliert in seiner Publikation insgesamt 15 Handlungsdimensionen [Tei19]. Die Bausteine sind nachfolgend in Abbildung 2.17 dargestellt. Eine genaue Beschreibung und Abgrenzung der einzelnen Dimensionen sind im Anhang in Tabelle 15.1 zu finden.



Abbildung 2.17: Bausteine der Digitalisierung

Die dargestellten Handlungsfelder umfassen alle Bereiche der vorangehend vorgestellten Reifegradmodelle und werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit zur Strukturierung von Hemmnissen und von Dienstleistungsangeboten verwendet.

Anhand der abgebildeten Handlungsfelder ist eine Brücke zu schlagen von Industrie 4.0 hin zu einer kunden- und nutzerzentrierten Digitalisierung. Durch ganzheitliche Berücksichtigung der hergeleiteten Handlungsfelder werden klassische und bereits bestehende Industrie 4.0 und Lean-Anwendungen bzw. Technologien mit individuellen Kundenbedürfnissen verknüpft. Damit wird die mittlere Ebene – Nutzerdimension – des Digitalisierungsleitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University adressiert. Auf diese Weise entsteht eine auf die Bedürfnisse der Kunden abgestimmte Form der Industrie 4.0 – die „Industry for you“ (Industry 4U). Basierend auf der technologischen Weiterentwicklung und der konsequenten Einbindung des Kunden bildet dies die Grundlage für die fünfte industrielle Revolution „Industrie 5.0“ – die Kollaboration von Menschen und Maschine im Organisationskontext. In Abbildung 2.18 ist die Weiterentwicklung des Industrie 4.0 Gedanken hin zu Industrie 4U dargestellt.

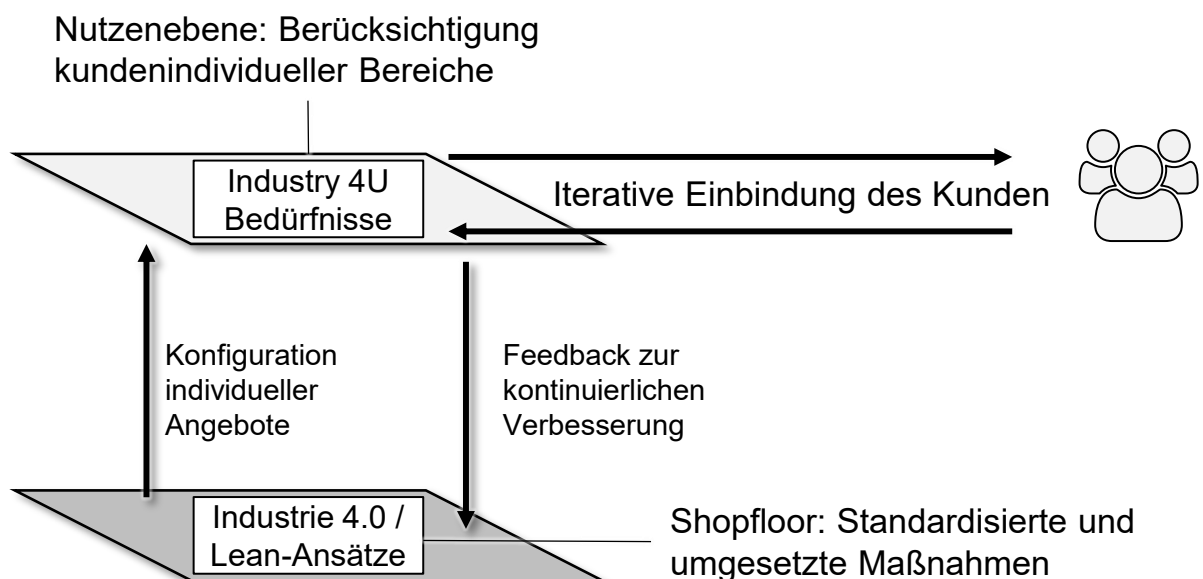


Abbildung 2.18: Von Industrie 4.0 hin zu einer nutzerzentrierten Wertschöpfung – Industrie 4U

2.2.6 Geschäftsmodelle

Deutschland und Europa sind geprägt durch eine Vielzahl von KMU – teils Weltmarktführer – mit herausragenden technischen Produkten. Trotz exzellenter Produkte verschwinden Unternehmen wie bspw. die AEG AG, Berlin oder die Grundig GmbH, Fürth vom Markt, welche teilweise jahrzehntelang erfolgreich waren. Einer der Gründe dafür ist das Versäumnis der Firmen, ihre Geschäftsmodelle an die veränderten Rand- und Marktbedingungen anzupassen. [GFC20] Auch die deutsche Textilbranche fokussiert sich im Zuge der wandelnden Randbedingungen auf die Produktion hochanspruchsvoller technischer Produkte und auf komplexe Produktionsprozesse [FMP+21; KHP21].

In den folgenden Abschnitten werden daher wesentliche Bestandteile zur Identifikation und Entwicklung erfolgreicher, agiler Geschäftsmodelle erläutert und einige Erfolgsbeispiele für innovative und digitale Geschäftsmodelle vorgestellt. Abschließend wird der Aufbau des Geschäftsmodells des Digital Capability Center (DCC) Aachen als Grundlage für die weitere Arbeit dargestellt.

2.2.6.1 Bestandteile von Geschäftsmodellen

Ein *Geschäftsmodell* beschreibt das Grundprinzip, wie eine Organisation Werte schafft, Werte liefert und Werte einnimmt. Zur Beschreibung von Geschäftsmodellen werden in dieser Arbeit drei bekannte Modelle vorgestellt: der St. Galler Business Model Navigator (BMN), der Business Model Canvas (BMC) nach OSTERWALDER und eine Erweiterung dieses Modells, der Enhanced Business Model Canvas (EBMC).

St. Galler Business Model Navigator

Der St. Galler Business Model Navigator umfasst 4 Elemente bzw. Dimensionen zur Beschreibung eines Geschäftsmodells. Sie ergeben sich aus der Beantwortung der vier Fragen: „*Wer sind die Zielkunden? – Der Kunde*“, „*Was wird den Kunden angeboten? – Das Nutzenversprechen*“, „*Wie wird die Leistung erbracht? – Die Wertschöpfungskette*“, und „*Wie wird Wert erzielt? – Die Ertragsmechanik*“

Das Modell wird als Dreieck dargestellt, die Kunden stehen im Zentrum. Vergleichbar mit dem magischen Dreieck des Projektmanagements (vgl. Kap. 0) hängen auch hier die Extrempunkte der Ecken zusammen. Die Beantwortung einer der Fragen erfordert automatisch Informationen zu den anderen Elementen. [GFC20] Das Modell ist in Abbildung 2.19 dargestellt.

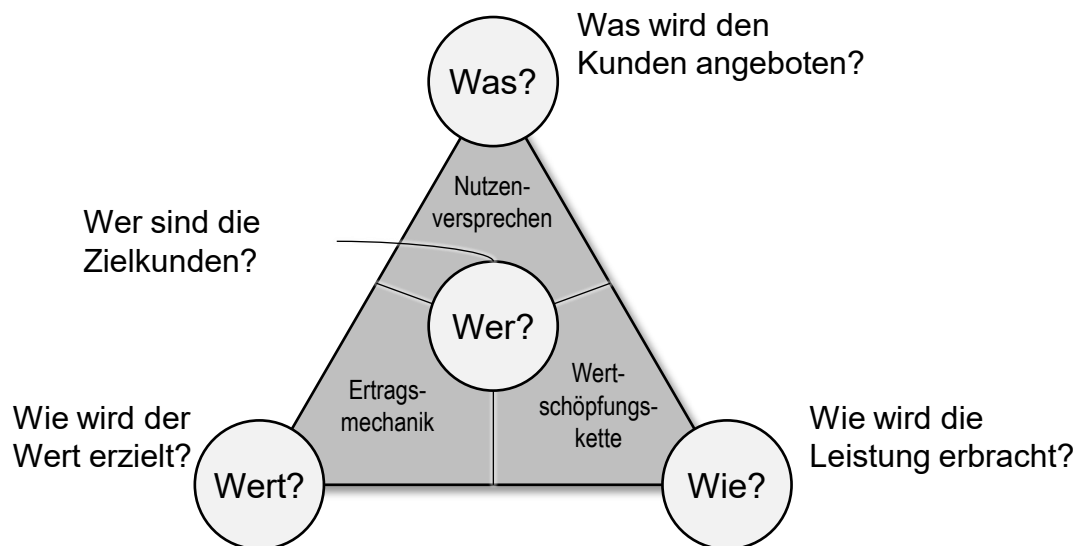


Abbildung 2.19: Die 4 Elemente eines Geschäftsmodells nach dem Business Model Navigator, in Anlehnung an [GFC20]

Business Model Canvas

Der Business Model Canvas ist eines der gängigsten und bekanntesten Modelle zur Geschäftsmodellentwicklung und -beschreibung. Er ist detaillierter, aber auch komplexer als der Business Model Navigator und hat 9 Bestandteile. Im Business Model Canvas werden neben den internen Ressourcen und Akteuren auch externe Faktoren und Schnittstellen zu externen Akteuren – wie bspw. Lieferanten und die Kommunikationswege mit Kunden – berücksichtigt. Auch in diesem Modell sind die oben aufgeführten Kernfragen – „Wer sind die Kunden?“ „Wie wird die Leistung erbracht?“ „Was ist das Angebot?“ „Wie werden Einnahmen generiert?“ – zu beantworten. [OP10] Eine Übersicht der Bestandteile sowie der gängigen Darstellung des Business Model Canvas ist in Abbildung 2.20 abgebildet. [BN21]



Abbildung 2.20: Business Model Canvas nach OSTERWALDER, in Anlehnung an [OP10]

Enhanced Business Model Canvas

PFEIFFER entwickelt in seiner Dissertation eine Erweiterung bzw. Vereinfachung des BMC – den „Enhanced Business Model Canvas (EBMC)“. Diese Erweiterung erlaubt es, geschäftsrelevante (*Business Layer*), funktionale (*Service Layer*) und (informations-)technologische (*Application Layer*) Aspekte voneinander zu trennen. Dadurch wird die Komplexität der Geschäftsmodellierung reduziert und (informations-)technologische Aspekte werden modellierbar. Eine Übersicht des EBMC ist in Abbildung 2.21 zu sehen. [Pfe18]

Im Business Layer werden übergeordnete und strategische Themen des BMC betrachtet. Kundensegmente, Vision und Ausrichtung des Unternehmens, Schlüsselpartner und Wertversprechen rücken in den Fokus. Im Service Layer sind Funktionen und Services zur Leistungserstellung abgebildet. Diese sind durch infrastrukturelle, kundenbezogene oder kommerzielle Komponenten ausgezeichnet. Auf der Application-Layer-Ebene werden schließlich technologische Komponenten zur Leistungserbringung eines Unternehmens fokussiert. Die Komponenten sind als einzelne (zusammengesetzte) Systeme (z. B. Maschinen) zu interpretieren, die zur Wertschöpfung eines Unternehmens beitragen. [Pfe18]

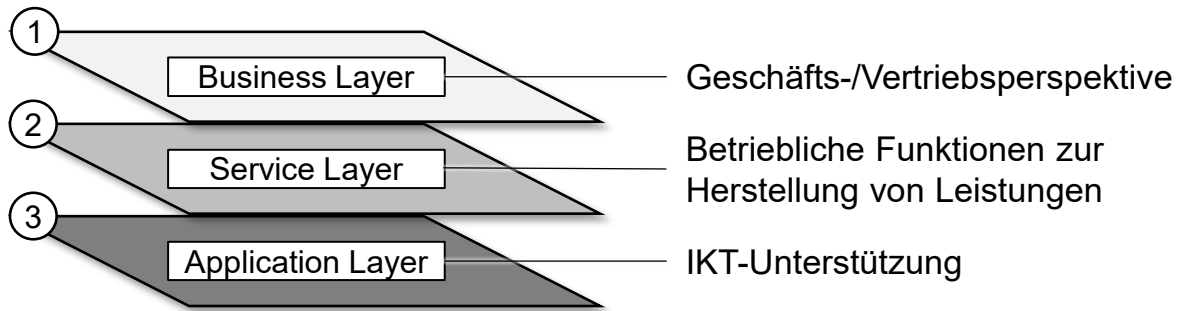


Abbildung 2.21: Ebenen des Enhanced Business Model Canvas, in Anlehnung an [Pfe18]

Die Struktur des EBMC wird im Verlauf dieser Arbeit aufgegriffen (vgl. Kap. 5), um das Leistungsportfolio des Digital Capability Centers Aachen (s. Kap. 2.2.6.3) zu organisieren. Die vereinfachte Darstellung der Ebenen ermöglicht eine (grobe) Zuordnung eines Projektes zu einer Hierarchieebene. Dadurch können in der Angebotsphase bzw. Projektierung Stakeholder einfacher identifiziert werden und in das Projekt integriert werden.

2.2.6.2 Erfolgsbeispiele

Prominente Vorbilder erfolgreicher Geschäftsmodelltransformation kommen vorrangig aus den USA. Die vorgestellten Geschäftsmodelle können alle mithilfe des (E)BMC bzw. des BMN beschrieben werden. Technologiegiganten wie Amazon, Google, Apple, Microsoft oder Salesforce generieren mit digitalen und teils disruptiven Geschäftsmodellen Milliardenumsätze. So hat Netflix Inc., Corporation, Los Gatos, CA, USA beispielsweise ohne ein einziges physisches Ladengeschäft das Videoverleihgeschäft revolutioniert. Die Apple Inc., Corporation, Cupertino, CA, USA ist mit iTunes ohne den Verkauf einer einzigen CD der weltweit größte Musikeinzelhändler. [GFC20]

Ein Beispiel, bei dem ein physisches Produkt vertrieben wird, ist die Rolls-Royce Holdings, PLC, London, Großbritannien. Das Unternehmen hat für seine Triebwerksparte ein *Power-by-the-hour*-Modell eingeführt. Kunden zahlen nicht mehr für die Triebwerke, sondern für Betriebsstunden. Die Triebwerke verbleiben im Besitz des Unternehmens, darüber hinaus ist Roll-Royce zuständig für die Wartung und Instandhaltung. Der Oberbegriff für dieses Geschäftsmodell ist *Ergebnisabhängige Vergütung*. [GFC20]

Ein weiteres erfolgreiches Modell ist die sogenannte *Razor-and-Blade-Strategie*. Dabei wird ein Basisprodukt günstig angeboten und Gewinne werden mit Verkauf von Verbrauchsmaterial bzw. -produkten generiert. Prominente Beispiele sind unter anderem die Procter & Gamble Company, Cincinnati, OH, USA die mit Gillette günstige Rasierer und teure Klingen anbieten. Ein weiteres prominentes Beispiel dieser Strategie ist die Nestlé, S.A., Vevey, Schweiz die – verhältnismäßig – günstige Kaffeemaschinen und teure Kapseln vertreibt. [GFC20]

Ein Erfolgsbeispiel aus der Textilindustrie ist das Modeunternehmen Zara, S.A., Arteixo, Spanien. Aufgrund der starken vertikalen *Integration* der Wertschöpfungskette im eigenen Betrieb kann das Unternehmen mit geringer Reaktionszeit auf Trends und Kundenforderungen reagieren. Auf diese Weise schlägt Zara die Konkurrenz, die aufgrund der Kommunikation mit Unterauftragnehmern nicht derart schnell reagieren kann. [GFC20]

Bei der *Make more of it*-Strategie werden Ressourcen und Prozesse eines Unternehmens nicht nur intern verwendet, sondern auch extern als zusätzliche Dienstleistung verkauft. So verkauft das Automatisierungstechnikunternehmen Festo, SE & Co. KG, Esslingen neben Hardware auch Schulungen und Trainings rund um das Thema Automatisierung. Die Erweiterung des Geschäftsmodells mit dieser Strategie ist durchaus rentabel: Das ursprünglich als interne Beratung gegründete Unternehmen Porsche Consulting GmbH, Frankfurt am Main, erwirtschaftet inzwischen 70 % des Gesamtumsatzes mit externen Kunden. Im Jahr 2022 steht so ein Umsatz von ca. 190 Mio. € durch externe Kunden in den Büchern [Kew23]. [GFC20]

2.2.6.3 Das Digital Capability Center Aachen

Die ITA Academy GmbH, Aachen nutzt ebenfalls die *Make more of it*-Strategie in Form des Digital Capability Centers (DCC) Aachen. Ursprünglich ist das DCC Aachen als Lernfabrik zur Fort- und Weiterbildung zum Thema Digitalisierung geplant. Inzwischen bietet die ITA Academy GmbH in diesem Umfeld jedoch auch Beratungs- und Implementierungsdienstleistungen. Das Geschäftsmodell der ITA Academy GmbH, Aachen besteht aus 3 Hauptelementen:

Mitgliedsbeiträgen, Schulungsformate sowie technischen Lösungen und Dienstleistungen. [Küs18]

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der Teil der sonstigen Dienstleistungen rund um Beratungs- und Implementierungsprojekte eingehender untersucht. Das aktuelle Angebotsportfolio des Unternehmens dient als Basis für die Entwicklung kundenorientierter Digitalisierungsangebote in dieser Arbeit. Abbildung 2.22 zeigt die 3 Hauptelemente des Geschäftsmodells sowie eine grobe Verteilung der Einnahmequellen.

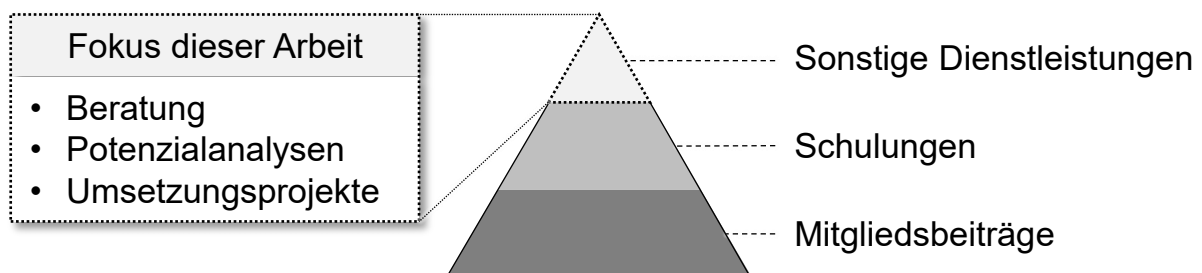


Abbildung 2.22: Die 3 Hauptelemente des Geschäftsmodells der ITA Academy GmbH

Zur Verdeutlichung der Unterscheidung zwischen ITA Academy GmbH und DCC Aachen ist in Abbildung 2.23 das Betriebsmodell der Lernfabrik (DCC Aachen) dargestellt. Die Unternehmen ITA Academy GmbH und McKinsey & Company Corp., New York City, NY, USA betreiben die Lernfabrik gemeinsam und nutzen die Räumlichkeiten und technische Ausstattung. Für externe Kunden werden die oben aufgeführten Dienstleistungen rund um Digitalisierung angeboten. Umgekehrt zahlen beide Unternehmen in Form von Wissenstransfer aus Forschung und Praxis durch die Weiterentwicklung der Lernfabrik wieder in das DCC Aachen ein. Das DCC Aachen wird zudem weiterentwickelt, indem sich strategische Partnerunternehmen darüber hinaus in der Lernfabrik einbringen. Dies geschieht beispielsweise durch die Bereitstellung von Hard- und Software, das Vermitteln von Prozess-Know-how, die Weiterentwicklung praktischer Anwendungsfälle oder durch finanzielle Unterstützung in Form von Mietzahlungen.

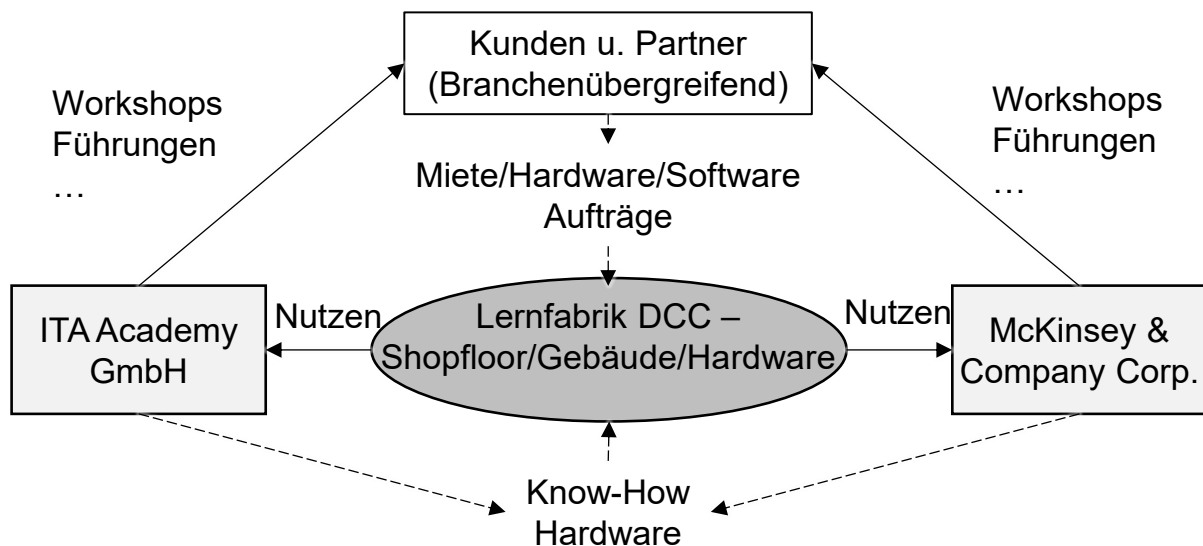


Abbildung 2.23: Betriebsmodell des DCC Aachen

2.3 Zusammenfassung

In Kapitel 2 werden zunächst Grundlagen und Charakteristika der Textilbranche vorgestellt. Darauf aufbauend wird die Notwendigkeit zur Digitalisierung in der Branche abgeleitet. Für ein einheitliches Verständnis werden Begrifflichkeiten der Digitalisierung sowie zur Strukturierung von Hemmnissen definiert. Im Anschluss daran erfolgt die Vorstellung des Digitalisierungsleitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH University mit den 3 Dimensionen Technik, Nutzer und organisatorische Randbedingungen. Vor diesem Hintergrund wird der Status der Digitalisierung der Textilindustrie diskutiert sowie Motivationen und Defizite herausgearbeitet. Zur Bewertung des digitalen Reifegrads in Unternehmen werden darauffolgend 10 Modelle – unter anderem die des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen University, des acatech e. V. und des BMWK – vorgestellt und hinsichtlich ihrer Bewertungsdimensionen untersucht. Um in Kap. 5 der Arbeit die Erfüllung notwendiger Voraussetzungen für Digitalisierungsvorhaben prüfen zu können, werden Anforderungen an die Reifegradmodelle definiert. In der abschließenden Bewertung schneidet das Industrie 4.0 Readiness Modell am besten ab und kommt im weiteren Verlauf der Arbeit zur Anwendung. Basierend auf den Bewertungsdimensionen werden insgesamt 15 zentrale Handlungsfelder der Digitalisierung in Unternehmen abgeleitet. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Bestandteile

von Geschäftsmodellen sowie der Vorstellung des Geschäftsmodells der ITA Academy GmbH und der Lernfabrik DCC Aachen. Die zentralen Ergebnisse aus Kap. 2 sind in Abbildung 2.24 zusammengefasst.

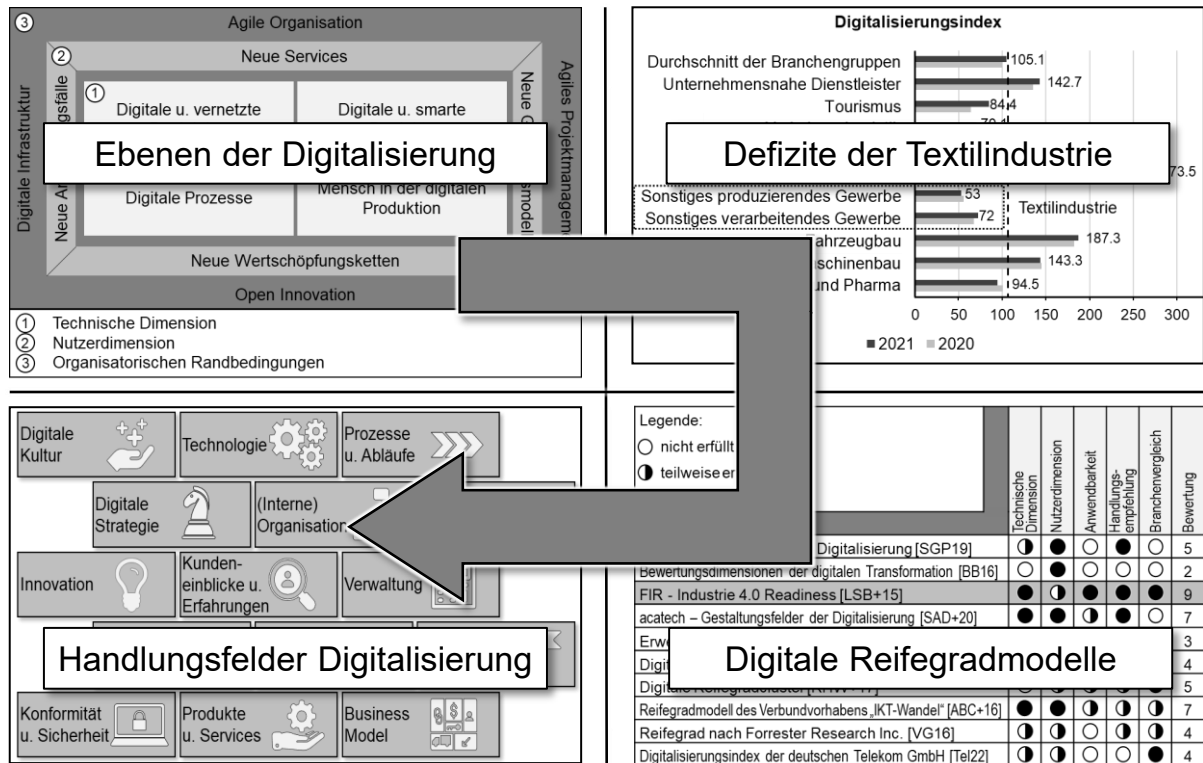


Abbildung 2.24: Zentrale Ergebnisse des Kapitel 2

3 Unterstützende Angebote

In diesem Kapitel werden Anforderungen an Angebote zur Unterstützung der digitalen Transformationen in Unternehmen identifiziert und formuliert (Kap. 3.1). Anschließend werden sowohl wissenschaftlich als auch industriell geprägte Angebote recherchiert (Kap. 3.2) und hinsichtlich des Erfüllungsgrades der Anforderungen bewertet (Kap. 3.3). Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung (Kap. 3.4) und einem Zwischenfazit der Grundlagenkapitel (Kap. 3.5).

3.1 Anforderungen an unterstützende Angebote

Im Gegensatz zu bspw. Lean-Ansätzen oder technischen Projekten sind Digitalisierungsprojekte in einer Vielzahl von Unternehmen (noch) Neuland. Dementsprechend existiert kein standardisiertes Vorgehen zur Umsetzung solcher Maßnahmen. Gleichzeitig werden Anforderungen und Zielstellungen häufig unklar oder mehrdeutig formuliert. Die Folge sind komplexe und chaotische Projekte. Die in Abbildung 3.1 gezeigte Stacey-Matrix verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Projektanforderung, Vorgehen zur Umsetzung und Komplexitätsgrad eines Projekts. [Bun22a]

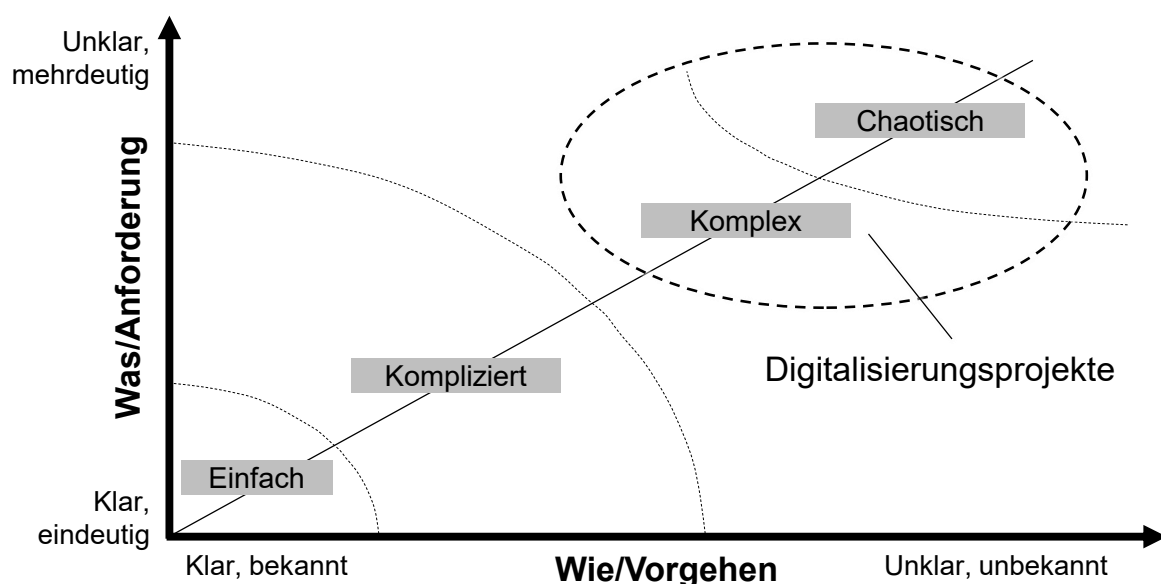


Abbildung 3.1: Stacey-Matrix zur Komplexität von Projekten in Abhängigkeit von Anforderung und Vorgehen [Bun22a]

Die erfolgreiche Durchführung zielgerichteter digitaler Transformationsvorhaben in Unternehmen erfordert die Erfüllung verschiedener Anforderungen. Die nachfolgend vorgestellten Kriterien werden aus der Literatur und Gesprächen mit Industrievertretern herausgearbeitet und in einer Anforderungsliste zusammengefasst.

Ganzheitlicher Ansatz

Die Bilanzgrenze, in der ein Unternehmen betrachtet bzw. ein Transformationsprozess durchgeführt wird, ist ein wesentlicher Aspekt für unterstützende Angebote und Dienstleistungen. Unternehmen sind heute komplexe und vernetzte Organisationen, sodass Änderungen immer im ganzheitlichen Kontext betrachtet werden müssen. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund einander beeinflussender Prozesse und Projekte. [JQ20] Die Berücksichtigung der in Kap. 2.2.4 identifizierten Bausteine der Digitalisierung ermöglicht einen ganzheitlichen Ansatz. Folglich ist ihre Einbindung in unterstützende Angebote eine Anforderung.

Fokussierung eines nutzer- und kundenorientierten Ansatzes

Nach BERG sind eine hohe Komplexität, die mangelnde Transparenz der Lösungsansätze und eine ausgeprägte Dynamik hinsichtlich Weiterentwicklungsmöglichkeiten bestehender Ansätze Merkmale der vierten industriellen Revolution [Ber20]. Daher ist eine klare Fokussierung von Implementierungsbemühungen auf Anwendungsfelder des Kunden unbedingt erforderlich. Nur auf der Basis eines kundenorientierten, individuellen Angebots können Transformationsprozesse erfolgreich durchgeführt werden. Dazu ist die Einbindung des Kunden in die Angebotsausarbeitung und Projektierung notwendig.

Priorisierung von Handlungsfeldern und -alternativen

Zur nachhaltigen Unternehmensentwicklung und Verstetigung des digitalen Transformationsprozesses ist eine Priorisierung der identifizierten Barrieren erforderlich. So können Projekte schrittweise umgesetzt werden, auch wenn die strategischen Prioritäten mit der Zeit angepasst werden. Zudem sind modulare Handlungsalternativen je nach Zielstellung (vgl. Kap. 2.2.3.1) vorzusehen, um

auf Unwägbarkeiten reagieren zu können, Flexibilität zu wahren und bspw. unterschiedliche Rahmenbedingungen im Budget des Kunden zu berücksichtigen.

Branchenbezug

Die Textilbranche stellt aufgrund ihrer Charakteristika (vgl. Kap. 2.1.2) besondere Anforderungen an ein Digitalisierungsangebot. Die Wertschöpfungskette ist lang, komplex und intransparent. Die Prozesse zur Herstellung von Textilien sind variabel und vielfältig. Das Spektrum der Losgrößen variiert von Einzel- und Kleinserienfertigung bis hin zur Massenfertigung. Die deutsche Textilindustrie ist von mittelständischen Unternehmen geprägt. Zusätzlich wird ein Großteil der Wertschöpfung in manuellen Prozessschritten ausgeführt. Die genannten branchenspezifischen Eigenschaften sind als Einflussgrößen in Angeboten für Unternehmen zu berücksichtigen.

Praktikabilität

Neben struktur- und branchenbezogenen Anforderungen sind allgemeine wissenschaftliche Forderungen zu erfüllen. Die regelmäßige Anwendung in der Praxis erfordert eine hohe Praktikabilität der erstellten Angebote. Eine einfache und eindeutige Bedienungsweise sowie zuverlässige Ergebnisse kennzeichnen ein praktikables Vorgehen.

Erweiter- und Adaptierbarkeit

Aufgrund der großen Anzahl der individuellen Einflussfaktoren ist es unmöglich, ein allgemeingültiges Angebotsportfolio für die Textilbranche zu entwerfen. Eine offene Gestaltung und die Möglichkeit firmenspezifischer Erweiterungen sind daher unerlässlich. So wächst die Breite der standardisierten Angebote mit jedem neuen Implementierungsprojekt. Um die Branchenspezifität sicherzustellen, ist darüber hinaus die Anwendbarkeit in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen der Textilproduktion durch eine Adaptionfähigkeit des Modells zu gewährleisten. So kann eine Verschiebung des Untersuchungsraums stets berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an kundenspezifische Digitalisierungsangebote sowie deren erwarteter Nutzen sind zusammenfassend in Tabelle 3.1 dargestellt. Sie bilden die Grundlage für die Bewertungskriterien der bestehenden Vorgehensmodelle und Angebote.

Tabelle 3.1: Anforderungen, Nutzen und Ziele unterstützender Angebote für die digitale Transformation

Anforderung		Nutzen
1.	Die Bilanzgrenze für den Betrachtungsrahmen umfasst die Bausteine der Digitalisierung (Kap. 2.2.5)	Ganzheitlicher Ansatz zur Hemmnisfassung und Aufdeckung möglicher Lösungskorridore
2.	Fokussierung eines nutzer- und kundenzentrierten Ansatzes durch Integration des Kunden	Zielorientierte Lösungsvorschläge in relevanten Bereichen und Aufzeigen möglicher Handlungsalternativen
3.	Priorisierung von Handlungsfeldern und Identifikation von Alternativen	Projektierung durch Priorisierung; Alternativen bieten Flexibilität
4.	Fokussierung der besonderen Herausforderungen der Textilbranche	Anwendbarkeit in der Textilindustrie sicherstellen
5.	Einfache Bedienung und eindeutige Ergebnisdarstellung	Schnelle und intuitive Anwendung ohne Einarbeitung
6.	Erweiterbarkeit und Adaptierbarkeit des Vorgehens	Schaffung einer Grundlage für zukünftige Angebotserweiterungen
Ziel		
Kundenspezifische Angebote zur Überwindung der Barrieren in digitalen Transformationsprozessen.		

3.2 Identifizierte Angebote

In diesem Abschnitt werden existierende unterstützende Angebote zur digitalen Transformation von Unternehmen recherchiert und die Inhalte skizziert. Es werden industrielle Ansätze sowie Angebote von Forschungseinrichtungen berücksichtigt.

Leitfaden Industrie 4.0

Der Leitfaden basiert auf Workshops bei 4 Pilotunternehmen. Die Praxisnähe ist daher hoch zu bewerten. Der Leitfaden ist gegliedert von „Vorbereitungsphase“ über „Analyse- und Kreativitätsphase“ bis „Bewertung und Einführung erarbeiteter Geschäftsmodelle“. Er ist für die Unterstützung bei der Aufdeckung

von Potenzialen für Produkte und Produktion vorgesehen. Zentrales Element ist der „Werkzeugkasten Industrie 4.0“, welcher potenzielle Technologien und Industrie 4.0-Lösungsansätze als „Checkliste“ zur Anwendungsüberprüfung gliedert. Es liegt ein Fokus auf der Potenzialaufdeckung hinsichtlich neuer Produkte und Geschäftsmodelle – Letzteres ist am St. Galler Business Model Navigator orientiert [GFC20]. Zudem werden strukturierte Methoden hinsichtlich Abwicklung und Koordination dargelegt. Für das Management von Innovationsprojekten im Industrie 4.0-Bereich werden ein detaillierter Workshop-Leitfaden sowie Follow-up-Handlungsanweisungen gegeben. [APW+15]

Industrie 4.0-Roadmap

Das Modell nach BRAUN ET AL. ist als Unterstützung zur Erarbeitung einer unternehmensspezifischen Industrie 4.0-Roadmap vorgesehen. So ist das Modell selbst eine Roadmap für die Roadmap-Erstellung und somit auf hoher Abstraktionsebene angeordnet. Entlang der Schritte „Ist-Analyse“, „Zielbestimmungsanalyse“ und „Maßnahmenumsetzung“ werden notwendige Maßnahmen erläutert, welche in einer unternehmensspezifischen Roadmap auftauchen müssen. Die fehlende Adressierung konkreter technischer Thematiken und der besondere Fokus auf Organisationsplanung stechen bei diesem Modell hervor. [BOA+18]

Siebenstufiger Einführungsprozess für Industrie 4.0

Das Modell weist einen starken Prozess- und Change-Management-Fokus auf. Beginnend mit der Schaffung von Commitment und strukturierter Erarbeitung und Filterung von Business Cases, wird in 7 Schritten eine stark Use Case-zentrische Roadmap dargelegt. Zudem werden ein Industrie 4.0-Werkzeugkasten mit konkreten Handlungsideen sowie praktische Fallbeispiele vorgestellt, um den Start einer unternehmensspezifischen Roadmap zu erleichtern – Letzteres in Form sogenannter „Migrationsszenarien“, welche spezifische Transformationsszenarien von der herkömmlichen Produktion zur Industrie 4.0-Produktion darlegen. Das Modell umfasst weiterhin einen *Readiness Check*, welcher sich auf den Abgleich von Standardszenarien aus dem Werkzeugkasten mit der Ist-Situation stützt. [BS14]

Dreistufiges Modell zur Transformation in ein Industrie 4.0-Unternehmen

Entlang der Phasen „Envision“, „Enable“ und „Enact“ wird über die Dimensionen „Netzwerk“, „Prozess“, „Produkt“ und „Markt“ durch das Modell ein stark strategisches Vorgehen zur Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses bzw. einer gemeinsamen Vision, eines zukünftigen Geschäftsmodells und einer Roadmap entwickelt. Dabei werden interne und externe Einflussfaktoren auf dem Weg zur Erreichung des Geschäftsmodells eingeordnet. Auf Anwendungs- und Ressourcenebene wird die definierte Roadmap in der Enact-Phase mit konkreten neuen und bestehenden Projekten unterfüttert, deren Einarbeitung in die Roadmap unter Prüfung der Ressourcenverfügbarkeit erfolgt. Technische und Umfeldfaktoren werden nicht berührt. [ESS16]

Iteratives Vorgehensmodell zur Migration cyberphysischer Produktionssysteme

Dieses Vorgehen ist ein reifegradorientiertes Transformationsmodell. Entlang der Phasen „Industrie 4.0-Audit“, „Reifegradfestlegung“ und „Umsetzungskonzept“ werden die 3 Gestaltungsbereiche Technik, Organisation und Personal (TOP) berücksichtigt. Das Modell ist als iterativer Kreislauf konzipiert, in dem spezifische Herausforderungen in den TOP-Bereichen adressiert werden. Das Gesamtmodell ist operativ ausgerichtet. Themen wie Selbstorganisation und Ressourcenvernetzung, Reorganisation und Arbeitsvorbereitung sowie neue Lernformate stellen besondere Schwerpunkte dar. Das Modell sieht die Erarbeitung eines Umsetzungskonzepts in den TOP-Dimensionen vor, bevor die Zielerreichung in einem Industrie 4.0-Audit bewertet wird. Entsprechend dem Kreislaufgedanken erfolgt abschließend eine Neudefinition der Ziele. [MWL+16]

Leitfaden für die systematische digitale Transformation

Das Modell legt besonderen Fokus auf neue, digitale Geschäftsmodelle und deren Operationalisierung, insbesondere durch ein strukturiertes Innovationsmanagement. Dreh- und Angelpunkt ist ein systematisches „Customer Experience Management“ (vgl. [Hol18]) zur konsequenten Ausrichtung neuartiger Geschäftsmodelle auf tatsächliche Kundenbedürfnisse. Hierbei legt das

Vorgehensmodell Wert auf die Nutzung strukturierender Werkzeuge wie das Business Model Canvas sowie die agile Umsetzung der notwendigen Maßnahmen. Obgleich der Fokus des fünfstufigen Modells auf der Geschäftsmodellausrichtung, darauf aufbauende Roadmap-Erarbeitung und dem agilen Umsetzungsmodus liegt, wird die „Organisation 4.0“ als Kern-Enabler dargelegt und Stufe 5 des Vorgehensmodell von der Mitarbeiter- und Fähigkeitsentwicklung sowie Change-Management und Entwicklung einer „Lean Culture“ geprägt. Somit werden primär die Organisationsstruktur und sekundär eine soziale Dimension adressiert. [Han18]

Reifegradbasierter Ansatz zur Implementierung von Industrie 4.0

Das Modell nach HÜBNER ET AL. stellt ein Meta-Vorgehensmodell dar, welches bestehende Industrie 4.0-Reifegradlogiken und so genannte „Werkzeugkästen“ in ein allgemeines Vorgehensschema einzuordnen versucht. Vorhandenen Industrie 4.0-Assessments wird eine Phase der Zieldefinition vorangeschaltet, so dass der strategische Sinn und Zweck der Transformation stärker betont wird. Das Modell sieht anschließend eine unternehmensindividuelle Zusammenstellung und Filterung bestehender Digitalisierungsmethoden und -ansätze zu einer maßgeschneiderten Toolbox vor. Nach einer Chance- und Risikoanalyse der zusammengestellten Methodiken stehen insbesondere Change Management und Kompetenzentwicklung im Fokus der letzten 2 Vorgehensschritte. Zum Wandlungsbedarf passende Wandlungsbereitschaft in der Mitarbeiterschaft wird als Erfolgsfaktor ausdrücklich betont. Das Modell stellt eine strategische Handreichung zur Erarbeitung eines individuellen Vorgehens dar. [HLM+17]

Industrie 4.0-Vorgehensmodell

Ausgehend von einer auf Checklisten-Ebene dargelegten Readiness-Analyse, legt das Vorgehensmodell nach KAUFMANN eine stark geschäftsmodell- und IT-zentrische Roadmap für die digitale Transformation dar. Kern des Vorgehens sind die auf einer Ideenfindungsphase basierende iterative Entwicklung eines Industrie 4.0-Zielmodells, des Geschäftsmodells sowie einer passenden IT-Architektur, welche im Anschluss in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung validiert und in eine Roadmap überführt werden. Werkzeuge für die Ideenfindungsphase

werden dargelegt. Die Entwicklung des Industrie 4.0-Zielmodells wird auf Basis der Kernelemente „Flüsse“, „Marktteilnehmer“, „Wertbeitrag“ und „Wettbewerb und Ökosystem“ vorgeschlagen und ist somit stark auf die nachfolgende Geschäftsmodellerarbeitung hin ausgerichtet. In den Bereichen der IT-Architekturentwicklung und Wirtschaftlichkeitsberechnung werden Notwendigkeiten dargelegt, jedoch nicht auf Methodenebene heruntergebrochen, während für die Phasen der Roadmap-Erarbeitung und der Umsetzung konkrete Methodenbeispiele erläutert werden. Das Change-Management wird in seiner Relevanz betont, jedoch nicht mit Methodik unterfüttert. [Kau15]

Reifegradbasierter Ansatz zur Implementierung von Industrie 4.0

Der Implementierungsansatz nach LANZA ET AL. sieht auf übergeordneter Ebene den Abgleich der Ergebnisse eines „Quick Checks“ vor. Dabei wird der Reifegrad des Unternehmens mit Potenzialen aus „Digitalisierungs-Toolboxen“ zur Ableitung von Lücken im Digitalisierungsfortschritt verglichen. Nach Aufdecken dieser Lücken werden Maßnahmen zur Erhöhung ebenjenes Reifegrades aufgezeigt. Kernpunkte sind hier die weitere Verbesserung bestehender Methoden für den Unternehmensfall, die Risiko- und Potenzialabschätzung zur Anpassung der Maßnahmen an die unternehmenseigenen Ressourcenverfügbarkeiten sowie die Kompetenzentwicklung unter Mitarbeitern vor. Letztere fokussiert insbesondere auf die Kompetenzentwicklung hinsichtlich veränderter IT-Systemlandschaften. Für die Optimierung bestehender Methoden sieht das Vorgehensmodell auf operativer Ebene einen Use-Case-Ansatz vor, in welchem Methoden in realen Umgebungen validiert und weiterentwickelt werden. [LNA+16]

Fünfstufen Methode für Wissenstransfer und Einführung von Industrie 4.0

Das fünfstufige Modell nach MATT ET AL. sieht die Phasen „Information und Bewusstsein“, „Anforderungen“, „Selbstbewertung/Industrie 4.0-Assessment“, „Potenzialanalyse“ und „Implementierungsplan“ vor. Die Anforderungsanalyse erfolgt stark partizipativ unter Einbindung aller internen Stakeholder. In der Potenzialanalysephase steht insbesondere die Ressource der Kompetenzen im Fokus. Für die Selbstanalyse mittels Industrie 4.0-Assessment werden unterschiedliche Bewertungsschemata dargelegt. Hierbei wird insbesondere auf die

unternehmensspezifische Auswertung Wert gelegt, um die unterschiedlichen Bedürfnisse bspw. von KMU und Großunternehmen bei der Faktorgewichtung zu berücksichtigen. Fokus des Ansatzes nach MATT ET AL. ist somit insbesondere die Berücksichtigung tatsächlicher und durch Mitarbeiter getragener Bedürfnisse bei der Transformation des Unternehmens sowie die realistische Abwägung von Ressourcen, sowohl auf technischer Seite als auch kompetenzseitig. [MUR+18]

Strategischer Ansatz zur Industrie 4.0-Transformation

Die Strategiearchitektur nach OLEFF UND MALESSA gliedert den Transformationsprozess in 2 Dimension nach „Methoden und Werkzeuge“ sowie „Wissen“. Chronologisch wird der Kernprozess der Transformation mit Situationsanalyse und Zielsystem begonnen (Dimension „Methoden und Werkzeuge“), welche von der Komponente des Reifegradmodells (Dimension „Wissen“) begleitet werden. Der Schritt „Plan“ sowie die „Umsetzung“ werden vom Wissensmodul „Anforderungen und Rahmenbedingungen“ flankiert. Hierbei sind sämtliche „Subsysteme“ der Strategie stark prozessorientiert. [OM18]

Vorgehensmodell für die digitale Transformation

Das Vorgehensmodell nach PETER ordnet 7 Handlungsfelder der digitalen Transformation, „Customer Centricity“, „New Technologies“, „Cloud and Data“, „Business Development“, „Process Engineering“, „Digital Marketing“ und „Leadership and Culture“ in ein dreistufiges Ablaufschema aus den Phasen „Maturityanalyse“, „Digitale Vision & Uniqueness“ und „Digital Marketing, Leadership and Culture“ ein. In allen Phasen kann jeweils nach der Wertschöpfungs- und der Markt-/Absatz-Sichtweise differenziert werden. Die 3 Phasen orientieren sich an den Phasen des Change Managements nach LEWIN, „Unfreeze“, „Transform“ und „Remain angle“ [Bur04], sodass die Komponente Change Management in der sozialen Dimension hier stark in den Vordergrund rückt. Für alle Phasen werden Checklisten als Handreichung bereitgestellt, welche eine Orientierung sowohl für strategische als auch operative Thematiken liefern: Beispielsweise wird im Handlungsfeld des „Process Engineering“ das

Vorhandensein einer Prozesslandkarte ebenso thematisiert wie die konkrete Umsetzung papierloser Bürotechnologie. [PDE+17]

Modell zur Entwicklung einer Industrie 4.0-Einführungsstrategie

Das Modell nach MERZ spannt einen Rahmen zur Erarbeitung einer unternehmensindividuellen Industrie 4.0-Strategie über die Betrachtungsebenen „Strategie“, „Taktik“ und „Operatives“ auf und stellt somit ein Meta-Vorgehensmodell dar. Im ersten Schritt erfolgt auf strategischer Ebene eine Analyse des Ist-Zustandes, bei der die Themenblöcke „Wettbewerber“, „Kunden“ und „Unternehmensprozesse“ betrachtet werden, um das individuelle Unternehmen auf einer Vierfeldermatrix zu verorten. Abhängig von der Verortung in die vier Kategorien stellen sich für das Unternehmen verschiedene Kernfragen für die nachfolgende Strategie. Auf taktischer Ebene dient die Vierfeldermatrix als Hilfsmittel zur Industrie 4.0-Zielbestimmung. Je nach Start- und Zielpunkt in der Matrix stellt das Vorgehensmodell unterschiedliche Entwicklungsszenarien bereit. Auf nachfolgender operativer Ebene beleuchtet das Vorgehensmodell die Phase der Umsetzung über 5 zentrale Subbetrachtungsebenen vom Projekt- bis zum Mitarbeitermanagement. Das Modell legt einen starken Fokus auf die strategische Ausrichtung des Geschäftsmodells mit Schwerpunkten auf Wettbewerb und Kunden. [Rot16]

Toolbox Digitalisierung

Die Toolbox Digitalisierung stellt entsprechend ihrem Namen eine systematische Aufstellung generischer Methodiken in den Bereichen „Digitalisierungsszenarioentwicklung“, „Agendaentwicklung“, „Organisationsentwicklung“, „Kulturveränderung“ und „Umsetzung“ bereit. Die Methodiken sind weitgehend auf den Zweck der digitalen Transformation zugeschnitten, stellen jedoch teilweise Abwandlungen althergebrachter generischer Managementmethoden dar, bspw. die Digital Five Forces als Abwandlung von Porters Five-Forces-Modell. Beleuchtete Themen bewegen sich primär auf strategischer Ausrichtungs-, Verständnis- und Geschäftsmodellebene sowie Prozess/Produktebene. Vielfach werden kritische Punkte in checklistenartiger Form aufgestellt, typische

Hemmnisse oder exemplarische, handfeste Lösungsansätze jedoch nicht thematisiert. [Stö17]

Roadmap Industrie 4.0

Die von TSCHANDL ET AL. dargelegte Roadmap umfasst die Schritte der „Analyse“ inkl. Startworkshops und Reifegrad-Assessment, „Ziele“ inkl. Maßnahmen-generierung und Bewertung sowie Sollzustandsformulierung sowie die „Umsetzung“ mit Entscheidungsvorbereitung und Roadmap-Festlegung. Dies geschieht entlang der Handlungsfelder Einkauf, Produktion, Intralogistik, Vertrieb und Mensch. Somit bewegt sich das Vorgehensmodell auf über Einzelprojekten angeordneter Ebene und fokussiert vorwiegend auf technisch-prozessuale Themen. Das Modell ist stark generisch gehalten und baut in einzelnen Schritten auf vorhandene Methodiken – bspw. Reifegradsystematiken – auf, legt jedoch keine konkreten Handlungsvorschläge auf operativer Ebene dar. [TPB17]

Generisches Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0

Das Vorgehensmodell der TU DARMSTADT gliedert die Phasen der „Vorbereitung“, „Analyse“, „Ideengenerierung“, „Bewertung“ und „Umsetzung“ in einer zweiten Dimension nach „Vorgehensweisen“, „Methoden“ und „Ergebnissen“. Das Modell legt das grundsätzliche Wissen/Verständnis als Grundstein für alle weiteren Transformationsphasen. Die Ideengenerierung gliedert sich in die Betrachtungsfelder „Produkte“, „Produktion“ und „Logistik“ und legt damit den Fokus auf technisch-prozessuale Thematiken, die sich auch in diversen dargelegten „Anwendungsebenen“ wie bspw. „Maschine-zu-Maschine-Kommunikation“ oder „Transportsystem“ niederschlagen, welche die Grundlage für die Unternehmensselbstbewertung darstellen. Die Ideenfindungsphase ist stark geschäftsmodellgetrieben und fokussiert auf Kundennutzen und das St. Gallen Business Model Generator Framework als Werkzeug. Das Vorgehensmodell bleibt auf stark generischer Ebene, so werden bspw. eruierte „Handlungsfelder“, d. h. Projektkandidaten, mit Hilfe einer so genannten Boston-Consulting-Group (BCG)-Matrix [Onp22] eingeordnet, der eigentlichen Umsetzung wird jedoch wenig Raum und keine praktische Handreichung eingeräumt. [TU15]

Leitplan der digitalen Transformation

Neben der Adressierung der Notwendigkeit einer begleitenden Personalentwicklung, der Mitnahme von Menschen, klarer Kommunikation und weiteren sozialen Aspekten fokussiert der Leitplan der digitalen Transformation des VDI vor allem auf informationstechnische Themen. Zum einen wird die Notwendigkeit einer aussagekräftigen IT-Landkarte oder der nachhaltigen Etablierung von Schnittstellen betont, zum anderen legt der Leitplan als Kernbaustein den „Datenleitplan“ dar, der entlang der Schritte „Datenverfügbarkeit“, „datengetriebene Prozesse“ und „intelligente Datennutzung“ den Weg hin zu einer Industrie 4.0-Vision ebnen soll. Kernthemen des Datenleitplanes sind zum einen technische Aspekte wie der Datenbezug aus diversen Quellen, zum anderen prozessuale Aspekte im Sinne der Datennutzung zur Prozessverbesserung. [VDI18]

Roadmap einer nachhaltigen Digitalisierung

Das Vorgehensmodell nach WINKELHAKE schlägt eine Verankerung einer Digitalisierungs-Roadmap als permanenter Bestandteil einer langfristigen Unternehmensstruktur vor. Iterativ sollen kontinuierlich und entlang der Dimensionen „Kundenerwartung“, „Wettbewerb“ und „Technologie/Disruption“ die Schritte „(Analyse) Marktpotential/Kundenanforderung“, „(Anpassung) Unternehmensstrategie“ und „Geschäftsmodell/Lean Enterprise“, „Digitalisierungsvision“ und „Digitalisierungsfelder“ durchlaufen werden. Alle Phasen übergreifende Schwerpunktthemen stellen „Kultur“ und „IT“ dar. So stellt das Modell einen stark kundenbedürfnis- und geschäftsmodellgetriebenen Ansatz zur digitalen Transformation dar, während die Dimensionen „Mensch“ und „Technologie“ lediglich als Geschäftsmodell-Enabler und „Nebenschauplätze“ berücksichtigt sind. Die einzelnen Phasen sind generisch gehalten und bauen auf eine tatsächliche Umsetzung unter Nutzung bestehender Modelle und Ansätze. [Win17]

Checkliste Digitalisierung und Industrie 4.0 in der Praxis

Die Checkliste des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaften e. V., Düsseldorf stellt in 2 Teilen eine Handreichung zur (a) Überprüfung des Ist-Zustandes und Identifizierung möglicher Digitalisierungsaktivitäten sowie (b)

ganzheitlichen Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen und Integration in die Prozesse dar. Hierbei wird keine Skalierung vorgegeben, sondern eine qualitative Selbsteinschätzung und eigenständige qualitative Maßnahmenidentifikation vorgesehen. Die Ist-Bewertung gliedert sich in die Betrachtungsfelder „Markt“, „Organisation“ und „Technik“. Der Checklistenabschnitt zur Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen gliedert sich in 11 Handlungsfelder von der Arbeitsorganisation bis zur externen Unterstützung. Besonderer Fokus liegt auf einer sozialen Dimension. Die Checkliste stellt ein strukturierendes Hilfsmittel, jedoch keinen Leitfaden im engeren Sinne dar. [WTL17]

The Lean Production System 4.0-Framework

In dem anwendungsorientierten Framework werden Ansätze des Lean Management mit Industrie 4.0-Methoden in einer Toolbox kombiniert. Diese soll unterstützend zur Identifikation von Industrie 4.0-Potenzialen genutzt werden. Die Lean Management-Methoden basieren auf der VDI 2870-Richtlinie Blatt 1 [VDI12] und Blatt 2 [VDI13]. Sie werden durch ihren Einfluss auf die unternehmerischen Faktoren Aufwand, Kosten, Potenzial, Qualität, Risiko und Zeit beschrieben. Die Industrie 4.0-Elemente werden in den Ebenen Prozesseigenschaften, Systeme und Technologien betrachtet. Mensch und Umfeld des Unternehmens bleiben unberücksichtigt. [DR18]

Prozessorientierte Potenzialanalyse von Industrie 4.0-Technologien

Mit dem Ansatz von DOMBROWSKI ET AL. wird das Potenzial von Industrie 4.0-Technologien bewertbar und eine Auswahl geeigneter Ansätze ermöglicht. Anhand einer Wertstromanalyse werden Verbesserungspotenziale im Ist-Zustand identifiziert. Eine Nutzwertanalyse wird anschließend zur Bewertung identifizierter Technologien herangezogen, um das Nutzen-Aufwandsverhältnis zu errechnen und eine Priorisierung vorzunehmen. Abschließend wird ein Technologie-Portfolio erstellt. Das transparente und systematische Auswahlverfahren ermöglicht eine begründete Priorisierung von Technologien für den Produktionseinsatz. Allerdings ist unklar, woher die zu bewertenden Industrie 4.0-Technologien stammen. [DKF+18]

Methodik zur systematischen Identifikation von Produktionstechnologien

GREITEMANN stellt in seiner Dissertation ein Vorgehen zur Auswahl von Produktionstechnologien vor. Im Wesentlichen erfolgt die Auswahl durch die Erstellung von Technologiesteckbriefen, die sich aus der Analyse des zukünftigen Technologiebedarfs und einer anschließenden Suche ergeben. Die Technologien werden losgelöst vom Unternehmenskontext betrachtet, strategische oder soziale Handlungsfelder werden nicht berücksichtigt. [Gre16]

Methode zur Bewertung und Auswahl für digitale Produktionstechnologien

In dieser Arbeit wird ein Bewertungs- und Auswahlssystem für Produktionstechnologien entwickelt. Entlang der Phasen Potenzialanalyse, System für Interdependenzen und Identifikation der Auswirkungen werden Industrie 4.0-Technologien schließlich bewertet und ausgewählt. Dabei wird ein besonderer Fokus auf das Lean-Produktionssystem gelegt, was die Anwendung der Methode einschränkt. [HBR19]

Vorgehensmodell zur Identifikation von Industrie 4.0-Potenzialen

In den Dimensionen Daten, Intelligenz und digitale Transformation wird der Reifegrad des Unternehmens für Industrie 4.0 bewertet. Dazu sind in den Kategorien Referenztabellen bereitgestellt, die eine Selbsteinschätzung ermöglichen. Mit Hilfe der Selbsteinschätzung und anhand definierter Ziele wird eine Soll-Reife definiert. Zur Zielerreichung werden anschließend Projektvorschläge abgeleitet, priorisiert und konkrete Handlungsschritte definiert. Woher die Projektvorschläge kommen, wie diese final priorisiert werden und in welchem Untersuchungsraum Lösungen gesucht werden, ist dabei unklar. [JS16]

Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen

NÖHRING ET AL. entwickeln einen Ansatz zur Unterstützung der zielgerichteten Auswahl von Industrie 4.0-Lösungen. Dazu verknüpfen sie relevante Technologien über ein Kennzahlensystem mit den Unternehmenszielen und stellen webbasiert eine Sammlung von Industrie 4.0-Lösungen zur Verfügung.

Technologische Handlungsalternativen werden identifiziert, eine Priorisierung oder Überführung in konkrete Projektschritte erfolgt jedoch nicht. [NWD18]

Einführungsmodell für Industrie 4.0 bei KMUs

In diesem reifegradbasierten Modell sollen KMUs bei der digitalen Transformation unterstützt werden. Mithilfe einer Methoden-Toolbox kann nach Analyse des Ist-Zustandes der Reifegrad in ausgewählten Unternehmensbereichen erhöht werden. Obwohl auch Dimensionen wie Mitarbeiter, Prozesse und Umfeld thematisiert werden, bietet das Modell nur einen oberflächlichen Überblick. Konkrete Umsetzungsvorschläge oder Handlungsalternativen fehlen vollständig. [MKP+20]

Roadmap Industrie 4.0-Implementierungsleitfaden für Unternehmen

Entlang der Bereiche Einkauf, Produktion, Logistik, Sales und Mensch wird ein Vorgehen zur Erstellung einer Industrie 4.0-Roadmap entwickelt. Nach einer Reifegradanalyse werden konkrete Unternehmensziele definiert und Anwendungen aufgrund ihres Beitrags zur Zielerreichung ausgewählt. Ziele und Maßnahmen werden in eine Balanced Scorecard übersetzt und Teilziele mit Maßnahmen verknüpft. Basierend darauf werden konkrete Teilprojekte zur Umsetzung definiert. [PSM17]

Smart Factory Assessment

Das Smart Factory Assessment (SFA) ist eine Methodik zur Reifegradbewertung von Produktion und Logistik in den Bereichen Lean Management und Industrie 4.0. Zunächst wird in Experteninterviews die Ist-Situation analysiert. Bei einer anschließenden Begehung werden die qualitativen Aussagen mit Hilfe einer Bewertungsskala in 7 Lean- und fünf Industrie 4.0-Feldern validiert und Zielwerte definiert. Abschließend werden Handlungsempfehlungen auf Basis der Ergebnisse abgeleitet. Das Assessment fokussiert primär Produktionstechnologien. Weitere Organisationsbereiche werden nicht betrachtet. [RH17]

Industrie 4.0-Maturity Index

Im Industry 4.0-Maturity Index wird der Reifegrad von Unternehmen in 4 Gestaltungsfeldern (Ressourcen, Informationssystem, Organisationsstruktur und Kultur) bewertet. Der Ablauf gliedert sich in 3 Phasen: die Bestimmung der aktuellen Entwicklungsstufe, eine GAP-Analyse und die Identifikation konkreter Maßnahmen. Der Reifegrad wird dazu auf einer sechsstufigen Skala (Computerisierung, Konnektivität, Sichtbarkeit, Transparenz, Prognosefähigkeit und Adaptierbarkeit) durch Experten bewertet. Anschließend werden Zielbild und Ist-Zustand miteinander verglichen und Differenzen (Gaps) identifiziert. Schließlich werden Maßnahmen zur Erreichung des Soll-Zustands abgeleitet. [SAD+20]

Technologie-Map

In diesem Vorgehen von SIEDLER ET AL. werden Technologien aufgrund ihrer Eignung und Wirtschaftlichkeit bewertet. Dazu werden Digitalisierungstechnologien aus einer Liste in Steckbriefen beschrieben und nach Implementierungszeitpunkt sowie Verwendungszweck kategorisiert. Dabei werden Vor- und Nachteile der jeweiligen Technologie gegenübergestellt, Auswirkungen auf Arbeitnehmer diskutiert und Praxisbeispiele vorgestellt. [SSZ+19]

3.3 Bewertung der Angebote

Die Gesamtbewertung der untersuchten Angebote und Vorgehensmodelle ist mit Hilfe von Harvey Balls in Tabelle 3.2 abgebildet. Die Reihenfolge der Modelle entspricht der Vorstellung in Kapitel 3.2. Die vorgestellten Modelle dienen allesamt der Ermittlung von Reifegraden der Digitalisierung in Unternehmen oder bilden Handlungsleitfäden zur Bestimmung und Umsetzung von Digitalisierungsprojekten. In Aufbau, Detaillierungsgrad und betrachtetem Untersuchungsraum (engl. *Scope*) unterscheiden sich die Modelle teils deutlich voneinander. So basieren einige Modelle auf der Darstellung von Musterbeispielen (z. B. [LNA+16; DKF+18; NWD18]) oder Ableitung von sogenannten Roadmaps (z. B. [BOA+18; BS14; ESS16]). Ein ganzheitlicher Ansatz – von der Ermittlung der Problemstellung über die Bewertung der Voraussetzungen bis hin zu Identifikation klarer Handlungsalternativen und deren Umsetzung – fehlt.

Tabelle 3.2: Evaluation der identifizierten Angebote

Legende:						
○ nicht erfüllt						
◐ teilweise erfüllt						
● erfüllt						
Quellen	Ganzheitlicher Ansatz	Kunden-/Nutzerzentrierung	Priorisierung	Branchenfokus	Anwendbarkeit	Erweiterbarkeit
Leitfaden Industrie 4.0 [AF15]	○	◐	◐	◐	○	○
Industrie 4.0-Roadmap [BOA+18]	○	○	○	◐	○	◐
7-Stufen-Modell zur Industrie 4.0-Einführung [BS14]	○	●	●	○	◐	●
3-Stufen-Modell zur Transformation [ESS16]	●	○	○	○	○	◐
Iteratives Vorgehensmodell [MWL+16]	◐	◐	●	◐	○	◐
Leitfaden syst. digitale Transformation [Han18]	●	◐	◐	○	◐	●
Reifegradbasierte Industrie 4.0-Implementierung [HLM+17]	◐	◐	●	●	◐	●
Industrie 4.0-Vorgehensmodell [Kau15]	○	○	◐	○	◐	○
Reifegradbasierter Ansatz Industrie 4.0 [LNA+16]	○	●	●	◐	◐	○
5-Stufen-Methode zur Industrie 4.0-Einführung [MUR+18]	◐	○	○	●	◐	○
Strategischer Ansatz zur Industrie 4.0-Transformation [OM18]	◐	●	●	○	◐	○
Vorgehen zur digitalen Transformation [Pet17]	●	●	○	◐	◐	◐
Entw. einer Industrie 4.0-Einführungsstrategie [Rot16]	◐	○	◐	○	◐	◐
Toolbox Digitalisierung [Stö17]	●	◐	○	○	●	○
Roadmap Industrie 4.0 [TPB17]	●	○	●	◐	●	◐
Generisches Industrie 4.0-Einführungsmodell [TU15]	◐	◐	◐	○	●	●
Leitplan der digitalen Transformation [VDI18]	○	◐	◐	○	◐	◐
Roadmap für nachhaltige Digitalisierung [Win17]	◐	○	○	○	○	◐
Checkliste Digitalisierung: Industrie 4.0 in der Praxis [WTL17]	●	○	◐	◐	◐	○
Lean Production System 4.0 Framework [DR18]	○	◐	◐	○	●	◐
Prozessorientierte Industrie 4.0-Potenzialanalyse [DKF+18]	○	◐	●	○	◐	●
Syst. Ident. von Produktionstechnologien [Gre16]	○	●	○	○	◐	○
Digitalisierung für Produktionssysteme [HBR19]	○	◐	◐	○	○	○
Reifegradmodell Industrie 4.0 [JS16]	◐	◐	◐	○	◐	●
Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen [NWD18]	○	◐	◐	○	●	◐
Rahmenwerk für intelligente Fertigung [MKP+20]	○	○	○	◐	○	○
Implementierungsleitfaden für KMU [PSM17]	●	●	◐	◐	●	◐
Smart Factory Assessment [RH17]	○	○	○	○	●	●
Industrie 4.0 Maturity Index [SAD+20]	●	◐	◐	◐	◐	●
Auswahl von Industrie 4.0-Technologien [SSZ+19]	○	◐	●	○	◐	○

Durch die Standardisierung der Modelle wird zudem die Einbindung der Kunden oftmals vernachlässigt. Aufgrund dieser fehlenden Nutzerzentrierung sind die Modelle gerade für KMU oft nicht geeignet.

Herausstehend sind die Modelle „Reifegradbasiert Ansatz zur Implementierung von Industrie 4.0“ von HÜBNER ET AL. [HLM+17] und „Roadmap 4.0 - Implementierungsleitfaden für KMU“ von PESSL ET AL. [PSM17]. Beide Ansätze folgen einem klaren Vorgehen. Auffällig ist eine vorgeschaltete Phase der Zieldefinition, auf deren Basis anschließend Maßnahmen, Methoden und Ansätze abgeleitet werden. Darauf aufbauend werden konkrete Teilprojekte zur Umsetzung definiert. Beide Modelle weisen jedoch auch Defizite auf, die eine uneingeschränkte Anwendung erschweren. Eine Analyse aller Vorgehensmodelle ergibt 3 klare Defizite, die die Entwicklung eines neuen Ansatzes erfordern. Diese sind in Abbildung 3.2 aufgelistet.

Abgeleitete zentrale Defizite der untersuchten Vorgehensmodelle	
①	Ursachenanalyse – nicht Beachtung struktureller Probleme die eine Verstetigung des Transformationsprozesses verhindern
②	Kundenzentrierung – keine oder zu späte/geringe Einbindung der Kunden und damit fehlende Relevanz der Lösungen
③	Erweiterbarkeit – alle Modelle sind in sich geschlossen. Eine kritische Beurteilung und Anpassung an neue Erkenntnisse erfolgt nicht

Abbildung 3.2: Zentrale Defizite der vorgestellten Vorgehensmodelle

Eine Bewertung des Leistungsportfolios der ITA Academy GmbH im Rahmen der Lernfabrik DCC Aachen zeigt ebenfalls Verbesserungspotenziale auf. Die Angebotspalette ist auf (produktions-)technische Themen sowie den Menschen in der Produktion ausgelegt. Dagegen werden organisatorisch-strukturelle Themen (Handlungsfelder Organisation, Führung, Vision) vernachlässigt. Die Nutzerzentrierung ist – speziell bei Umsetzungsprojekten (vgl. Kap. 5.1.4) – durchaus vorhanden, ist jedoch nicht konsequent über das gesamte Portfolio implementiert und stark abhängig von Einzelpersonen. Eine Bewertung der Priorisierung von Handlungsfeldern sowie der Anwendbarkeit ist nicht möglich, da es sich um ein Geschäftsmodell und kein standardisiertes Vorgehen im Sinne

eines Leitfadens handelt. Auch hier ist die erfolgreiche Umsetzung abhängig von den handelnden Personen. Der Branchenfokus auf die Textilbranche ist durch die Nähe zum Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen voll gegeben. Die Erweiterbarkeit des Leistungsportfolios ist unter den bestehenden Voraussetzungen teilweise möglich. Neue Formate sind in die bestehende Peripherie einzubinden. Das dies möglich ist, zeigt bspw. die Erweiterung der Workshopformate (vgl. Kap. 5.1.1) um Lean-Themen. Die Gesamtbewertung des Leistungsportfolio der ITA Academy GmbH ist in Abbildung 3.3 zu sehen.

Legende: ☐ nicht erfüllt ☒ teilweise erfüllt ☐ erfüllt Quellen	Ganzheitlicher Ansatz	Kunden-/Nutzerzentrierung	Priorisierte Handlungsfelder	Branchenfokus	Anwendbarkeit	Erweiterbarkeit
	☒	☒	☐	☒	☐	☒
Leistungsangebot des DCC Aachen	☒	☒	☐	☒	☐	☒

Abbildung 3.3: Bewertung des Leistungsportfolios der ITA Academy GmbH

3.4 Zusammenfassung

In Kapitel 3 werden 6 wesentliche Anforderungen an Angebote zur digitalen Transformation identifiziert. Neben dem Branchenbezug sind vor allem die Praktikabilität und Flexibilität hinsichtlich des Untersuchungsraums sowie die Erweiterbarkeit der Angebote wesentliche Anforderungen. Erst durch Erfüllung dieser Anforderungen können die Komplexität der Branche abgebildet und Unternehmen gezielt bei der Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen unterstützt werden. Anschließend werden 30 Modelle zur Untersetzung von Digitalisierungsvorhaben vorgestellt und anhand der hergeleiteten Kriterien bewertet. Im Anschluss daran werden 3 Hauptdefizite identifiziert, die eine Neu- bzw. Weiterentwicklung der Modelle erforderlich machen. Diese sind: eine mangelhafte Ursachenanalyse, wodurch strukturelle Probleme außer Acht gelassen werden, die eine Verstetigung des Transformationsprozesses verhindern. Eine inkonsequente bzw. unzureichende oder zu späte Einbindung der Kunden, die zu generischen Lösungsansätzen führt. Schließlich die starre Form der Modelle und

Vorgehen, die keine kritische Betrachtung und Anpassung an zugewonnene Informationen ermöglicht. So wird die Erstellung individueller Ansätze zur digitalen Transformation der Textilproduktion in Deutschland erschwert. Um gezielt auf die Bedürfnisse der deutschen Textilindustrie eingehen zu können, werden im nächsten Abschnitt die Hemmnisse der Branche hinsichtlich digitaler Transformation systematisch erfasst. Die zentralen Ergebnisse aus Kap. 3 sind in Abbildung 3.4 zusammengefasst.

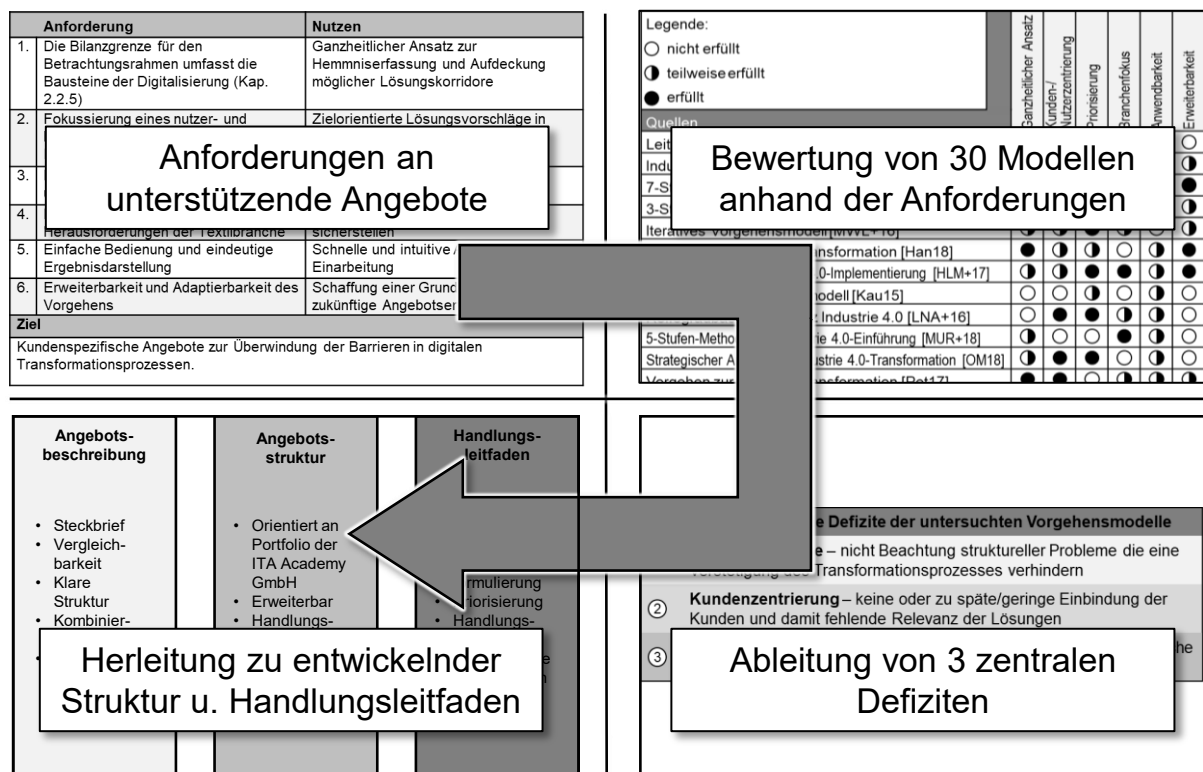


Abbildung 3.4: Zentrale Ergebnisse des Kap. 3

3.5 Zwischenfazit

In den Kapiteln 2 und 3 werden die Grundlagen für die weiteren entwickelten Modelle und Angebote in dieser Arbeit gelegt. In Kapitel 2 werden zunächst die Besonderheiten der deutschen Textilindustrie vorgestellt. Anschließend werden wichtige Begriffe der Digitalisierung im Rahmen dieser Arbeit definiert. Insgesamt werden 15 Bausteine zur ganzheitlichen Beschreibung der Digitalisierung in Unternehmen hergeleitet. Das Kapitel schließt mit einer Vorstellung der Bestandteile von Geschäftsmodellen sowie der ITA Academy GmbH und des DCC

Aachen. In Kapitel 3 werden Anforderungen an Dienstleistungsangebote zur Unterstützung der Digitalisierung in Unternehmen hergeleitet. Anschließend werden recherchierte Angebotsformate aus Industrie und Forschung hinsichtlich des Erfüllungsgrades der Anforderungen bewertet. Es wird offensichtlich, dass keines der Angebote die Anforderungen zufriedenstellend erfüllt. Insgesamt werden 3 zentrale Defizite abgeleitet, die mit der Entwicklung einer einheitlichen Angebotsbeschreibung (vgl. Kap. 5), einer neuen Angebotsstruktur (vgl. Kap. 6) und schließlich einem Handlungsleitfaden zur Ermittlung der Kundenbedürfnisse und Konfiguration eines individuellen Angebots (vgl. Kap. 7) behoben werden. Die Fokussierung auf kundenzentrierte Digitalisierungsangebote unterstützt dabei den Wandel von einer Industrie 4.0 auf eine Industry 4U (vgl. Kap. 2.2.5)

4 Hemmnisidentifikation und Strukturierung

Zur Identifikation bestehender Barrieren von Digitalisierungsmaßnahmen werden empirische und qualitative Methoden kombiniert. Die Verbindung beider methodischen Ansätze erlaubt einen Überblick über grundlegende Problemstellungen der Digitalisierung im produzierenden Gewerbe (empirisch) bei gleichzeitiger Fokussierung und Investigation der Textilbranche (qualitativ) [VBB13]. Zur Strukturierung der identifizierten Hemmnisse wird ein Ordnungsrahmen basierend auf den Bausteinen der Digitalisierung definiert und befüllt. Im Ergebnis steht eine umfangreiche Übersicht von Barrieren der Digitalisierung, die im späteren Verlauf durch Kunden zur Priorisierung der eigenen Handlungsfelder verwendet wird. Abbildung 4.1 zeigt das methodische Vorgehen zur Identifikation von Barrieren digitaler Transformation.

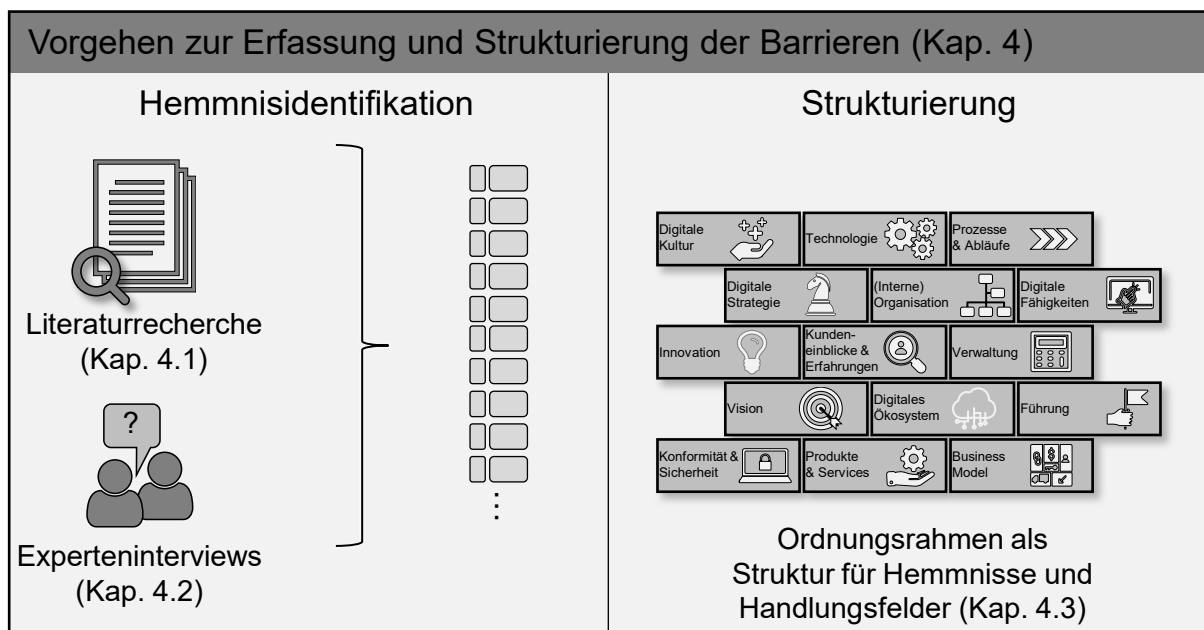


Abbildung 4.1: Methodisches Vorgehen zur Erfassung und Strukturierung von Digitalisierungsbarrieren in einem Beschreibungsmodell

4.1 Identifizierte Barrieren aus der Literatur

Die durchgeführte Literaturrecherche ist an dem Vorgehen von XIAO UND WATSON angelehnt, die in ihrer Rezension verschiedene Methoden der Literaturrecherche analysieren und in einem Gesamtkonzept kondensieren. Das

abgeleitete Vorgehen besteht aus 8 aufeinander aufbauenden Schritten, die in Abbildung 4.2 skizziert sind. [XW19]

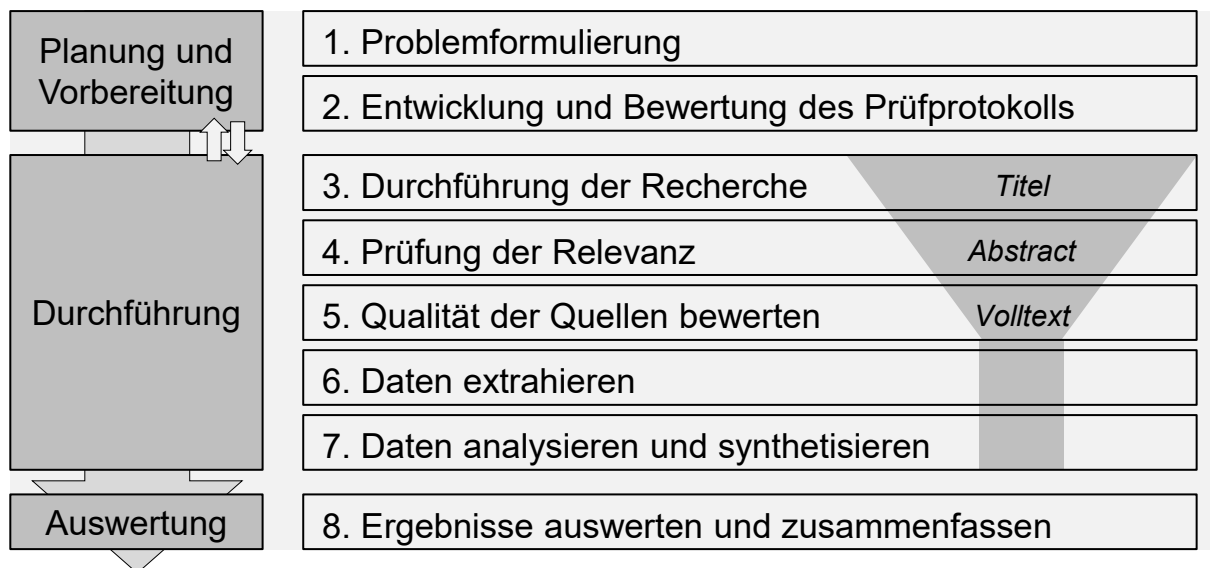


Abbildung 4.2: Vorgehen der systematischen Literaturrecherche, in Anlehnung an [XW19]

Nahezu alle Angebote in Kap. 3 weisen eine unzureichende Kundenzentrierung auf. Zur Entwicklung gezielter Angebote für die Probleme der Kunden, sind die zentralen Hemmnisse der digitalen Transformation zunächst zu erfassen. Folgende Forschungsfrage wird daher zur Literaturrecherche formuliert: „Welche Hemmnisse erschweren die digitale Transformation im produzierenden Gewerbe“. Die Suche nach Quellen wird auf 4 Datenbanken – *Science Direct*, *IEEE*, *Web of Science* und *Google Scholar* – beschränkt. Die Suchbegriffe sind Kombinationen aus den Wörtern *Hemmnis*, *Digitale Transformation* und *Produzierendes Gewerbe*. Es werden deutsche und englische Synonyme der Wörter in verschiedenen Kombinationen verwendet. Eine Übersicht aller Suchstrings mit Booleschen Operatoren ist Tabelle 15.3 zu finden. [Lag22] In 2 Prüfstufen werden insgesamt 5 Kriterien zur Eingrenzung festgelegt. Zur Aufnahme in die Studie müssen potenzielle Quellen alle 5 Anforderungen erfüllen. Die erste Stufe beurteilt primär formale Kriterien, wie Erscheinungsdatum, Titel und grundsätzliche thematische Eignung anhand des Textes. In der zweiten Stufe werden Zugänglichkeit (und damit Reichweite) und die Inhalte zur Bewertung hinzugezogen. Die Kriterien sind in Tabelle 4.1 gelistet.

Tabelle 4.1: Kriterien zu Eignungsprüfung der identifizierten Literatur

Bewertungskriterien in der ersten Prüfstufe der Literaturrecherche
Titel und Abstract sind auf Deutsch oder Englisch verfügbar
Veröffentlichung der Studie nach 2010
Titel oder Abstract geben Aufschluss darüber, ob die Quelle sich mit Digitalisierungshemmnissen im produzierenden Gewerbe befasst
Bewertungskriterien in der zweiten Prüfstufe der Literaturrecherche
Der Gesamttext ist öffentlich verfügbar (<i>Open Access</i>)
Im Volltext werden spezifisch Hemmnisse der Digitalisierung im produzierenden Gewerbe genannt

Im ersten Suchdurchlauf werden 815 Quellen identifiziert. Nach der ersten Prüfung können davon 73 als relevant für die Literaturrecherche eingeschätzt werden. Durch die zweite Prüfung wird die Anzahl geeigneter Literaturstellen auf 40 Quellen reduziert. Mit einer anschließend durchgeführten Vor- und Rückwärtsrecherche (für die Erläuterung der Methodiken vgl. [WW02; LE06]) können 9 weitere relevante Quellen identifiziert werden, sodass insgesamt 49 Literaturquellen in die Recherche aufgenommen werden. Abbildung 4.3 gibt einen Überblick über den Ablauf der Literaturrecherche.

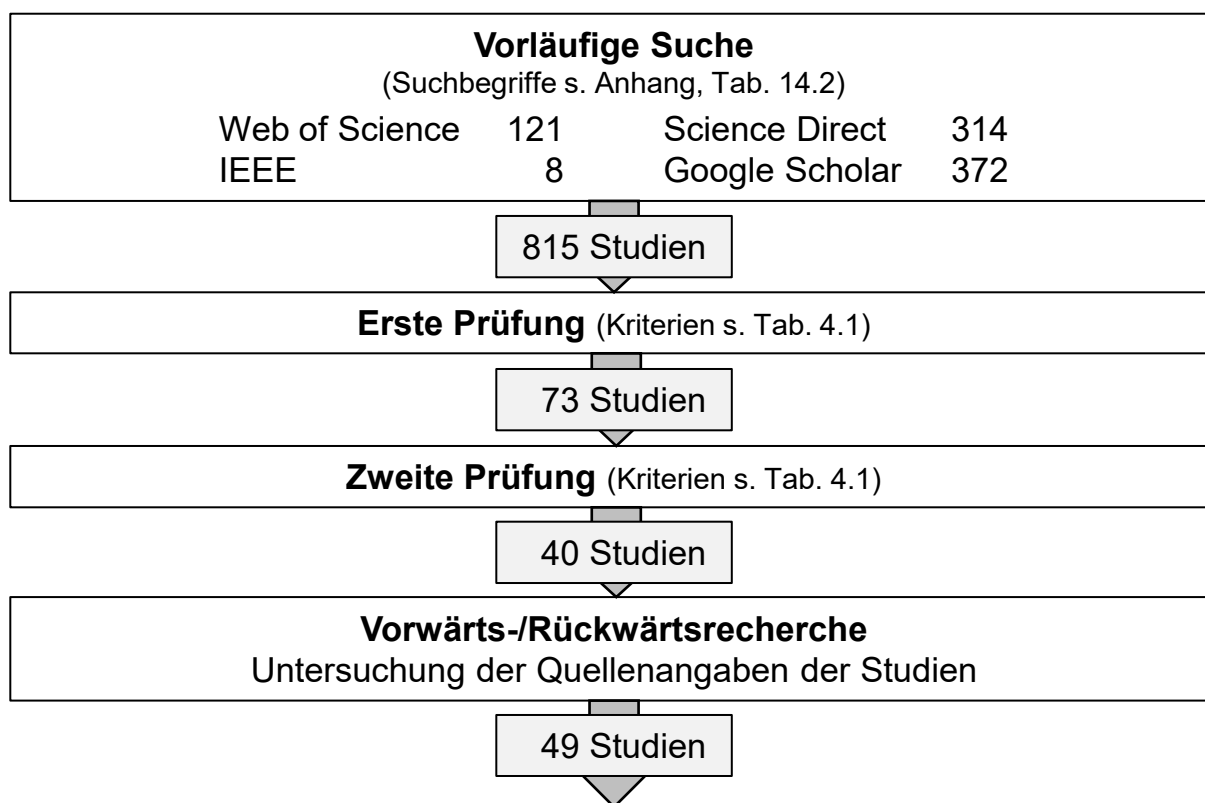


Abbildung 4.3: Ablauf der Literaturrecherche und Quellenauswertung

Bei den empirisch identifizierten Hemmnissen handelt es sich um Quellen unterschiedlichster Branchen. So sind z. B. Erkenntnisse aus dem metallverarbeitenden Gewerbe, der Verbrauchsgüterproduktion oder dem Maschinen- und Anlagenbau in die Studie eingeflossen. Zur Überprüfung der identifizierten Hemmnisse und zur Fokussierung der Textilbranche werden im nächsten Schritt qualitativ Hemmnisse aus der Textilbranche untersucht (Kap. 4.2). Eine tiefergreifende Auswertung der Literaturrecherche sowie der Brancheninterviews erfolgt in Kapitel 4.3.

4.2 Qualitativ identifizierte Barrieren

Zur Validierung der in der Literatur identifizierten Hemmnisse werden Interviews mit Vertretern der Textilbranche geführt. Dadurch wird sichergestellt, dass primär textilspezifische Problemstellungen berücksichtigt werden. Zudem werden in den Gesprächen Erwartungen der Industrievertreter – und damit potenzieller Kunden von Dienstleistungsangeboten – hinsichtlich unterstützender Maßnahmen eingeholt. Für die Studie werden KMU aus unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Textilproduktion befragt. In den folgenden Abschnitten wird zunächst die grundlegende Vorgehensweise der Datenerfassung erläutert. Anschließend werden der entwickelte Interviewleitfaden sowie die befragten Unternehmen vorgestellt. Abschließend werden die Ergebnisse der verschiedenen Studien diskutiert und miteinander verglichen. [Mis20]

4.2.1 Grundlagen zur Methodik

Die qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING ist ein Verfahren zur Erfassung, Strukturierung und Auswertung von Daten. Diese werden aus verschiedenen Informationsquellen systematisch zusammengetragen und verwertbar gemacht. Ziel des Verfahrens ist es, durch Berücksichtigung unterschiedlicher Datenquellen neue Erkenntnisse zu einem Sachverhalt zu gewinnen. Durch den Einbezug weiterer Daten (z. B. non-verbale Signale) können so zusätzliche Informationen erlangt werden, die durch traditionelle wissenschaftliche Forschung nicht erhoben werden können. [May22]

Eine Übersicht über die empirische Datenerhebung und die verwendeten Methoden in dieser Arbeit ist in Abbildung 4.4 dargestellt. Bei der empirischen Datenerhebung wird zwischen den drei Grundformen *Beobachtung*, *Inhaltsanalyse* und *Befragung* unterschieden. Beobachtungen sind objektiv festzuhalten und leiten sich zumeist aus einem Sachverhalt ab. Im Beispiel dieser Arbeit ist eine Beobachtung die Erkenntnis, dass die deutsche Textilindustrie im Vergleich zu anderen Branchen bei der Digitalisierung zurückfällt (vgl. Kap. 2.2). Bei der Inhaltsanalyse werden Dokumente, Ton- und Videoaufnahmen als Datenquellen verwendet und ausgewertet. Die identifizierten Hemmnisse (vgl. Kap. 4.1) werden auf diese Weise herausgearbeitet. Die meist genutzte Methode zur Datenerhebung ist die Befragung. Dabei werden Einzelpersonen oder Gruppen zu einem definierten Thema befragt. Je nach Art der benötigten Informationen kann das Format (z. B. Telefoninterview oder Onlinefragebogen) flexibel angepasst werden [SHE18]. [Brü08]

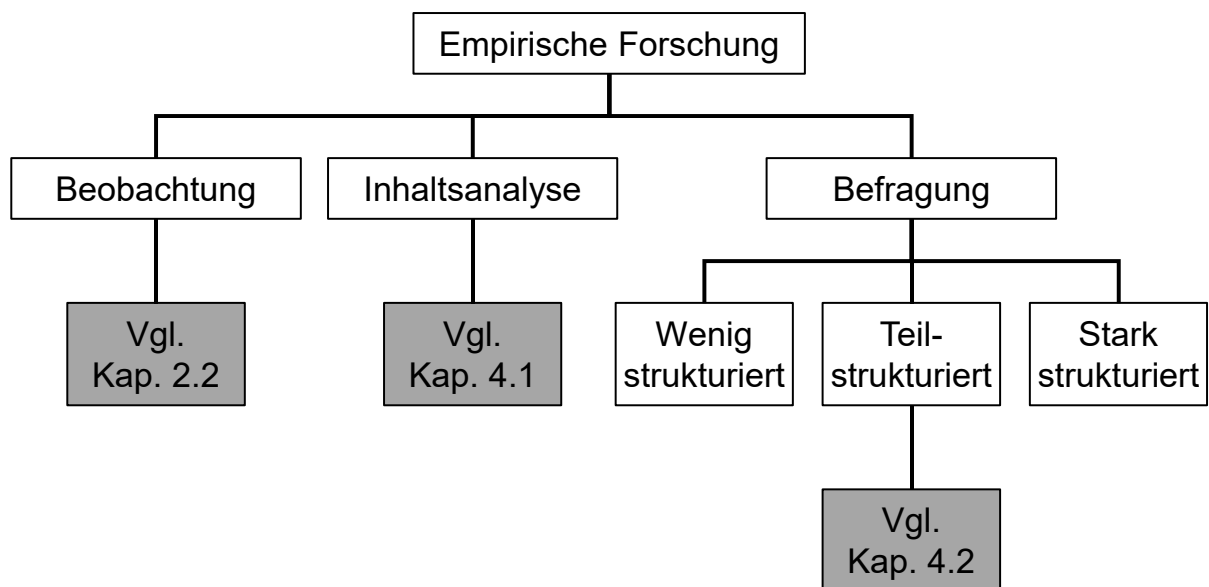


Abbildung 4.4: Angewendete Methoden der empirischen Forschung in dieser Arbeit, in Anlehnung an [Mis20]

Bei der mündlichen Befragung (auch standardisiertes Interview) werden drei Arten unterschieden. Die *wenig strukturierte*, *teilstrukturierte* und *stark strukturierte* Interviewsituation. Im Prinzip unterscheiden sich die Vorgehensweisen im Freiheitsgrad des Interviewers. Wenig strukturierte Interviews erlauben eine flexible, freie Gesprächsführung mit Folgefragen. Bei der stark strukturierten

Interviewsituation sind sowohl die Fragen als auch deren Reihenfolge starr vorgegeben. Teilstrukturierte Interviews bestehen aus einer Mischung der beiden Extreme. Der Themenkomplex wird durch einen Interviewleitfaden abgegrenzt. Innerhalb dieses Leitfadens kann die Reihenfolge der Fragen flexibel angepasst werden; die Gesprächsteilnehmer bestimmen die Gesprächsrichtung. [SHE18]

4.2.2 Leitfaden und befragte Unternehmen

Im Rahmen dieser Arbeit werden 8 Vertreter aus der deutschen Textilbranche zum Thema Hemmnisse der Digitalisierung interviewt. Um möglichst realitätsnahe Erkenntnisse zu gewinnen und die Gegebenheiten der jeweiligen Firmen zu verstehen, werden teilstrukturierte Interviews geführt. Vor- und Nachteile dieser Interviewform sind nachfolgend in Tabelle 4.2 gegenübergestellt. [Hon23]

Tabelle 4.2: Vor- und Nachteile teilstrukturierter Interviews

Vorteile	Nachteile
Abdeckung des relevanten Themenbereichs durch Schlüsselfragen	Mögliche Beeinflussung des Gesprächspartners durch Interviewer
Möglichkeit der Variation der Fragetechnik (offene/geschlossene Fragen)	Aufwendige Auswertung aufgrund geringer Ergebnisvergleichbarkeit
Der Bezugsrahmen des Interviewten wird erweitert und festgehalten	Hoher zeitlicher Aufwand

Der Interviewleitfaden wird auf die befragten Personen zugeschnitten. Zielgruppe sind Gesprächspartner mit Personal- und Entscheidungsverantwortung, da diese – zumindest theoretisch – Auskunft zu allen 15 untersuchten Bausteinen der Digitalisierung (vgl. Kap. 2.2.4) geben können. Um keinen Rückschluss auf die Identität der Befragten oder der Unternehmen zu ermöglichen, werden die Interviewpartner mit dem Buchstaben „G“ und einer fortlaufenden Nummer (1-8) anonymisiert. Alle Interviews werden über MS Teams der Firma Microsoft Corp., Redmond, WS, USA durchgeführt und aufgezeichnet. Zur Auswertung der transkribierten Gespräche wird die Software MAXQDA der VERBI Software GmbH, Berlin verwendet. Zur Einordnung der Unternehmensgröße und Position im Markt sind nachfolgend in Tabelle 4.3 Beschreibungen aller interviewten Unternehmen sowie die Position der befragten Personen aufgelistet.

Tabelle 4.3: Übersicht der interviewten Unternehmen und Interviewpartner [Hon23]

	Position/Bereich	Jahresumsatz [Mio. €]	Mitarbeiter	Produkt
G1	Entwicklung	300	150	Techn. Textilien
G2	Geschäftsführung	20	123	Techn. Textilien
G3	Geschäftsführung	10	20	Färberei
G4	Geschäftsführung	30	40	Bettwäsche
G5	Geschäftsführung	50 – 100	270	Schmaltextilien
G6	Geschäftsführung	1 – 10	6	Bekleidung
G7	Controlling	10 – 20	120	Bekleidung
G8	EDV/Datenschutz	10 – 20	110	Techn. Textilien

Auf dieser Personengruppe basierend wird die Struktur des Leitfadens wie in Abbildung 4.5 dargestellt aufgebaut. Nach einleitenden Fragen zu Unternehmen und Position werden spezifische Fragen je nach Gesprächsverlauf erörtert. Der gesamte Leitfaden ist dokumentiert in Tabelle 15.10 – Tabelle 15.11 in Anhang B: Erläuterungen. Der Fragenkatalog dient als Orientierungshilfe, um dem Interviewpartner den Einstieg in die Thematik zu erleichtern. Aufgrund der zeitlichen Beschränkung und des unvorhersehbaren Gesprächsverlaufs konnten nicht alle Fragen erörtert werden. [Hon23]

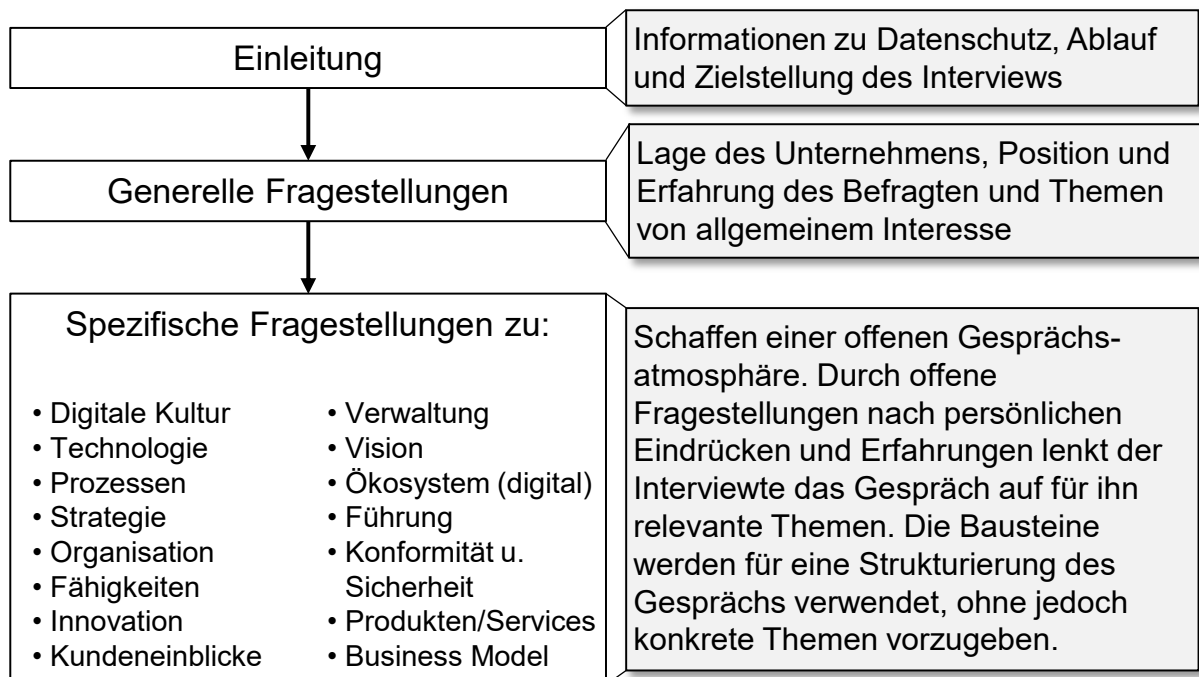


Abbildung 4.5: Struktur des Interviewleitfadens

4.3 Auswertung und Strukturierung der Hemmnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Literaturrecherche sowie der Brancheninterviews vorgestellt und verglichen. Ergänzt wird die Auswertung um die Forschungsergebnisse des IGF-geförderten Projektes (IGF-Nr. 20125N) „Erarbeitung eines Technologietransferkonzeptes zur Vernetzung textiler Prozessketten – Vertex 4.0“ [MKB21]. Um die Ursachen bzw. Handlungsfelder in Unternehmen besser lokalisieren zu können, wird ein strukturgebender Ordnungsrahmen eingeführt. Dieser dient sowohl der Organisation von Barrieren als auch Gliederung von Digitalisierungsangeboten (vgl. Kap. 5). Alle identifizierten Hemmnisse werden thematisch in dem Ordnungsrahmen gebündelt. Grundlage dafür sind die in Kap. 2.2.4 abgeleiteten 15 Bausteine der Digitalisierung (Abbildung 2.17).

Ergebnisse der Literaturrecherche

In Tabelle 4.4 sind Beispiele aus verschiedenen Handlungsfeldern aufgelistet. Bei der Analyse der Ergebnisse der Literaturrecherche zeigt sich, dass bei vielen Unternehmen nach wie vor das Vertrauen oder Wissen rund um digitale Technologien fehlt. Auffällig ist die häufige Nennung des wirtschaftlichen Aspekts. Ein Nachweis über die Wirtschaftlichkeit notwendiger Investitionen ist oftmals nicht mittelbar zu beziffern, sondern wird bspw. erst durch die Interpretation von Daten bewertbar (vgl. Kap. 8). [Iac21, Lag22, Aks21] Eine vollständige Liste aller Barrieren ist im Anhang in Tabelle 15.4 – Tabelle 15.9 zu finden.

Tabelle 4.4: Ausgewählte empirisch identifizierte Hemmnisse digitaler Transformation im produzierenden Gewerbe

Unterkategorie	Hemmnis
Digitale Kompetenz	Fehlendes Wissen über Prozesse/Potenzial
	Unverständliche oder fehlende Informationsquellen
Technologie	Systemintegration
	Schwierige Einrichtung und technische Einschränkungen
Business Model	Schwierigkeit des Nachweises der Wirtschaftlichkeit
	Investitions- und Anlaufkosten
Digitales Ökosystem	Wirtschaftliche Ungewissheit
	Fehlender Kontakt zu Technologieanbietern/-unterstützern

Auffällig ist, dass die meisten empirisch identifizierten Hemmnisse mit jeweils über 30 Treffern den Clustern *Digitale Kompetenz*, *Technologie*, *Business Model* und *Digitales Ökosystem* zugeordnet werden können. Eine Übersicht über die Häufigkeit des Auftretens von empirisch identifizierten Hemmnissen in bestimmten Clustern ist in Abbildung 4.6 dargestellt.

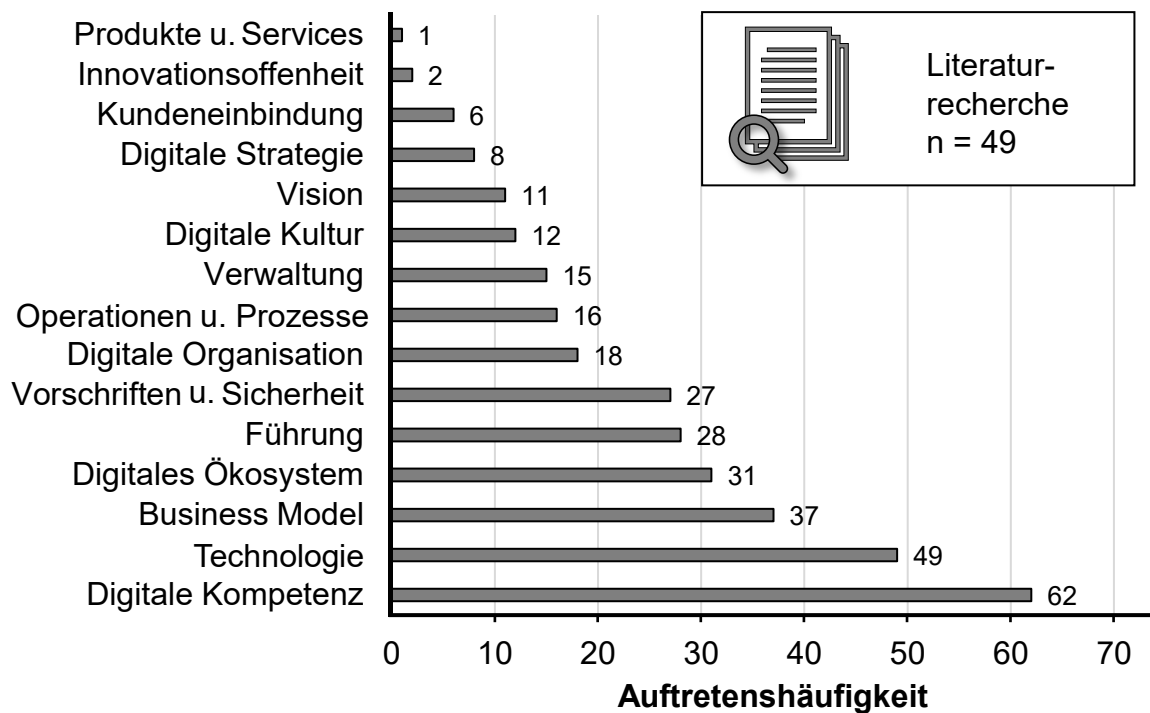


Abbildung 4.6: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster in der durchgeführten Literaturrecherche

Ergebnisse der Experteninterviews

Die Interviews werden aufgenommen, transkribiert und codiert. Jede Nennung eines Hemmnisses bzw. eines Hemmnisclusters wird aufgenommen und ausgewertet. So können in einem Interview Hemmniscluster auch mehrfach vorkommen. In Tabelle 4.5 sind ausgewählte Hemmnisse aus den Interviews mit Vertretern der Textilbranche gelistet. Auffällig ist der hohe Anteil an technischen bzw. technologischen Schwierigkeiten in den Unternehmen. Mehrfach wird angesprochen, dass spezifische Lösungen fehlen oder zu teuer sind. Ebenfalls interessant ist das mangelnde Vertrauen der Mitarbeitenden in neue

Technologien und Verfahren, was indirekt Rückschlüsse auf die digitale Kompetenz zulässt.

Tabelle 4.5: Auswahl genannter Hemmnisse in den Experteninterviews

Unterkategorie	Hemmnis
Technologie	Fehlende textilbranchenspezifische Angebote z. B. im Bereich ERP-System
	Aufwändige Nachrüstung alter Maschinenparks
Operationen u. Prozesse	Komplexe Systemintegration
	Fehlende industrieweite Standards
Digitale Kompetenz	Mangelnde Akzeptanz für (neue) System
	Abhängigkeit von externer Expertise
Kundeneinblicke	Insellösungen bei Unternehmen und Kunden
	Kein Datenrückfluss

Die Häufigkeit der Nennung der einzelnen Hemmniscluster in den Experteninterviews ist in aufsteigender Reihenfolge in Abbildung 4.7 zu sehen. Auffällig ist die deutlich erhöhte Anzahl von Nennungen im Cluster *Technologie* gegenüber den Ergebnissen der Literaturrecherche.

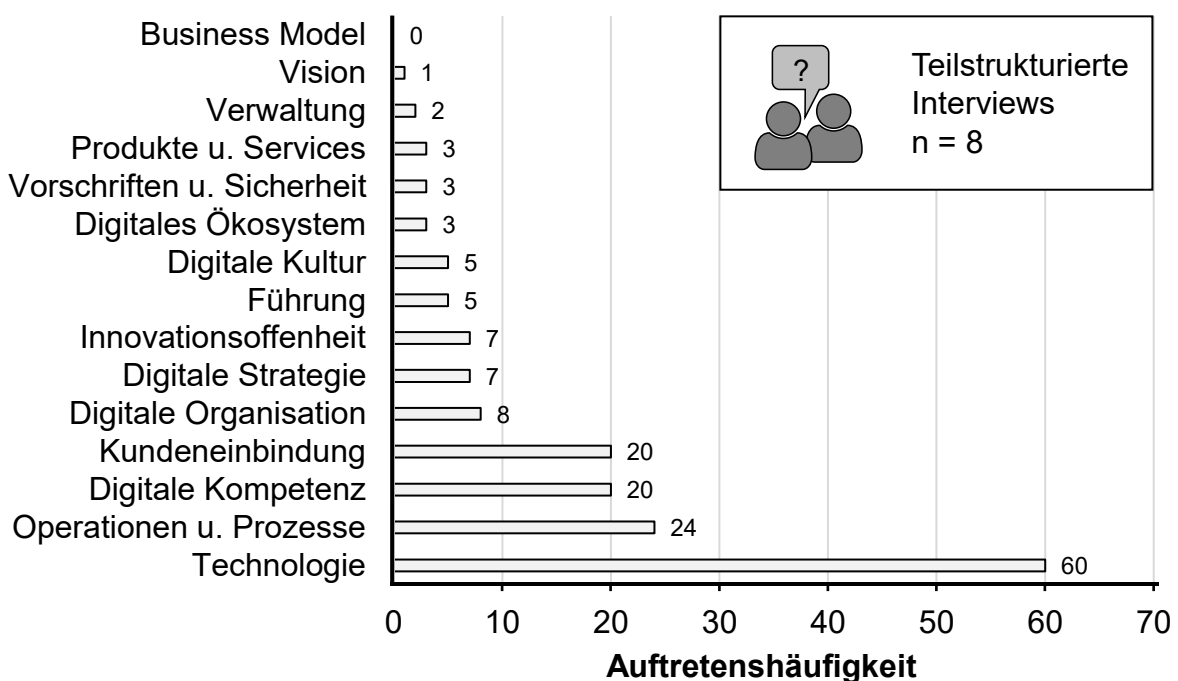


Abbildung 4.7: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster in den durchgeführten Experteninterviews

Die 3 Cluster *Kundeneinbindung*, *Digitale Kompetenz* und *Operationen u. Prozesse* folgen bei etwa gleicher Anzahl an Nennungen dahinter. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass die Interviewten möglicherweise durch den Interviewer beeinflusst werden und einige Themenbereiche daher detaillierter als andere erörtert werden (vgl. auch Tabelle 4.2).

Ergebnisse des Forschungsprojektes „Vertex 4.0“

Ergänzt werden die Brancheninterviews und recherchierten Hemmnisse durch Workshopergebnisse des IGF-geförderten Projektes „Erarbeitung eines Technologietransferkonzeptes zur Vernetzung textiler Prozessketten – Vertex 4.0“ (IGF-Nr. 20125N) [MKB21]. Ziel des Workshops ist es herauszufinden, mit welchen Barrieren sich Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses bei der Einführung von Industrie 4.0-Technologien konfrontiert sehen. Die Barrieren werden dazu zunächst in einem Brainstorming gesammelt und zusammengefasst. Anschließend werden sie entsprechend ihrer Wichtigkeit und Dringlichkeit zur Behebung durch Industrievertreter bewertet (siehe Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Sitzungsergebnisse des Projektausschusses „Vertex 4.0“

Rang	Hemmnis
1	Fehlendes Vertrauen in Technologien (Kontrolle u. Transparenz)
2	Unsicherheit über finanziellen Nutzen
3	Technologische Hürden aufgrund mangelnder Ressourcen u. Fachkräfte
4	Fehlende Umsetzungsfähigkeit „Konflikt Wollen vs. Machen“
5	Mangelhafte Infrastruktur
6	Mangelnde Risikobereitschaft
7	Fehlende Digitalisierungsstrategie
8	Erschwerte Suche und Bindung von Fachkräften

4.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden Hemmnisse des produzierenden Gewerbes mit besonderem Fokus auf die Textilbranche identifiziert und anhand der Bausteine der Digitalisierung strukturiert. Zur Schaffung einer Datenbasis wird zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt. Aus über 800 Datensätzen werden schließlich 49 ausgewählt und in diese Arbeit eingeschlossen. Die Ergebnisse

werden durch Brancheninterviews erweitert. Durch Gespräche mit 8 Unternehmen der Textilbranche wird der Fokus der Hemmnisse geschärft. Weiterhin fließen die Ergebnisse des Forschungsprojekts Vertex 4.0 in die Ergebnisse mit ein. Die Studien bestätigen die jeweiligen Ergebnisse teilweise, weisen jedoch auch Differenzen auf. So werden bspw. in beiden Studien die Felder *Technologie* und *Kompetenzen* stark in den Fokus gerückt. Dagegen gibt es deutliche Abweichungen beim Thema *Business Model*. Dieses findet in den Experteninterviews überhaupt keine Erwähnung, während in der Literatur über 30 Nennungen zu finden sind. Die Häufigkeit der Nennungen der Handlungsfelder in den beiden Studien ist in Abbildung 4.8 dargestellt.

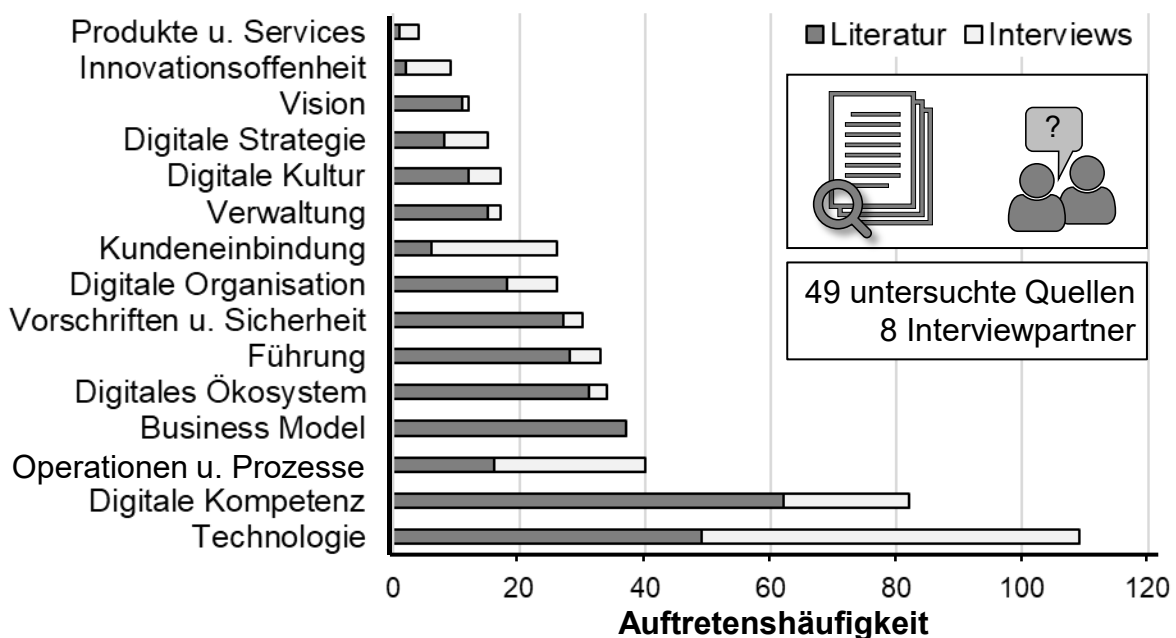


Abbildung 4.8: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster im Vergleich von Literaturrecherche und Experteninterviews

Beim Vergleich der Studien sind die jeweiligen Limitationen (z. B. Beeinflussung der interviewten Personen durch den Interviewer, Eingrenzung der Literatur) zu berücksichtigen. Aus der kumulierten Übersicht ergibt sich jedoch, dass im nachfolgenden Teil der Arbeit der Fokus auf den Feldern *Technologie* und *Kompetenzen* liegt.

5 Beschreibung des Lösungsraums

Aufbauend auf den ermittelten Hemmnissen digitaler Transformation in Kap. 4 wird in diesem Abschnitt der Lösungsraum definiert. Dazu dient das DCC Aachen als Basis für die Entwicklung und Bereitstellung von unterstützenden Digitalisierungsangeboten. Um potenziellen Kunden den Einstieg in das komplexe Angebot zu erleichtern, wird die aktuelle Angebotsstruktur angepasst. Ziel ist die Neugliederung der Angebote, sodass auf unternehmensspezifische Hemmnisse eingegangen werden kann und individuelle unterstützende Angebote konzipiert werden können. Dazu wird die Struktur eines Steckbriefs zur standardisierten und einheitlichen Beschreibung von Angeboten entwickelt (vgl. Abbildung 5.1). Die Steckbriefe werden in Kap. 6 aufgegriffen und in eine übergeordnete Angebotsstruktur integriert. Diese ermöglicht einen standardisierten Vergleich von Angeboten durch die Strukturierung innerhalb der Bausteine der Digitalisierung. In Kap. 7 wird der Ablauf zur Erstellung und Konfiguration kundenindividueller Digitalisierungsmaßnahmen entwickelt. Die Konfiguration der Maßnahmen basiert auf der zuvor erstellten Angebotsstruktur.

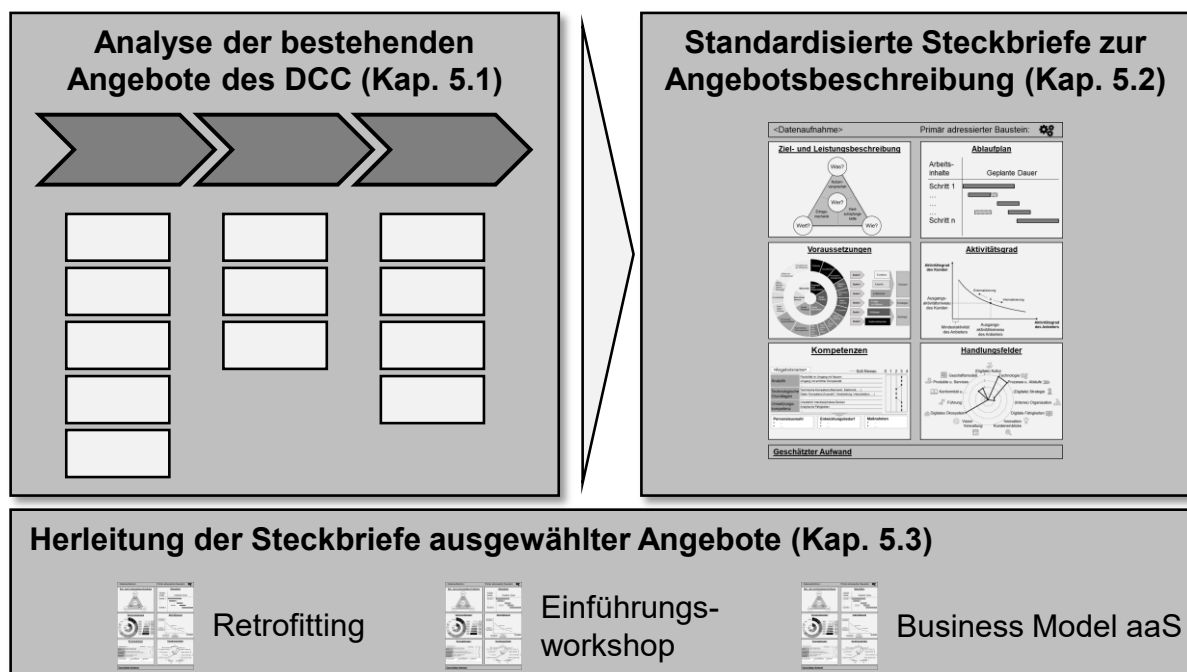


Abbildung 5.1: Übersicht der Inhalte in Kapitel 5

In Kap. 5.1 wird ein Überblick über den Status quo des Leistungsportfolios des DCC Aachen gegeben. Darauffolgend wird in Kap. 5.2 eine standardisierte Form zur Beschreibung von Angebotsinhalten hergeleitet. In Kap. 5.3 werden 3 Angebotsformate exemplarisch vorgestellt. In Kap. 6 wird schließlich eine angepasste Angebotsstruktur – oder auch Menükarte – mit dem Ziel entwickelt, einen schnellen und strukturierten Überblick über das Leistungsspektrum des DCC Aachen zu gewährleisten.

5.1 Leistungsportfolio des DCC Aachen

Wissensvermittlung stellt ein Kernelement des Geschäftsmodells des DCC Aachen dar. Die Inhalte der angebotenen Formate sind fortgeschritten. Aus diesem Grund wird der Fokus im Folgenden auf die Entwicklung weiterer Service- und Dienstleistungsformate des DCC Aachen gelegt (vgl. Abbildung 5.2).

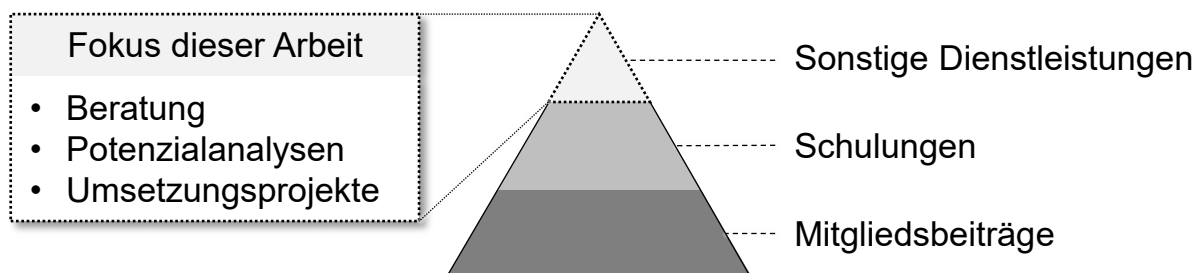


Abbildung 5.2: Finanzierungsbausteine der DCC Aachen und fokussierte Themenfelder des Angebotsportfolios

Das DCC Aachen wird 2016 durch die ITA Academy GmbH, Aachen und das Beratungsunternehmen McKinsey & Company Corp., New York City, NY, USA als *Lernfabrik* gegründet. Ursprüngliche Idee der Lernfabrik ist die Vermittlung und Erweiterung von Wissen rund um Digitalisierungsthematiken im Produktionskontext. In verschiedenen Workshopformaten wird Wissen theoretisch und praktisch vermittelt. Tiefergehende Informationen zu Struktur und Aufbau einer Lernfabrik bzw. des DCC Aachen sind bspw. in [Küs18] zu finden. Seit der Gründung wird das Portfolio des DCC Aachen stetig erweitert, sodass inzwischen 4 Säulen den wirtschaftlichen Betrieb sicherstellen. Diese sind in Abbildung 5.3 dargestellt.

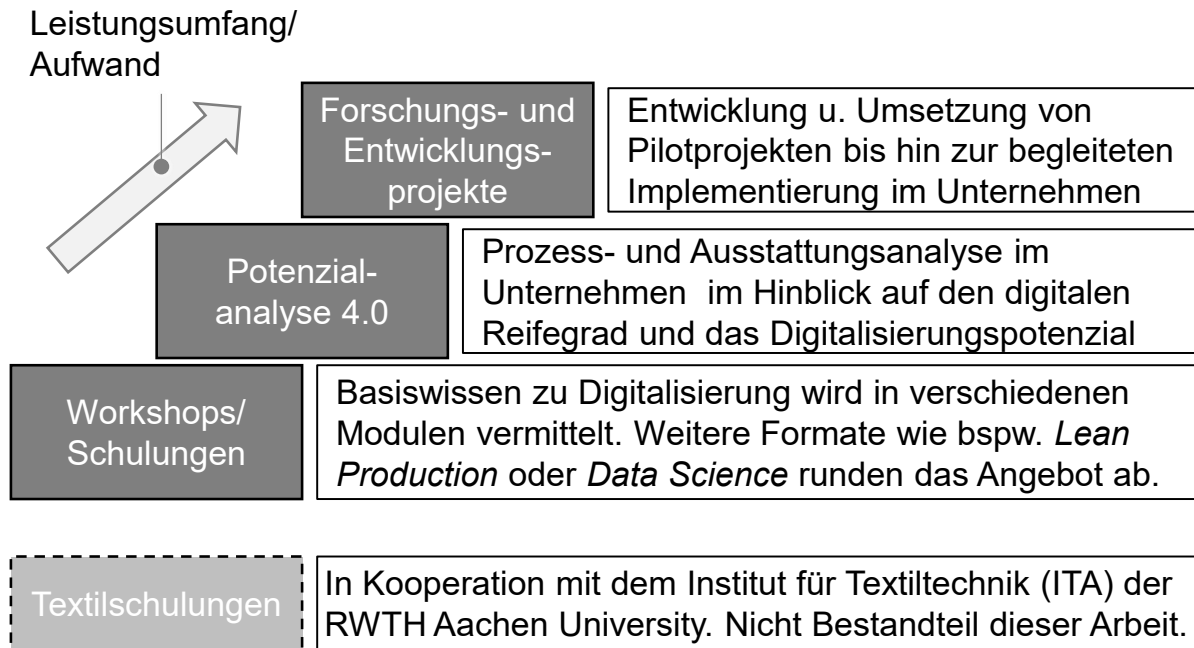


Abbildung 5.3: Einteilung der Angebote des DCC Aachen

Aufbau und Inhalte der einzelnen Angebote werden in den folgenden Kapiteln skizziert. Dabei wird der Fokus auf die Struktur der Angebote und weniger auf konkrete Inhalte gelegt. Die vorgestellten Inhalte bzw. Abbildungen sind teils dem Internetauftritt des DCC Aachen entnommen.

5.1.1 Workshops

Als Lernfabrik verantwortet das DCC Aachen den digitalen Kompetenzaufbau im Rahmen der digitalen Transformation in der Produktion [Küs18]. Die Schulungsinhalte liegen als modularer Baukasten vor und können hinsichtlich der Kundenwünsche und der Zielgruppe zu Workshops zusammengesetzt werden. Beschränkt wird das Angebot jeweils durch eine zeitliche und eine inhaltliche Komponente. Workshops dauern in der Regel zwischen 0,5 und 3 Tagen. Die Module sind entsprechend vorzubereiten und zu aktualisieren. Die Schulungsinhalte bestehen aus Kompetenzbausteinen und weiteren Informationsbausteinen. Der Aufbau der Workshops bzw. des Modulbaukastens ist in Abbildung 5.4 zu sehen. Gängige Workshopformate sind darauf ausgelegt, Grundlagenwissen zu verschiedenen Trendthemen der Digitalisierung im Produktionskontext zu vermitteln. So besteht der Workshop *Einführung in die digitale Transformation* aus bis zu 9 Modulen, in denen Technologien, Services und

unternehmensübergreifende Themen (vgl. Enhanced Business Model Canvas – Kap. 2.2.6.1) vorgestellt werden.

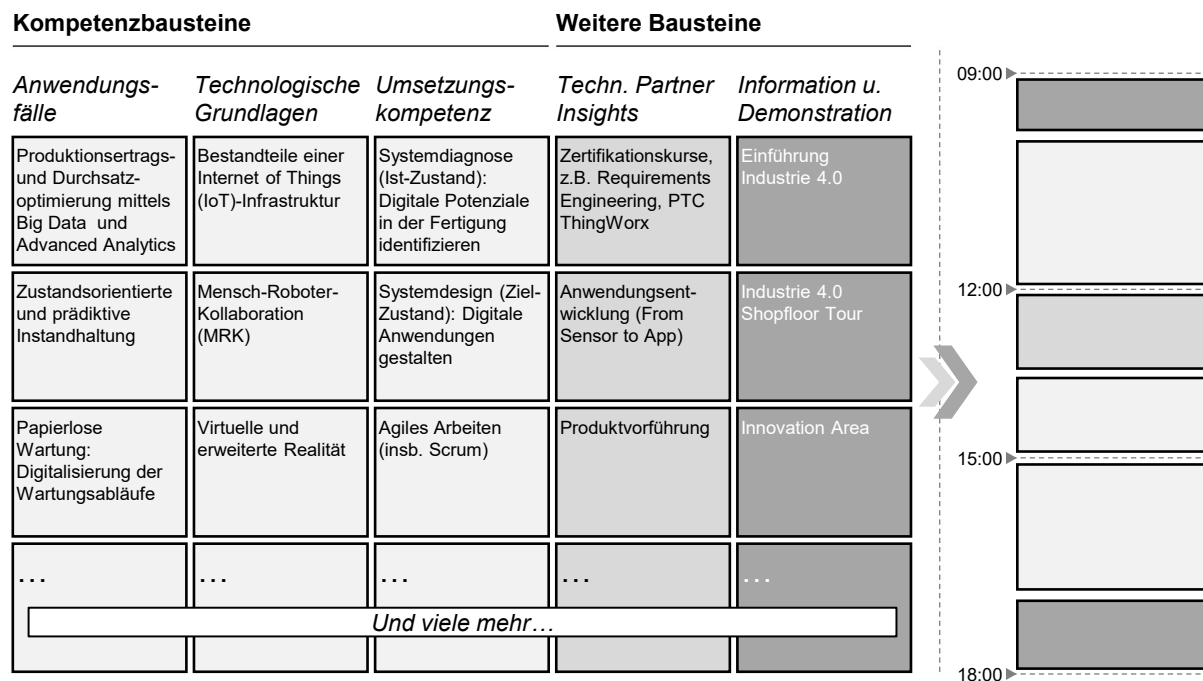


Abbildung 5.4: Auszug aus dem Modulbaukasten des DCC Aachen zum Aufbau von Workshops, in Anlehnung an [Küs18]

Neben Grundlagenworkshops werden die weiteren Themenfelder *Augmented Reality (AR)* und *Virtual Reality (VR)*, *Additive Fertigung (3D-Druck)* und *Design Thinking* angeboten. Die Website mit einer Übersicht aller angebotenen Workshop-Themen des DCC Aachen ist in Abbildung 5.5 zu sehen.

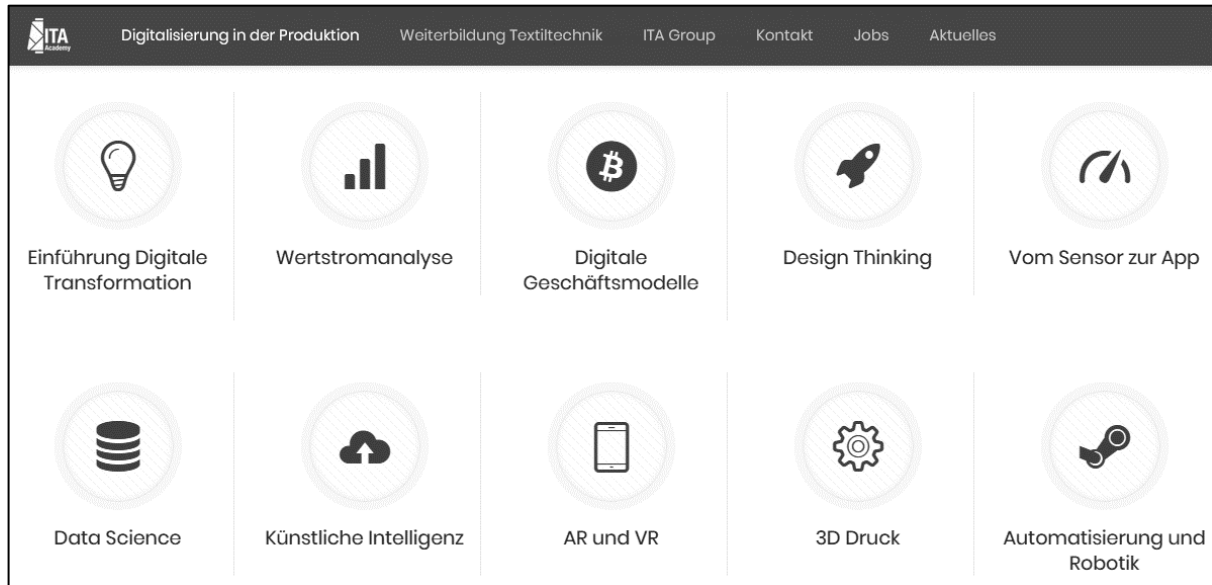


Abbildung 5.5: Ausschnitt angebotener Workshop-Formate auf der Website des DCC Aachen [ITA22a]

5.1.2 Potenzialanalysen

Potenzialanalysen sind standardisierte Angebotsformate, mit dem Ziel, mögliche Verbesserungspotenziale bei einem Unternehmen aufzudecken. Sie sind häufig die Grundlage für weiterführende Beratungsdienstleistungen. Basierend auf den in Potenzialanalysen gewonnen Erkenntnissen können Angebote gezielter auf Kunden zugeschnitten werden. Das Format ist daher ein wichtiger Baustein zur tieferen Kundenergründung. Die Analysen folgen einem festen Ablauf. Über 2 Tage führen Digitalisierungsexperten des DCC Aachen mit Firmenangestellten Interviews durch. Anschließend folgt eine Begehung der Produktionshallen. Diese – auch *Digital Waste Walk* genannte – Methode ist ein Werkzeug zur Aufdeckung von Verschwendung im Sinne des Lean Ansatzes (vgl. [Voi18]) und von Defiziten analoger Produktion. Die Beobachtungen und Erkenntnisse der Begehung werden im nächsten Schritt mit dem Kunden diskutiert. Gemeinsam werden Digitalisierungspotenziale priorisiert und abschließend eine Digitalisierungs-Roadmap erstellt. Potenzialanalysen sind darauf ausgelegt, in kurzer Zeit einen Überblick über ein Unternehmen und speziell den Produktionsbereich zu erhalten. Eine langfristige Kooperation wird so vorbereitet. Basierend auf den erzielten Ergebnissen wird in einem oder mehreren

Folgeprojekten die Umsetzung einzelner Digitalisierungsprojekte geplant und vorbereitet. Der Ablauf einer Potenzialanalyse ist in Abbildung 5.6 skizziert.

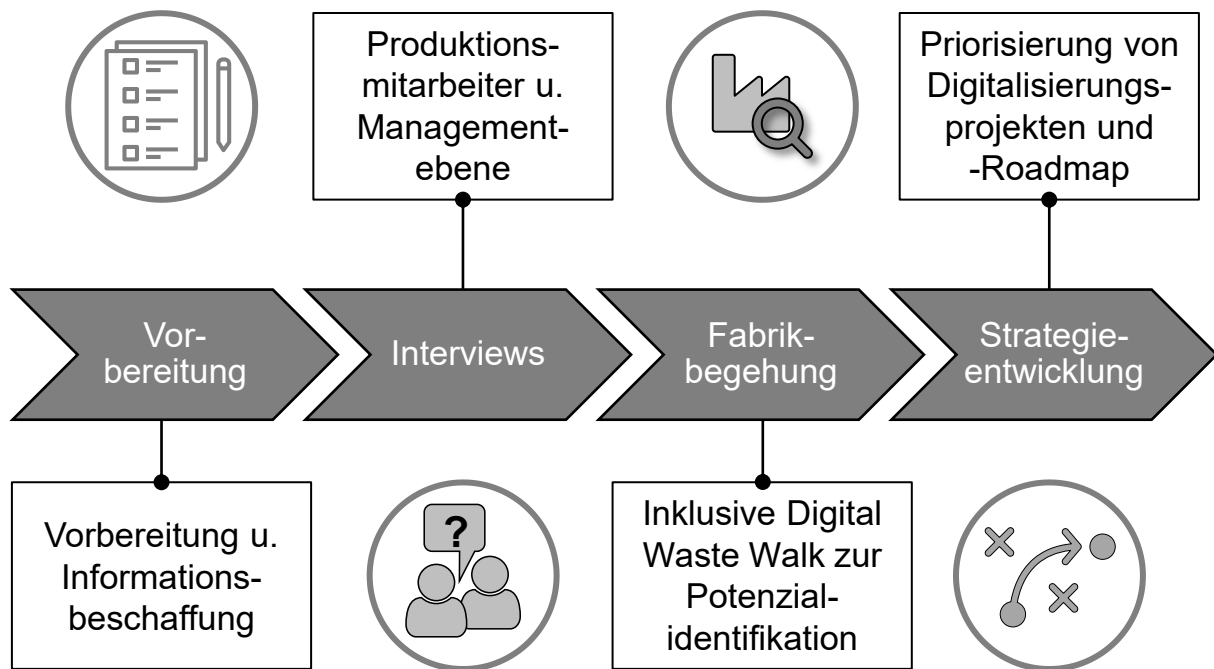


Abbildung 5.6: Ablauf einer Potenzialanalyse

5.1.3 Beratungsdienstleistung

Ein weiteres Geschäftsfeld des DCC Aachen sind klassische Beratungsdienstleistungen. Aufgrund der Nähe zur RWTH Aachen University, Aachen und eines breiten Industrienetzwerkes – bestehend aus Ausstellern und assoziierten Partnern des DCC Aachen – kann auf einen breiten Wissensschatz zugegriffen werden. Entsprechend divers ist das angebotene Themenspektrum. Von wirtschaftlichen Berechnungen über Technologieplanung bis hin zur Unterstützung bei der Gestaltung neuer Arbeitswelten (Arbeit 4.0) werden Beratungsdienstleistungen angeboten. Der Umfang wird dabei stets individuell nach den Wünschen des Kunden angepasst und basiert meist auf den Ergebnissen einer Potenzialanalyse und/oder eines Workshops. Eine Standardisierung dieses Bausteins ist nicht möglich, da die Ausgangslage des Kunden mit in den Prozess einbezogen werden muss. Allerdings können die Erkenntnisse aus einer vorgelagerten Potenzialanalyse genutzt werden, um die Beratungsdienstleistung und -ziele vorab zu strukturieren. Vorgehen und Inhalt werden im gesamten Projektverlauf eng mit dem Kunden abgestimmt und wenn nötig angepasst. Das aktuelle Spektrum

der Beratungsdienstleistungen ist auf der Website des DCC Aachen zu finden. Ein Ausschnitt (Stand 09. Mai 2023) ist in Abbildung 5.7 zu sehen.

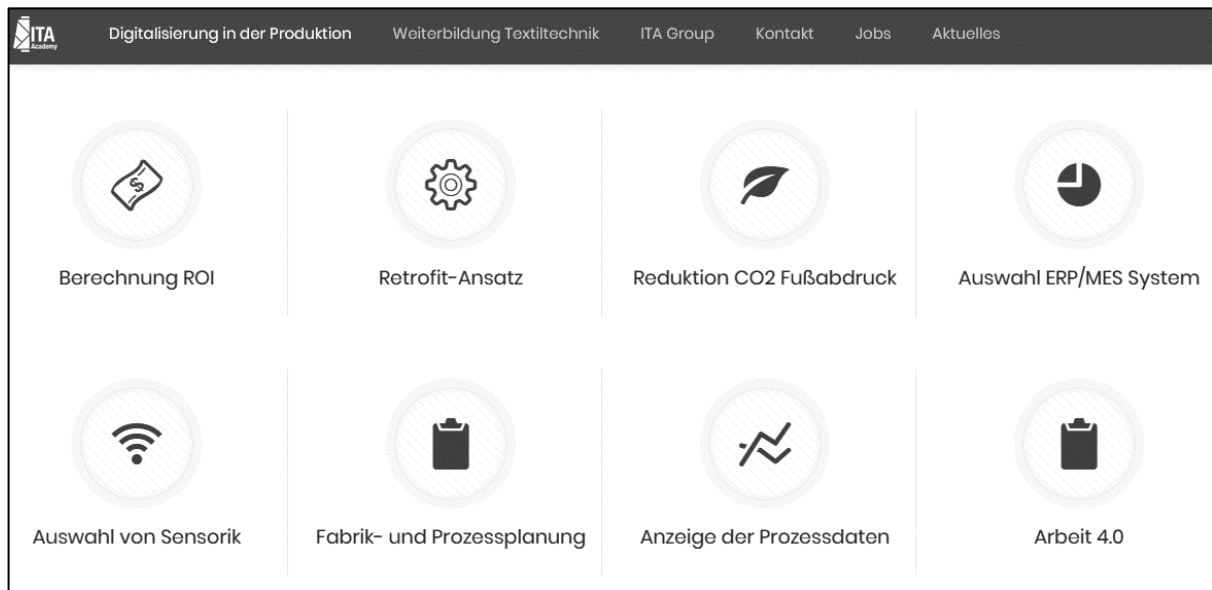


Abbildung 5.7: Themenspektrum der Beratungsprojekte gemäß der Website des DCC Aachen [ITA22b]

5.1.4 Umsetzungsprojekte

Umsetzungsprojekte sind der finale Baustein des Leistungsspektrums des DCC Aachen. Dabei werden in Pilotprojekten Digitalisierungsvorhaben beim Kunden in der Produktion umgesetzt oder Auftragsforschung im Rahmen des DCC-Netzwerks durchgeführt. Beide Arten der Umsetzungsprojekte sind nachfolgend detaillierter beschrieben.

Forschung und Entwicklung

In diesem Format lagert ein Unternehmen Forschungsarbeiten an das DCC Aachen aus. Moderne digitale Fertigungslösungen werden durch das Entwicklungsteam ausgearbeitet. Sowohl die Entwicklung von Hardware- als auch Softwarelösungen sind im Leistungsumfang darstellbar. Ein Beispiel für ein umgesetztes Forschungs- und Entwicklungsprojekt ist etwa die Messung und Optimierung des Energieverbrauchs einer Thermofixieranlage. Mithilfe des Einsatzes von künstlicher Intelligenz (KI) kann der optimale Betriebspunkt der Maschine ermittelt werden. In der Folge sinkt der Energieverbrauch um mehr als

10 % [TBP23]. Der Versuchsaufbau des Projekts, so wie er im DCC Aachen zu sehen ist, ist in Abbildung 5.8 skizziert.

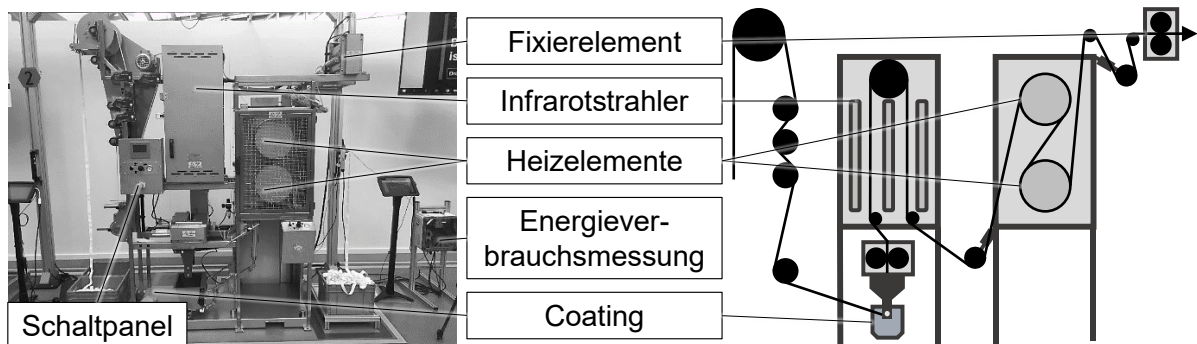


Abbildung 5.8: Forschungsprojekt zur Senkung des Energieverbrauchs einer Thermofixieranlage am DCC Aachen

In einem weiteren Forschungsprojekt wird die automatische Fehlererkennung im Druckprozess mit Hilfe optischer Verfahren untersucht. Basierend auf der Fehlererkennung wird eine Aktorik entwickelt, die eine selbstständige Anpassung des Prozesses ermöglicht und so eine vollständig automatisierte Fehlervermeidung bzw. -behebung ermöglicht (vgl. Abbildung 5.9).

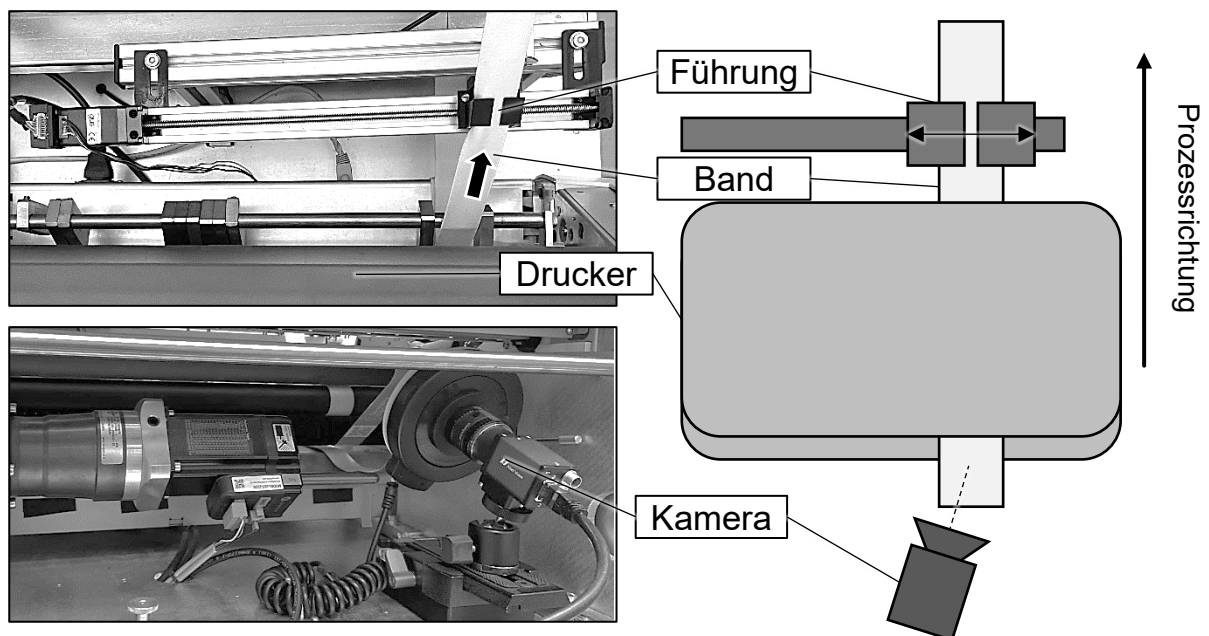


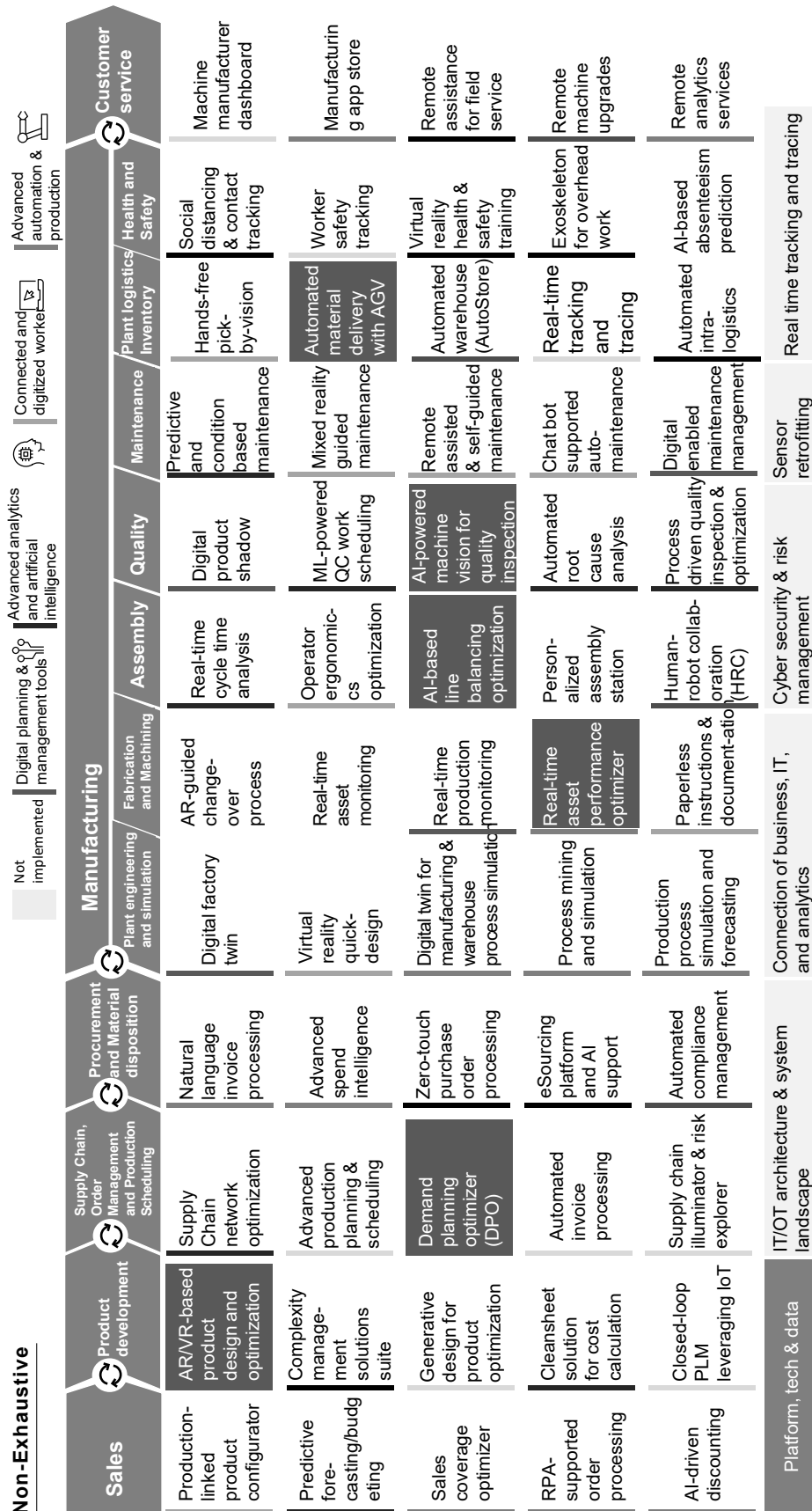
Abbildung 5.9: Forschungsprojekt zur automatischen Fehlererkennung und -vermeidung

Implementierung

Im Gegensatz zu Forschungs- und Entwicklungsprojekten wird bei Implementierungsprojekten eine Technologie im Pilotmaßstab im Unternehmen eingesetzt. Das DCC Aachen greift dazu auf sein Netzwerk aus Universitäts- und Firmenkontakten zu. Besonders interessant ist für Implementierungsprojekte die Zusammenarbeit mit Start-ups, die am selben Standort wie das DCC Aachen ansässig sind. Die jungen Unternehmen liefern Know-how und Arbeitskraft und können dafür ihre Lösungen in realen Industrieanwendungsfällen erproben und bewerben. Ein erfolgreich durchgeführtes Implementierungsprojekt ist die Auswahl und Anbindung eines Sensorsystems sowie die Einrichtung einer automatisierten Datenauswertung zur Fehlererkennung im Schmelzspinnprozess. Ein weiteres Implementierungsprojekt mit Fokus auf der Erhebung von Prozessdaten wird in Kap. 8 detailliert vorgestellt und die Ergebnisse werden analysiert.

Ein Auszug der angebotenen technischen Lösungen ist in Abbildung 5.10 zu sehen. Die Angebote werden entlang der Wertschöpfungskette von Sales über Produktentwicklung, Beschaffung und Produktion bis hin zum Kundenservice in verschiedenen Kacheln dargestellt. Die Inhalte sind thematisch in übergeordnete Cluster wie *Automatisierung und Produktionstechnologien*, *Advanced Analytics* oder *digitale Planung* geordnet. Besonderer Fokus liegt auf der Fertigung. Diese ist unterteilt in Themen wie Fabrikplanung, Montage, Qualität sowie Arbeitssicherheit und Ergonomie. Häufig angefragte Formate sind grau hinterlegt.

Trotz der hohen Qualität der Angebote ist das Vorgehen zur Angebotsfindung für Außenstehende unübersichtlich. Problemanalyse, Problemidentifikation sowie Ableitung und Vorauswahl geeigneter Maßnahmen liegen momentan beim Kunden. Zur besseren Übersichtlichkeit für Kunden wird das Angebot neu strukturiert. Dazu wird in Kap. 5.2 ein Steckbrief zur einheitlichen Leistungsbeschreibung aufgebaut. Anschließend werden 3 ausgewählte Angebote detaillierter vorgestellt (Kap. 5.3). Die Erkenntnisse werden in Kap. 6 mit den Arbeiten aus Kap. 4 zu einer neuen Angebotsstruktur kombiniert.



Abbreviations: AA: Advanced Analytics; AGV: Autonomous guided vehicles; AI: Artificial Intelligence; AR: Augmented Reality; CE: Cognitive engine; DCT: Digital Control Tower; DPE : Digital Performance Engine; E2E: End to End ; IoT : Internet of Things ; ML: Machine Learning; PLM: Product lifecycle management; RPA: Robot Process Automation; RTLS: Real-time location systems; VC: Venture Capital; VR: Virtual Reality

Abbildung 5.10: Auszug aus dem techn. Angebotsportfolio des DCC Aachen

5.2 Angebotsaufbau

Die aktuelle Struktur des Leistungsportfolio ist für Unternehmen komplex zu erfassen. Aus diesem Grund werden eine Überarbeitung und Neuaufbereitung der Angebotsstruktur vorgenommen. Dazu wird zunächst ein Steckbrief zu entwickeln, der zur einheitlichen Beschreibung der verschiedenen Angebote dient. So wird die Vergleichbarkeit der Angebote ermöglicht. Zudem dient die entwickelte Struktur zur Erhöhung der Übersichtlichkeit für (Neu-)Kunden sowie der vereinfachten Planung und Erstellung von Projektabläufen. In den folgenden Unterkapiteln werden insgesamt 7 Kriterien zur Angebotsbeschreibung hergeleitet, ihre Bedeutung erläutert und – wo nötig – Kennzahlen definiert. Alle notwendigen Komponenten der Ziel- und Leistungsbeschreibung sind in Abbildung 5.11 zu sehen.

5.2.1 Ziel und Leistungsbeschreibung

Die Ziel- und Leistungsbeschreibung erfolgt in Anlehnung an die Struktur des St. Gallener Business Model Navigators (vgl. Kap. 2.2.6.1). Anstelle der *Ertragsmechanik* ist zu definieren, wer eine spezifische Leistung innerhalb eines Projekts erbringt. Zur Erfolgsüberprüfung sind die Ziele eines Projekts messbar, quantifizierbar und exakt zu beschreiben. Dies ist wichtig, um Kundenerwartungen entsprechen zu können. Die 4 Dimensionen, die in die Ziel- und Leistungsbeschreibung aufzuführen sind, lauten: *Leistungserbringer*, *Nutzenversprechen*, *Leistungsempfänger* und *Vorgehen zur Zielerreichung*. Die einzelnen Punkte werden nachfolgend detaillierter dargestellt.

Leistungserbringer

Leistungserbringer können je nach Art des Angebots unterschiedliche Entitäten oder auch eine Gruppe mehrerer Beteiligter sein. Neben Mitarbeitern des DCC Aachen können universitäre Einrichtungen aus dem Nahfeld Projekte im Unterauftrag durchführen. Darüber hinaus ist (un-)mittelbar am DCC Aachen ein Firmennetzwerk ansässig, das zu Projekten hinzugezogen werden kann. Weiterhin ist die Einbindung von Start-ups eine Möglichkeit, Teile der Leistung zu

erbringen. Eine Kombination der Kompetenzen begünstigt eine effiziente Durchführung.

Nutzenversprechen

Im Nutzenversprechen sind die Ziele des Projekts festzulegen. Art, Format und Umfang der Ergebnisse sind exakt, quantifizierbar und messbar zu definieren. Die Ziele sollten nach der SMART-Regel – also spezifisch, messbar, ambitioniert, realistisch und terminiert – (z. B. [CFI23]) aufgestellt werden, sodass die Erreichung objektiv überprüft werden kann.

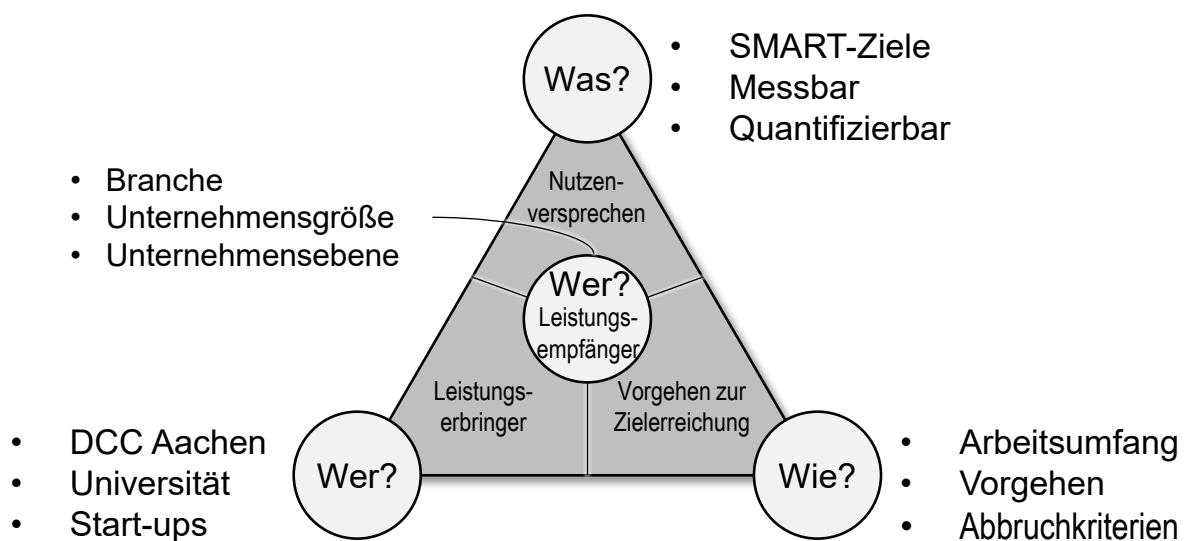


Abbildung 5.11: Notwendige Komponenten der Leistungsbeschreibung, in Anlehnung an [GFC20]

Vorgehen zur Zielerreichung

Der für eine pünktliche und vollständige Erbringung der Leistung erforderliche Arbeitsumfang ist zu beschreiben. Das Vorgehen zur Zielerreichung inklusive anzuwendender Methoden ist zu skizzieren und eventuelle Zwischenergebnisse sind zu nennen. Darüber hinaus sollten Kriterien zum Abbruch eines Projekts definiert werden.

Leistungsempfänger

Weiterhin ist festzulegen, welche Zielgruppe(n) mit dem Angebot angesprochen werden soll(en). Dazu sind Überlegungen in verschiedenen Richtungen durchzuführen: Welche Branchen sollen angesprochen werden? Welche Größe und

Ressourcen haben die angesprochen Unternehmen? Ist die Zielgruppe innerhalb eines Unternehmens eher auf der Management- oder auf der Produktionsebene zu verorten?

5.2.2 Ablaufplan

Ein standardisierter Ablaufplan sorgt für eine klare Projektstruktur und dient der Orientierung für Kunden und Leistungserbringer. Gängige Formen, den Ablauf klassischer Projekte darzustellen, sind der Chevron-Prozess oder das Gantt-Chart. Beide Optionen bieten Vorteile. Der Chevron Prozess ist einfacher aufgebaut, das Gantt-Chart liefert dagegen detaillierte Informationen zu Dauer und Projektinhalten. Beide Darstellungsformen sind in Abbildung 5.12 dargestellt. Zunächst wird für alle Angebote der Ablauf im Chevron-Format festgelegt. Die einzelnen Arbeitsschritte können dann anhand von Erfahrungswerten und unter Angabe der Dauer, detailliert im Gantt-Chart festgehalten werden. Obwohl in dieser Beschreibung klassische Projektmanagementansätze gewählt werden, ist die Struktur auf agile Projektformen übertragbar. Eine entsprechende Anpassung des Steckbriefs ist hierfür notwendig.

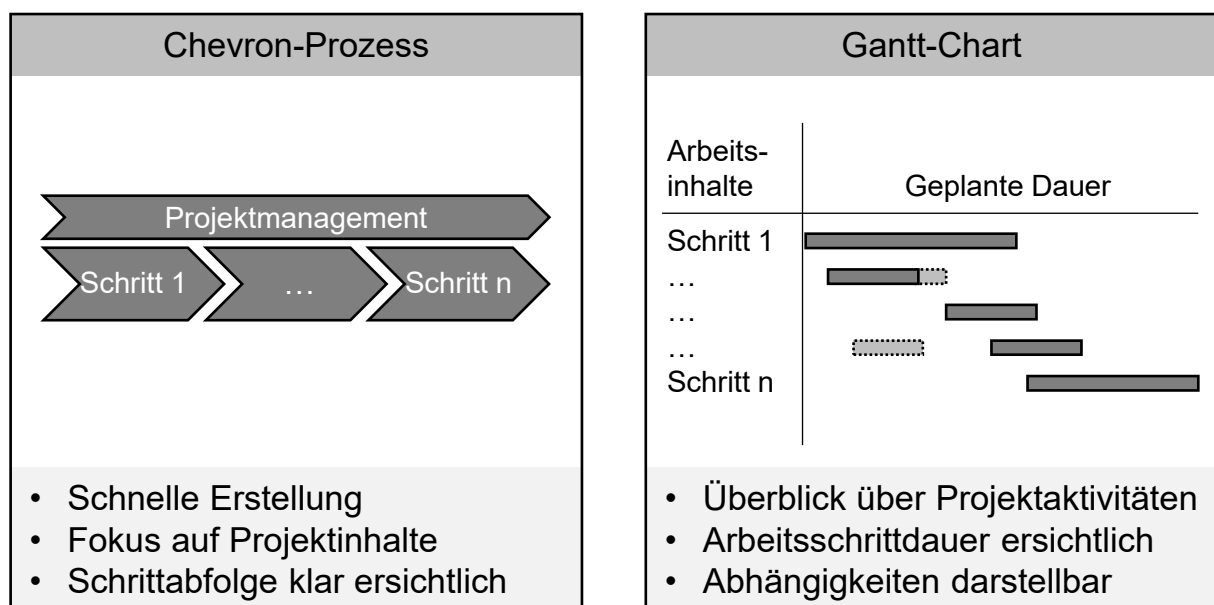


Abbildung 5.12: Chevron-Prozess zur Strukturierung und Gantt-Chart zur Feinplanung von Projektabläufen

Eine Alternative zur herkömmlichen Darstellung und Durchführung von Projekten ist das agile Projektmanagement. Gerade für komplexe Projekte mit schnell wechselnden Randbedingungen bietet sich die Nutzung des SCRUM-Ansatzes an. In SCRUM existieren 3 Rollen – *Product-Owner*, *Scrum-Master* und *Development Team*. Basierend auf den Zielvorgaben des *Sprint Planning* werden zeitlich terminierte *Sprints* durchgeführt, in denen das Development Team Lösungen gemäß der Zielvorgaben erarbeitet. Während der Sprints werden im *Daily* täglich die Tagesziele von Scrum-Master und Development Team besprochen. Der Product-Owner überprüft am Ende in einem *Sprint Review* ob die Aufgaben zufriedenstellend ausgeführt wurden. Am Ende eines Zeitabschnitts werden in der *Retrospektive* offene Fragen, Risiken und Gelerntes geteilt. [ABB22] Das prinzipielle Vorgehen ist in Abbildung 5.13 dargestellt. Im Verlauf dieser Arbeit werden agile Projektmanagementmethoden nicht weiter berücksichtigt, da klassische Wasserfallprozesse (Gantt-Chart) eine bessere Übersichtlichkeit liefern und ohne Zertifizierung anwendbar sind.

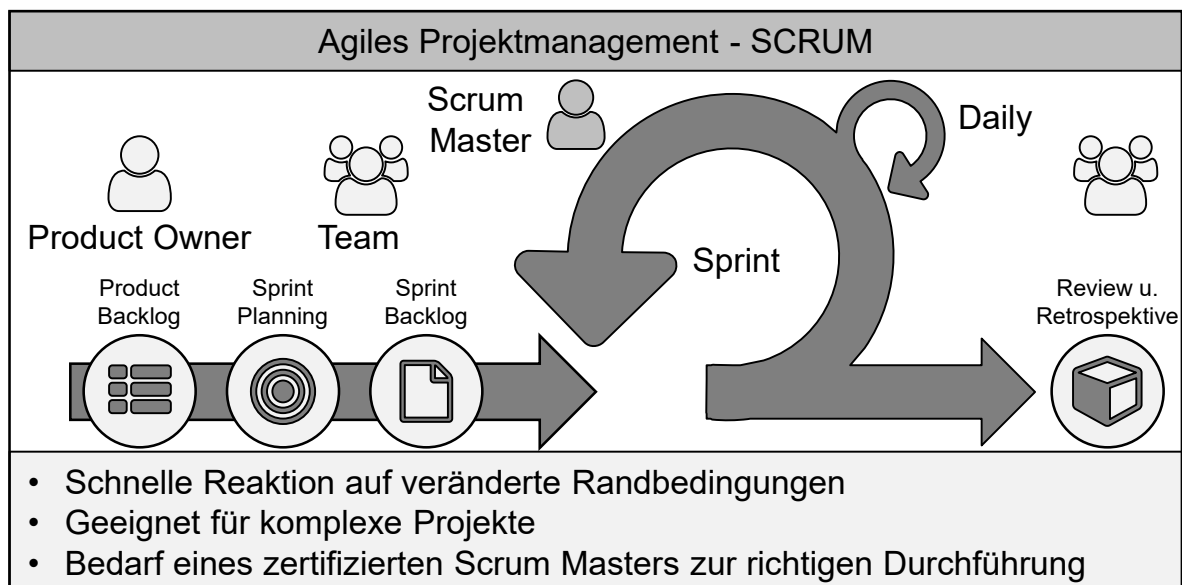


Abbildung 5.13: Ablauf agiles Projektmanagement mit der SCRUM-Methode

5.2.3 Voraussetzungen

Insbesondere bei Implementierungsprojekten ist eine sorgfältige Vorbereitung für den Projekterfolg signifikant. Bei der Einbindung von Hard- und Software sind bereits bestehende Systeme und die individuellen Voraussetzungen im

Unternehmen zu berücksichtigen. Beispielsweise könnte es sein, dass für die Einführung eines neuen ERP-Systems sämtliche Maschinen in eine zentrale IT-Infrastruktur eingebunden werden müssen. Voraussetzung dafür wäre, dass alle Maschinen eine entsprechende Schnittstelle aufweisen.

Das Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University hat an der „*VDI/VDE 3714 - Implementierung und Betrieb von Big-Data-Anwendungen in der produzierenden Industrie Durchführung von Big-Data-Projekten*“ entscheidend mitgewirkt [VDI22]. Die Richtlinie bildet einen Leitfaden zur Durchführung von Big-Data-Projekten. Da Digitalisierung per Definition in dieser Arbeit jedoch mehr als Big-Data-Anwendungen umfasst, wird dieser Leitfaden nicht zur Prüfung der Voraussetzungen herangezogen. Eine Anpassung bzw. Erweiterung der Richtlinie zur Anwendung in weiteren Transformationsprojekten könnte zu einem späteren Zeitpunkt berücksichtigt werden.

Stattdessen wird zur Feststellung des Industrie 4.0-Reifegrades – und damit die Erfüllung der Voraussetzungen – das „Industrie 4.0-Readiness-Modell“ des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen und des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH (IW Consult) verwendet. Das Modell eignet sich besonders, da es Sowohl die technische als auch (teilweise) die Nutzerdimension innerhalb eines Unternehmens berücksichtigt. Zudem ist es einfach anwendbar, da zur Nutzung ausschließlich ein Online-Fragebogen auszufüllen ist. Des Weiteren werden konkrete Handlungsempfehlungen ausgesprochen und ein Vergleich des Digitalisierungsreifegrades innerhalb der Branche ermöglicht. Dadurch kann die eigene Digitalisierungsstrategie nochmals geprüft werden. Die Herleitung der Anforderungen und Bewertung des Modells sind in Kap. 2.2.4 zu finden. Sowohl Kunden als auch Dienstleister können das Modell verwenden, um Mindestanforderungen an den Industrie 4.0-Reifegrad eines Unternehmens für bestimmte Projekte zu stellen. Eine genauere Beschreibung des Vorgehens ist in Tabelle 2.3 in Kap. 2.2.4 sowie in [LSB+15] zu finden. Der Aufbau des Modells und die Einordnung des Reifegrads von Unternehmen sind in Abbildung 5.14 dargestellt.

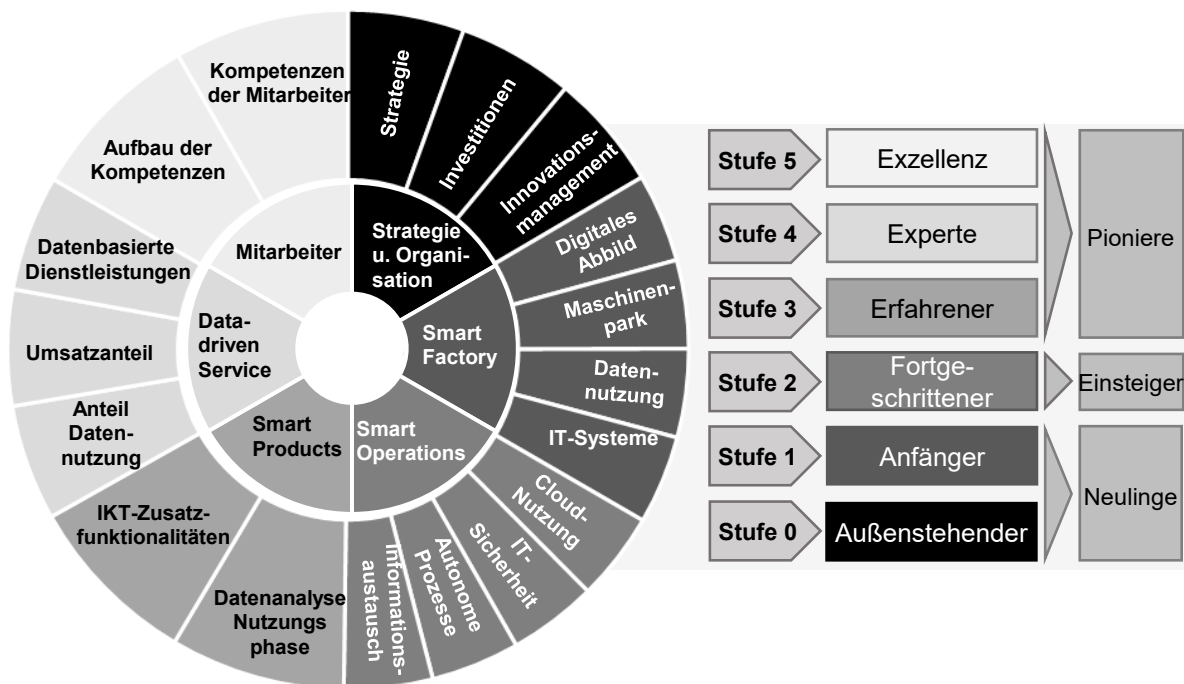


Abbildung 5.14: Industrie 4.0-Readiness-Modell, in Anlehnung an [LSB+15]

5.2.4 Qualifikations- und Kompetenzprofile

Zur effizienten Umsetzung von Angeboten bzw. Projekten sind nach KNACKS-TEDT ET AL. unterschiedliche Qualifikationen erforderlich. Das kann sowohl auf eine Organisation als auch auf (Einzel-)Personen zutreffen. [KKS+20] Die nachfolgend beschriebenen Kompetenzprofile sind mit Hinblick auf die Anforderungen im Kontext von Industrie 4.0 in produzierenden Unternehmen entwickelt. Sie werden später als Grundlage zur Beschreibung von Mitarbeiterkompetenzen und weiteren erforderlichen Kompetenzen zur Umsetzung eines Angebots herangezogen.

Die ACATECH hat bereits 2016 eine Studie zu Qualifikationen für Industrie 4.0 durchgeführt [aca16]. NICKOLAUS ET AL. greifen diese auf und fassen sie in relevanten Qualifikationen für Facharbeiter im Kontext von Industrie 4.0 zusammen [NAH+22]. Die benötigten Qualifikationen sind in Tabelle 5.1 rechts dargestellt. Sie können in die drei übergeordneten Kompetenzfelder *Analytik*, *Technologische Grundlagen* und *Umsetzungskompetenz* eingeteilt werden. Diese sind in Tabelle 5.1 links abgebildet. Da die Anforderungen an Kompetenzprofile sich

künftig ändern können, ist diese Übersicht als wandel- und erweiterbare Liste zu verstehen.

Tabelle 5.1: Auszug aus Kompetenzanforderungen und -feldern im Kontext von Industrie 4.0, in Anlehnung an [NAH+22]

Kompetenzfelder	Anforderungen an Facharbeiter im Kontext von Industrie 4.0
Analytik	Flexibilität im Umgang mit Neuem
	Umgang mit erhöhter Komplexität
	Einbringung in Innovationsprozesse
Technologische Grundlagen	Technische Kompetenz (Mechanik, Elektronik, Automatisierung, ...)
	Daten Kompetenz (Auswahl, Verarbeitung und Interpretation von Daten)
Umsetzungskompetenz	(Verstärkt) Interdisziplinäres Denken
	Erweiterung der Kommunikationsfähigkeit (mit digitalen Tools)
	Analytische Fähigkeiten im Sinne der Erschließung von Prozessabläufen/Produktionssystemen

KÜSTERS folgend, wird jede Qualifikation in einem Kompetenzprofil mit den Werten von 0 (Keine Kompetenz) bis 4 (Anerkannter Experte) abgebildet [Küs18]. Mithilfe dieser Einteilung können die erforderlichen Qualifikationen und Kompetenzstufen von Mitarbeitern für die Umsetzung von Angeboten angegeben werden. Gleichzeitig ermöglichen sie eine einheitliche Abbildung der Kompetenzprofile von Mitarbeitern. Eine Übersicht der Kompetenzstufen ist in Abbildung 5.15 zu sehen.



Abbildung 5.15: Kompetenzstufen für Fachkräfte im Kontext Industrie 4.0, in Anlehnung an [Küs18]

Zur Bewertung individueller und angebotsspezifischer Kompetenzen wird eine Kompetenzübersicht erstellt (vgl. Abbildung 5.16). Die Beurteilung der Qualifikation erfolgt durch leitende Angestellte des DCC Aachen. Erforderliche Kompetenzen für ein Angebot legt der Leistungserbringer (basierend auf Erfahrungswerten) fest.

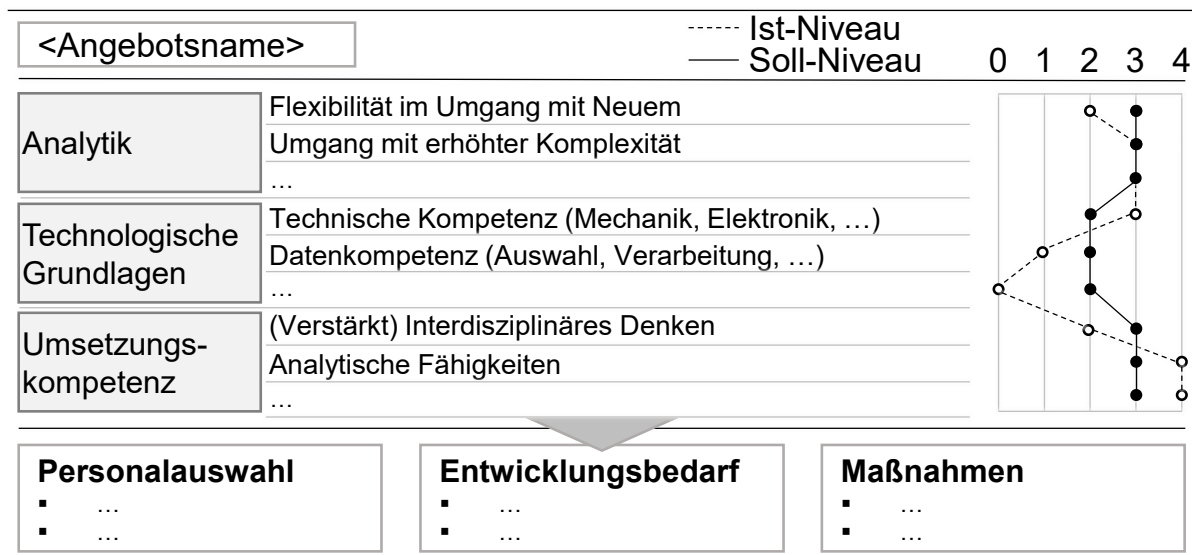


Abbildung 5.16: Kompetenzübersicht, in Anlehnung an [Küs18]

5.2.5 Aktivitätsgrad des Leistungserbringers und Kunden

Einige Formen der angebotenen Dienstleistungen erfordern Handlungen des Kunden. Die aktive Teilnahme ist dadurch zu erkennen, dass der Kunde Arbeitsleistung in ein Projekt einbringt (z. B. Teilnahme an einem Workshop oder Teilnahme an Interviews). Es ist also möglich, Teile eines Angebots zu externalisieren und gleichzeitig den Arbeitsaufwand des Leistungserbringers zu reduzieren. Kommen Kunden zum Beispiel zum Sitz des DCC Aachen für einen Workshop, entfallen An- und Abreise für die Experten des Leistungserbringers. Die Aktivitätsgrade von Kunden (AG_K) und Leistungserbringer (AG_L) können nach CORSTEN sowie MALERI UND FRIETZSCHE wie folgt bestimmt werden [Cor00; MF08]:

$$AG_K = \frac{\text{Vom Kunden zu erbringende Aktivität}}{\text{Gesamtheit der zu erbringenden Aktivität}} \quad (5.1)$$

$$AG_L = 1 - AG_K \quad (5.2)$$

Der Zusammenhang zwischen den Aktivitätsgraden von Anbieter und Kunde kann in einer sogenannten *Isoleistungslinie* dargestellt werden (vgl. Abbildung 5.17).

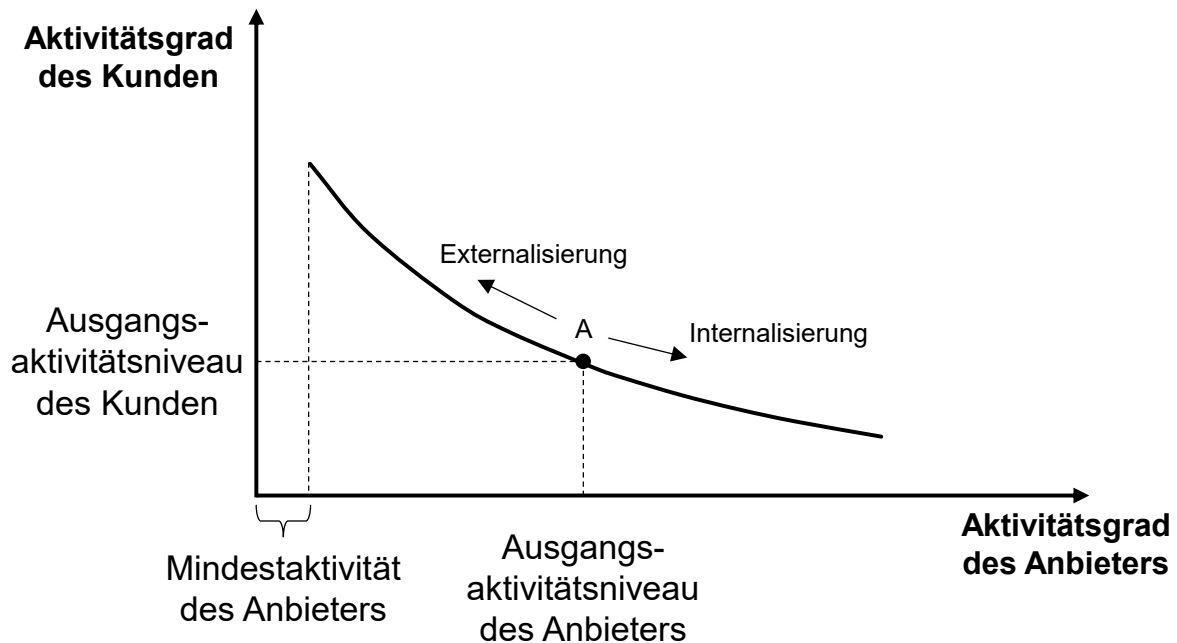


Abbildung 5.17: Isoleistungslinie – Zusammenhang zwischen Kunden- und Anbieteraktivitäten, in Anlehnung an [Cor85]

Je größer der Anteil der Aktivität beim Kunden ist, desto weiter links liegt der Schnittpunkt auf der Kurve. Dies ist bspw. bei Beratungsprojekten der Fall, in denen der Kunde die Umsetzung selbstständig durchführt und durch einen Dienstleister unterstützt wird. Bei Implementierungsprojekten ist der Anteil des Kunden dagegen in der Regel gering, sodass Punkt A in der Abbildung die x-Achse entlang zum Anbieter rückt.

5.2.6 Berücksichtigte Bausteine der Digitalisierung

Vom DCC Aachen angebotene Dienstleistungen zielen selten bis nie auf einzelne Unternehmens- bzw. Handlungsbereiche ab. Vielmehr sind Angebote so zugeschnitten, dass sie zwar zu einem primären Handlungsfeld passen, angrenzende oder verknüpfte Bereiche jedoch ebenfalls adressiert werden.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem fokussierten Handlungsfeld aufgegriffene Bereiche zu kennzeichnen. Erst durch eine Bewertung aller Angebote hinsichtlich ihres Wirkungsraumes wird es möglich, zusammenhängende Themenfelder zu erkennen und so Angebote sinnvoll miteinander zu kombinieren. [Kub22]

4	Hauptsächlicher Fokus	Primär adressierter Baustein. Großteil des Projekts wird hierauf verwendet.
3	Hohe Berücksichtigung	(Notwendige) Voraussetzung, Befähigendes Handlungsfeld
2	Mittlere Berücksichtigung	Baustein wird sekundär behandelt aufgrund überschneidender Themen/Ziele.
1	Geringe Berücksichtigung	Grundlagen dieses Bausteins sind zur Durchführung erforderlich.
0	Keine Berücksichtigung	Das Handlungsfeld ist für das fokussierte Thema irrelevant.

Abbildung 5.18: Berücksichtigung von Handlungsfeldern durch ein Angebot

Aus diesem Grund ist jedes Angebot hinsichtlich seines Einflusses auf die 15 Bausteine der Digitalisierung (vgl. Kap. 2.2.4) zu bewerten. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 0 – 4. Die Werte sind in Abbildung 5.18 abgebildet und ihre Bedeutung wird erläutert.

Zur übersichtlichen Darstellung des Einflussbereichs eines Angebots wird die Bewertung in einem Netzdiagramm dargestellt. So können später Angebote in kurzer Zeit aufgrund des Einflussbereichs kombiniert oder ergänzt werden. Abbildung 5.19 zeigt eine beispielhafte Darstellung des Netzdiagramms für ein spezifisches Angebot.

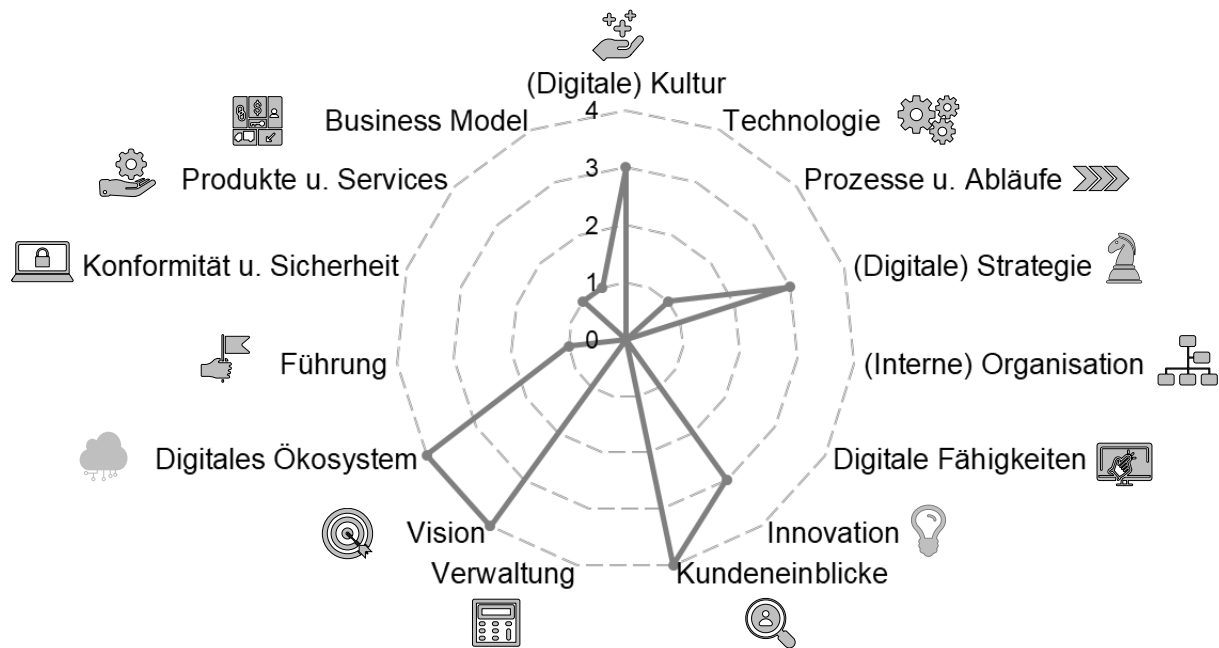


Abbildung 5.19: Netzdiagramm zur Darstellung der berücksichtigten Bausteine der Digitalisierung

5.2.7 Aufwandsabschätzung

Abschließend ist eine Aufwandsabschätzung für ein Angebot bzw. zu erbringende Dienstleistung anzugeben. Der Aufwand setzt sich aus verschiedenen Kriterien zusammen. Je höher die physischen und/oder immateriellen Aufwendungen sind, desto höher sind die Gesamtprojektkosten. Zu berücksichtigende Aufwendungen sind bspw. Personalkosten, Material, Reisemittel sonstige anfallende Kosten (bspw. Zugang zu Literatur oder Datenbanken). Eine beispielhafte Abgrenzung der Aufwände ist in Abbildung 5.20 zu sehen.

Die Unterscheidung von standardisierten und individuellen Angeboten sowie der Ort der Leistungserbringung haben Einfluss auf die Aufwandsabschätzung. Während standardisierte Leistungen – einmal ausgearbeitet – mit wenig Anstrengung wiederholt werden können, sind die vorbereitenden Maßnahmen, das Projektmanagement und die Ergebnisaufbereitung Kostentreiber bei individualisierten Leistungen. Trotz der objektiv abschätzbaren Aufwände kann es aus verhandlungstaktischer Sicht günstig sein, bestimmte Angebote zu geringeren Preisen anzubieten. Dies gilt vor allem für „Einsteigerangebote“, die dazu dienen, Kunden von der eigenen Arbeit zu überzeugen und auf die Akquise von

Folgeprojekten abzielen. Rabatte sollten nur gewährt werden, solange die Selbstkosten gedeckt sind. Generell sollten Angebote bzw. deren Bepreisung in Relation zu anderen Angeboten eingeordnet werden. So kann der Eindruck verhältnismäßiger hoher oder geringer Kosten verhindert werden. [Kub22]

1 €	2 €€	3 €€€	4 €€€€
Geringer Aufwand	Mittlerer Aufwand	Erhöhter Aufwand	Hoher Aufwand
• Online-dienstleistungen • Standardisierte Angebote • Zeitaufwand < 1 h • z. B. Führungen	• Leistungen am Standort des DCC Aachen • Standardisiert (nach Kundenwunsch) • Zeitaufwand < 8 h • Beschränkung auf Personalkosten • z. B. Einführungsworkshops	• Leistungen vor Ort (Kunde/DCC Aachen) • Teilweise individualisierte Dienstleistung • Zusätzliches Personal nötig • Zeitaufwand ≤ 24 h bzw. 3 Tage • Vorbereitende Maßnahmen nötig • z. B. Innovations- oder mehrtägige Workshops	• Leistungen vor Ort (Kunde) • Projektmanagement bzw. Anleitung des Kunden • Individualisierte Dienstleistungen • Einbindung von Experten/Externen notwendig • Vor- und nachbereitende Maßnahmen nötig • z. B. Implementierungs- oder Forschungsarbeiten

Abbildung 5.20: Aufwandsabschätzung je nach Art und Umfang der Dienstleistung

Alle Angebotsinformationen werden in einem Steckbrief zusammengefasst. Die einheitliche Darstellung ermöglicht einen schnellen Überblick über die angebotenen Leistungen. Darüber hinaus können Angebotsformate miteinander verglichen und kombiniert werden. So kann den Kunden ein individuelles Angebot auf Basis verschiedener, standardisierter Bausteine unterbreitet werden. Die Steckbriefe bilden die Basis für die in Kap. 6 entwickelte Angebotsstruktur. Jedem Handlungsfeld – oder Baustein – der Digitalisierung werden Angebote in Form von Steckbriefen zugeordnet. Die finale Steckbriefübersicht ist in Abbildung 5.21 zu sehen. Im nachfolgenden Kapitel 5.3 werden 3 Steckbriefe für unterschiedliche Angebote beispielhaft entwickelt und vorgestellt. Die ausgewählten Angebote entsprechen den in Kap. 4 meist genannten Handlungsfeldern (*Technologie*, *Digitale Kompetenz* und *Business Model*). Der erste Steckbrief wird

detailliert hergeleitet, die Steckbriefe für die verbleibenden Projekte angegeben, die Entstehung jedoch nicht detailliert dokumentiert.

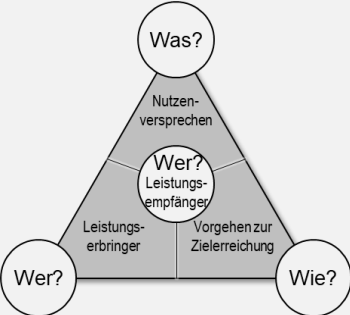
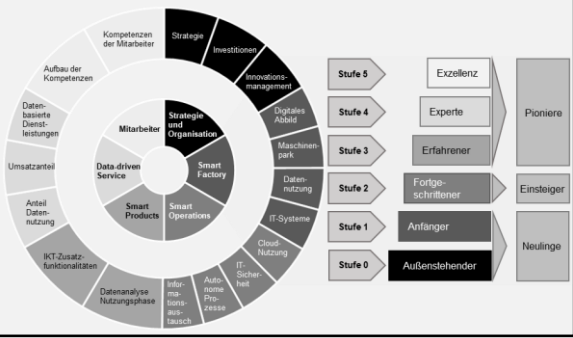
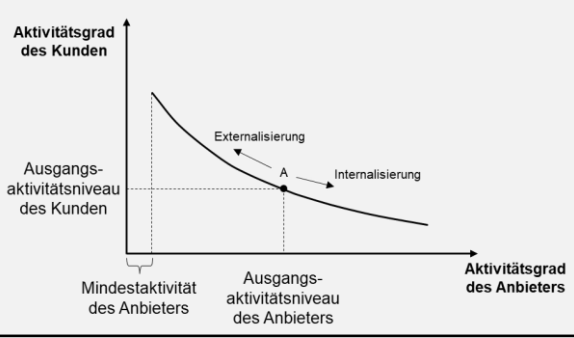
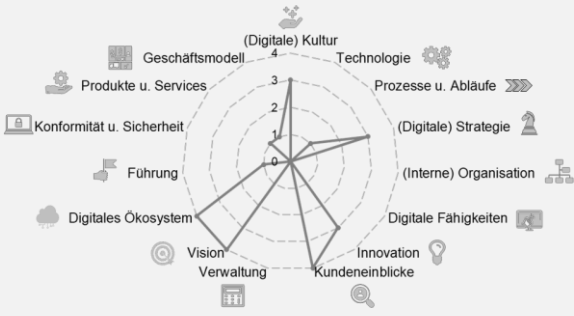
<Name des Angebots>	Primär adressierter Baustein: <Icon>																
<u>Ziel- und Leistungsbeschreibung</u> 	<u>Ablaufplan</u> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Arbeitsinhalte</th> <th style="width: 80%;">Geplante Dauer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Schritt 1</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>...</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>...</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>...</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Schritt n</td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Arbeitsinhalte	Geplante Dauer	Schritt 1		...		...		...		Schritt n					
Arbeitsinhalte	Geplante Dauer																
Schritt 1																	
...																	
...																	
...																	
Schritt n																	
<u>Voraussetzungen</u> 	<u>Aktivitätsgrad</u> 																
<u>Kompetenzen</u> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 40%; text-align: center;">Ist-Niveau Soll-Niveau</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <Angebotsname> 0 1 2 3 4 </td> <td></td> </tr> <tr> <td> Analytik Flexibilität im Umgang mit Neuem Umgang mit erhöhter Komplexität ... </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td> Technologische Grundlagen Technische Kompetenz (Mechanik, Elektronik, ...) Datenkompetenz (Auswahl, Verarbeitung, ...) ... </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td> Umsetzungskompetenz (Verstärkt) Interdisziplinäres Denken Analytische Fähigkeiten ... </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td> Personalauswahl • ... </td> <td></td> </tr> <tr> <td> Entwicklungsbedarf • ... </td> <td></td> </tr> <tr> <td> Maßnahmen • ... </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Ist-Niveau Soll-Niveau	<Angebotsname> 0 1 2 3 4		Analytik Flexibilität im Umgang mit Neuem Umgang mit erhöhter Komplexität ...		Technologische Grundlagen Technische Kompetenz (Mechanik, Elektronik, ...) Datenkompetenz (Auswahl, Verarbeitung, ...) ...		Umsetzungskompetenz (Verstärkt) Interdisziplinäres Denken Analytische Fähigkeiten ...		Personalauswahl • ...		Entwicklungsbedarf • ...		Maßnahmen • ...		<u>Handlungsfelder</u> 
	Ist-Niveau Soll-Niveau																
<Angebotsname> 0 1 2 3 4																	
Analytik Flexibilität im Umgang mit Neuem Umgang mit erhöhter Komplexität ...																	
Technologische Grundlagen Technische Kompetenz (Mechanik, Elektronik, ...) Datenkompetenz (Auswahl, Verarbeitung, ...) ...																	
Umsetzungskompetenz (Verstärkt) Interdisziplinäres Denken Analytische Fähigkeiten ...																	
Personalauswahl • ...																	
Entwicklungsbedarf • ...																	
Maßnahmen • ...																	
<u>Geschätzter Aufwand</u>	<€-€€€€>																

Abbildung 5.21: Aufbau des Angebotssteckbriefs

5.3 Vorstellung ausgewählter Angebote

Anhand der Ergebnisse aus Kap. 4.3 können die größten Hemmnisse bzw. Handlungsfelder für die Textilindustrie identifiziert werden. Aus der Auswertung ergeben sich *Technologie* (1) und *Digitale Kompetenz* (2) als die häufigsten genannten Handlungsfelder (vgl. Abbildung 5.22).

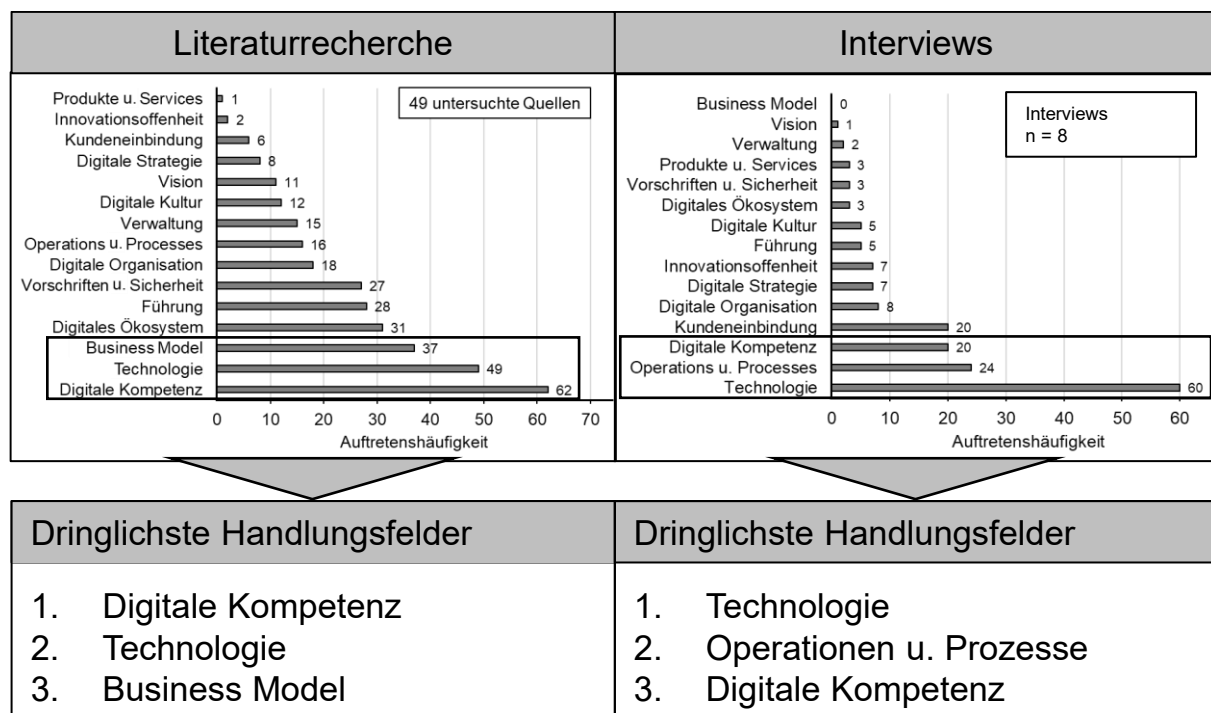


Abbildung 5.22: Dringlichste Digitalisierungshandlungsfelder für KMU nach Auswertung der Literaturrecherche und Brancheninterviews

Im folgenden Abschnitt werden für 3 identifizierte Handlungsfelder exemplarisch Angebotsformate vorgestellt und die Steckbriefe entsprechend hergeleitet. Eine Übersicht möglicher neuer Angebote für das DCC Aachen ist in Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.3 zu finden. Die Entwicklung einer Struktur für neue Angebote erfolgt in Kap. 6.

5.3.1 Pilotierungs- u. Umsetzungsprojekt – Datenaufnahme

Das Angebotsformat „Datenaufnahme“ ist dem Handlungsfeld „Technologie“ zugeordnet. Dabei handelt es sich um ein Pilotierungs- bzw. Umsetzungsprojekt. Der Steckbrief für das Angebot wird nachfolgend erarbeitet.

Ziel- und Leistungsbeschreibung

Ziel der Projektform ist es, Unternehmen die Vorteile der Produktions- und Maschinendatennutzung zu vermitteln und die notwendigen technischen Voraussetzungen zur Datenaufnahme an einer Maschine zu schaffen. Als Ergebnis wird die Verfügbarkeit einer Maschine anhand der geplanten und realen Produktionszeit angegeben. Dazu werden über einen Zeitraum von bspw. 14 Tagen mithilfe von 3 Sensoren Nutzungsdaten an einer Maschine aufgenommen. Die Daten werden interpretiert und die Anlagenverfügbarkeit gegenüber der theoretischen Gesamtverfügbarkeit angegeben. Die zusammengefasste Ziel- und Leistungsbeschreibung für das Angebot ist in Abbildung 5.23 dargestellt.

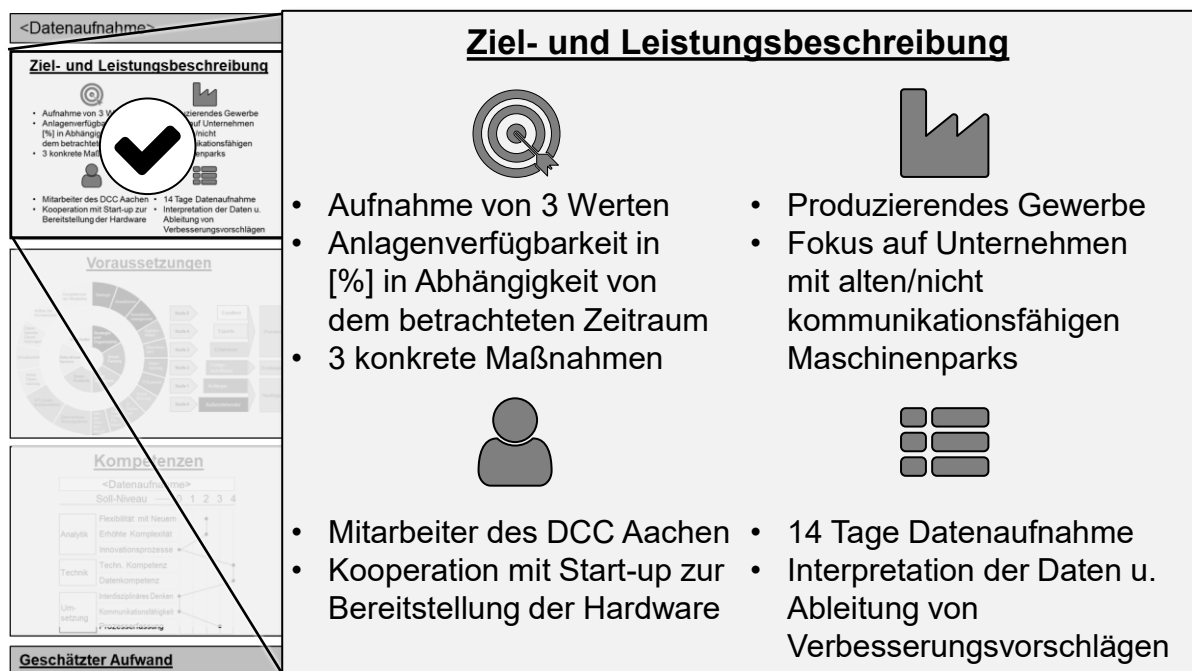


Abbildung 5.23: Ziel- und Leistungsbeschreibung für das Angebotsformat Datenaufnahme

Die Ergebnisse werden in Form eines Berichts an den Kunden übergeben. Leistungsempfänger sind Unternehmen sämtlicher Größe und Branchen, die die Verfügbarkeit ihrer Produktionsanlagen digital erfassen möchten. Das Angebot richtet sich an Mitarbeiter auf Shopfloor-Ebene sowie das mittlere Management (z. B. Schicht- oder Werksleitung). Das Projekt wird durch Mitarbeiter des DCC Aachen durchgeführt. Die Einbindung eines Partnerunternehmens (Start-up) ist

zur Arbeitsteilung und Kompetenzerhöhung – speziell im Falle der Hardware – möglich.

Die beschriebene Leistung wird durch Mitarbeiter des DCC Aachen erbracht. Zur einheitlichen Aufnahme von Daten wird eine Maschine beim Kunden einem so genannten „Retrofitting“ unterzogen. Der Definition von JASPERT ET AL. folgend, ist (smartes) Retrofitting als Integration von Technologien und Sensoren in bestehende Systeme zu verstehen, die einen Übergang hin zu einer intelligenten Fertigung unterstützen [JEE+21]. Zur Datensammlung wird mit einem Start-up aus dem Umfeld des DCC Aachen kooperiert. Das Start-up stellt die notwendige Hardware zur Datensammlung zur Verfügung.

Zielkunden für dieses Angebotsformat sind alle Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe mit Maschineneinsatz. Vorrangig werden Kunden adressiert, die veraltete – d. h. nicht kommunikationsfähige – Maschinenparks besitzen und die Performance der Anlagen digital und kontinuierlich prüfen möchten.

Ablaufplan

Der klassische Ablauf des oben beschriebenen Datenaufnahmeprojektes kann in 8 Teilschritte gegliedert werden. Diese sind in Abbildung 5.24 gemäß ihrer zeitlichen Abfolge als Chevron-Prozess dargestellt.

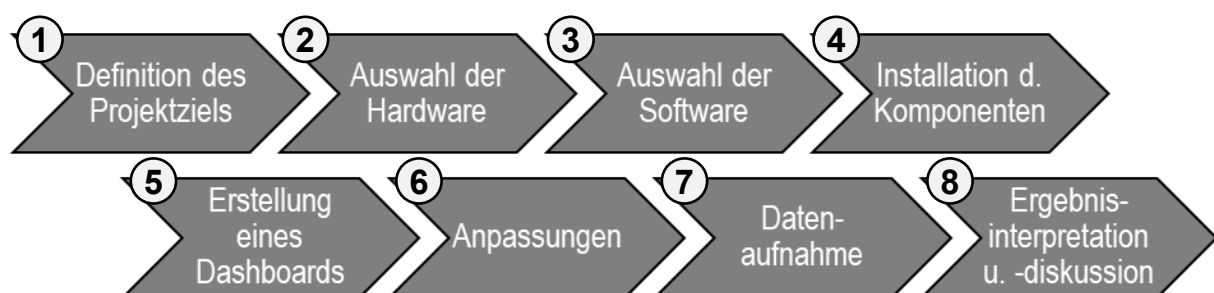


Abbildung 5.24: Projektschritte des Angebotsformats Datenaufnahme

Zunächst (1) werden die Projektziele gemeinsam mit dem Kunden definiert. Dazu werden relevante Schlüsselkennzahlen (engl. *Key-Performance-Indicators* (KPI)) identifiziert und in messbare Werte überführt. Basierend darauf werden geeignete Hardware- (2) und Softwarekomponenten (3) ausgewählt, die die Messung der ausgewählten Werte ermöglicht. Dazu gehören bspw. ein Internet

of Things (IoT) Gateway, Sensoren, Datenbanken, Middleware und Dashboards. Die Komponenten werden anschließend aufgesetzt und installiert (4). Dieser Schritt beinhaltet die Installation des IoT-Gateways und der Sensoren, die Anbindung des IoT-Gateways an das Internet und an die Middleware, die Anbindung der Middleware an die Datenbank und schließlich die Verknüpfung von Datenbank und Dashboard. Zur Visualisierung wird ein Dashboard erstellt (5) und notwendige Anpassungen oder Kundenwünsche werden eingearbeitet (6). Anschließend erfolgt die Datenaufnahme (7) über einen vorher festzulegenden Zeitraum (z. B. 2 Wochen). Zum Projektabschluss werden die Daten interpretiert und mögliche Handlungsoptionen abgeleitet und diskutiert (8).

Aus dem Projektverlauf wird abschließend ein Gantt-Chart zur detaillierten Projektplanung gebildet. Dieses ist in Abbildung 5.25 dargestellt und in den Steckbrief integriert.

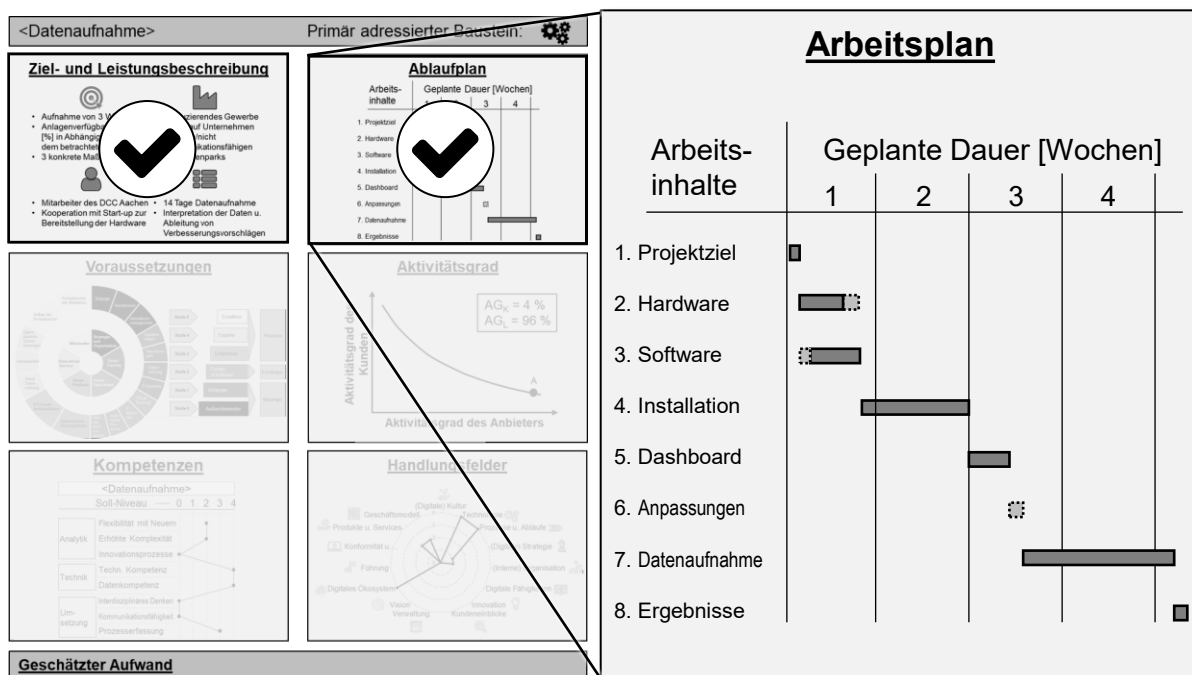


Abbildung 5.25: Arbeitsplan für das Angebotsformat Datenaufnahme

Voraussetzungen

Dieses Angebot ist an Unternehmen gerichtet, die keine Vorerfahrungen bzw. Projekte im Bereich Digitalisierung besitzen. Das Projekt ist so aufgebaut, dass notwendige Kompetenzen sowie Hard- und Software mitgeliefert werden. Dem entsprechend erfüllen Unternehmen der *Stufe 0 – Außenstehende* (gemäß dem Industrie 4.0-Readiness-Check [LSB+15]) die Voraussetzungen für dieses Angebot. Für eine Verstetigung des Projekts bzw. die dauerhafte Datenaufnahme in dem Unternehmen auch ohne externe Hilfe sollte zumindest die *Stufe 2 – Fortgeschrittene* erreicht sein.

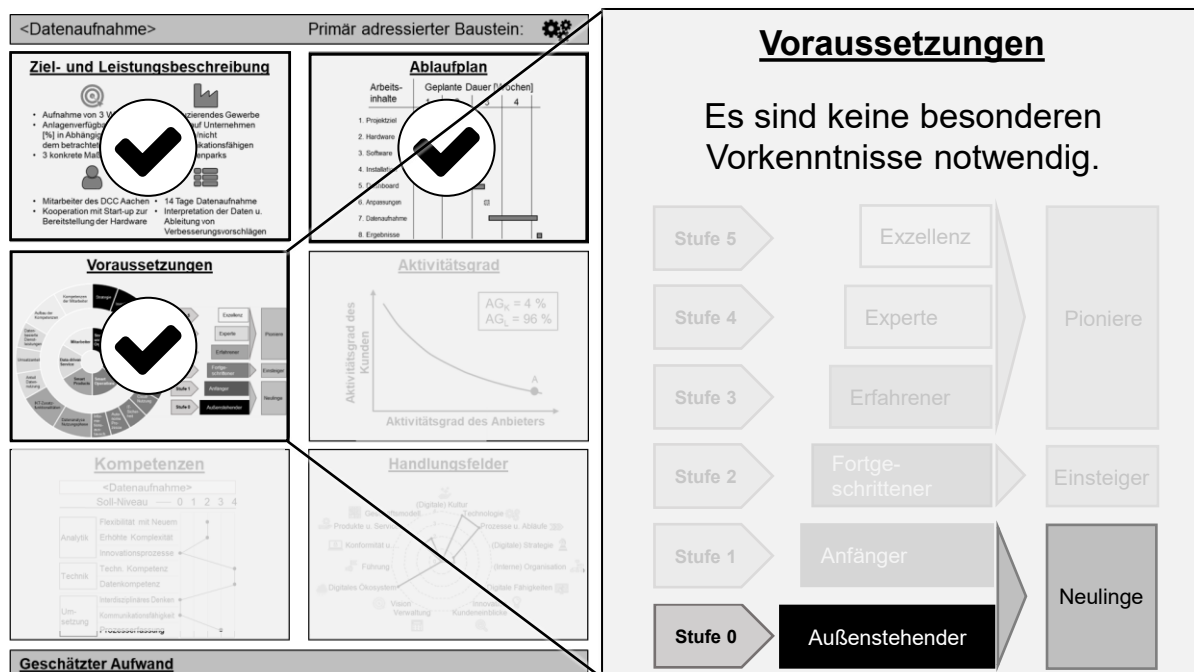


Abbildung 5.26: Es sind unternehmensseitig keine besonderen Voraussetzungen für das Angebot Datenaufnahme zu erfüllen

Aktivitätsgrad

Der Aktivitätsgrad dient der Einschätzung des Aufwands für den Leistungserbringer (DCC) und den Leistungsempfänger. Er ist mithilfe der Gleichungen 5.1 und 5.2 zu berechnen. Die nachfolgenden Annahmen werden zur Berechnung des Aktivitätsgrads getroffen (vgl. Tabelle 5.2):

Tabelle 5.2: Erwarteter Zeitaufwand und Verantwortlichkeiten im Projektformat Datenaufnahme

Nr.	Arbeitsschritt	Verantwortlich	Dauer (Tage)
1	Definition des Projektziels	Kunde	0,5
2	Auswahl der Hardware	Leistungserbringer	3,5
3	Auswahl der Software	Leistungserbringer	3
4	Installation der Komponenten	Leistungserbringer	10
5	Erstellung eines Dashboards	Leistungserbringer	2,5
6	Notwendige Anpassungen	Leistungserbringer	5
7*	<i>Datenaufnahme*</i>	<i>Kunde*</i>	<i>14*</i>
8	Ergebnisinterpretation und -diskussion	Kunde	0,5
Summe			25 (39)

** Es wird angenommen, dass die Datenaufnahme den täglichen Betrieb des Kunden nicht stört und daher keine gesonderten Aufwände auf Kundenseite entstehen.*

Ausgehend von einem gesamten Projektaufwand von 25 Tagen und der Annahme, dass Kunden je 0,5 Tage für die Definition der Zielerreichung und Ergebnisdiskussion aufwenden, ergeben sich für den Kunden und Leistungserbringer je ein Aktivitätsgrad von:

$$AG_K = \frac{1 \text{ Tag(e)}}{25 \text{ Tag(e)}} = 0,04 = 4 \% \quad (5.3)$$

$$AG_L = 1 - AG_K = 1 - 0,04 = 0,96 = 96 \% \quad (5.4)$$

96 % der zu erbringenden Aufwände werden also durch den Leistungserbringer gestellt. Dieses Verhältnis kann und sollte in die Bepreisung der Leistung mitbezogen werden. In Abbildung 5.27 ist die Verteilung des Aktivitätsgrads grafisch dargestellt.

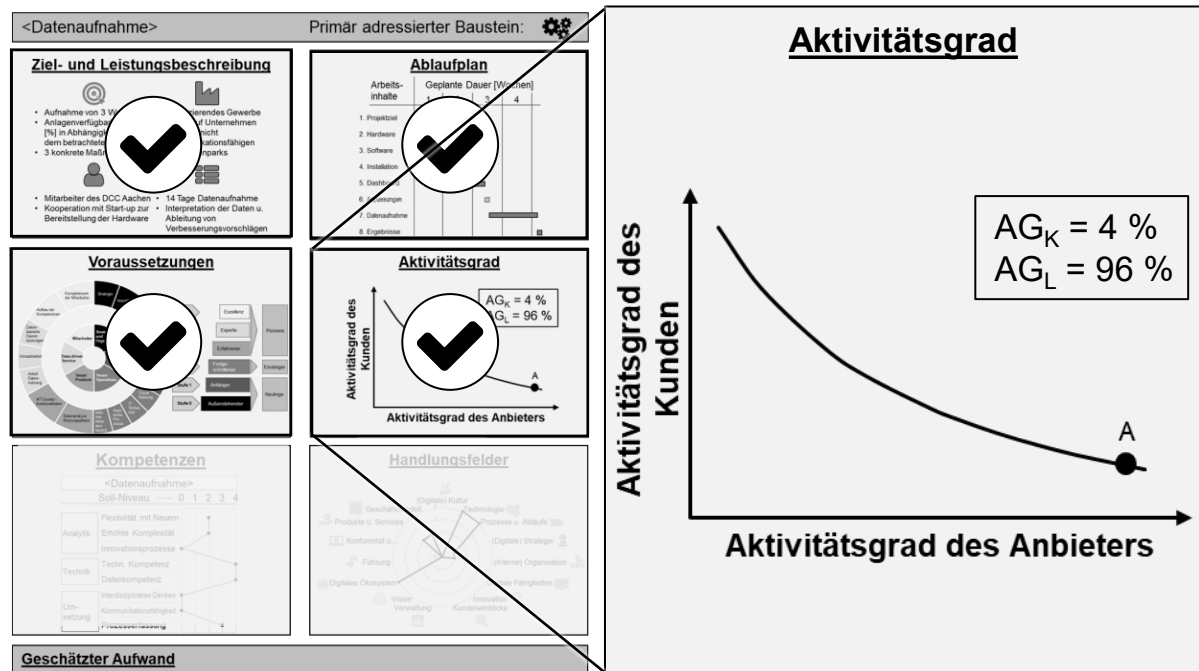


Abbildung 5.27: Aktivitätsgrad-Verteilung in der Projektform Datenaufnahme.
96 % der Aufwände liegen beim Leistungserbringer.

Qualifikations- und Kompetenzprofile

Für die Umsetzung eines Implementierungsprojektes – in diesem Fall die nachträgliche Ausrüstung einer Maschine zur Datenerfassung – müssen die Mitarbeiter des Leistungserbringers ein hohes Qualifikationsniveau in verschiedenen Kompetenzfeldern mitbringen. Im Bereich der Analytik sind vor allem der Umgang mit Neuem sowie mit erhöhter Komplexität erforderlich, da die Umsetzung in fremder (Produktions-) Umgebung stattfindet. Die Kenntnis von und Einbringung in Innovationsprozesse sind dagegen irrelevant, da es sich um ein standardisiertes Angebot handelt. Sowohl die technische Kompetenz als auch die Kompetenz im Umgang mit Daten müssen hoch ausgeprägt sein, da der Aufbau der Messeinheit sowie die Installation der Software und die Auswertung der Daten durch den Mitarbeiter des Leistungserbringers durchzuführen sind. Im Kompetenzfeld Umsetzung ist eine hohe analytische Fähigkeit zur Erfassung von Prozessabläufen und Produktionssystemen notwendig, um eine reibungslose Integration in die Prozesse des Kunden zu gewährleisten. Die Ausprägung der Kompetenzkarte für das Angebotsformat Datenaufnahme ist in Abbildung 5.28 abgebildet.

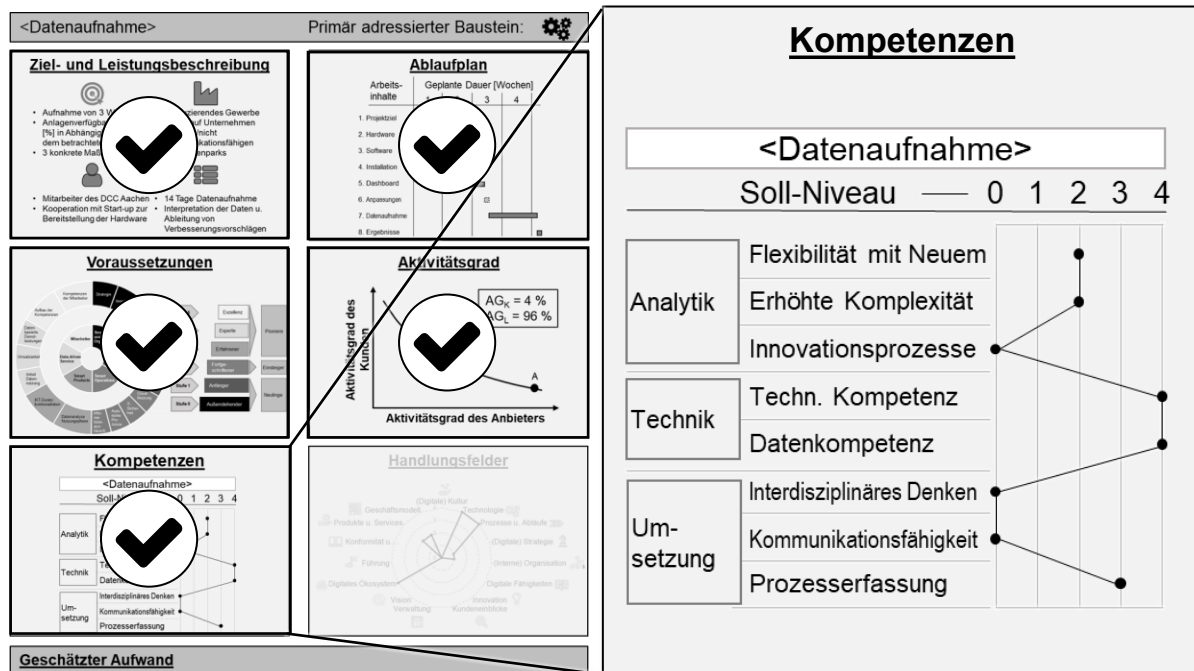


Abbildung 5.28: Beispielhafte Kompetenzkarte eines DCC Aachen-Mitarbeiters zur Durchführung des Angebotsformats Datenaufnahme

Zu berücksichtigen ist, dass die Kompetenzprofile verschiedener Mitarbeiter des Leistungserbringers ergänzt werden können und Projekte in Teamarbeit durchgeführt werden können. Weiterhin ist zu beachten, dass nicht alle Kompetenzfelder für alle Angebotsformate erforderlich sind. Das Kompetenzmanagement hat die Aufgabe, alle notwendigen Kompetenzfelder zu definieren und den Qualifikationsgrad der Mitarbeiter entsprechend einzuordnen. Bei der Einführung neuer Formate ist zudem zu prüfen, ob neue Kompetenzfelder entwickelt und aufgebaut werden müssen. Für das vorliegende Beispiel der Datenaufnahme genügen die vorgestellten Kompetenzfelder.

Handlungsfelder

Mit dem Angebotsformat Datenaufnahme werden verschiedene Handlungsfelder der Digitalisierung adressiert. Der Grad der Berücksichtigung ist in Abbildung 5.18 in Kapitel 5.2.6 erläutert. Der Hauptfokus liegt einerseits auf den eingesetzten *Technologien* (4) und andererseits auf *Prozessen und Abläufen* (4). Daneben kommt dem Thema *Digitales Ökosystem* (4) eine zentrale Rolle zu. Die Bereiche Technologie und Digitales Ökosystem ergeben sich bereits aus der

Art des Projekts – eine Technologieimplementierung und -pilotierung mit Hard- und Softwarekomponenten. Direkt vom Projekt betroffen sind ebenfalls die allgemeinen Produktionsprozesse und -abläufe. Informationen über die Gesamtprozesse sind relevant für die Ermittlung geeigneter Messparameter. Mit der Interpretation der aufgenommenen Daten erfolgt darüber hinaus (gegebenenfalls) eine Anpassung und Veränderung der Prozesse. Die Felder *Produkte u. Services* (2) sowie *Business Model* (2) sind unter Berücksichtigung der gesammelten Daten ebenfalls adressiert. So können die Daten bspw. genutzt werden, um Käufern zusätzliche Produktionsinformationen zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus ergibt sich mit dem Aufbau einer Datenbasis die Möglichkeit, digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln und einzuführen. Schließlich werden in dem Angebotsformat noch die Bereiche *Strategie* (1) und *interne Organisation* (1) angeschnitten. Die Datenaufnahme ergibt nur einen Sinn, wenn die Verwertung in der Unternehmensstrategie vorgesehen ist. Darüber hinaus ist im Bereich der internen Organisation zu klären, wer bzw. welche Bereiche Daten generieren und wer sie verwendet. Die berücksichtigten Handlungsfelder im Angebotsformat Datenaufnahme sind in Abbildung 5.29 dargestellt.

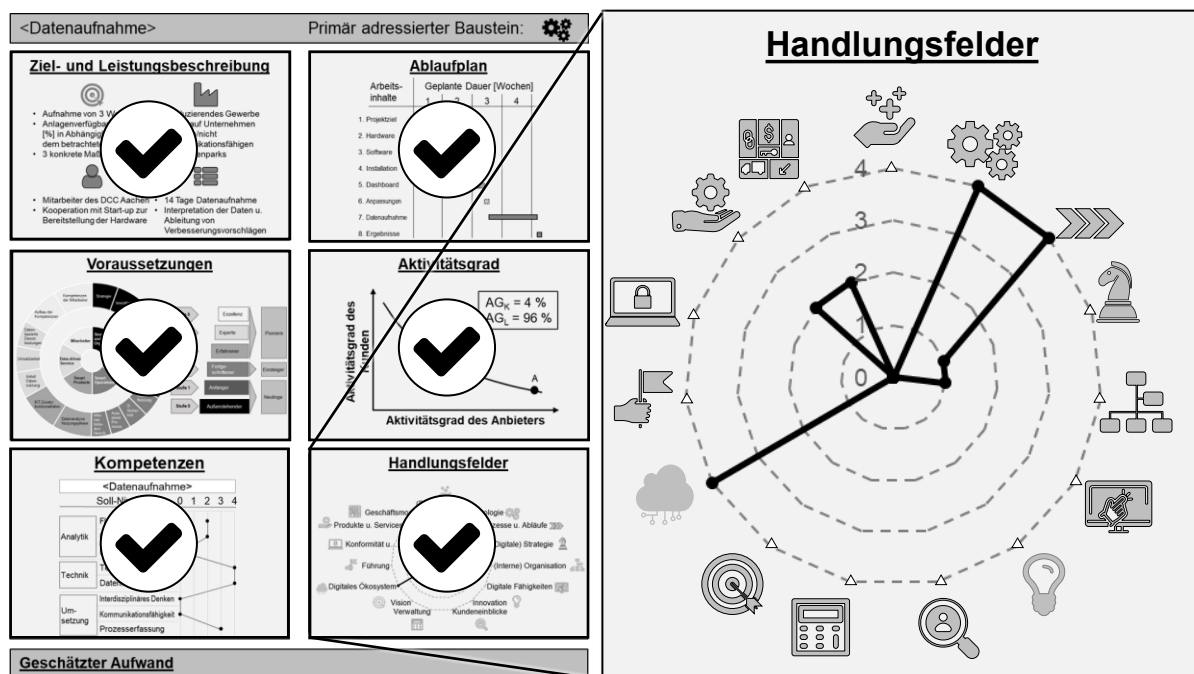


Abbildung 5.29: Direkt und indirekt durch das Angebotsformat Datenaufnahme adressierte Handlungsfelder

Geschätzter Aufwand

Gemäß der in Abschnitt 5.2.7 beschriebenen Aufwandsabschätzung ist der Aufwand für das Angebotsformat Datenaufnahme objektiv zunächst hoch einzuschätzen. Die Leistungen werden beim Kunden vor Ort erbracht, Technologieexperten werden benötigt und es wird eine Implementierung in laufende Prozesse vorgenommen. Demgegenüber stehen die Überlegungen, dass das Angebot gut zu standardisieren ist (z. B. Beschaffung von Hard- und Software aus bekannten Quellen) und die Leistungserbringung (gegebenenfalls) an Dritte – bspw. technische Start-ups – ausgelagert werden kann. Darüber hinaus richtet sich das Format primär an Digitalisierungseinsteiger, die durch zu hohe Preise abgeschreckt werden könnten. Nach Abwägung der Argumente sollte das Angebot eher in einem niedrigen bis mittleren Preissegment angesiedelt werden. Es werden ausschließlich die Aufwände der einzelnen Angebote abgeschätzt. Preisstrategien für kombinierte Angebote sind in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Die Argumente für und gegen eine erhöhte Aufwandseinschätzung sind in Abbildung 5.30 gegenübergestellt.

Erhöhter Aufwand (€€€-€€€€)	Reduzierter Aufwand (€-€€)
⬆ Leistungserbringung bei Kunden vor Ort ⬆ Expertenwissen und (teure) Technologieexperten benötigt ⬆ Projektdauer > 3 Arbeitstage ⬆ Vor- und nachbereitende Maßnahmen notwendig ⬆ Eingriff in laufende Produktion (erschwerte Bedingungen)	⬆ Gute Standardisierbarkeit des Formats (z. B. durch Standard Hard- und Software) ⬆ Externalisierung an (zuverlässige) Dienstleister möglich (z. B. Start-ups aus dem Netzwerk) ⬆ Ein zu hoher Preis wirkt ggf. abschreckend auf „Digitalisierungseinsteiger“
Empfohlene Aufwandseinschätzung: €€	

Abbildung 5.30: Aufwandsabschätzung für das Angebot Datenaufnahme. Die Aufwände müssen immer individuell betrachtet werden.

Alle Erläuterungen zum Angebotsformat Datenaufnahme können abschließend in einem standardisierten Steckbrief zusammengefasst werden. Dieser ist in

Abbildung 5.31 zu sehen und setzt sich aus den 7 vorab beschriebenen Kriterien Ziel- und Leistungsbeschreibung, Ablauf, Voraussetzungen, Aktivitätsgrad, Kompetenzen, Handlungsfelder und Aufwand zusammen.

Der Projektsteckbrief dient auf Seiten des Leistungserbringers als Grundlage zur Projektplanung. Interessierte Kunden erhalten mit dem Steckbrief auf einen Blick die wesentlichen Informationen zu Ablauf, Inhalt, Umfang und Kosten des Projekts. Die Steckbriefe sind im späteren Verlauf der Arbeit Bestandteil der neuentwickelten Angebotsstruktur (vgl. Kap. 6). Sie bilden die (größtenteils) standardisierten Bestandteile. In Kap. 7 wird schließlich ein Vorgehen entwickelt, mit dem die einzelnen Angebotsformate – repräsentiert durch Steckbriefe – in kundenspezifische Angebote konfiguriert werden.

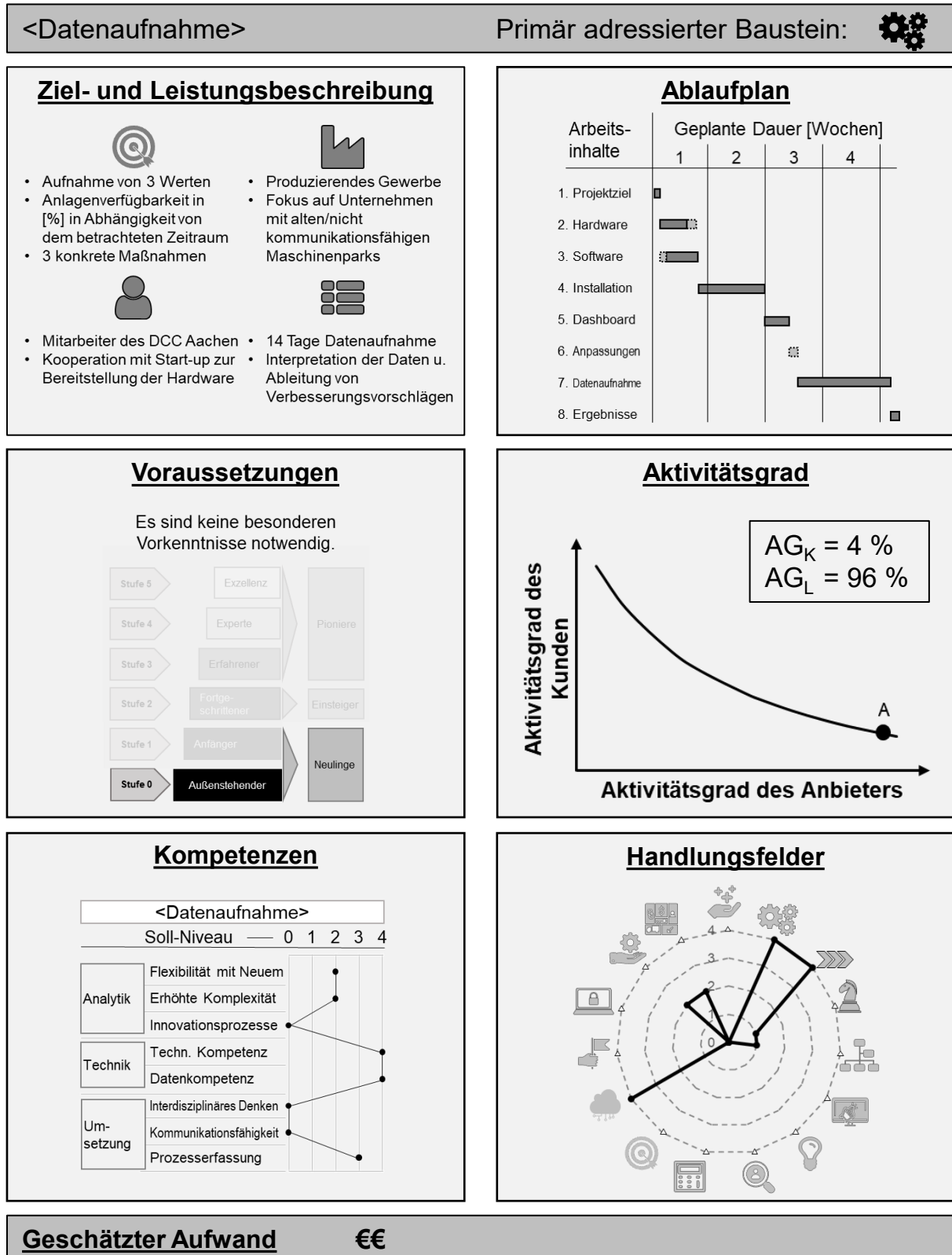


Abbildung 5.31: Steckbrief zum Angebotsformat Datenaufnahme

5.3.2 Einführungsworkshop digitale Transformation

Das Format der Einführungsworkshops dient dazu, potenziellen Kunden einen Überblick der vielfältigen Möglichkeiten der Digitalisierung zu geben. Ziel des Workshops ist es einerseits, Informationen zum Thema digitale Produktion zu vermitteln und andererseits, Kompetenzen zur Umsetzung aufzubauen. Konkret kennen Teilnehmer am Ende der Workshops den Unterschied zwischen Machine Learning (ML) und Künstlicher Intelligenz (KI) und können Automatisierungs- und Digitalisierungspotenziale in 2 ausgewählten Beispielen identifizieren.

Zielkunden sind Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Das Angebot ist für Teilnehmer aus allen Firmenbereichen (Shopfloor bis Führungsebene) geeignet. Zur Durchführung werden die Kunden ans DCC Aachen eingeladen. Mindestens ein Experte übernimmt die Leitung der Schulung. Zusätzlich werden mindestens 2 weitere (studentische) Mitarbeiter benötigt, die die Maschinen bedienen und für Fragen zur Verfügung stehen.

Zunächst wird in einer „klassischen“, nicht digitalisierten Produktion in der Demofabrik des DCC Aachen ein Digital Waste Walk (vgl. 5.1.2) durchgeführt. Hier identifizieren die Teilnehmer Verbesserungspotenziale. Anschließend folgt ein Schulungsblock mit einem Überblick der Möglichkeiten zur Digitalisierung in der Produktion. Die Teilnehmer überlegen gemeinsam, welche Lösungen für die untersuchte Produktion einen Mehrwert bieten. Im zweiten Teil erfolgt ein erneuter Rundgang durch die Demofabrik des DCC Aachen – nun im digitalen Zustand. Dabei können die geschulten Digitalisierungslösungen live erlebt werden und das Gelernte in der Praxis angewandt werden.

Da es sich bei dem Format um ein Einstiegsangebot handelt, sind keine besonderen Voraussetzungen zu erfüllen. Der Aktivitätsgrad ist nahezu gleich zwischen Kunde und Leistungserbringer verteilt. Leichter Mehraufwand entsteht durch die Vor- und Nachbereitung auf Seiten des Leistungserbringers. Die Mitarbeiter des DCC Aachen müssen für dieses Angebot primär technische Kompetenz sowie Kompetenz im Umgang mit Daten vorweisen, um die Anwendungsfälle entsprechend präsentieren zu können (bspw. ist die Bedienung einer Nähmaschine notwendig). Der Trainer und idealerweise alle Mitglieder des

Teams müssen darüber hinaus Experten im Thema Digitalisierung sein und sollten in der Lage sein, auch komplexe Sachverhalte simpel zu vermitteln. Eine allgemeine Kenntnis der implementierten Anwendungsfälle im DCC Aachen (vgl. Abbildung 5.10) ist zudem vorausgesetzt. Um die geforderten Kompetenzen abbilden zu können sind entsprechende qualifizierte Mitarbeiter anzuwerben. Zusätzlich sollten regelmäßige interne Schulungen durchgeführt werden, um die Kompetenzen zu festigen bzw. zu vermitteln. Die Ausarbeitung des Kompetenzmanagements ist im weiteren Verlauf nicht Teil dieser Arbeit. Stattdessen wird auf einschlägige Literatur – z. B. [KKS+20] – verwiesen.

Die Schulungsformate betreffen mittel- und unmittelbar eine ganze Reihe an Digitalisierungsbausteinen. Neben dem primären Fokus – den *digitalen Fähigkeiten* – können auch die Themen *Technologie, Prozesse u. Abläufe* und *digitales Ökosystem* (in Form der Anwendungsfälle), *Strategie* (zur Implementierung in der eigenen Firma) und *Führung* (Vermittlung von technischen Kompetenzen an Führungskräfte) berücksichtigt werden.

Aufgrund der guten Standardisierbarkeit, der Tätigkeit vor Ort und der Skalierbarkeit sind die Aufwände für das Angebot als moderat einzuschätzen. Alle Informationen zu Einführungsworkshops der digitalen Transformation sind in Abbildung 5.32 am Ende von Kapitel 5.3.3 zusammengefasst.

5.3.3 Geschäftsmodellentwicklung – Business Model aaS

Ziel dieses Angebotsformates ist es, Unternehmen eine objektive Einschätzung zu möglichen (neuen) Geschäftsmodellen und Märkten bereitzustellen und neue Ideen für Geschäftsmodelle zu generieren. Der Kunde erhält am Ende des Projekts mindestens 3 Vorschläge für neue oder angepasste Geschäftsmodelle. Darüber hinaus werden sämtliche Arbeiten des Workshops in Form eines Fotoprotokolls gesammelt und übergeben.

Das Vorgehen ist in die 3 Phasen *Analyse des Geschäftsmodells*, *Ideengenerierung u. Muster* sowie *Geschäftsmodellentwicklung* unterteilt. In einem Workshop mit dem Kunden wird das aktuelle Geschäftsmodell systemisch untersucht und ein Business Model Canvas aufgestellt. Unter Berücksichtigung der

individuellen Produkte der Firma sowie der aktuellen Marktlage werden anschließend mittels Kreativmethoden (z. B. Brainwriting, vgl. [BBE+18]) Ideen für neuen Ansätze generiert. Dabei werden gesellschaftliche wie technologische Trends ebenso berücksichtigt. Eine weitere Grundlage für die Neu- oder Weiterentwicklung des aktuellen Geschäftsmodells sind Erfolgsbeispiele aus ähnlichen Branchen (Beispiele in Kap. 2.2.6.2 und [GFC20; BN21]), die als Input zur Verfügung gestellt werden. Im letzten Schritt werden die Ideen kondensiert, ganzheitliche, innovative Geschäftsmodelle entwickelt und bspw. in einem Business Model Canvas dokumentiert. Zusätzliche Dienstleistungen sind die Durchführung von Markt- und Lieferantenrecherchen sowie Umfeldanalysen, die Formulierung neuer Leistungsversprechen und Preisstrategien und die Integration neuer Partner in die Wertschöpfungskette. Das Angebot erfordert keine kundenseitigen Kenntnisse oder Technologien zum Thema Digitalisierung und ist damit als Einsteigerformat geeignet. Der Aktivitätsgrad ist für Kunde und Leistungserbringer ähnlich einzuschätzen, da eine Teilnahme mehrerer Unternehmensvertreter an einem (mehrtägigen) Workshop notwendig ist. Bei Buchung von Zusatzleistungen bis hin zur Implementierung verschiebt sich der Aktivitätsgrad hin zum Leistungserbringer. Notwendige Kompetenzen für das Angebot sind vor allem betriebswirtschaftliche Kenntnisse sowie analytische und konzeptionelle Fähigkeiten zur schnellen Erfassung von Defiziten und Potenzialen. Adressierte Bausteine der Digitalisierung sind neben dem *Business Model* auch *Produkte u. Services*, die ggf. neu entwickelt oder umstrukturiert werden. Darüber hinaus werden auch die Felder *Innovation* (bspw. hinsichtlich neuer Produkte) und *Kundeneinblicke u. Erfahrungen* (z. B. hinsichtlich der Kommunikationswege oder Forderungen) berücksichtigt. Der Aufwand ist moderat einzuschätzen, da sowohl Vorbereitungen (Marktrecherchen) als auch Nachbereitungen (konkrete Umsetzungsschritte) sowie 2 – 3 Workshop-Tage mit mehreren Teilnehmern notwendig sind. Darüber hinaus erhöht sich der Aufwand individuell nach den gewünschten weiteren begleitenden Leistungen des Kunden bei der Implementierung. Alle Informationen der beiden vorgestellten Angebote sind im Steckbriefformat in Abbildung 5.32 (Workshop digitale Transformation) und Abbildung 5.33 (Business Model as a Service) zusammengefasst.

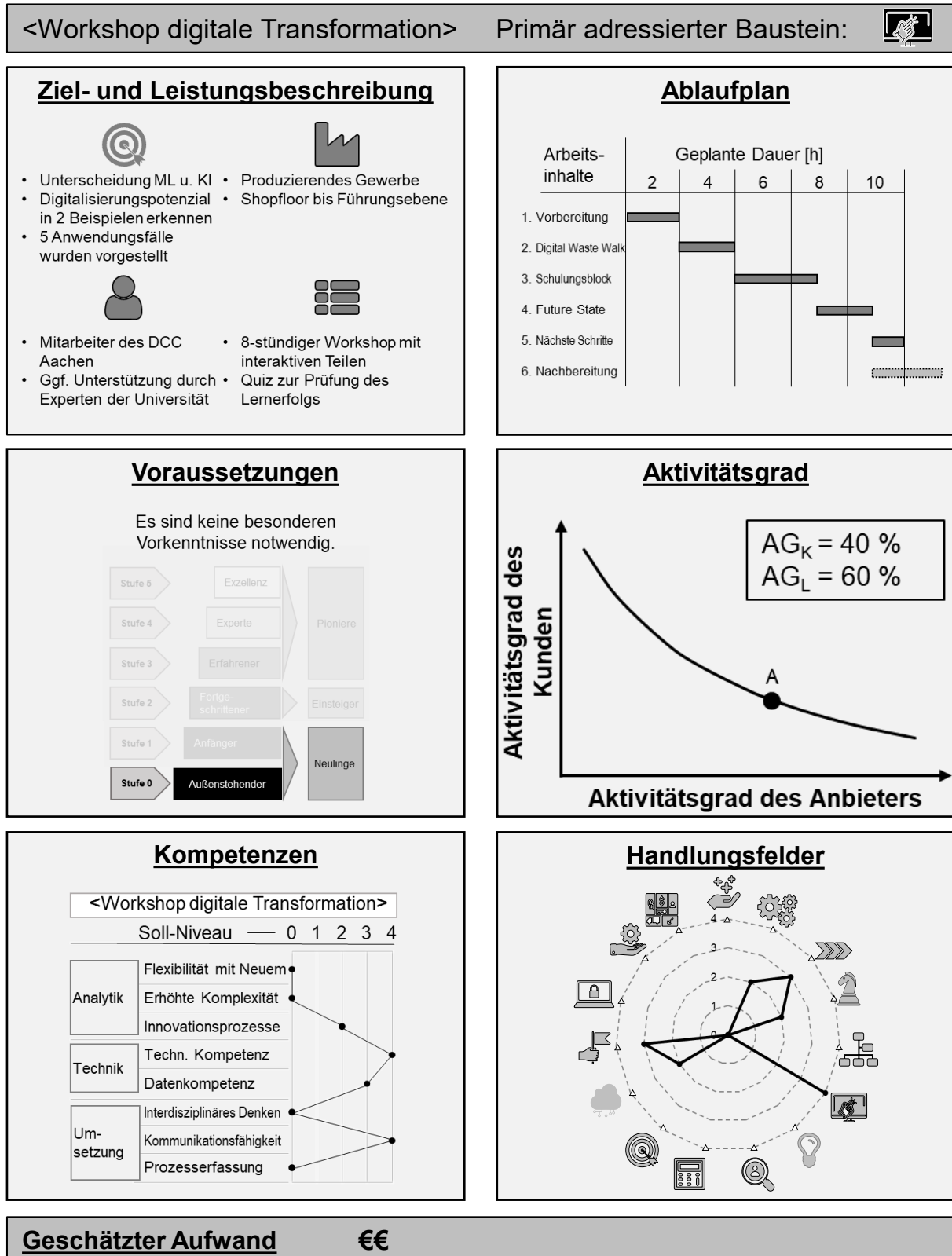


Abbildung 5.32: Steckbrief zum Angebotsformat Workshop digitale Transformation

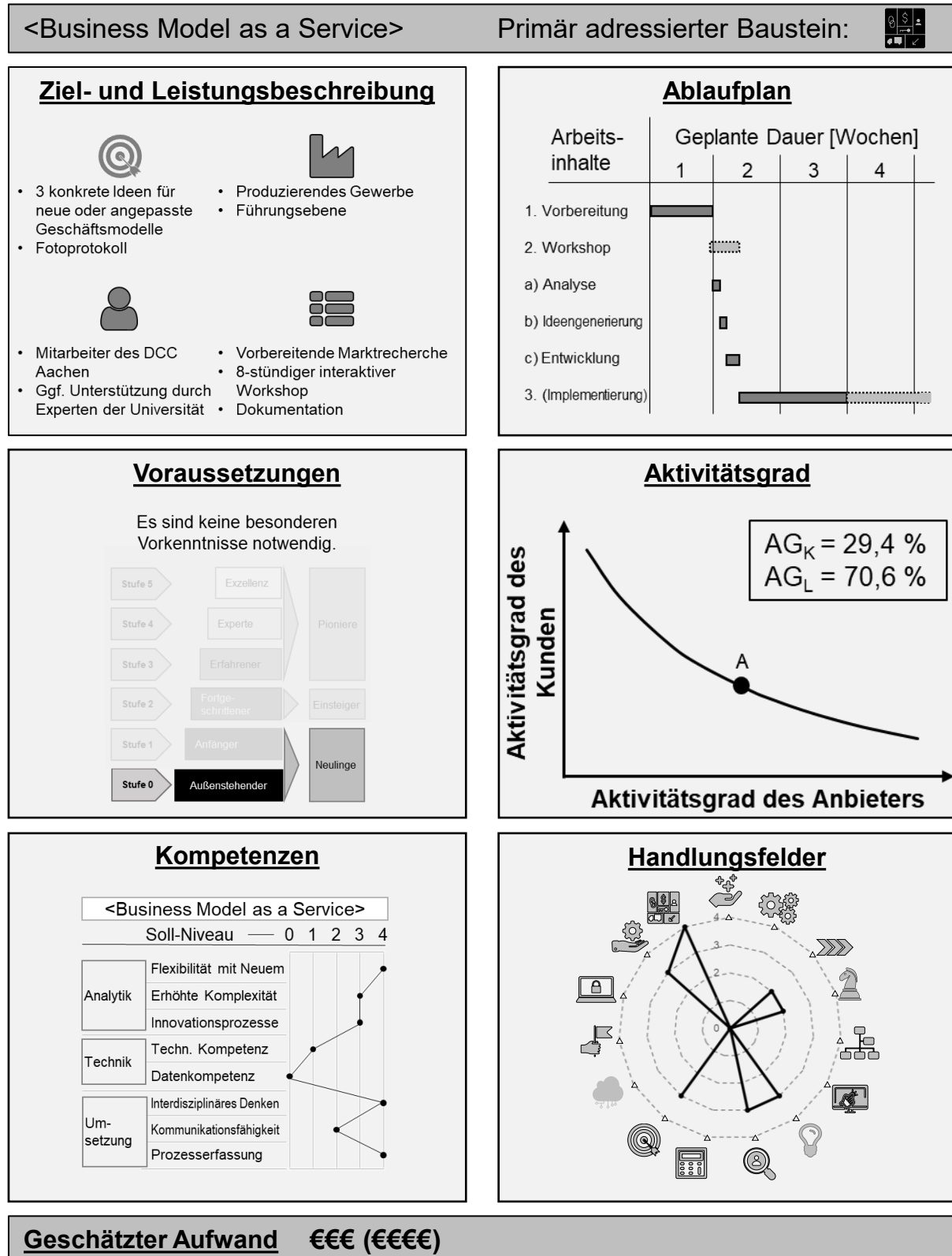


Abbildung 5.33: Steckbrief zum Angebotsformat Business Model as a Service

5.4 Zusammenfassung

In Kapitel 5 wird die formale Beschreibung der Angebote des DCC Aachen für die digitale Transformation von KMU neuentwickelt. Dazu wird zunächst das bestehende Leistungsangebot des DCC Aachen aufgeschlüsselt und untersucht. Insgesamt stehen 4 Angebotssäulen im Fokus (vgl. Kap. 5.1 und Abbildung 5.34 oben) Im nächsten Schritt wird eine einheitliche Beschreibung für die Angebote hergeleitet. Insgesamt werden 7 Kriterien formuliert und erläutert, die in einem übersichtlichen Steckbrief (vgl. Kap. 5.2) zusammengefasst sind. Die Kriterien sind in Abbildung 5.34 im mittleren Abschnitt zu sehen. Zum Abschluss des Kapitels sind beispielhaft 3 Angebotsformate – Datenaufnahme, Einführungsworkshop und Geschäftsmodellentwicklung – mitsamt den entsprechenden Steckbriefen zur Angebotsbeschreibung aufgeführt (Kap. 5.3). Die zentralen Ergebnisse – 4 Säulen, 7 Kriterien und 3 beispielhafte Formate sind in Abbildung 5.34 zusammengefasst.



Abbildung 5.34: Zentrale Ergebnisse des Kapitel 5

6 Entwicklung einer Angebotsstruktur

In den vorangehenden Kapiteln werden unterstützende Angebote zur digitalen Transformation identifiziert und bewertet (Kap. 3), Hemmnisse bei der Transformation methodisch ermittelt (Kap. 4) und schließlich eine formale Beschreibung für Angebotsformate in Form eines Steckbriefs hergeleitet und beispielhaft ausgefüllt (Kap. 5). In diesem Abschnitt werden die Erkenntnisse in einem strukturgebenden Rahmen für verschiedene Angebotsformate der ITA Academy GmbH im DCC Aachen zusammengefasst. Auf die hier entwickelte Angebotsstruktur wird in Kap. 7 bei der Ausarbeitung eines Leitfadens zur Konfiguration kundenspezifischer Angebote zurückgegriffen.

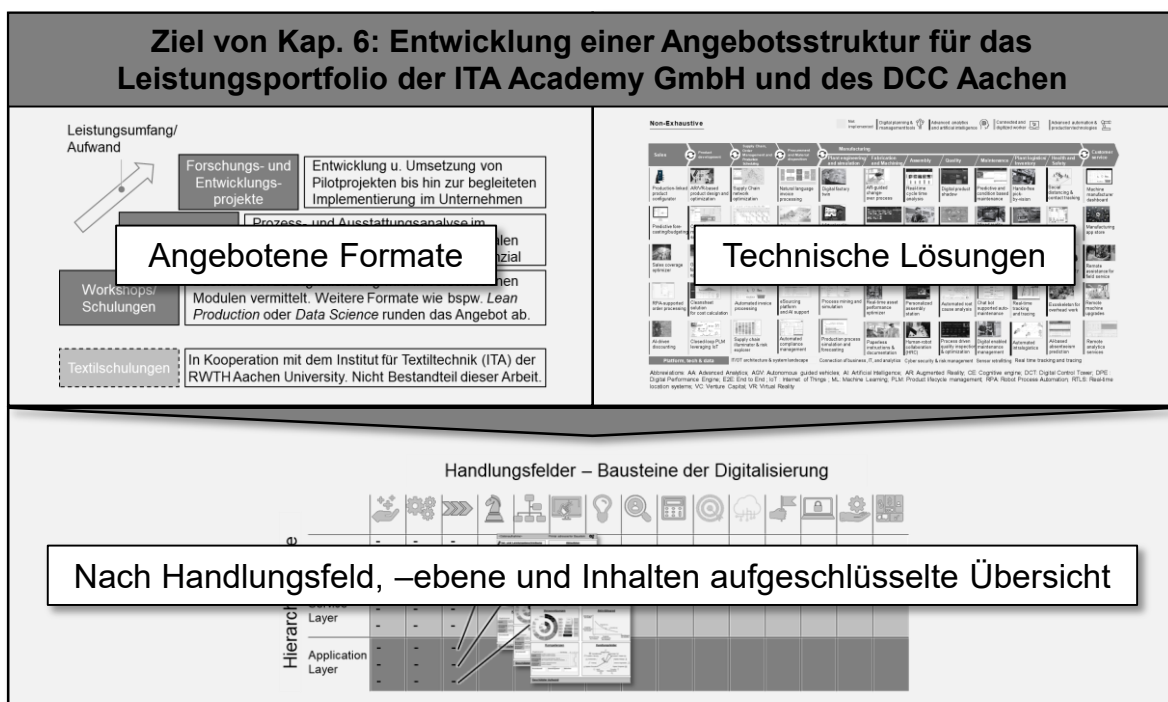


Abbildung 6.1: Übersicht der Inhalte des Kap. 6 – Entwicklung einer Angebotsstruktur

Aufgrund des organischen Wachstums, der Fluktuation an Partnerunternehmen sowie der technologischen Weiterentwicklung (maschinen-, sensor- und softwareseitig) ist das Leistungsangebot ITA Academy GmbH im DCC Aachen mit der Zeit heterogen und umfangreich geworden. Eine Bewertung des Leistungsspektrums vor dem Hintergrund der erarbeiteten Anforderungen aus Kap. 3.1

offenbart Verbesserungspotenziale. Die Einschätzung der aktuellen Angebotsstruktur anhand der hergeleiteten Kriterien ist in Abbildung 6.2 nochmals dargestellt. Für die Herleitung der Bewertung wird auf Kap. 3.3 verwiesen.

Legende: ☐ nicht erfüllt ☒ teilweise erfüllt ☒ erfüllt		Ganzheitlicher Ansatz	Kunden-/ Nutzerzentrierung	Priorisierte Handlungsfelder	Branchenfokus	Anwendbarkeit	Erweiterbarkeit
Quellen							
Leistungsangebot des DCC Aachen		☒	☒	☐	☒	☐	☒

Abbildung 6.2: Bewertung des Leistungsportfolios der ITA Academy GmbH im DCC Aachen hinsichtlich der hergeleiteten Anforderungen

Besonders bei den Anforderungen (2) *kunden- und nutzerzentrierter Ansatz*, (3) *Priorisierung von Handlungsfeldern* und (5) *einfache Bedienung* bestehen Verbesserungspotenziale. In Kapitel 5.2 ist bereits ein einheitlicher Aufbau für alle Angebotsarten hergeleitet. So sollen künftig Angebote modular und spezifisch zusammengestellt und auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten werden. Zudem sind notwendige Voraussetzungen und (interne) Kompetenzprofile in einem Steckbrief (vgl. Kap. 5.2) zusammengefasst.

Als nächster Schritt ist das aktuelle Angebotsportfolio des DCC Aachen in ein neues Format zu überführen. Anstatt den Fokus auf Technologien zu legen (siehe dazu Abbildung 5.10), werden im neuen Angebotsportfolio die Bausteine der Digitalisierung und die Unternehmensebenen gemäß des Enhanced Business Model Canvas (vgl. Kap. 2.2.6.1) zur Strukturierung verwendet. Diese Kombination bietet den Vorteil, sowohl die Handlungsfelder innerhalb einer Organisation, als auch die betroffene hierarchische Ebene (*Business*, *Service* oder *Application Layer*) auf einen Blick darstellen zu können.

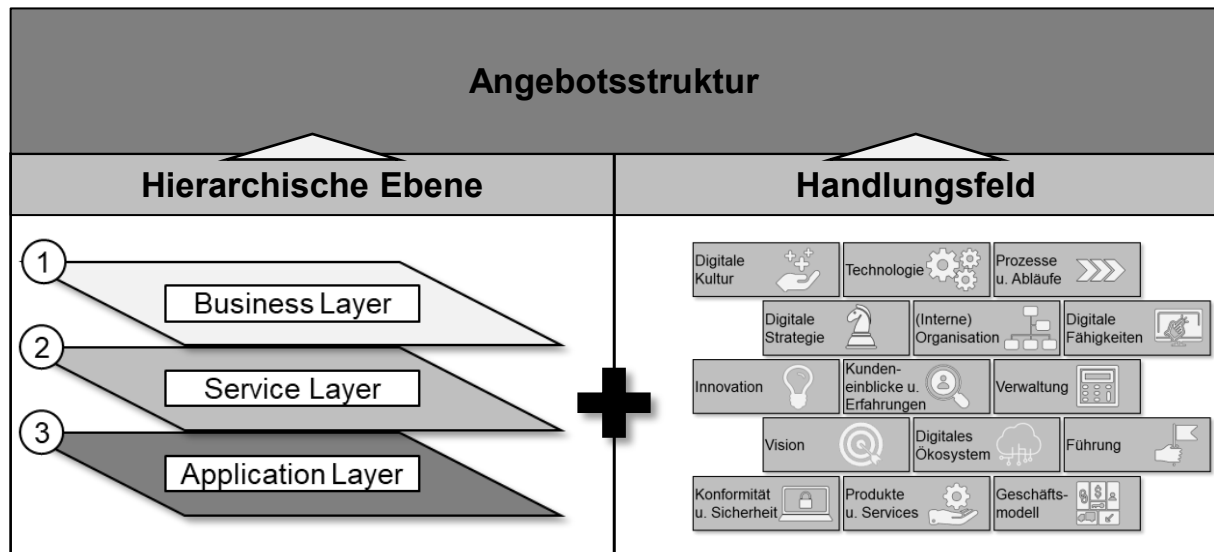


Abbildung 6.3: Die Angebotsstruktur besteht aus einer Kombination aus hierarchischer Ebene und Handlungsfeld

Das Gerüst der Matrix bzw. der Angebotsstruktur ist in Abbildung 6.4 dargestellt. Durch die Kombination ergibt sich eine 3 x 15-Matrix mit insgesamt 45 Feldern. Die hierarchischen Ebenen des Enhanced Business Model Canvas (vgl. Kap. 2.2.6.1) bilden die Zeilen, die Handlungsfelder bzw. Bausteine der Digitalisierung entsprechen den Spalten. Zur Konfiguration eines Gesamtangebots und Vergleichbarkeit untereinander werden für alle Angebotsformate Steckbriefe formuliert (vgl. Kap. 5.2). Diese können Geschäftspartnern oder Kunden als in sich abgeschlossene Projekt angeboten werden oder, je nach Art der Anfrage, für ein individuelles Angebot kombiniert werden. In jedem Matrixfeld können beliebig viele Angebote eingetragen werden, die dem entsprechenden Handlungsfeld und Hierarchieebene zugeordnet sind. Angebote, die mehrere Handlungsfelder und/oder Hierarchieebenen betreffen, werden mehrfach – also in verschiedenen Feldern der Matrix – notiert. So ergeben sich Listen aus Angebotsformaten die für ein Handlungsfeld und eine Hierarchieebene in Frage kommen. Im Beispiel in Abbildung 6.4 sind die Angebote für *Prozesse u. Abläufe* auf der Anwendungs- bzw. Anwenderebene (*Application Layer*) dargestellt. Für diese Kombination aus Anwenderebene und Handlungsfeld existieren 3 Angebotsformaten, die aussichtsreiche Lösungen versprechen. In Kap. 7 wird anschließend ein Leitfaden entwickelt, mit dem die Identifikation der Kundenbedürfnisse und Konfiguration von Angebotsformaten unterstützt wird.

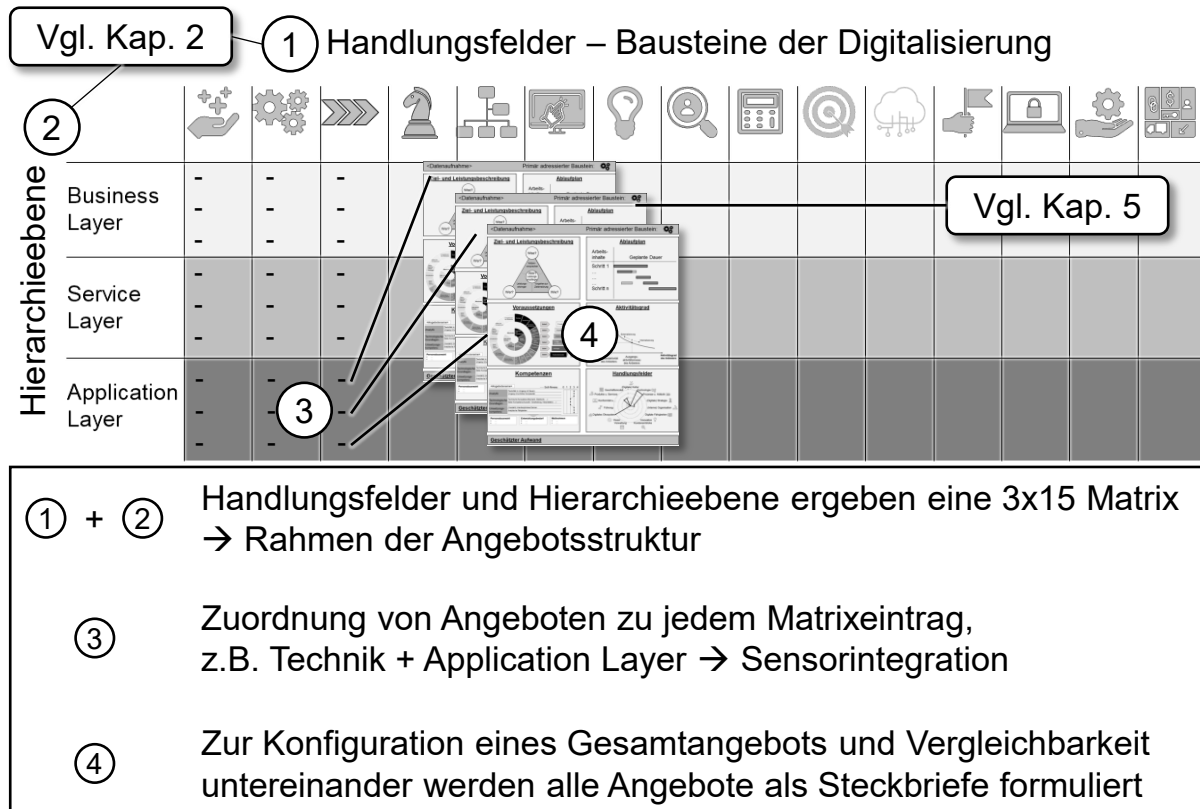


Abbildung 6.4: Vorgeschlagene Angebotsstruktur für das DCC Aachen

Durch den modularen Aufbau der Angebotsstruktur wird die Komplexität möglichst gering gehalten. Aus den insgesamt 45 Feldern der Matrix können je nach Bedarf Angebotsformate kombiniert und zu einem Gesamtprojekt konfiguriert werden. Dabei wird auf standardisierte Bausteine und individualisierte Leistungen zurückgegriffen.

Da die Ausgangslagen bei Kunden nicht identisch sind, kann ein zu hoher Standardisierungsgrad zu einer Komplexitätssteigerung der Angebotsstruktur führen. Diese Voraussetzungen in immer neuen Standards abzubilden, sorgt für eine nicht beherrschbare Vielfalt an Angeboten. Stattdessen ist ein optimales Verhältnis zwischen standardisierten und individuellen Bausteinen zu finden. Der Zusammenhang zwischen Standardisierungs- und Komplexitätsgrad ist in Abbildung 6.5 dargestellt.

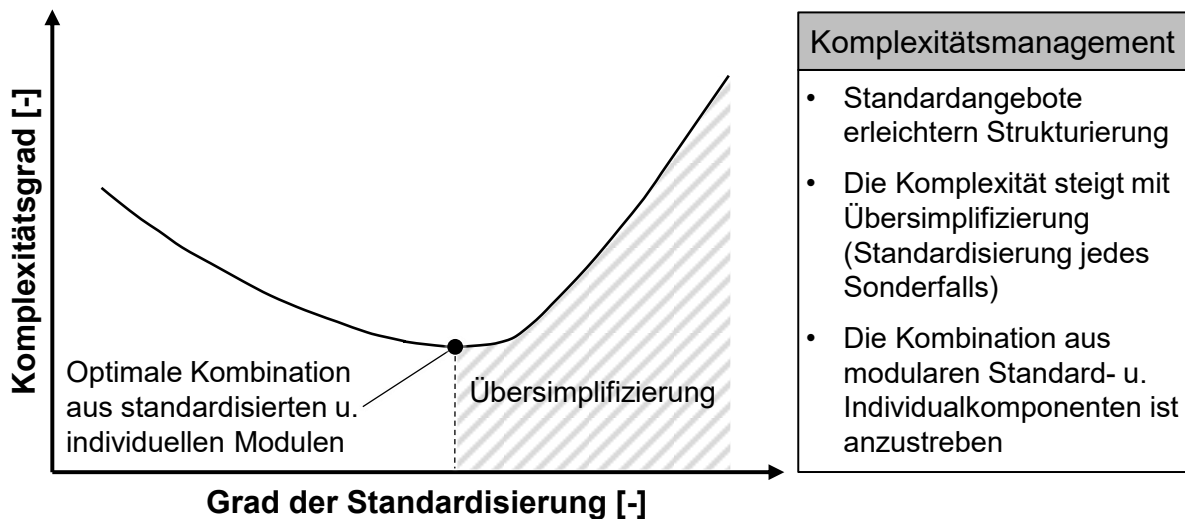


Abbildung 6.5: Zusammenhang zwischen Komplexitätsgrad und Standardisierung, in Anlehnung an [Rib23]

In Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.3 ist die Matrix aus Abbildung 6.4 mit möglichen Angebotsformaten befüllt. Dabei handelt es sich sowohl um bereits bestehende Angebotsformate (z. B. Potenzialanalysen des DCC Aachen oder kostenlose Infoveranstaltungen des Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrums Textil vernetzt [Ges22]) als auch um Vorschläge zu möglichen neuen Leistungen.

Eine genauere Erläuterung der Inhalte ist unter Anhang B: Erläuterungen in Tabelle 15.12 bis Tabelle 15.14 zu finden. Bereits bestehende Leistungen sind in den Tabellen durch schwarze Schrift markiert. Mögliche neue Angebotsformate sind durch einen Grauton gekennzeichnet. Auffällig sind die häufig fehlenden Angebote auf der Anwenderebene. Leere weiße Felder kennzeichnen Teile des Portfolios, für die aktuell noch keine Angebotsformate bestehen. Sie bieten Potenzial für die Entwicklung neuer Dienstleistungen, Workshops und so weiter. [Boo22]

Tabelle 6.1: Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 1/3

Kultur	Technologie	Prozesse u. Abläufe	Digitale Strategie	Organisation
Business Layer	- Agile Transformation	- Technologie Sourcing - KI-Institut - Mobile Labs/Lernfabrik - Labtouren	- Technologie-Sourcing - Strategieentwicklung - Talent Acquisition Strategy - Digital Twin im Unternehmen	- Agile Transformation (Digitale) - Fabrikplanung - Projektmanagement
Service Layer	- Agile Transformation	- Big Data-Infrastruktur - KI-Institut - Digital Twin im Unternehmen	- Datenaufnahme - Energieeffizienz in der Produktion - Digital Twin im Unternehmen - (Digitale) Fabrikplanung - Potenzialanalyse	
Application Layer	- Build by DCC Aachen - Datenaufnahme - KI im Unternehmen - Energieeffizienz in der Produktion - Mobile Labs/Lernfabrik - Demonstratoren	- (Digitale) Fabrikplanung - Potenzialanalyse	- Fachtagung	

Tabelle 6.2: Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 2/3

	Digitale Fähigkeiten	Innovation	Kundeneinblicke u. -erfahrungen	Verwaltung	Vision
Business Layer	- Lean Manufacturing-Schulung - Digital Manufacturing-Schulung - Digital Quality Management - Leadership Development - Ressource Productivity - Technologieradar	- Markt- und Innovationsrecherche - Innovationsstrategieberatung - Projektmanagement	- Digital Marketing (Beratung)	- Talent Acquisition Strategy - Projektmanagement	- Strategieentwicklung - (Digitale) Fabrikplanung - Projektmanagement
Service Layer	- Digital Workforce	- KI-Institut			
Application Layer	- Talent Acquisition Strategy - Mobile Labs/ Lernfabrik - Workshops - CyberClassROOM				

Tabelle 6.3: Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 3/3

	Digitales Ökosystem	Führung	Konformität u. Sicherheit	Produkte u. Services	Geschäftsmodell
Business Layer		- Leadership Development - Leadership Assessment	- Cybersecurity Assessment	- Produkt- und Servicedesign - Innovationsstrategieberatung	- Business Building - Procurement Beratung - Production data as a Service - Digitale Geschäftsmodellentwicklung
Service Layer	- Big Data Infrastruktur		- Cybersecurity Assessment	- Cloud Infrastruktur - Digital Product Design	- Cloud Infrastruktur - Wirtschaftlichkeitsrechnung
Application Layer			- Production data as a Service - Cybersecurity Sensibilisierung	- Build by DCC Aachen - Digitale Produkt- und Produktionsplanung - Digital Workforce - Digital Product Design	- Digital Workforce

Zusammenfassung

In Kapitel 6 wird eine neue Struktur für das Angebotsportfolio des DCC Aachen hergeleitet. Zur Sortierung der vielfältigen Themenfelder der Digitalisierung wird dazu eine tabellarische Form (Matrix) verwendet. Aus den erarbeiteten Ergebnissen der Kapitel 2 und 5 wird eine Matrix mit 3 Zeilen und 15 Spalten als Grundgerüst abgeleitet. Die Spalten bilden die Handlungsfelder der Digitalisierung innerhalb von Organisationen ab. Diese Bausteine der Digitalisierung werden in Kap. 2.2.5 hergeleitet. Die Zeilen stellen die verschiedenen Handlungs- oder Hierarchieebenen dar. Sie ergeben sich aus dem vereinfachten Business Model Canvas – dem Enhanced Business Model Canvas (vgl. Kap. 2.2.6.1). Durch die Hierarchieebenen wird ersichtlich, welche Personen(gruppen) einer Organisation in ein Projekt zu involvieren sind. Beispielsweise ist ein C-Level Manager nicht notwendig, wenn ein Sensor in eine Maschine integriert wird. Die Expertise wird jedoch benötigt, wenn die strategische Ausrichtung eines Unternehmens für die kommenden Jahr auszuarbeiten ist. Die Bestandteile der Angebotsstruktur sowie der finale Aufbau sind nachfolgend in Abbildung 6.6 zusammengefasst.

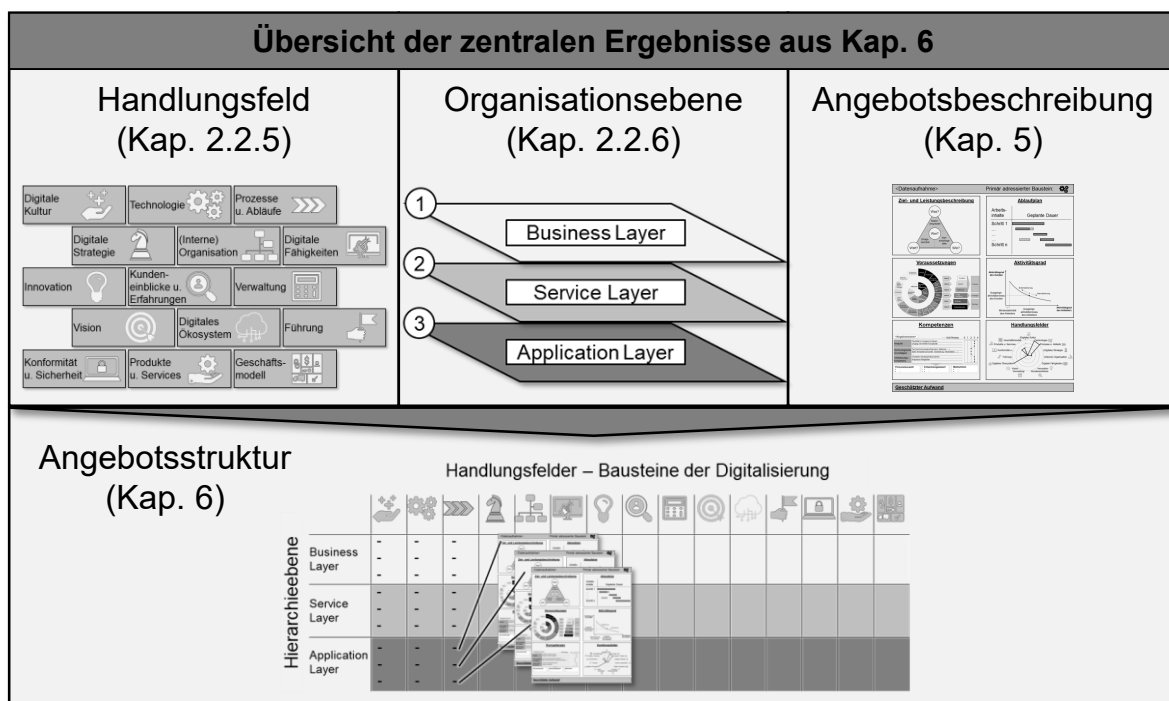


Abbildung 6.6: Zentrale Ergebnisse des Kap. 6

Die ausformulierte entwickelte Angebotsstruktur wird anschließend auszugsweise mit Angebotsformaten befüllt. Für jedes stichwortartig dargestellte Format wird eine standardisierte Beschreibung in Form eines Steckbriefs (vgl. Kap. 5) hinterlegt. Bestehende Formate werden in Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.3 in schwarzer Schrift geführt, mögliche neu zu entwickelnde Dienstleistungen in grau. Weiße Felder weisen auf potenzielle neue Geschäftsfelder hin, in denen keine konkreten Formate vorliegen. Detaillierte Beschreibungen der stichwortartig aufgeführten Angebote sind in Tabelle 15.12 – Tabelle 15.14 unter Anhang B: Erläuterungen aufgeführt. Eine regelmäßige Prüfung, Anpassung und Aktualisierung der Formate in der Angebotsstruktur sind erforderlich, um den angepassten Bedürfnissen der Industrie Rechnung zu tragen. Im nächsten Kapitel wird das Gesamtverfahren von der Kundenergründung bis hin zur Angebotsauswahl vorgestellt.

7 Ablauf des entwickelten Vorgehens

In den vorhergehenden Kapiteln werden Anforderungen an Angebote zur Unterstützung der digitalen Transformation in Unternehmen definiert (Kap. 3.1), Hemmnisse der digitalen Transformation identifiziert und strukturiert (Kap. 4) sowie eine formale Beschreibung für Angebote in Form von Steckbriefen (Kap. 5) und eine neue Struktur für das Angebotsportfolio (Kap. 6) definiert. All diese Vorarbeiten zielen auf die Strukturierung von angebotenen Formaten und Dienstleistungen ab.

Ziel dieses Kapitels ist die Entwicklung, Beschreibung und übergeordnete Darstellung eines Handlungsleitfadens zur kundenzentrierten Angebotserstellung. Dabei wird auf die in den Kap. 5 und 6 erarbeiteten Strukturierungselemente zurückgegriffen (vgl. Abbildung 7.1). Der Leitfaden dient später der Konfiguration kundenspezifischer Angebote.

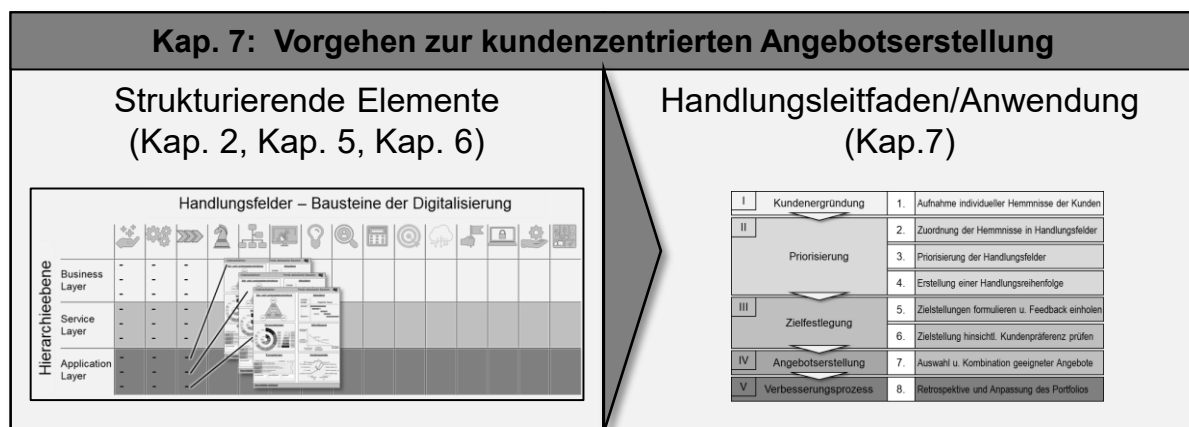


Abbildung 7.1: Ablauf der Angebotserstellung

7.1 Bedarfsermittlung beim Kunden

Das erste zu lösende Problem ist die Bedarfsermittlung auf Kundenseite. Unternehmen sind sich der Möglichkeiten der Digitalisierung häufig nicht bewusst. In der Folge wird oft kein Einstieg in die Digitalisierungs-Thematik gefunden oder die Vielfalt der Angebote überfordert Unternehmen. Daher ist der erste Schritt für einen Dienstleister die systematische Problemidentifikation, gefolgt von der methodisch begleiteten Priorisierung der Handlungsoptionen. Zunächst

formuliert der Kunde so konkret und so detailliert wie möglich den Zielzustand, den er erreichen möchte. Dabei ist nach Möglichkeit bereits darauf zu achten, die Ziele SMART (vgl. Kap. 5.2.1) zu formulieren. Die Wiedergabe des Ziels durch den Dienstleister sichert das gemeinsame Verständnis. In diesem Schritt wird der Soll-Zustand festgelegt. Inhalte und Methoden des ersten Schritts der Kundenergründung sind nachfolgend in Abbildung 7.2 dargestellt.

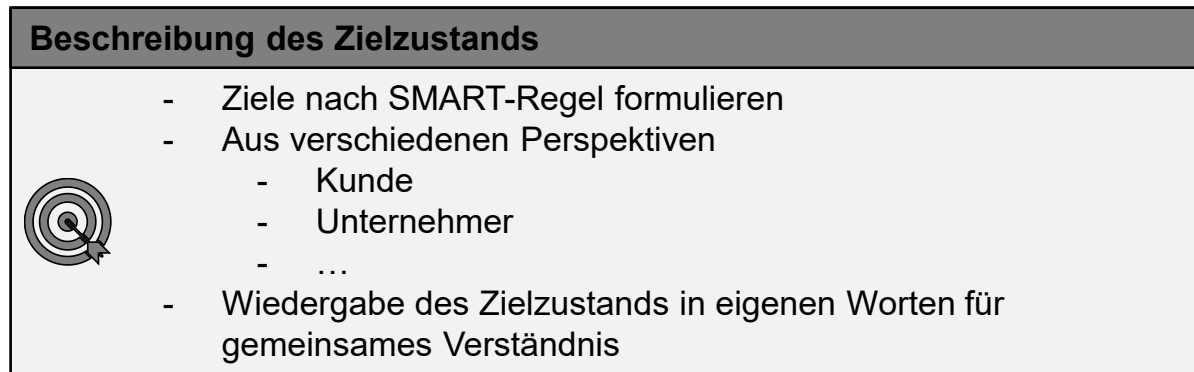


Abbildung 7.2: Erfassung des Soll-Zustands während der Kundenergründung

Anschließend ist eine Bedarfsanalyse durchzuführen, bei der der Ist-Zustand erfasst wird. Hierzu ist eine ausführliche Kundenergründung erforderlich. Idealerweise werden Interviews auf verschiedenen Ebenen des Unternehmens (gemäß des Enhanced Business Model Canvas – vgl. Kap. 2.2.6.1) durchgeführt. Dazu wird zunächst ein Überblick über das Vorhaben bzw. Ziel sowie die involvierten Bereiche benötigt (vgl. Schritt 1). Anschließend sollten offene „W-Fragen“ (Warum?, Wann?, Was?, Wo?, Wie?, Wer?) gestellt werden, die einen detaillierteren Einblick in die Motivation und die Zustände beim Kunden liefern. Dieser Schritt zielt vor allem darauf ab, möglichst viele Informationen zum Ist-Zustand zu sammeln und mögliche Missstände bzw. Ursachen für Missstände zu identifizieren. Die Ergebnisse aus diesem Schritt sollten schriftlich fixiert und zusammengefasst werden und zur Beantwortung der Frage „Wer hat was, wann, wie, wo, warum getan?“ beitragen. Mögliche Begleitmethoden zur Ermittlung der Kundenbedürfnisse sind die *5-W-Methode* oder die *CATWOE-Methode* (Customer, Actors, Transformation process, World view, Owners, Environmental constraints). Auch die Formulierung in einfachen Worten hilft bei dem

Prozess. Eine ausführliche Beschreibung der Methoden ist in BUCHHOLZ ET AL. [BBE+18] gegeben. Anschließend können Soll-Zustand (Schritt 1: SMART formulierte Ziele) und Ist-Zustand (Schritt 2: Wer, was, wann, wie, wo, warum?) abgeglichen werden. Inhalte und unterstützende Methoden für den zweiten Schritt der Kundenergründung sind nachfolgend in Abbildung 7.3 dargestellt.

Beschreibung des Ist-Zustand und Soll-/Ist-Vergleich	
	- Ermittlung der Diskrepanzen zwischen Satus quo und Ziel
	- Mehrere Interviews und/oder Online-Fragebogen
	- Mögliche Begleitmethoden
	- 5W
	- CATWOE
	- 6W
	- ...

Abbildung 7.3: Beschreibung des Status quo und Vergleich mit dem Zielzustand während der Kundenergründung

Mithilfe des Soll-Ist-Abgleichs können schließlich im dritten Schritt die zugrundeliegenden Kundenbedürfnisse bzw. Hemmnisse formuliert werden. In diesem Schritt ist eine erneute Rücksprache mit dem Kunden elementar. Erst wenn Einigkeit über die Hemmnisse und ihre Ursachen herrscht, können mithilfe verschiedener Methoden (z. B. Aufgabenkarten, einfache Sprache, Transformation Canvas) notwendige Lösungsschritte abgeleitet werden. Inhalte und Methoden für den dritten Schritt sind in Abbildung 7.4 zusammengefasst.

Formulierung von Kundenbedürfnissen	
	- Enge Absprache mit Kunden notwendig für einheitliches Verständnis
	- Ableitung erster Maßnahmen und Identifikation von Handlungsfeldern
	- Mögliche Begleitmethoden
	- Aufgabenkarten
	- Transformation Canvas

Abbildung 7.4: Ableitung von Kundenbedürfnissen während der Kundenergründung

Für eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Methoden wird an dieser Stelle auf die Werke von BUCHHOLZ ET AL. und VAN AERSEN ET AL. [BBE+18; ABB22] verwiesen. Die 3 Schritte zur systematischen Kundenergründung sind in Abbildung 7.5 zusammengefasst.

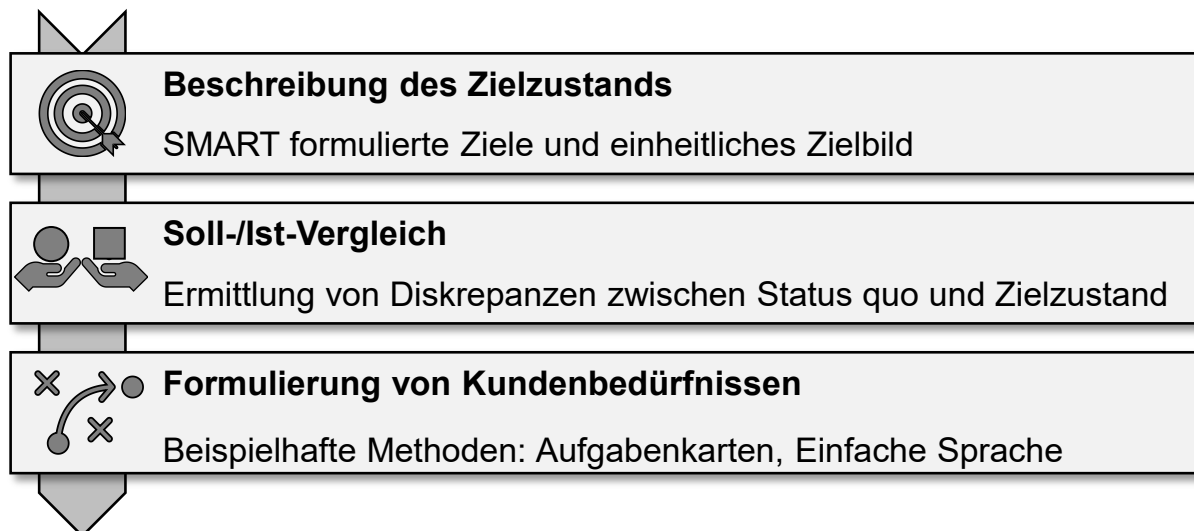


Abbildung 7.5: Zusammengefasstes Vorgehen zur systematischen Kundenergründung

7.2 Hemmnispriorisierung

Nachdem der Zielzustand formuliert ist, sind die Hemmnisse des Unternehmens auf dem Weg zur Zielerreichung zu identifizieren und zu priorisieren. Daraus wird eine ideale Handlungsreihenfolge abgeleitet. Hierzu werden in Kap. 4 Hemmnisse gesammelt und strukturiert. Die Liste der Hemmnisse kann und soll durch jede Kundeninteraktion erweitert werden, sofern ein spezifisches Problem noch nicht aufgenommen ist. Die 15 Handlungsfelder (vgl. Kap. 2.2.4) werden mithilfe einer Präferenzmatrix durch den Kunden gewichtet. Das Vorgehen ist beispielhaft in Abbildung 7.6 dargestellt. Auf Basis des paarweisen Vergleichs entscheidet der Kunde, welches Thema bzw. welche Themen für ihn die größte Relevanz besitzen. Die Auswertung erfolgt anhand der Häufigkeit der Nennungen der einzelnen Handlungsfelder. Final werden alle Handlungsfelder gewichtet, indem die Anzahl der Nennungen auf die Gesamtanzahl der Vergleiche bezogen wird. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass einzelne Felder direkt zu Beginn komplett ausgeschlossen werden können. Daher ist die Auswertung der

Präferenzmatrix mit dem Kunden zu besprechen und gegebenenfalls die Priorisierung zu ändern.

Gewichtung		Häufigkeit	Handlungsfelder (vgl. Kap. 2)	
	0 %	0	Kultur (K)	
①	33 %	18	Technologie (T)	
	...	...	...	
	...	...	...	
⑪	7 %	4	Produkte u. Services (P)	
②	29,3 %	16	Geschäftsmodell (G)	

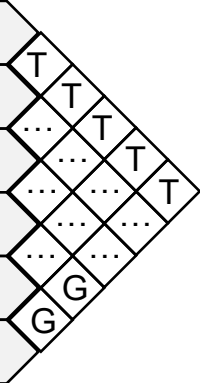


Abbildung 7.6: Präferenzmatrix der Bausteine der Digitalisierung für die Gewichtung der Handlungsfelder

Nach der Priorisierung der Handlungsfelder werden die – aus der Literatur, in Interviews und durch den Kunden ergänzten – gesammelten Hemmnisse verglichen und eine Rangfolge gebracht. Dazu werden sie mit Hilfe des paarweisen Vergleichs gewichtet. Im Unterschied zu der verwendeten Präferenzmatrix für die Handlungsfelder können Hemmnisse mit gleichem Wert gewichtet werden. Hemmnisse werden paarweise verglichen und durch den Kunden entschieden, ob Hemmnis 1 weniger (0), gleich viel (1) oder mehr (2) Relevanz als Hemmnis 2 besitzt. Die Werte werden zeilenweise addiert und durch die Summe aller Bewertungen geteilt. Dadurch erhält jedes Hemmnis eines Handlungsfeldes eine Gewichtung. Das Vorgehen des paarweisen Vergleichs ist beispielhaft für das Handlungsfeld Technologie in Abbildung 7.7 dargestellt.

	Hemm-nis 1	Hemm-nis 2	...	Hemm-nis n	Summe	Gewichtung
Hemm-nis 1		2	1	1	5	38 %
Hemm-nis 2	0		2	2	4	31 %
⋮	...	...	...	...	...	...
Hemm-nis n	1	0	0		1	8 %

0 : Hemmnis *Zeile* ist weniger wichtig als Hemmnis *Spalte*
 1 : Hemmnis *Zeile* ist gleichwertig zu Hemmnis *Spalte*
 2 : Hemmnis *Zeile* ist wichtiger als Hemmnis *Spalte*

Abbildung 7.7: Paarweiser Vergleich zur Priorisierung von Hemmnissen am Beispiel des Handlungsfeldes Technologie

In Abbildung 7.8 ist der Vorgang der Priorisierung in 2 Schritten dargestellt. Für den Fall, dass die Rangfolge nicht den Vorstellungen des Kunden entspricht, ist an dieser Stelle ein Vetorecht einzuräumen.

Maßnahme			Ergebnis																																																	
1. Individuelle Einschätzung der Handlungsfelder																																																				
<table><tr><th>Gewichtung</th><th>Häufigkeit</th><th>Handlungsfelder</th></tr><tr><td>0 %</td><td>0</td><td>Kultur (K)</td></tr><tr><td>① 33 %</td><td>18</td><td>Technologie (T)</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>⑪ 7 %</td><td>4</td><td>Produkte u. Services (P)</td></tr><tr><td>⑫ 29,3 %</td><td>16</td><td>Geschäftsmodell (G)</td></tr></table>			Gewichtung	Häufigkeit	Handlungsfelder	0 %	0	Kultur (K)	① 33 %	18	Technologie (T)	...	...	...	...	...	...	⑪ 7 %	4	Produkte u. Services (P)	⑫ 29,3 %	16	Geschäftsmodell (G)	<table><tr><td>1. </td><td>33 %</td><td>...</td><td>13. </td><td>4 %</td></tr><tr><td>2. </td><td>27 %</td><td>...</td><td>14. </td><td>0 %</td></tr><tr><td>3. </td><td>15 %</td><td>...</td><td>15. </td><td>0 %</td></tr></table>			1. 	33 %	...	13. 	4 %	2. 	27 %	...	14. 	0 %	3. 	15 %	...	15. 	0 %											
Gewichtung	Häufigkeit	Handlungsfelder																																																		
0 %	0	Kultur (K)																																																		
① 33 %	18	Technologie (T)																																																		
...	...	...																																																		
...	...	...																																																		
⑪ 7 %	4	Produkte u. Services (P)																																																		
⑫ 29,3 %	16	Geschäftsmodell (G)																																																		
1. 	33 %	...	13. 	4 %																																																
2. 	27 %	...	14. 	0 %																																																
3. 	15 %	...	15. 	0 %																																																
2. Hemmnisgewichtung innerhalb der Handlungsfelder																																																				
<table><tr><th></th><th>Hemm-nis 1</th><th>Hemm-nis 2</th><th>...</th><th>Hemm-nis n</th><th>Summe</th><th>Gewichtung</th></tr><tr><td>Hemm-nis 1</td><td></td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>38 %</td></tr><tr><td>Hemm-nis 2</td><td>0</td><td></td><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>31 %</td></tr><tr><td>⋮</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>Hemm-nis n</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>1</td><td>8 %</td></tr></table> 0 : Hemmnis Zeile ist weniger wichtig als Hemmnis Spalte 1 : Hemmnis Zeile ist gleichwertig zu Hemmnis Spalte 2 : Hemmnis Zeile ist wichtiger als Hemmnis Spalte				Hemm-nis 1	Hemm-nis 2	...	Hemm-nis n	Summe	Gewichtung	Hemm-nis 1		2	1	1	5	38 %	Hemm-nis 2	0		2	2	4	31 %	⋮	...	...	...	...	...	...	Hemm-nis n	1	0	0		1	8 %	<table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>H₁ 51 %</td><td>H₁ 38 %</td><td>H₁ 25 %</td></tr><tr><td>⋮</td><td>⋮</td><td>⋮</td></tr><tr><td>H_n 1 %</td><td>H_m 0 %</td><td>H_o 3 %</td></tr></table>						H ₁ 51 %	H ₁ 38 %	H ₁ 25 %	⋮	⋮	⋮	H _n 1 %	H _m 0 %	H _o 3 %
	Hemm-nis 1	Hemm-nis 2	...	Hemm-nis n	Summe	Gewichtung																																														
Hemm-nis 1		2	1	1	5	38 %																																														
Hemm-nis 2	0		2	2	4	31 %																																														
⋮	...	...	...	...	...	...																																														
Hemm-nis n	1	0	0		1	8 %																																														
																																																				
H ₁ 51 %	H ₁ 38 %	H ₁ 25 %																																																		
⋮	⋮	⋮																																																		
H _n 1 %	H _m 0 %	H _o 3 %																																																		
3. Finale Priorisierung und Vetorecht des Kunden																																																				
<table><tr><td>①</td><td>H₁ </td><td>22,41</td></tr><tr><td>②</td><td>H₁ </td><td>16,83</td></tr><tr><td>③</td><td>H₂ </td><td>6,75 </td></tr></table>			①	H ₁ 	22,41	②	H ₁ 	16,83	③	H ₂ 	6,75 	<table><tr><td>①</td><td>H₁ </td><td>22,41</td></tr><tr><td>②</td><td>H₁ </td><td>16,83</td></tr><tr><td>③*</td><td>H₂ </td><td>2,83</td></tr></table>			①	H ₁ 	22,41	②	H ₁ 	16,83	③*	H ₂ 	2,83																													
①	H ₁ 	22,41																																																		
②	H ₁ 	16,83																																																		
③	H ₂ 	6,75 																																																		
①	H ₁ 	22,41																																																		
②	H ₁ 	16,83																																																		
③*	H ₂ 	2,83																																																		

Abbildung 7.8: Priorisierung von Hemmnissen und Handlungsfeldern

Im ersten Schritt werden die Handlungsfelder durch die Präferenzmatrix bewertet, in der Abbildung oben links dargestellt. Daraus ergibt sich eine Gewichtung der verschiedenen Cluster (Abbildung oben rechts). Innerhalb der gewichteten Handlungsfelder werden die Hemmnisse mit einem paarweisen Vergleich priorisiert. Dies ist in Abbildung 7.8 in der Mitte links dargestellt. Auch hieraus kann für jedes Handlungsfeld eine gewichtete Rangfolge abgeleitet werden (Mitte, rechts). Schließlich kann eine globale Rangfolge der dringlichsten Handlungsfelder und Hemmnisse durch die Multiplikation der Gewichte erzeugt werden. Kunden erhalten bei dieser Reihenfolge ein Vetorecht, dargestellt durch ein „x“ in der Abbildung unten links. Abschließend steht eine finale Handlungsreihenfolge zur Verfügung, anhand der Projekte geplant und vorbereitet werden können (Abbildung unten rechts).

7.3 Lösungsauswahl und Angebotskonfiguration

Nachdem im vorhergehenden Kapitel sowohl Handlungsfelder als auch Hemmnisse priorisiert sind, werden in diesem Abschnitt mögliche Angebote ausgewählt und zu Projekten kombiniert. Die entsprechende Spalte in der Angebotsmatrix wird durch die Priorisierung vorgegeben. Nun werden die Kundenziele bzw. Beweggründe zur Digitalisierung hinzugezogen, um geeignete Angebote zu identifizieren. Durch die Kombination von Hemmnissen und Beweggründen können in Frage kommende Projektformen eingegrenzt werden. Das Vorgehen ist in Abbildung 7.9 dargestellt.

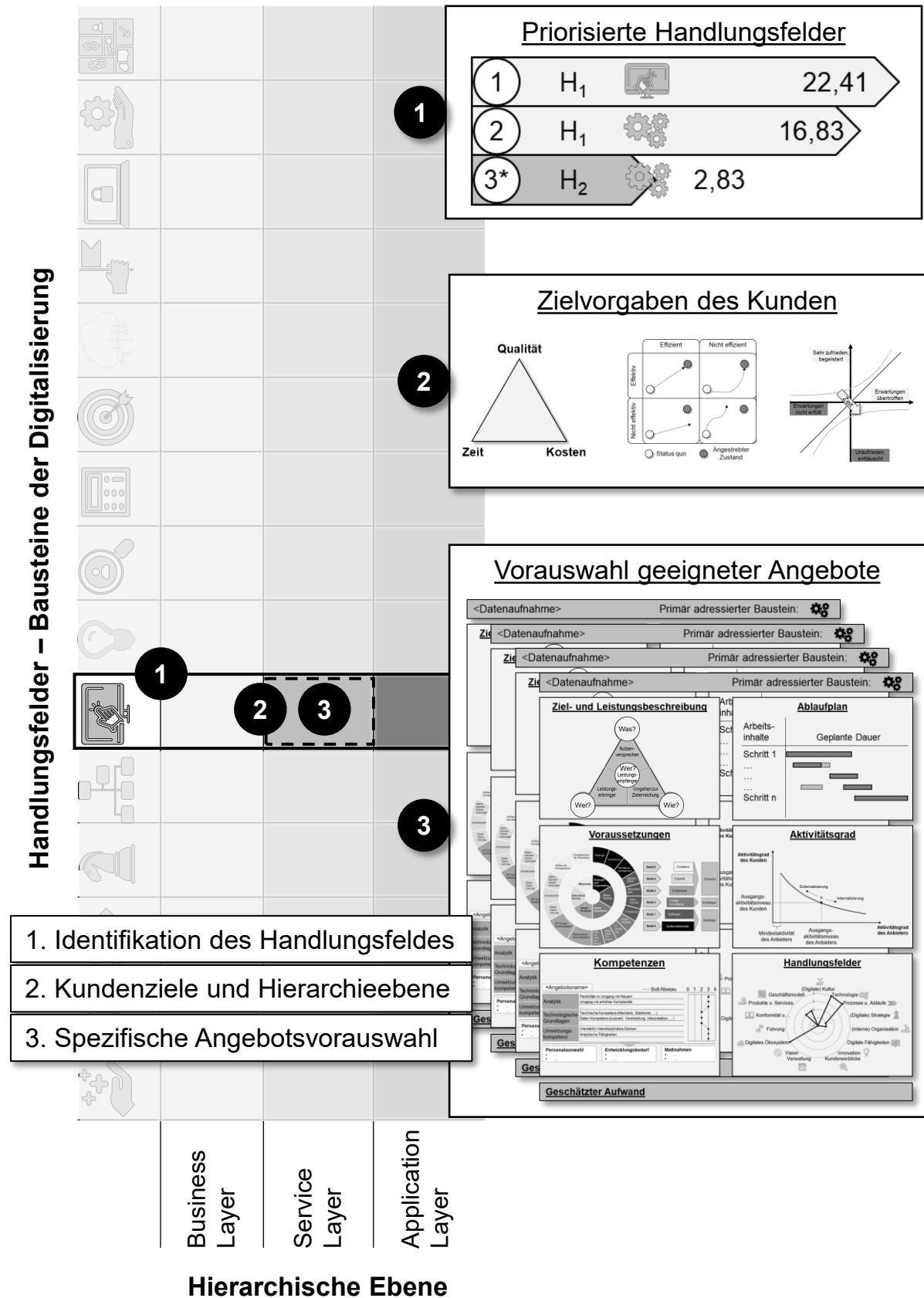


Abbildung 7.9: Ablauf der Priorisierung und Angebotserstellung unter Berücksichtigung der Zielvorgaben des Kunden

Jedem Handlungsfeld sind zunächst allgemein Angebote zugeordnet, die den jeweiligen (Unternehmens-)Bereich direkt oder indirekt beeinflussen (vgl. dazu Kap. 5.2). Unter Berücksichtigung der Kundenziele werden anschließend aus allen Angeboten diejenigen ausgewählt, die den Kundenforderungen entsprechen. Neben den ausgewählten Angebotsformaten können zusätzliche Dienstleistungen ergänzt werden, die im unmittelbaren Zusammenhang mit dem fokussierten Handlungsfeld stehen. Die Verknüpfung der Angebote und unterstützenden Dienstleistungen zu einem Gesamtangebot ist in Abbildung 7.10 dargestellt. Die Vorauswahl der Angebote wird durch Experten des DCC Aachen basierend auf der ausführlichen Kundenergründung vorgenommen.

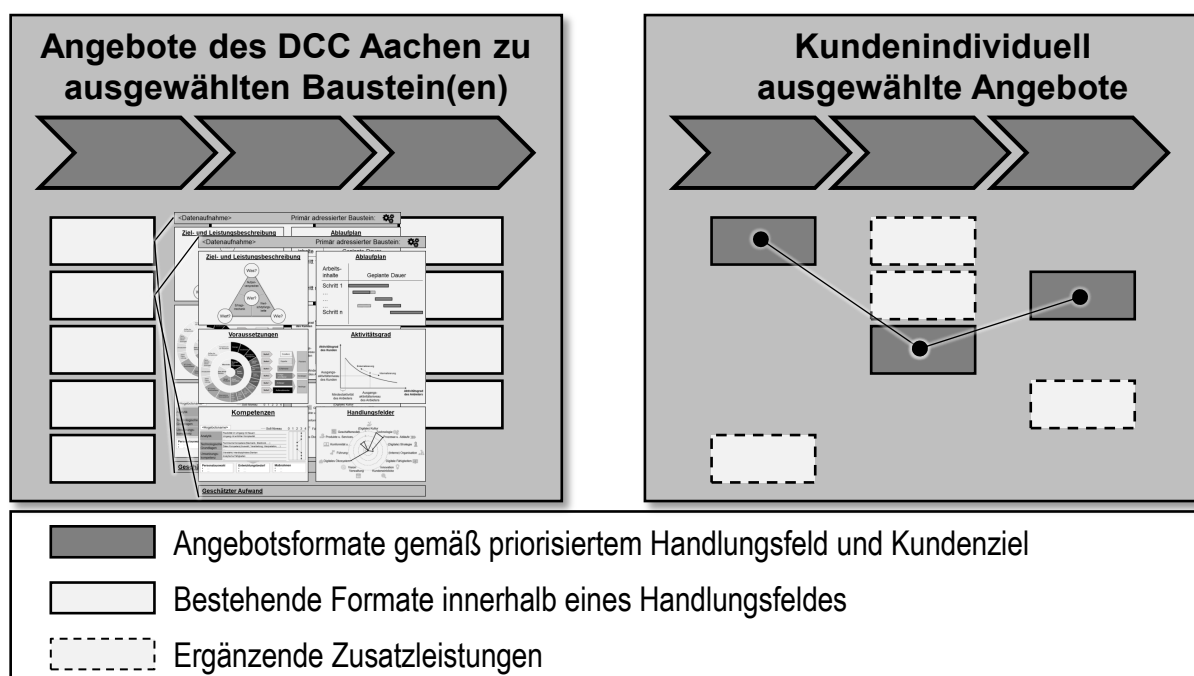


Abbildung 7.10: Auswahl kundenindividueller Angebote unter Berücksichtigung von Handlungsfeld und Kundenziel

Der standardisierte Aufbau der Angebote im Steckbriefformat ermöglicht im nächsten Schritt eine einfache Kombination bzw. Verkettung der gewählten Angebote. Durch die Verknüpfung der Steckbriefinformationen können so aufwandsarm Projektablaufe strukturiert, notwendige Kompetenzen und Qualifikationslevel zusammengefasst, Aufwände abgeschätzt und Aktivitätsgrade von Kunde und Dienstleister berechnet werden. Darüber hinaus bietet die Zusammenfassung der Steckbriefe die Möglichkeit, alle notwendigen Voraus-

setzungen für ein Projekt festzulegen und zu prüfen. In diesem Schritt können die Inhalte der einzelnen Angebote durch die ITA Academy GmbH zusätzlich auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten werden. So können besondere Wünsche bspw. im Ablaufplan gesondert berücksichtigt werden.

7.4 Verbesserungsprozess

Digitalisierungsprozesse sind komplex (vgl. Abbildung 3.1). Im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung ist es daher zweckmäßig, nach Projektdurchführung eine sogenannte *Retrospektive* vorzunehmen. Diese sollte innerhalb von 6 Monaten nach Abschluss eines Projektes durchgeführt werden mit dem Ziel, eine Anpassung (oder Beibehaltung) des durchgeführten Angebotsformats (Steckbrief) sowie der Kundenergründung herbeizuführen. Diese Methode der kritischen Auseinandersetzung mit durchgeführten Arbeiten ist sowohl im klassischen (vgl. Deming-Zirkel: *Plan-Do-Check-Act* [Sys06]) als auch im agilen Projektmanagement (vgl. SCRUM: Review und Retrospektive Meeting [ABB22]) verankert. Die Inhalte und Ablauf aller 5 Stufen der Methode *Retrospektive* sind in Abbildung 7.11 zusammenfassend erläutert. Die mit einer Lupe gekennzeichneten Schritte 3 – 5 werden nachfolgend genauer erläutert.

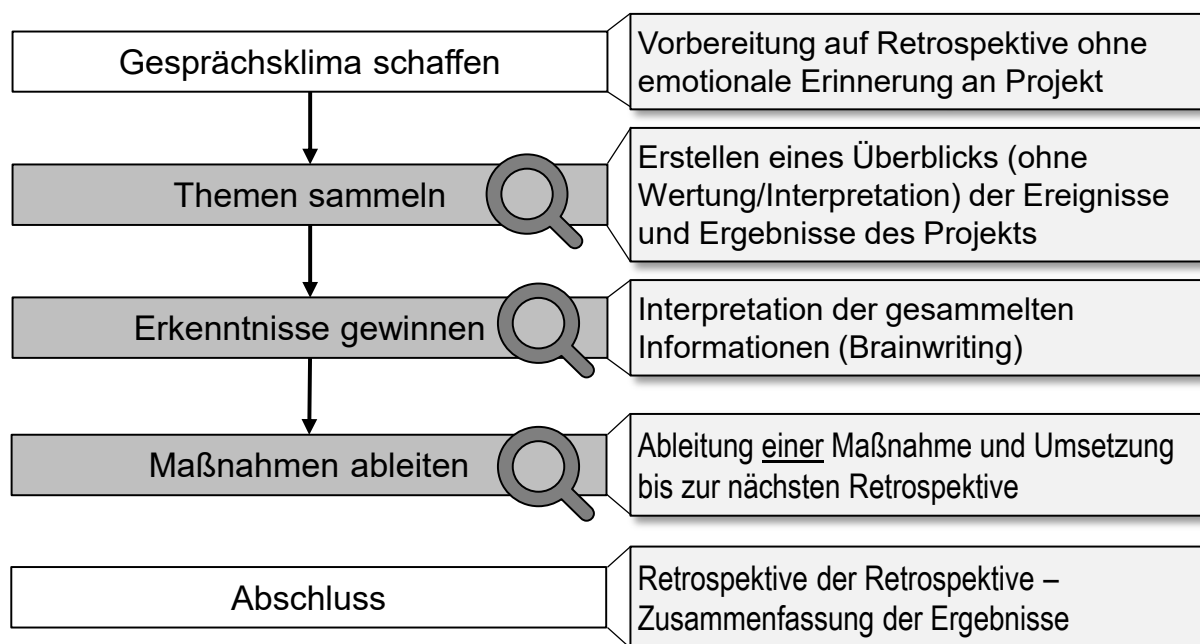


Abbildung 7.11: Ablauf der Retrospektive – 5 Schritte

Die Retrospektive besteht nach DERBY UND LARSEN aus 5 Stufen, von denen in dieser Arbeit vor allem die Schritte 2 *Daten und Themen sammeln*, 3 *Erkenntnisse gewinnen*, und 4 *Maßnahmen ableiten* aufgegriffen werden [DL18]. Die Abläufe der Schritte 2 und 3 der Retrospektive sind in Abbildung 7.12 zu sehen. Ein Rückblick des Projekts durch den Projektleiter leitet den Schritt *Daten und Themen sammeln* ein.

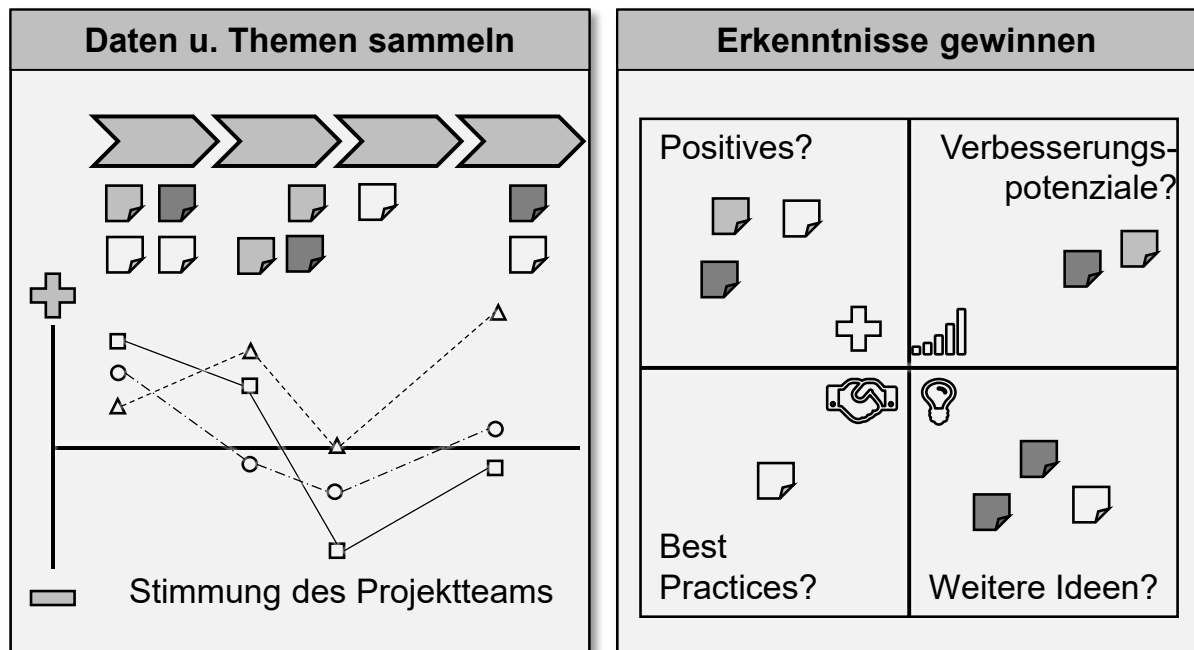


Abbildung 7.12: Vorbereitende Schritte (2 und 3) der Retrospektive zur kontinuierlichen Verbesserung der Angebote

Anschließend ergänzen die Projektteilnehmer jeweils ihre individuellen Highlights. Daraufhin werden alle Projektmitglieder gebeten, ihren Eindruck bzw. Stimmung über den Zeitraum einzutragen, sodass positive und negative Erlebnisse festgehalten werden. Für den Schritt *Erkenntnisse gewinnen* befüllen alle Projektteilnehmer anschließend eine Vier-Felder-Matrix. Darin wird abgefragt, was positiv lief, ob und welche Verbesserungspotenziale existieren, welche Best Practices beibehalten werden sollten und ob neue Ideen entstanden sind. Im anschließenden Schritt werden Maßnahmen abgeleitet, die bis zur nächsten Retrospektive bzw. bis zum nächsten Projekt umzusetzen sind. Vorgehen und Regeln zur Ableitung von Maßnahmen sind in Abbildung 7.13 dargestellt.

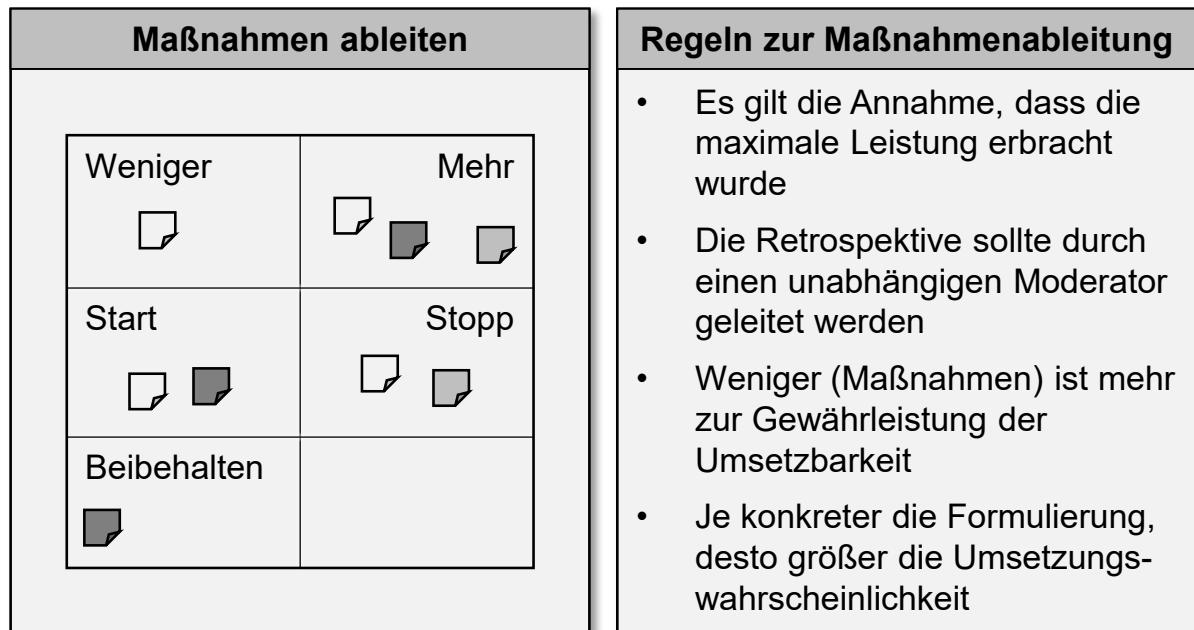


Abbildung 7.13: Kategorien und Regeln für die Ableitung von Maßnahmen im Rahmen der Retrospektive, in Anlehnung an [ABB22]

Die Maßnahmen sind so detailliert wie möglich zu beschreiben, um die Umsetzung validieren zu können. Der Umfang des Maßnahmenkatalogs ist kritisch zu prüfen, um der Umsetzung einen realistischen Rahmen zu geben. Grundsätzlich sind nicht nur neue Maßnahmen abzuleiten. Es können bspw. auch bestehende Prozesse auf den Prüfstand gestellt und verworfen werden. Zur Einordnung der Maßnahmen dient das *Start-Stop-Continue*-Rahmenwerk, welches um die Punkte *Less* und *More* erweitert wird (vgl. Abbildung 7.13).

7.5 Zusammenfassung und Anforderungserfüllung des Vorgehens

In diesem Abschnitt wird der erarbeitete Leitfaden zur Konfiguration kundenspezifischer Angebote zusammengefasst. Anschließend wird er anhand der in Kap. 3.1 definierten Anforderungen an unterstützende bewertet. Der gesamte Ablauf mit insgesamt 8 Schritten ist nachfolgend in Abbildung 7.14 dargestellt.

I	Kundenergründung	1.	Aufnahme individueller Hemmnisse der Kunden
II	Priorisierung	2.	Zuordnung der Hemmnisse in Handlungsfelder
		3.	Priorisierung der Handlungsfelder
		4.	Erstellung einer Handlungsreihenfolge
III	Zielfestlegung	5.	Zielstellungen formulieren u. Feedback einholen
		6.	Zielstellung hinsichtl. Kundenpräferenz prüfen
IV	Angebotserstellung	7.	Auswahl u. Kombination geeigneter Angebote
V	Verbesserungsprozess	8.	Retrospektive und Anpassung des Portfolios

Abbildung 7.14: Leitfaden zur Konfiguration kundenspezifischer Angebote

Kundenergründung

In Vorbereitung der Kundenergründung werden Handlungsfelder der Digitalisierung im Unternehmenskontext erarbeitet und als Bausteine der Digitalisierung zusammengefasst (vgl. Kap. 2.2.4). Darüber hinaus werden Hemmnisse der digitalen Transformation recherchiert. Dazu werden Literaturquellen mit den Ergebnissen aus Brancheninterviews ergänzt (vgl. Kap. 4). Die identifizierten Hemmnisse werden den Handlungsfeldern zugeordnet. Diese Struktur bildet die Grundlage für die Kundenergründung im entwickelten Vorgehen. Zur Identifikation der größten Handlungsbedarfe auf Kundenseite werden Handlungsfelder und Hemmnisse gewichtet und in eine priorisierte Rangfolge gebracht. Nicht berücksichtigte individuelle Hemmnisse des Kunden können flexibel hinzugefügt werden, sodass die Datenbasis stetig erweitert wird (vgl. Kap. 7.1).

Angebotsaufbau und -auswahl

Für alle bestehenden und zukünftigen Angebote ist ein Steckbrief anzulegen. Der Aufbau des bestehenden Portfolios sowie die neue Struktur sind in Kap. 5 erläutert. Jedes Angebotsformat wird einem oder mehreren Handlungsfeldern zugeordnet. Darüber hinaus erfolgt eine Einordnung der Angebote in eine

Unternehmensebene (*Business, Service* oder *Application Layer*, vgl. Kap. 2.2.6.1). Dies erleichtert die Auswahl geeigneter Projektteilnehmer innerhalb des Unternehmens. Mithilfe der priorisierten Hemmnisse des Kunden sowie der Abfrage, welches Ziel durch eine Digitalisierungsmaßnahme verfolgt wird (vgl. Kap. 2.2.3.1), können anschließend Angebote in der Matrix (vgl. Kap. 6) identifiziert werden.

Projektierung und Durchführung

Basierend auf den Erfahrungen der Mitarbeiter der ITA-Gruppe können bei passender Zielsetzung und Problemidentifikation Angebote kombiniert werden. Durch die einheitliche Steckbrief-Darstellung können Aufwände, Dauer und notwendige Kompetenzen extrapoliert werden. Entsprechend aufwandsarm können so auch größere Vorhaben projektiert werden (vgl. Kap. 7.3). Die Projektdurchführung erfolgt gemäß dem beauftragten Angebot – gegebenenfalls unter Mithilfe von Dritten. Die zentralen Ergebnisse werden übergeben und das Projekt abgeschlossen. Mit Beendigung des Projekts erfolgt eine interne Retrospektive. Dadurch können die Angebote kontinuierlich verbessert und Fehler oder auftretende Probleme zukünftig verhindert werden.

Erfüllung der Anforderungen an unterstützende Vorgehensmodelle

Zum Abschluss von Kapitel 7 erfolgt die Bewertung des entwickelten Vorgehens. Es wird dazu mit den in Kap. 3.1 definierten Anforderungen an unterstützende Vorgehensmodelle verglichen. Diese sind in Tabelle 7.1 aufgelistet.

Tabelle 7.1: Anforderungen an unterstützende Vorgehensmodelle

Anforderung	
1.	Die Bilanzgrenze für den Betrachtungsrahmen umfasst die Bausteine der Digitalisierung (Kap. 2.2.4)
2.	Fokussierung eines nutzer- und kundenzentrierten Ansatzes durch Integration des Kunden
3.	Priorisierung von Handlungsfeldern und Identifikation von Alternativen
4.	Fokussierung der besonderen Herausforderungen der Textilbranche
5.	Einfache Bedienung und eindeutige Ergebnisdarstellung
6.	Erweiterbarkeit und Adaptierbarkeit des Vorgehens

Ganzheitlicher Ansatz

In dem entwickelten Ansatz werden sowohl empirisch ermittelte als auch individuell abgefragte Hemmnisse zur Fehlersuche berücksichtigt. Die klare Strukturierung der identifizierten Hemmnisse in Handlungsfeldern und Aktionsebenen ermöglicht die vollständige Projektbeschreibung im Aktionsrahmen eines Unternehmens. Es werden sowohl technische, als auch strategische und ökonomische Aspekte berücksichtigt. Dadurch wird der ursprüngliche, eher technisch-zentrierte Ansatz um zentrale Themen erweitert und der Lösungsraum vergrößert. Durch die Einordnung der Angebote in Handlungsfelder werden Zusammenhänge zwischen Hemmnissen sichtbar. Projekte können so ganzheitlich in mehreren Dimensionen geplant und durchgeführt werden.

Kunden- und Nutzerzentrierung

Die Angebotsstruktur ermöglicht die Berücksichtigung und Bewertung individueller Kundenprobleme und -wünsche. Das gilt in doppelter Hinsicht bei der Abfrage und Priorisierung der Hemmnisse und Handlungsfelder sowie bei der Abfrage der Zielvorgaben des Kunden. Weiterhin werden sowohl die individuellen Voraussetzungen des Kunden zur Projektdurchführung geprüft (vgl. Industrie 4.0-Readiness), als auch notwendige Kompetenzen für eine effiziente Bearbeitung definiert. Verbesserungspotenzial im Bereich Kunden- und Nutzerzentrierung besteht einerseits in der Bewertung der Nutzbarkeit der Projektergebnisse und andererseits in der Möglichkeit der Verstetigung der Projekte ohne externe Unterstützung durch das Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University.

Priorisierung von Maßnahmen

In der vorgesehenen Struktur bewerten Kunden zunächst eigenständig Hemmnisse und Handlungsfelder. Daraus ergibt sich bereits eine erste Reihenfolge notwendiger Maßnahmen. Unter Einbezug der Ziele der Digitalisierung des Kunden, besonderer Kundenwünsche sowie der Expertise der Mitarbeiter der ITA-Group werden sinnvolle Projektformate und -inhalte abgeleitet. Durch die Kombination verschiedener Angebote können auch mehrfach priorisierte

Handlungsfelder adressiert werden. Limitierender Faktor ist die fehlende Berücksichtigung der Aufwände bei der Priorisierung.

Branchenbezug

Die erarbeitete Angebotsstruktur ist universal einsetzbar. Die Angebote innerhalb der Handlungsfelder sind so aufgebaut, dass sie Unternehmen des produzierenden Gewerbes unterstützen. Ein besonderer Bezug zur Textilbranche ergibt sich aus der methodischen Recherche von Hemmnissen. Neben einer allgemeinen Literaturrecherche bestehender Hemmnisse des produzierenden Gewerbes mit der digitalen Transformation werden gezielt Interviews mit deutschen Textilunternehmen geführt. Diese spezifischen Einblicke in die Branche können genutzt werden, um entsprechende Angebote in der Struktur zu entwickeln und gezielt anzubieten. Daraus ergibt sich für das entwickelte Vorgehen einerseits ein hoher Textilbranchenbezug, andererseits sind die Angebote übertragbar auf weitere Branchen. Der Kundenkreis ist dadurch – perspektivisch – nicht auf die Textilbranche beschränkt.

Praktikabilität

Aus der entwickelten Angebotsstruktur können Angebote mit geringen Vorkenntnissen entwickelt werden. Die Einschätzung der Hemmnisse und Handlungsfelder basiert auf dem Prinzip des paarweisen Vergleichs. Dieser erfordert ein simples Einschätzen – besser, gleich, schlechter – verschiedener Aussagen. Ein gewisses Maß an Erfahrung benötigt die Kombination verschiedener Angebote zu einem Gesamtprojekt bzw. -angebot.

Erweiter- und Adaptierbarkeit

Aufgrund der entwickelten Angebotsstruktur in Form eines Steckbriefs und der hergeleiteten Handlungsfelder bzw. Bausteine der Digitalisierung können sowohl der Problem- als auch der Lösungsraum flexibel erweitert werden. Im Fall der Hemmnisse wird dies bereits im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. Die empirisch identifizierten Hemmnisse (vgl. Kap. 4.1) werden einem (oder mehreren) Handlungsfeldern zugeordnet und durch spezifische Aussagen aus

Interviews (vgl. Kap. 4.2) ergänzt und erweitert. Für neue Angebotsformate ist ein Steckbrief (vgl. Kap. 5.2) anzulegen und eine Einordnung der adressierten Handlungsfelder vorzunehmen. Der Schritt der Erweiter- und Adaptierbarkeit ist durch den Punkt *Retrospektive* fest in dem Vorgehen verankert. Nachfolgend ist der Erfüllungsgrad der Anforderungen für den Status quo und für die in dieser Arbeit neuentwickelte Angebotsstruktur in Tabelle 7.2 gegenübergestellt.

Tabelle 7.2: Bewertung des entwickelten Vorgehens hinsichtlich der erstellten Anforderungen

Anforderung	Erfüllungsgrad	
	Status quo	Dissertation Müller
Ganzheitlicher Ansatz	◐	●
Kunden- und Nutzerzentrierung	◐	◐
Priorisierung von Maßnahmen	○	●
Branchenbezug	●	●
Anwendbarkeit	○	●
Erweiter- und Adaptierbarkeit	◐	●

7.6 Zwischenfazit

In Kap. 2 werden Grundlagen der Digitalisierung erläutert und Handlungsfelder und -ebenen innerhalb eines (digitalen) Unternehmen hergeleitet. In Kap. 3 folgt die Definition von Anforderungen an unterstützende Angebote zur Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen in Unternehmen. Die Angebote werden bewertet und zentrale Defizite abgeleitet. In Kap. 4 werden anschließend Digitalisierungshemmnisse des produzierenden Gewerbes methodisch ermittelt und durch Experteninterviews auf die Textilbranche ausgeweitet. In den Kapiteln 5 und 6 werden die Grundlagen zur Entwicklung einer Angebotsstruktur entwickelt. Diese wird in Kap. 7 zur Erstellung eines Leitfadens für die Konfiguration kundenzentrierter Angebote zur Unterstützung der digitalen Transformation in Unternehmen verwendet. Zunächst wird in Kap. 5 ein Steckbrief zur formalen und einheitlichen Beschreibung von Angebotsformaten hergeleitet. Aufbauend aus den Erkenntnissen aus Kap. 2 wird anschließend in Kap. 6 eine übergeordnete Struktur für das gesamte Angebotsportfolio des DCC Aachen entwickelt.

Eine 3 x 15 Matrix – basierend auf den Bausteinen der Digitalisierung und den Ebenen des Enhanced Business Model Canvas – ermöglicht eine übersichtliche Darstellung aller Angebotsformate. In Kap. 7 erfolgt schließlich die Entwicklung eines Vorgehens zur Konfiguration kundenindividueller Projekte. Basierend auf einer detaillierten Kundenergründung zu seinen Zielen und Hemmnissen, können Handlungsfelder und -ebenen identifiziert und geeignete Angebote bzw. Angebotskombinationen abgeleitet werden. Eine vorgesehene Feedback-Schleife sorgt für die kontinuierliche Erweiterung und Verbesserung des entwickelten Vorgehens. Die Ergebnisse der bisherigen Kapitel sind in Abbildung 7.15 zusammengefasst.

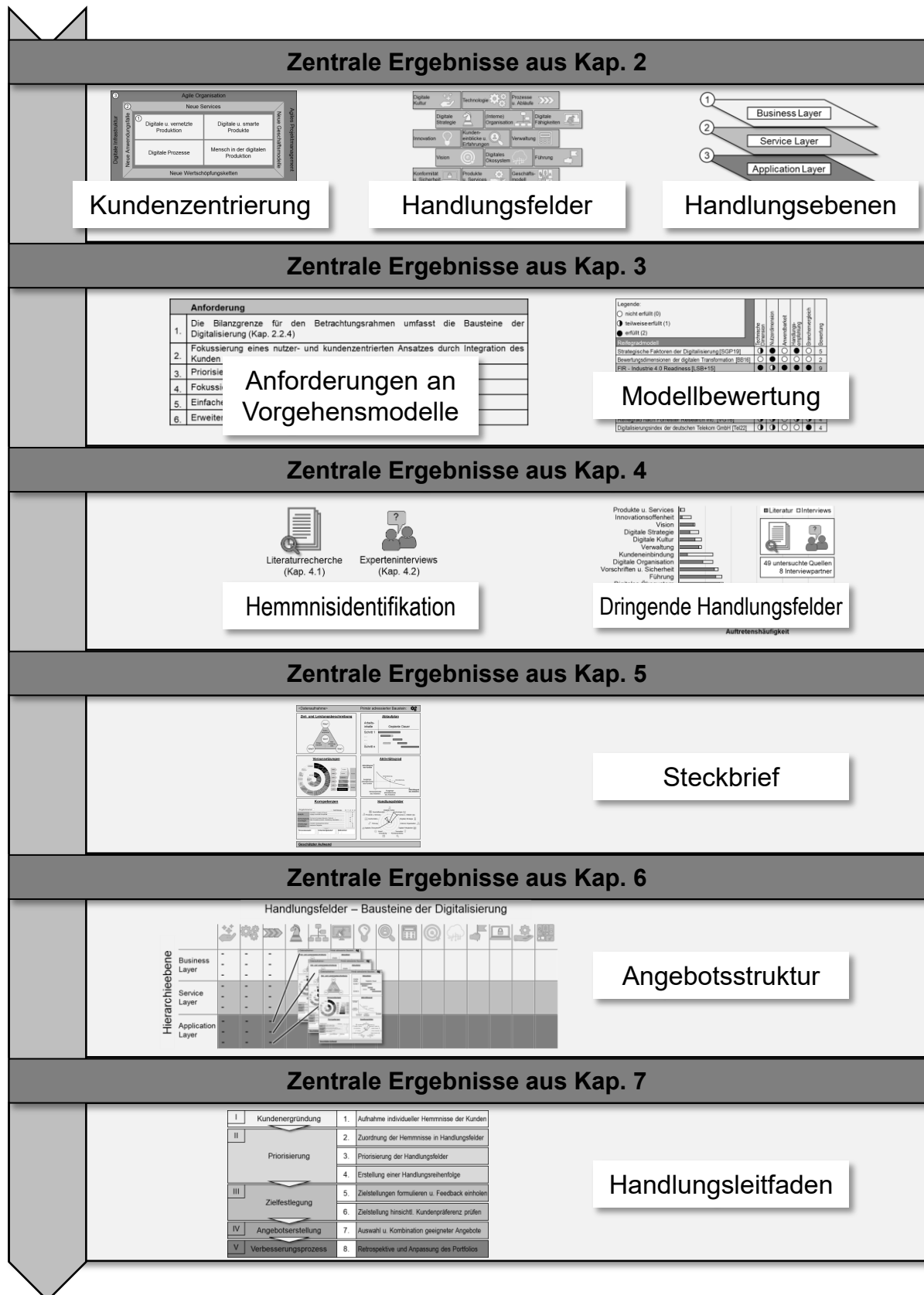


Abbildung 7.15: Zentrale Ergebnisse der Kapitel 2 – 7

8 Validierung des entwickelten Vorgehens

Ziel dieses Kapitels ist die Validierung des erarbeiteten Vorgehens. Aufgrund der Einmaligkeit der durchgeführten Projekte ist eine Vergleichbarkeit des Vorgehens mit bisherigen Methoden (*ceteris paribus*) nicht möglich. Stattdessen werden die Projektergebnisse sowie die Anwendbarkeit des Vorgehens retrospektiv analysiert. Dazu sollen für 3 praktische Anwendungsfälle konkrete Projektvorschläge aus dem Vorgehen entwickelt und durchgeführt werden. Mithilfe des Vorgehens werden methodisch relevante Informationen von den betrachteten Unternehmen abgefragt. Anhand dieser Informationen können anschließend für alle Anwendungsfälle kundenindividuelle Lösungen aus der neuentwickelten Angebotsstruktur (vgl. Kap. 6) konfiguriert werden. Die daraus resultierenden Projekte, sowie die zentralen Ergebnisse, werden in den folgenden Abschnitten skizziert. Im ersten Anwendungsfall wird eine Implementierung bei einem Unternehmen vor Ort vorgenommen. Anwendungsfall 2 bildet einen Strategieworkshop ab und in Anwendungsfall 3 wird eine Technologie-Roadmap entwickelt.

8.1 Anwendungsfall 1 – Datenaufnahme in der Produktion

Bei dem betrachteten Unternehmen handelt es sich um einen Mittelständler mit 50 – 100 Mitarbeitern. Das Unternehmen ist auf die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von Produkten und Lösungen aus dem Bereich Textiltechnik spezialisiert. Das Produktportfolio umfasst Geflechte (z. B. Kordeln, Gummiseile und Flechtlitzen), Schmalgewebe (z. B. Bänder und Gurte) und Gewirke (z. B. Netze und Raschelware). Die Kunden stammen aus der Automobilindustrie, Nutzfahrzeugindustrie, Bekleidungsindustrie, Luftfahrtindustrie, Medizintechnik, Bauindustrie und Bahnindustrie. Das Unternehmen möchte den nächsten Schritt hin zu einer digitalisierten Produktion gehen und benötigt hierbei Unterstützung.

8.1.1 Bedarfsermittlung

Mithilfe des entwickelten Vorgehens (vgl. Kap. 7), wird zunächst methodisch der Bedarf des Unternehmens identifiziert. Das Unternehmen hat Schwierigkeiten, den Einstieg in das Thema Digitalisierung zu finden. In einem Ergründungsgespräch formuliert das Unternehmen das Ziel, die Produktion mit digitaler Hilfe transparenter gestalten zu wollen. Dadurch sollen vor allem Verschwendung aufgedeckt und mögliche Kostensenkungspotenziale identifiziert werden. Mit Hilfe der SMART-Methode wird der Zielzustand gemeinsam mit dem Unternehmen definiert zu: „Die Produktionskosten sollen durch Vermeidung unnötiger Verschwendung innerhalb eines Jahres um mindestens 10 % gesenkt werden“. Ein Enterprise Resource Planning-System ist vorhanden, die nächsten Schritte zur digitalen Transformation sind jedoch nicht klar skizziert. Darüber hinaus besitzt das Unternehmen einen heterogenen Maschinenpark (alleine 47 Webmaschinen). Nicht alle Maschinen sind mit modernster Technik und Schnittstellen ausgestattet.

Das Unternehmen hat verschiedene Ideen zur Einsparung, möchte unter anderem durch eine transparente Produktion unnötige Kosten aufdecken. Gleichzeitig sind die bestehenden Maschinen teils komplett analog und ermöglichen keine digitale Abfrage von rudimentären Produktionsdaten. In diesem Zustand ist eine Prüfung der tatsächlichen Produktionszeit der Maschinen nicht möglich. Durch Anwendung der 5W-Methode (vgl. [BBE+18]) können schließlich die zentralen Hemmnisse wie folgt zusammengefasst werden: *fehlendes Wissen um technologische Möglichkeiten*, sowie *begrenzte Kapazitäten und Ressourcen* stehen einer Optimierung der Produktion gegenüber. Darüber hinaus beeinträchtigt die *schwierige wirtschaftliche Bewertbarkeit digitaler Maßnahmen* ein zielstrebiges und einheitliches Umsetzen. Auffällig ist bei der Auswertung und im Gespräch die häufige Nennung der wirtschaftlichen Ungewissheit bei der Umsetzung des digitalen Transformationsprojektes. In den Bereichen *Technologie* und *digitale Fähigkeiten* fallen besonders fehlende Kenntnisse über (bereits am Markt etablierte) Lösungsmöglichkeiten und fehlende qualifizierte Arbeitskräfte für die Umsetzung auf. Die Ergebnisse der Kundenergründung sind in Abbildung 8.1 zusammengefasst.

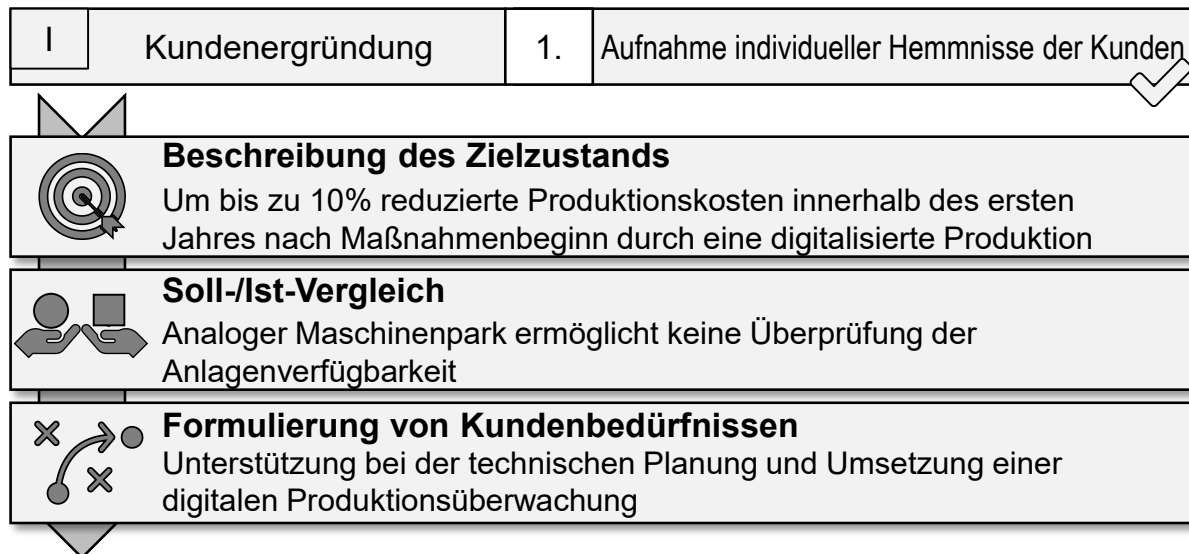


Abbildung 8.1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Kundenergründung

Die ermittelten Hemmnisse werden im nächsten Schritt den Handlungsfeldern zugeordnet. Mithilfe der in Kap. 4 gewonnen Erkenntnisse sind in Kap. 15 Tabellen mit empirisch erfassten Hemmnissen zusammengetragen (Tabelle 15.4 bis Tabelle 15.9). Mithilfe dieser Tabellen können die Handlungsfelder zugeordnet werden. Die Zuordnung der firmenspezifischen Hemmnisse ist in Abbildung 8.2 zu sehen.

II	Priorisierung	2.	Zuordnung der Hemmnisse in Handlungsfelder
----	---------------	----	--

Handlungsfeld	Hemmnis
Digitale Fähigkeiten Technologie	Fehlendes Wissen um technologische Möglichkeiten
Digitale Fähigkeiten	Begrenzte Kapazitäten und Ressourcen
Digitales Ökosystem	Schwierige wirtschaftl. Bewertbarkeit der Maßnahmen

Abbildung 8.2: Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern

Nach der Identifikation der Handlungsfelder basierend auf den Hemmnissen des Unternehmens werden diese priorisiert. Dazu führt das Unternehmen einen paarweisen Vergleich in Form einer Entscheidungsmatrix durch. Wie in Abbildung 8.3 zu erkennen ist, wird das Handlungsfeld *Technologie* am höchsten

bewertet, gefolgt von *digitalen Ökosystem* und *digitale Fähigkeiten*. Entsprechend der Auswertung wird eine Handlungsreihenfolge 1 – 3 festgelegt.

II	Priorisierung	3.	Priorisierung der Handlungsfelder	✓
		4.	Erstellung einer Handlungsreihenfolge	✓

Gewichtung	Häufigkeit	Handlungsfelder (vgl. Kap. 2)	
③ 0 %	0	Digitale Fähigkeiten (F)	
① 83 %	5	Technologie (T)	
② 17 %	1	Digitales Ökosystem (Ö)	
		Digitale Fähigkeiten (F)	

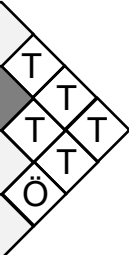


Abbildung 8.3: Priorisierung und Erstellung einer Handlungsreihenfolge

Nachdem die Handlungsfelder festgelegt sind, werden gemeinsam mit dem Kunden konkrete Projektziele und mögliche Umsetzungsmaßnahmen diskutiert. Unter Berücksichtigung der genannten Hemmnisse *schwierige wirtschaftliche Bewertbarkeit* und *begrenzte Kapazitäten und Ressourcen* wird vorgeschlagen, dass zunächst ein Pilotprojekt an einer einzelnen Maschine durchgeführt werden soll. Das Ziel des Projekts wird folgendermaßen formuliert: „Ermittlung der Maschinenverfügbarkeit über einen Zeitraum von 20 Tagen sowie Erhöhung der Verfügbarkeit um mindestens 10% durch Ableitung 3 geeigneter Verbesserungsmaßnahmen“. In Rücksprache mit dem Kunden sollen zudem konkrete Verbesserungsmaßnahmen bzw. Handlungsschritte formuliert werden. Die finale Zielstellung und Abgleich mit der Kundenpräferenz sind in Abbildung 8.4 zusammengefasst. Das Ziel – die Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit – deckt sich mit dem Wunsch des Kunden, die Kosten der Produktion zu senken.

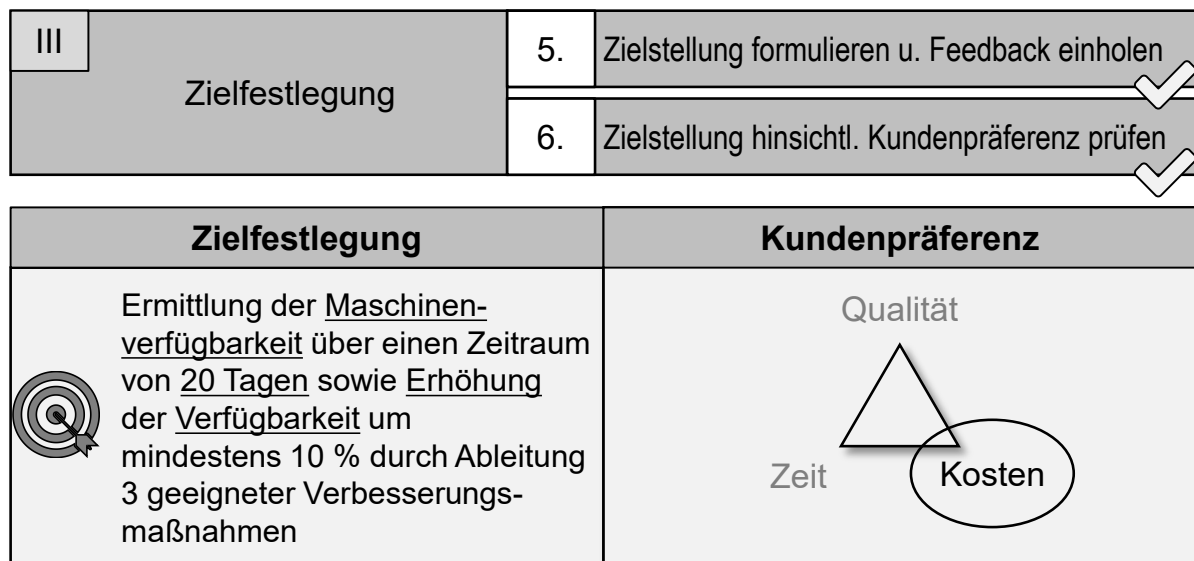


Abbildung 8.4: Formuliert Zielstellung und Abgleich mit der Kundenpräferenz

Mit den Ergebnissen und Informationen der Kundenergründung, der Priorisierung von Hemmnissen und Handlungsfeldern und Zielfestlegung des Kunden, folgt im Anschluss die eigentliche Konfiguration des Angebots. Dazu werden die benannten Hemmnisse und Handlungsfelder in der entwickelten Angebotsstruktur berücksichtigt. Da der Kunde den Fokus auf die Handlungsfelder *Technologie* und *digitales Ökosystem* legen möchte, gleichzeitig Hilfestellung bei der Implementierung benötigt und es um Maßnahmen an konkreten Maschinen geht, kommen die Anwenderebene (*Application Layer*) oder Serviceebene (*Service Layer*) in Frage. Ein Format, das beide Themen auf verschiedenen Hierarchieebenen (*Application- und Service Layer*) abbildet, ist das *Retrofitting* oder *Datenaufnahme*. Dabei handelt es sich um ein Umsetzungs- oder Pilotprojekt. Das Handlungsfeld *Digitale Fähigkeiten* wird durch das Format nicht adressiert. Allerdings werden die fehlenden technologischen Kompetenzen auf Kundenseite dadurch umgangen, dass der hauptsächliche Arbeits- und Implementierungsaufwand beim Auftragnehmer liegt. Weiterhin erlaubt die Projektform eine wirtschaftliche Abschätzung des Nutzens der Digitalisierungsmaßnahme, da Produktionsdaten aufgenommen, analysiert und interpretiert werden. Da der Fokus auf den entscheidenden Handlungsfeldern liegt und der Kunde eine geringe Belastung bei gleichzeitiger Darstellung des wirtschaftlichen Nutzens erfährt, fällt die Wahl auf diese Projektform. Weiterhin wird dem Kunden eine Erweiterung

des Angebots um eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung vorgeschlagen. Durch die Kombination der beiden Formate können mögliche Kosteneinsparungspotenziale direkt identifiziert und in Projekte übersetzt werden. Die Auswahl der Projektformen aus der Angebotsstruktur ist in Abbildung 8.5 dargestellt.

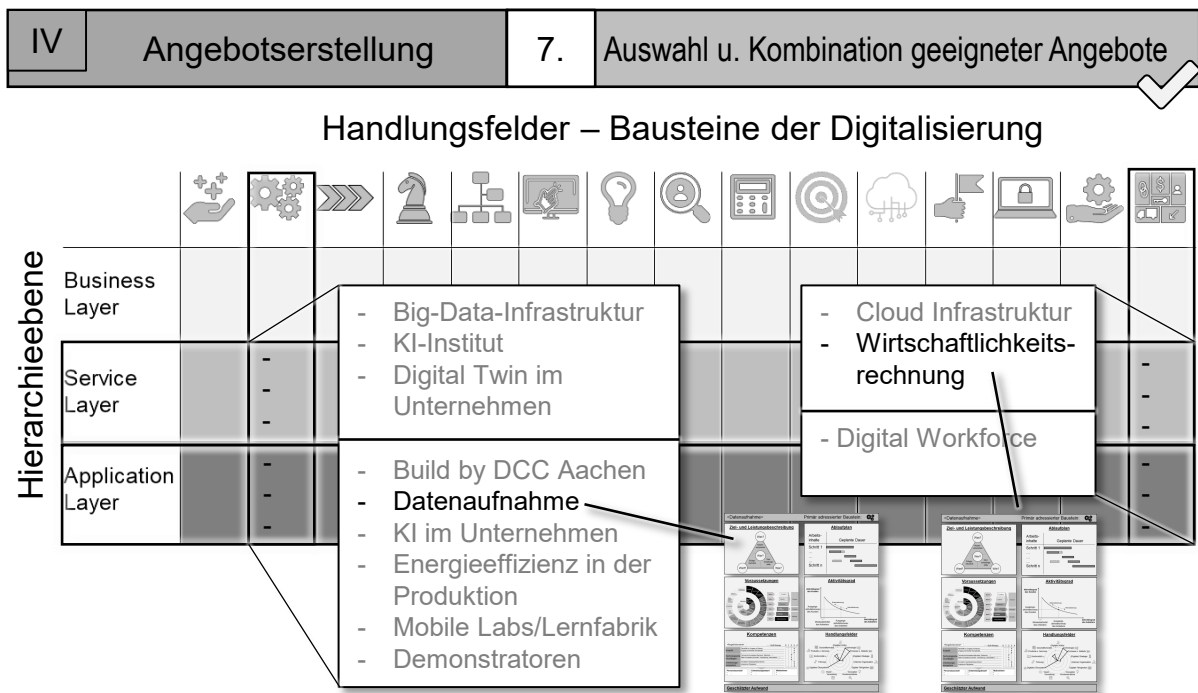


Abbildung 8.5: Auswahl und Konfiguration eines geeigneten Angebots

Nach Durchlauf des gesamten entwickelten Vorgehens und unter Verwendung der erarbeiteten Angebotsstruktur können nun die Angebote anhand der beiden Steckbriefe kombiniert und als Gesamtangebot erstellt werden. Im nächsten Abschnitt werden die Durchführung des Projekts sowie die Wirtschaftlichkeitsrechnung detaillierter vorgestellt.

8.1.2 Retrofitting in der Bandweberei

Beim Retrofitting werden bestehende Anlagen mit externer Sensorik erweitert, ohne in die Steuerung der Maschine einzugreifen. Zur Durchführung des Projekts wird eng mit einem Start-up aus dem Umfeld des DCC Aachen zusammengearbeitet. Konkret liefert das Start-up die benötigte Hardware zur Nachrüstung der Anlage in Form einer Sensorbox. Um den Projektumfang einzugrenzen, wird exemplarisch eine einzelne Anlage des Kunden mit der Sensorik ausgerüstet. Dadurch ist es möglich, den Mehrwert der Technologie darzustellen

und Skaleneffekte abzuschätzen. Da die Motivation des Kunden zur Digitalisierung durch die Möglichkeit der Kostensenkung begründet ist, wird mit dem Retrofitting zunächst die allgemeine Maschinenverfügbarkeit untersucht.

Das Retrofitting wird in der Weberei des betrachteten Unternehmens durchgeführt. Diese besteht aus 47 Webmaschinen des Herstellers Jakob Müller AG, Frick, Schweiz. In der Weberei werden Schmalgewebe hergestellt. Es wird von Montag bis Freitag im Zweischichtbetrieb produziert.

Die Frühschicht beginnt um 06:00 Uhr und endet um 14:00 Uhr. Die Spätschicht beginnt um 14:00 Uhr und endet um 22:00 Uhr. In jeder Schicht sind sechs Weber tätig. Sie sind für den reibungslosen Betrieb der Webmaschinen verantwortlich. Sie stellen sicher, dass ausreichend Material an den Webmaschinen vorhanden ist. Darüber hinaus sind sie für die Instandhaltung der Webmaschinen sowie für kleinere Reparaturen zuständig. Die geplante Produktionszeit beträgt 16 Stunden pro Tag. Es gibt keine geplanten Produktionsunterbrechungen. Zum Zeitpunkt des Projekts werden auf den Webmaschinen schwarze Gummibänder für Atemschutzmasken produziert. Die Gummibänder bestehen aus Polyester und Naturgummi. Die Breite der Gummibänder beträgt 7 mm. [Jur20]

Das Retrofitting wird an einer Bandwebmaschine des Typs NH2 53 6/42 der Firma Jakob Müller AG, Frick, Schweiz durchgeführt. Diese hat 6 Webstellen und eine maximale Webblattbreite von 42 mm. Die maximale Bandbreite beträgt 40 mm. In Abbildung 8.6 sind auf der linken Seite die zur Herstellung des Gewebes benötigten Materialien zu erkennen. Im Einzelnen sind dies die Kettfäden, die Schussfäden und das Naturgummi.

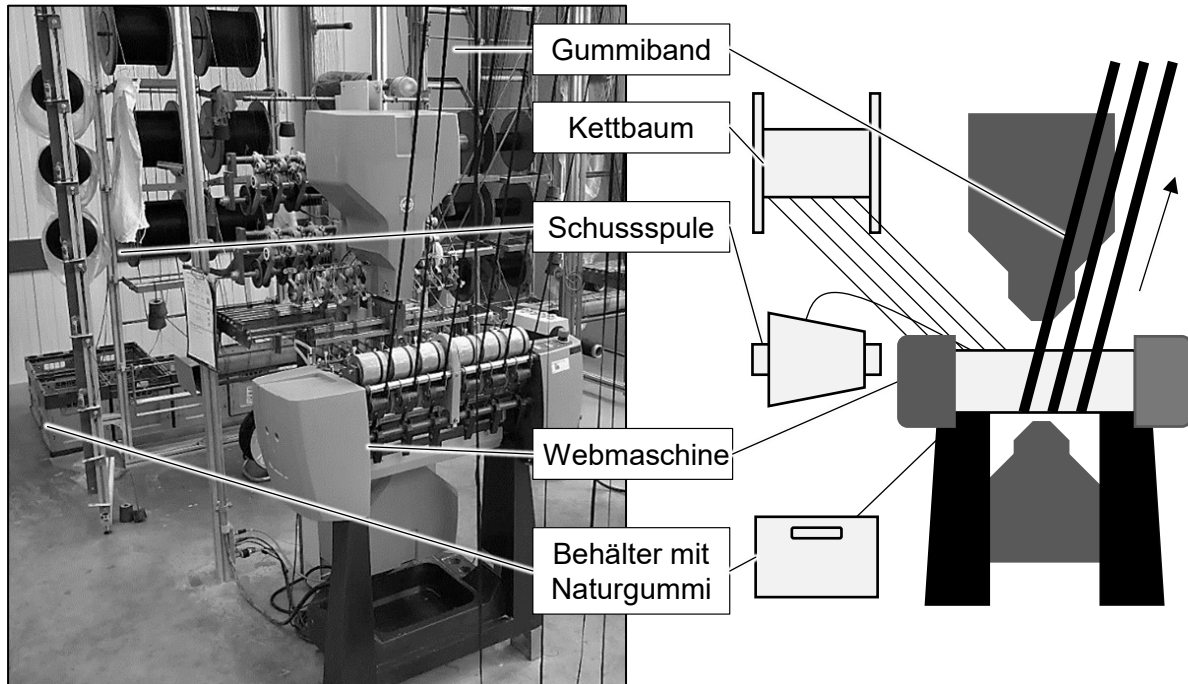


Abbildung 8.6: Betrachtete Bandwebmaschine

Die Kettfäden werden auf 6 Kettbäumen bereitgestellt und dem Webprozess zugeführt. Das Naturgummi verläuft parallel zu den Kettfäden. Es wird dem Webprozess aus Kunststoffbehältern zugeführt, die hinter der Maschine und den Kettbäumen positioniert sind. Die Schussfäden werden dem Webprozess von Schussspulen zugeführt. An der betrachteten Maschine werden jeweils 6 Kettbäume, Schussspulen und Kunststoffbehälter eingesetzt. Das fertige Gummiband wird nach oben aus der Maschine ausgeführt und ist in Abbildung 8.6 auf der rechten Seite zu sehen. [Jur20]

8.1.2.1 Erfasste Störgrößen

Die Overall Equipment Efficiency (OEE) ist eine weit verbreitete Kennzahl zur Messung der internen Effizienz. Nach JEONG UND PHILIPS eignet sich die Kennzahl am besten für halbautomatische und vollautomatische Fertigungsprozesse [JP01]. Ihren Ursprung hat sie in der hochautomatisierten Halbleiterindustrie [RR05]. Die OEE ist definiert als das Verhältnis zwischen der Zeit, die für die Produktion von qualitätsgerechten Teilen aufgewendet wird, und der geplanten Produktionszeit [Nak88]. Die OEE kann mit der folgenden Formel berechnet werden (vgl. Gleichung 8.1):

$$\text{OEE} = \text{Verfügbarkeit} \times \text{Leistungsgrad} \times \text{Qualitätsgrad} \quad (8.1)$$

Verfügbarkeit wird definiert als Verhältnis zwischen der tatsächlichen Produktionszeit und der theoretisch geplanten Produktionszeit. Die tatsächliche Produktionszeit ist die Differenz zwischen geplanter Produktionszeit und Stillstandszeit (vgl. Gleichung 8.2).

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Tatsächliche Produktionszeit}}{\text{Geplante Produktionszeit}} \quad (8.2)$$

Der Leistungsgrad wird als das Verhältnis zwischen der geplanten Taktzeit – multipliziert mit der Anzahl der produzierten Teile – zur tatsächlichen Produktionszeit definiert (vgl. Gleichung 8.3).

$$\text{Leistungsgrad} = \frac{\text{Geplante Taktzeit} \times \text{Anzahl produzierter Teile}}{\text{Tatsächliche Produktionszeit}} \quad (8.3)$$

Der Quotient aus der Anzahl an qualitätsgerechten Teilen und der Anzahl an insgesamt produzierten Teilen wird als Qualitätsgrad bezeichnet (vgl. Gleichung 8.4).

$$\text{Qualitätsgrad} = \frac{\text{Anzahl qualitätsgerechter Teile}}{\text{Anzahl produzierter Teile}} \quad (8.4)$$

Mithilfe der 3 Faktoren können die von NAKAJIMA [Nak88] definierten Verlustarten der Produktion erfasst werden (vgl. Tabelle 8.1). Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird ausschließlich die Verfügbarkeit der Produktionsanlagen als Kriterium untersucht.

Tabelle 8.1: Die sechs größten Verlustarten in der Produktion nach NAKA-JIMA [NAK88]

OEE-Verluste	Verlustarten
Verfügbarkeitsverluste	Anlagenausfälle sind signifikante Zeitverluste, die durch ungeplante Stillstände von Anlagen bedingt sind.
	Verluste durch Wartung und Rüsten entstehen, wenn eine Anlage planmäßig gewartet wird oder nach Fertigstellung eines Loses den Anforderungen des nächsten Loses angepasst wird.
Leistungsverluste	Leerlauf und Kurzstillstände entstehen, wenn die Produktion durch eine vorübergehende Störung unterbrochen wird oder wenn sich eine Anlage im Leerlauf befindet.
	Verluste aufgrund reduzierter Geschwindigkeit treten auf, wenn die Betriebsgeschwindigkeit einer Anlage geringer ist als die Auslegungsgeschwindigkeit der Anlage.
Qualitätsverluste	Anfahrverluste und eine verringerte Ausbeute treten im Zeitraum vom Start der Anlage bis zur Stabilisierung des Prozesses auf.
	Ausschuss und Nacharbeit sind Qualitätsverluste, die durch nicht ordnungsgemäß funktionierende Anlagen verursacht werden.

Die Aufteilung der einzelnen Verlustarten und ihr Anteil am Verlust der verfügbaren Produktionszeit ist in Abbildung 8.7 dargestellt. Es wird von einer Gesamtanlagenverfügbarkeit von 365 Tagen im Jahr ausgegangen. Diese verringert sich durch die 3 oben genannten Verlustarten, bis die effektiv genutzte Produktionszeit für Gutteile ermittelt ist.

	Verfügbare Zeit (365 Tage im Jahr)				Keine Produktion vorgesehen
Verfügbarkeit	Geplante Produktionszeit			Verfügbarkeitsverluste	
	Tatsächliche Produktionszeit				
Leistung	Tatsächliche Produktionszeit				
	Geplante Taktzeit x Anzahl produzierter Teile		Leistungsverluste		
Qualität	Anzahl produzierter Teile				
	Anzahl qualitäts- gerechter Teile	Qualitäts- verluste			

Abbildung 8.7: OEE-Berechnung und Zusammenhang der Verlustarten, in Anlehnung an [Nak88]

Zur Erfassung der Maschinenverfügbarkeit werden gemeinsam mit dem Weber-eileiter Störgrößen festgelegt und erfasst. Es wird zwischen manueller und automatischer Erfassung der Störgründe unterschieden. Die manuelle Erfassung der Störgründe durch einen Weber erfolgt über eine Knopfleiste. Die automatische Erfassung eines Schussstopps wird mithilfe des Schussfadenwächters durchgeführt. Die einzelnen aufgezeichneten Störgründe sind nachfolgend in Abbildung 8.8 zu sehen und erläutert.

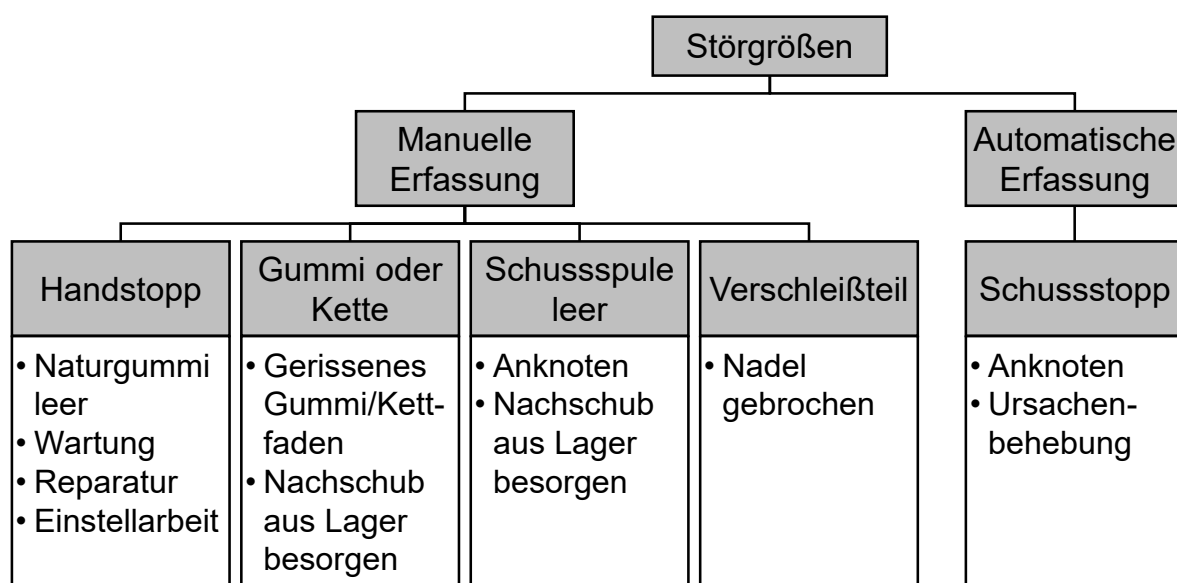


Abbildung 8.8: Störgrößen an der Webmaschine und Erfassungsart [Jur20]

8.1.2.2 Maschinenanpassung zur Erfassung der Störgrößen

Zur kontinuierlichen Erfassung des Maschinenzustands wird ein Schwingungssensor an der Verkleidung der Maschine angebracht (vgl. Abbildung 8.9, oben). Zur Überwachung des Schussfadens wird das elektrische Signal des Schussfadenwächters an der Kontaktstange mithilfe von Krokodilklemmen abgegriffen. Die Klemmen sind über ein Verbindungskabel mit einem Signalwandler verbunden. Dieser konvertiert das analoge Signal in ein Input-Output (IO)-Link-Signal. Der Aufbau ist in Abbildung 8.9 unten zu sehen.

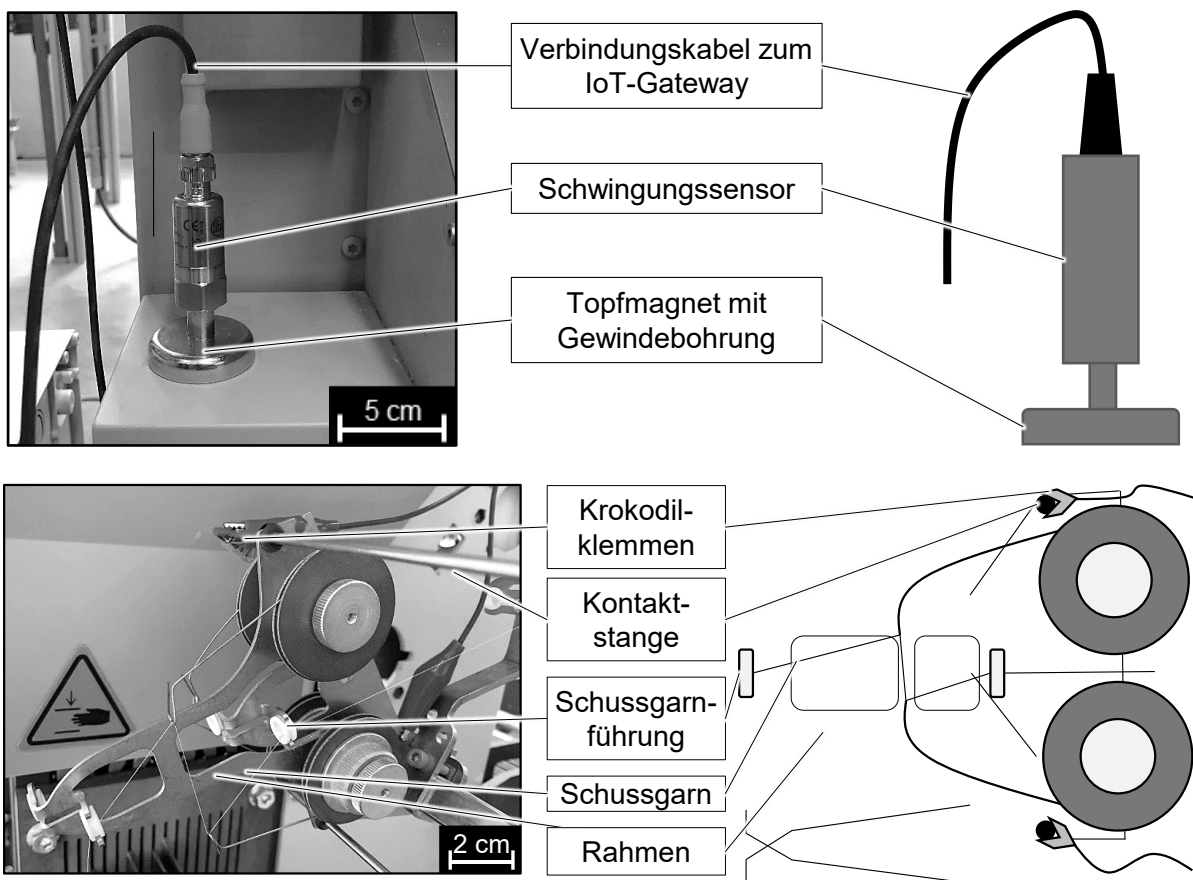


Abbildung 8.9: Implementierter Schwingungssensor (oben) und Schussfadenwächter (unten)

Zur manuellen Erfassung von Störgrößen wird eine Knopfleiste verwendet. Über diese kann der Maschinenbediener bei Bedarf einen Maschinenstopp anzeigen und begründen. Alle Sensoren werden in einem sogenannten IoT-Gateway zusammengeführt. Dazu wird ein IO-Link-Master mit 4 Eingängen mit dem IoT-Gateway verbunden. Schwingungssensor, Knopfleiste und der Signalwandler

für den Schussfadenwächter werden an den IO-Link-Master angeschlossen. Der gesamte Aufbau des Retrofittings inklusive Verkabelung an der Maschine und IoT-Gateway ist in Abbildung 8.10 dargestellt.

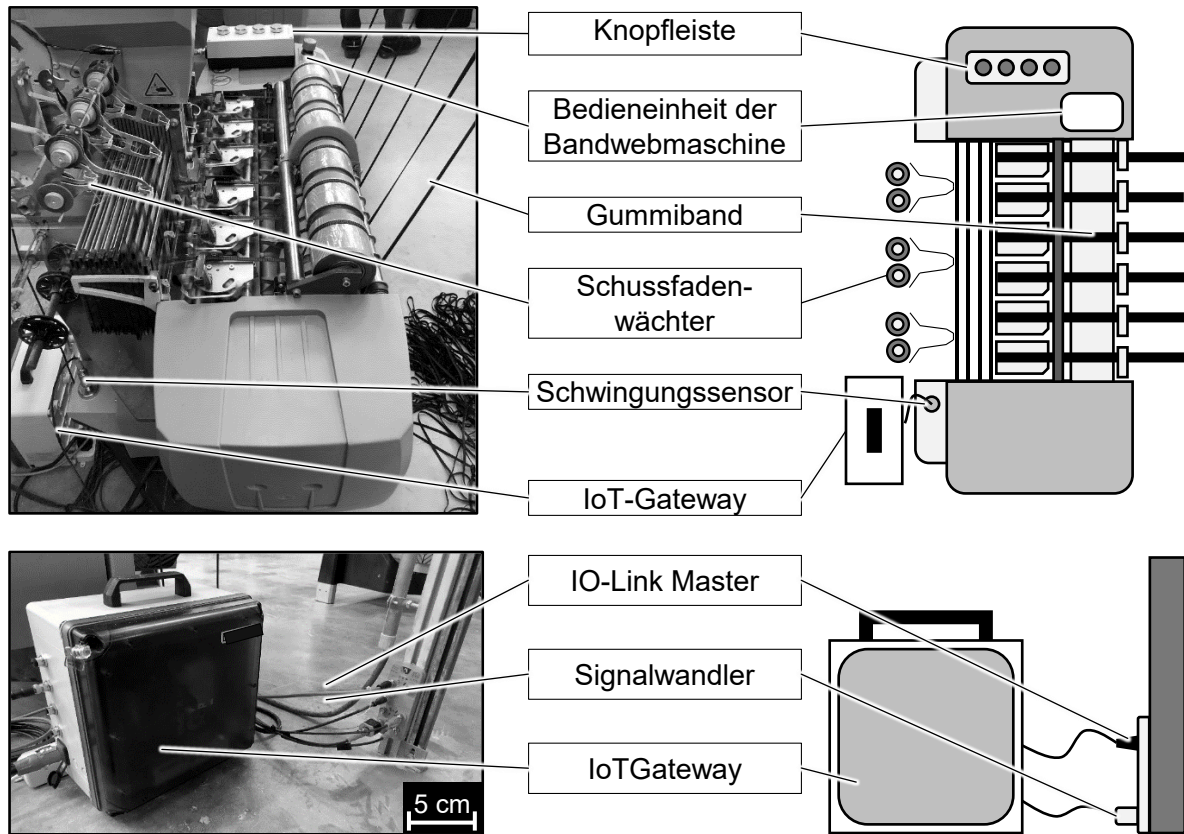


Abbildung 8.10: Webmaschine mit installierter Hardware (oben), IoT-Gateway, IO-Link-Master und Signalwandler (unten)

8.1.2.3 Auswertung der Daten

An der vorgestellten Webmaschine werden über einen Zeitraum von 20 Tagen Produktionsdaten erhoben. Diese werden im Folgenden ausgewertet. In Abbildung 8.11 ist die Verfügbarkeit der Webmaschine im Betrachtungszeitraum im Verhältnis zur theoretischen Gesamtverfügbarkeit dargestellt. Die Verfügbarkeit wird berechnet, indem die tatsächliche Produktionszeit durch die geplante Produktionszeit (16 Stunden pro Tag) dividiert wird. Die durchschnittliche Verfügbarkeit ergibt damit im betrachteten Zeitraum 70,3 % (vgl. Gleichung 8.5).

$$\text{Durchschnittliche Verfügbarkeit} = \frac{224,8 \text{ h}}{320 \text{ h}} = 70,3 \% \quad (8.5)$$

Die höchste Verfügbarkeit lag bei 89 % (Tag 10). Die geringste Verfügbarkeit betrug 28 % (Tag 2). Die Verfügbarkeit während der ersten 5 Tage lag deutlich unter dem Durchschnitt, da die Webmaschine in diesem Zeitraum umgerüstet und eingerichtet wurde. An 13 von 20 Tagen lag die Verfügbarkeit oberhalb des gemittelten Verfügbarkeitswertes.

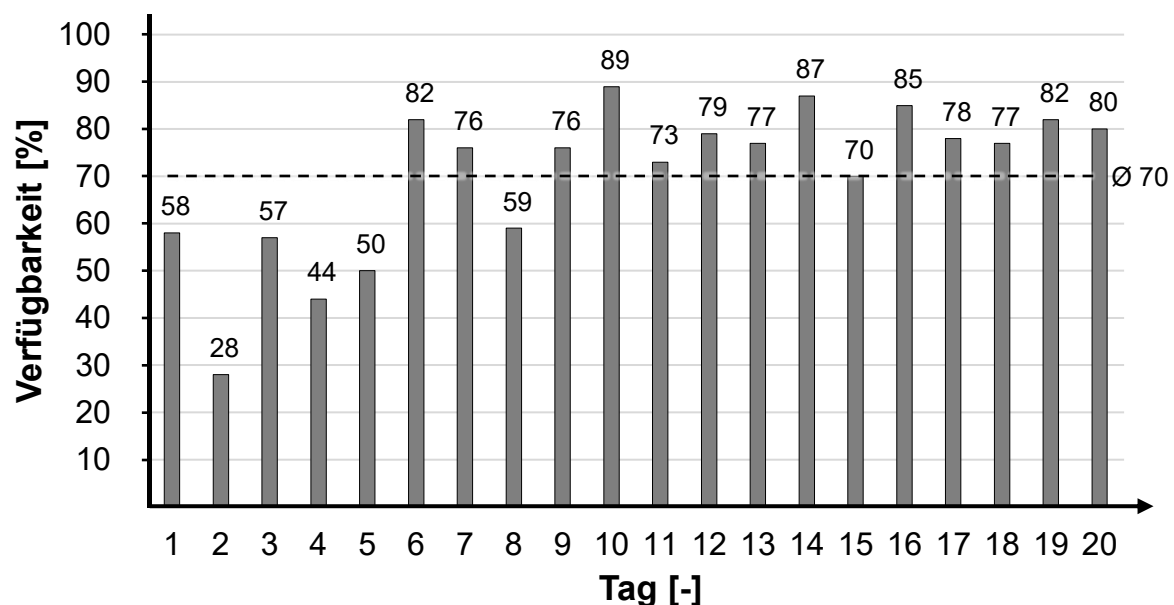


Abbildung 8.11: Verfügbarkeit der betrachteten Webmaschine

Die an der Webmaschine erfassten Produktionszeiten sind in Abbildung 8.12 aufgeführt. Angaben zu Ausfällen oder Stillstandszeiten der Maschine sind nicht spezifiziert. Die Produktion begann im Schnitt um 07:28 Uhr und endete um 20:52 Uhr. An Tag 10 wurde der früheste Produktionsbeginn um 06:16 Uhr registriert. Das späteste Produktionsende lag bei 21:55 Uhr (Tag 14). Im Durchschnitt wurde 13 Stunden und 24 Minuten produziert. Die Frühschicht beginnt wie geplant um 6:00 Uhr. Die Spätschicht endet wie geplant um 22:00 Uhr.

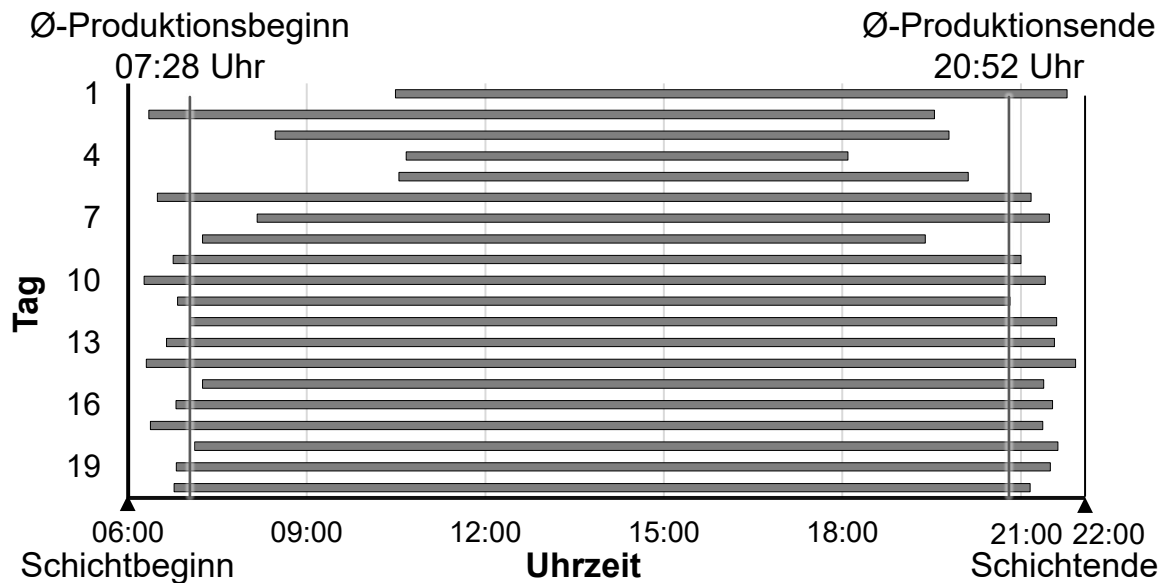


Abbildung 8.12: Produktionszeiten im aufgenommenen Zeitraum

Die Ursachen für Stillstandszeiten der Webmaschine (Verlustursachen) werden im nachfolgend analysiert. Die in Abbildung 8.8 aufgeführten Störgrößen werden durch die 4 Verlustursachen *verspäteter Produktionsbeginn*, *verfrühtes Produktionsende*, *Unbekannt* und *Kurzstillstand* ergänzt.

Jedem Stillstand wird eine Verlustursache zugeordnet. Für jede Verlustursache wird die Gesamtzeit und der Anteil der Gesamtzeit an der geplanten Produktionszeit von 20 Tagen (320 Stunden) berechnet. Die Ergebnisse der Analyse sind in Abbildung 8.13 dargestellt. Aus dieser Darstellung können anschließend gezielte Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden.

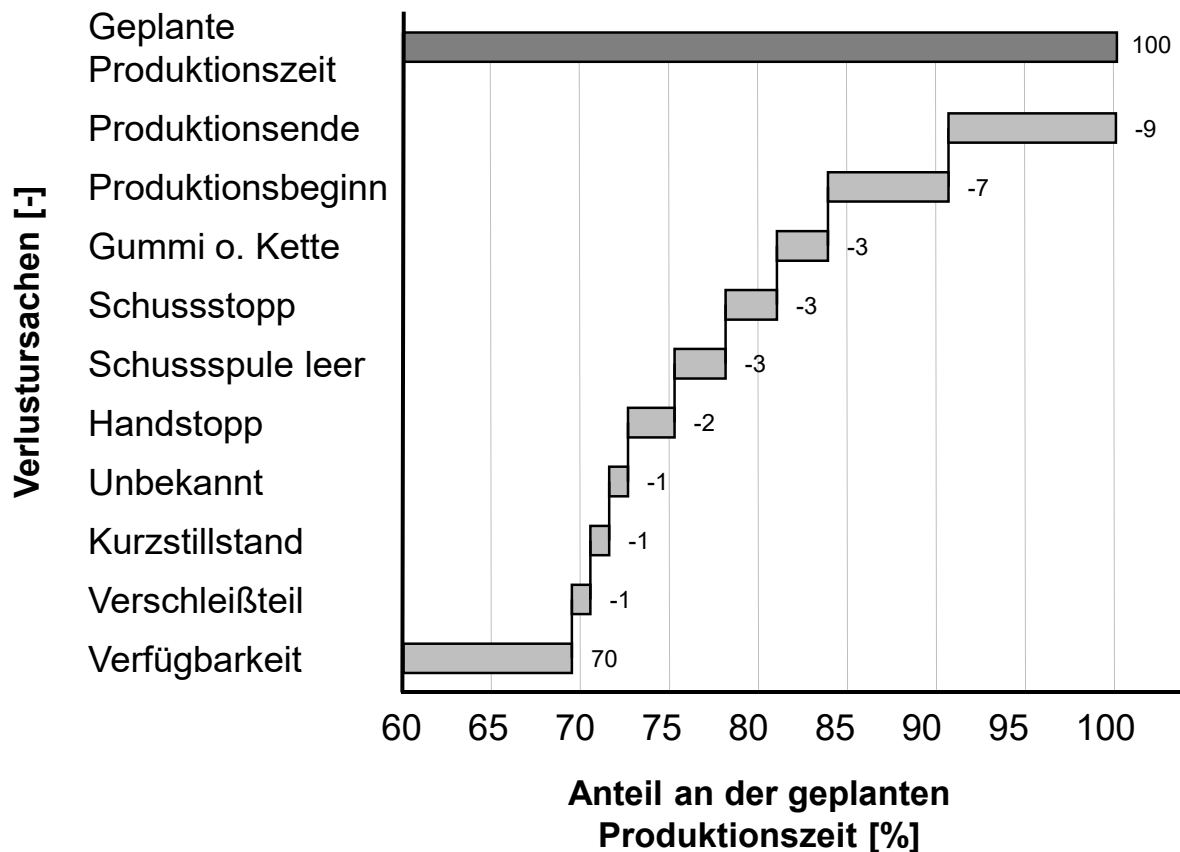


Abbildung 8.13: Anteil der Verlustursachen an der geplanten Produktionszeit

8.1.2.4 Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen

In diesem Abschnitt werden Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der ausgewerteten Produktionsdaten abgeleitet. Um die begrenzten Ressourcen effizient einzusetzen, wird zunächst eine Pareto-Analyse durchgeführt (vgl. Kap. 0). Anschließend werden Methoden zur Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen vorgestellt (vgl. Kap. 0) und eine Ursache-Wirkungsanalyse (vgl. Kap. 0) durchgeführt. Abschließend werden mögliche Verbesserungsmaßnahmen definiert (vgl. Kap. 8.1.2.5) und ihre wirtschaftlichen Auswertungen in Kap. 8.1.3 untersucht.

Pareto-Analyse

Die Pareto-Analyse (auch 80/20-Regel genannt) besagt, dass 80 % der Ergebnisse mit 20 % der Aufwände erreicht werden können. Die restlichen 20 % der Ergebnisse erfordern mit 80 % die meiste Arbeit. [FS18; KG14] Das bedeutet, dass der Projektfokus auf die 20 % der Verlustursachen gelegt werden sollte,

die 80 % der Verfügbarkeitsverluste ausmachen. Im Rahmen der Pareto-Analyse wird zunächst für jede Verlustursache der Anteil an den gesamten Verfügbarkeitsverlusten berechnet. Hierzu werden die Verlustzeiten der einzelnen Ursachen durch den Gesamtverlust von 95,2 Stunden dividiert. Anschließend werden die Verlustursachen nach dem Anteil am Gesamtverlust absteigend sortiert. Die entstehenden Blöcke ergeben kumuliert den Gesamtverlust von 100 %. Das daraus entstehende Pareto-Diagramm ist in Abbildung 8.14 zu sehen.

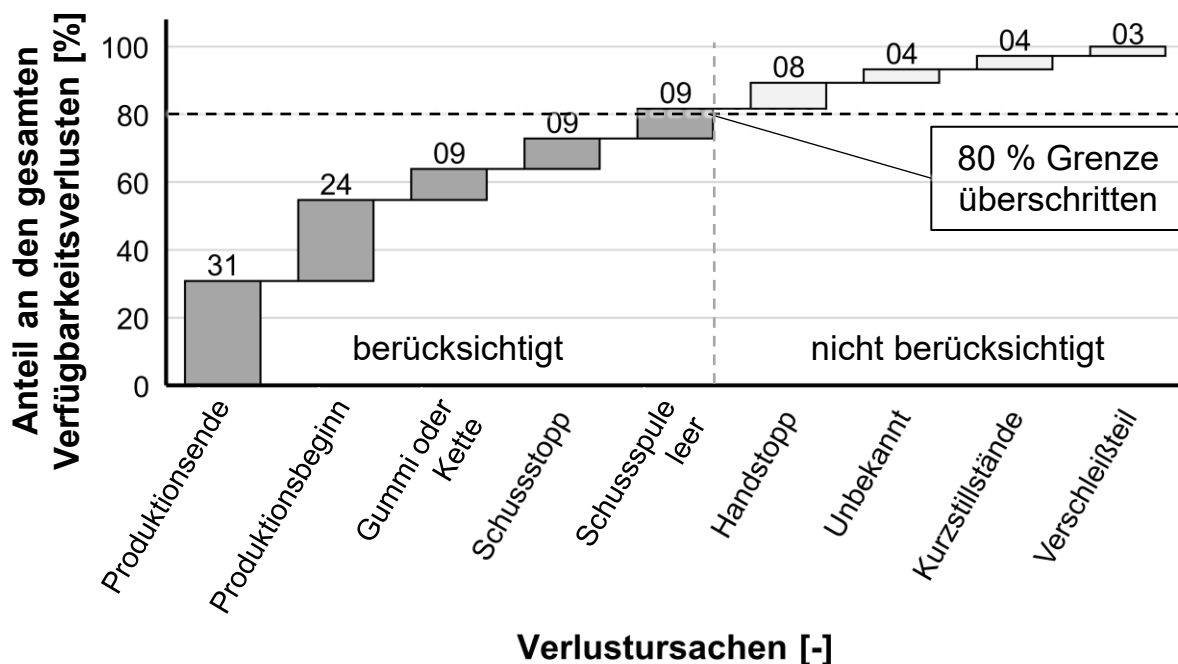


Abbildung 8.14: Pareto-Diagramm: Anteil der Verlustursachen an den Gesamtverfügbarkeitsverlusten

Es ist zu erkennen, dass 80 % der Verfügbarkeitsverluste durch 5 Verlustursachen hervorgerufen werden. Somit können durch Reduzierung oder Eliminierung der 5 identifizierten Verlustursachen bis zu 80 % des Optimierungspotenzials ausgeschöpft werden.

Methoden zur Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen

Nachdem die zu betrachtenden Verlustursachen eingegrenzt sind, können Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Die Fachliteratur bietet dazu vielfältige methodische Vorgehensweisen an. In diesem Abschnitt werden 4 in dieser Arbeit verwendete, ausgewählte Methoden vorgestellt [Ken17; Sta11]:

- **Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA):** Die FMEA ist eine Methode zur systematischen Risikoanalyse bei komplexen Systemen oder Prozessen. Ziel der Methode ist es, potenzielle Fehlerquellen zu identifizieren, zu bewerten und bei Bedarf geeignete Präventivmaßnahmen zur Vermeidung abzuleiten [REF23].
- **8D-Methode:** Die 8-Disziplinen-Methode (8D) ist ein systematischer Ansatz zur Behebung von Defekten oder Problemen mit unbekannten Ursachen. 8D steht für die 8 Schritte, die im Problemlösungsprozess zu durchlaufen sind [JSW13].
- **Ursache-Wirkungsanalyse:** Die Ursache-Wirkungsanalyse dient der Erkennung von logischen Zusammenhängen zwischen Ursachen und Wirkungen. Die Wirkungszusammenhänge werden strukturiert in einem sogenannten Ursache-Wirkungsdiagramm (auch Ishikawa-Diagramm) dargestellt [Ish81].
- **5-Why-Methode:** Die 5-Why-Methode, auch 5-W-Methode genannt, ist eine Methode im Bereich des Qualitätsmanagements zur Ursache-Wirkung-Bestimmung. Ziel ist es, anhand von 5 „Warum?“-Fragen die Ursache für einen Fehler oder ein Problem zu ermitteln [And15].

Ursache-Wirkungsanalyse

Am Beispiel der Verlustursache *Produktionsbeginn* wird exemplarisch eine Ursache-Wirkungsanalyse durchgeführt. Daraus werden spezifische Handlungsmaßnahmen zur Reduktion oder Beseitigung der Verlustursache abgeleitet. Weitere mögliche Handlungsmaßnahmen für die anderen Verlustursachen werden in Kap. 8.1.2.5 vorgestellt. In Gesprächen mit dem Webereileiter und den verantwortlichen Webern werden die Ursachen für den regelmäßig verspäteten Produktionsbeginn diskutiert.

- **Lange Schichtbesprechungen:** Zu Beginn jeder Schicht wird eine Schichtbesprechung durchgeführt. In dieser Besprechung wird der aktuelle Produktionsplan besprochen. Darüber hinaus werden Verantwortlichkeiten für die Webmaschinen festgelegt. Die Besprechung dauert etwa 20 bis 30 Minuten. Es gibt keine feste Agenda für die Besprechung.
- **Fehlendes Material:** Etwa einmal pro Woche ist das Material (Schussgarn, Kettfaden oder Gummi) an der Webmaschine aufgebraucht. In diesem Fall muss der Weber neues Material aus dem Materiallager holen.

- **Wartungsarbeiten:** An der Webmaschine werden täglich vor Produktionsbeginn Wartungsarbeiten durchgeführt. Es gibt keine Vorgaben, wie häufig und in welchem Umfang die Wartungsarbeiten durchzuführen sind.
- **Verspätetes Personal:** Einige Mitarbeiter sind regelmäßig verspätet.
- **Hoher Krankenstand:** In der ersten Woche des Betrachtungszeitraums war der Krankenstand in der Weberei überdurchschnittlich hoch.
- **Geringe Motivation:** Aufgrund geringer Mitarbeitermotivation kommt es zu Verzögerungen beim morgendlichen Produktionsstart.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 8.15 als Ursache-Wirkungsdiagramm dargestellt. Der grundsätzliche Aufbau des Diagramms ist in Kap. 2.2.1.2 erläutert.

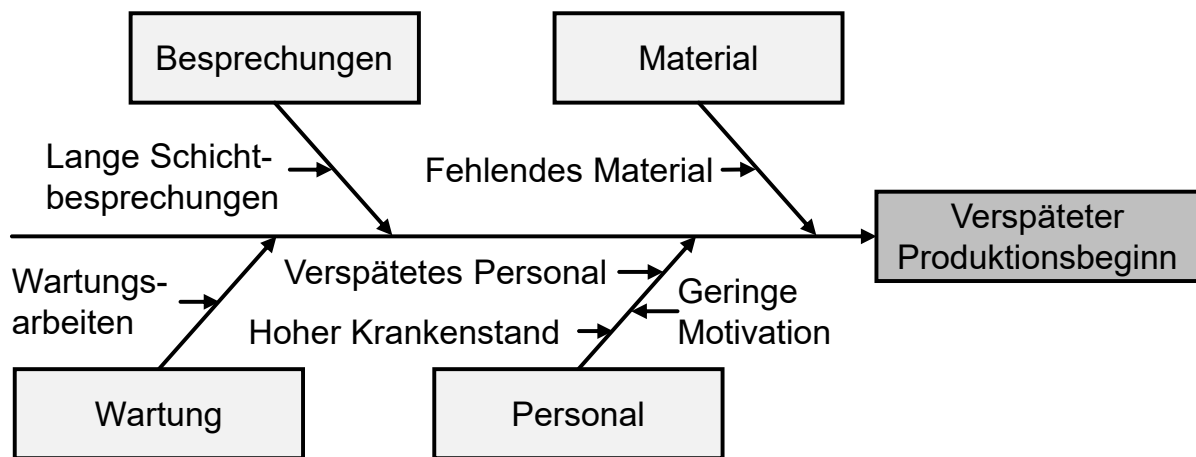


Abbildung 8.15: Ursache-Wirkungsdiagramm für die Verlustursache *verspäteter Produktionsbeginn*

Mögliche Verbesserungsmaßnahmen zur Beseitigung oder Reduzierung der beschriebenen Ursachen werden nachfolgend in Tabelle 8.2 gelistet.

Tabelle 8.2: Mögliche Verbesserungsmaßnahmen für die Ursache *verspäteter Produktionsbeginn*

Verbesserungsmaßnahmen
Verkürzte Besprechungsdauer auf max. 15 Minuten und Einführung einer Agenda
Zwischenlager (Puffer) an der Maschine einrichten, um Wege zu vermeiden
Standardisierung des Wartungsprozesses gemäß DIN 91404 [DIN20]
Erhöhung der Mitarbeiterleistung und -motivation durch leistungsorientierte Entgelt-differenzierung
Remote-Benachrichtigung des Webereileiters bei Verzögerung des Produktionsstarts um x Minuten zur Einleitung unmittelbarer Maßnahmen

8.1.2.5 Definition von Verbesserungsmaßnahmen

In diesem Abschnitt werden mögliche Verbesserungsmaßnahmen für die weiteren Verlustursachen definiert. Gemeinsam mit dem Webereileiter werden dazu verschiedene Maßnahmen diskutiert. Die unterschiedlichen Maßnahmen werden in Maßnahmenpaketen zusammengefasst und erwartete Auswirkungen auf den Produktionsprozess formuliert. Auf Basis der erwarteten Auswirkungen kann– unter Annahme der Umsetzung aller Maßnahmen – die theoretisch verfügbare zusätzliche Produktionszeit berechnet werden. Dazu wird die zusätzlich gewonnene Produktionszeit auf die gesamte theoretisch verfügbare Produktionszeit (20 Tage oder 320 Stunden) bezogen (vgl. Gleichung 8.6)

$$\Delta \text{ Verfügbarkeit} = \frac{\text{Zusätzliche Produktionszeit}}{\text{Geplante Produktionszeit}} \quad (8.6)$$

Die theoretisch zusätzlich gewonnene Produktionszeit sowie die Änderung der Maschinenverfügbarkeit sind in Tabelle 8.3 aufgelistet. Die Werte ergeben sich aus der Berechnung der zusätzlichen theoretischen Verfügbarkeit für jeden der 20 Beobachtungstage. Bei Umsetzung aller Maßnahmen kann die theoretische Verfügbarkeit der Maschine um 16,2 Prozentpunkte gesteigert werden. Ausgehend von der im Betrachtungszeitraum gemessenen Verfügbarkeit von 70,3 % kann somit eine Verfügbarkeit von 86,5 % erreicht werden.

Tabelle 8.3: Auswirkungen der Maßnahmenpakete auf die Verfügbarkeit der betrachteten Webmaschine

Paket	Zusätzliche Produktionszeit [hh:mm]	Δ Verfügbarkeit [%]
1	20:05	6,3
2	13:39	4,3
3	06:55	2,2
4	06:43	2,1
5	04:35	1,4
Summe	51:59	16,2

Alle Verbesserungsmaßnahmen für die jeweiligen Verlustursachen sind in Tabelle 8.4 zusammengefasst. Die erwarteten Auswirkungen sind rechts ausformuliert. Die Umsetzung aller Maßnahmen wird im Folgenden angenommen.

Tabelle 8.4: Maßnahmenpakete und erwartete Auswirkungen

Verlust- ursache	Pa- ket	Verbesserungsmaßnahmen	Erwartete Auswirkungen
Produkti- onsbe- ginn	1	Vgl. Kap. 0	Der durchschnittliche Produktionsbeginn wird von 07:28 Uhr auf 06:30 Uhr vorgezogen
Produkti- onsende	2	• Einführung einer leistungsorientierten Entgeltdifferenzierung • Optimierung des Reinigungsprozesses am Ende jeder Schicht	Das durchschnittliche Produktionsende wird von 20:52 Uhr auf 21:30 Uhr nach hinten verlegt
Gummi oder Kette	3	• Akustische oder optische Benachrichtigung des Webers bei Maschinenstillstand zur Beschleunigung der Wiederinbetriebnahme	Reduktion der durchschnittlichen Dauer der Stillstände von 21,8 Minuten auf 5 Minuten
Schuss- stopp	4	• Durchführung einer FMEA zur Identifizierung und Beseitigung der Fehlerursachen	Reduktion der durchschnittlichen Dauer der Stillstände von 51,5 Minuten auf 10 Minuten
Schuss- spule leer	5	• Akustische oder optische Benachrichtigung des Webers bei Maschinenstillstand zur Beschleunigung der Wiederinbetriebnahme • Verwendung größerer Schussspulen, um die Anzahl der Maschinenstopps zu reduzieren • Einrichtung eines Regals an der Webmaschine mit Schussspulen zur Beschleunigung des Austauschprozesses	Die durchschnittliche Dauer der Stillstände kann von 62,7 Minuten auf 30 Minuten reduziert werden

8.1.3 Wirtschaftliche Betrachtung

Die Ergebnisse der Datenauswertung aus Kap. 8.1.2 werden in diesem Abschnitt verwendet, um die Auswirkungen einer besseren Maschinenverfügbarkeit auf den Gewinn vor Zinsen und Steuern (engl. earnings before interest and taxes – EBIT) zu berechnen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung erfolgt in Anlehnung an FOCKE UND STEINBECK sowie HANSEN [FS18; Han02]. HANSEN folgend werden Annahmen für 3 Szenarien aufgestellt und die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt (vgl. Tabelle 8.5). [Jur20]

Tabelle 8.5: Szenarien und Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Szenario	Annahmen
A	Ausgangssituation: Es wird angenommen, dass alle 47 Webmaschinen des betrachteten Unternehmens mit einer durchschnittlichen Verfügbarkeit von 70,3 % produzieren. Dies entspricht der im Betrachtungszeitraum gemessenen Verfügbarkeit (vgl. Kap. 8.1.2.3)
B	Verbesserte Verfügbarkeit, gleiche Produktionsmenge: Es wird davon ausgegangen, dass durch die in Kapitel 0 und 8.1.2.5 vorgestellten Verbesserungsmaßnahmen die Verfügbarkeit der Webmaschinen auf 86,5 % erhöht werden kann. Ferner wird angenommen, dass die jährliche Produktionsmenge unverändert bleibt und die Anzahl der Schichten reduziert wird
C	Verbesserte Verfügbarkeit, gesteigerte Produktionsmenge: Es wird ebenfalls angenommen, dass die Verfügbarkeit der Webmaschinen auf 86,5 % gesteigert werden kann. In diesem Fall wird jedoch davon ausgegangen, dass die Produktionsmenge erhöht und die Produkte vollständig verkauft werden

8.1.3.1 Szenario A – Ausgangssituation

Als Benchmark wird zunächst der jährliche Umsatz des Unternehmens berechnet. Anschließend werden die Kosten mit begründeten Annahmen abgeschätzt. Auf Basis von Umsatz und Kosten wird abschließend das EBIT berechnet.

Umsatz

Die theoretisch verfügbare Produktionszeit in einem Jahr wird berechnet aus der Arbeitszeit pro Tag multipliziert mit der Gesamtzahl der Arbeitstage. An 254 Tagen wird im Jahr im Zweischichtbetrieb zu je 8 Stunden produziert. Daraus ergibt sich eine theoretische verfügbare Produktionszeit von 4.064 Stunden, die auf 508 Schichten zu je 8 Stunden verteilt sind (vgl. Gleichung 8.7).

$$\text{Theoretische Produktionszeit} = 16 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 254 \text{ Tage} = 4.064 \text{ h} \quad (8.7)$$

Es wird die gemessene durchschnittliche Verfügbarkeit von 70,3 % für alle 47 Webmaschinen angenommen. Die tatsächliche Produktionszeit beträgt somit 2.857 Stunden (vgl. Gleichung 8.8).

$$\text{Tatsächliche Produktionszeit} = 70,3 \% \times 4.064 \text{ h} = 2.857 \text{ h} \quad (8.8)$$

Nach Angaben des Webereileiters können mit einer Webmaschine im Schnitt 143 Meter Band pro Stunde produziert werden. Auf ein Jahr und über alle Webmaschinen extrapoliert und unter der Annahme, dass keine Produktwechsel stattfinden, ergibt sich eine Gesamtproduktionsmenge von 19.201.897 Meter Band (vgl. Gleichung 8.9).

$$\text{Produktionsmenge} = 47 \times 143 \frac{\text{m}}{\text{h}} \times 2.857 \text{ h} = 19.201.897 \text{ m} \quad (8.9)$$

Es wird angenommen, dass der Verkaufspreis pro Meter Band bei 0,10 Euro liegt. Unter dieser Voraussetzung erwirtschaftet das Unternehmen mit seinen 47 Webmaschinen einen jährlichen Umsatz von 1.920.190 Euro (vgl. Gleichung 8.10)

$$\text{Umsatz} = 0,1 \frac{\text{€}}{\text{m}} \times 19.201.897 \text{ m} = 1.920.190 \text{ €} \quad (8.10)$$

Kosten

Die entstehenden Kosten zur betrieblichen Leistungserstellung werden nach JOOS-SACHSE in verschiedene Kostenarten gemäß der allgemeinen Zuschlagkalkulation gegliedert [Joo14]. Die Kosten werden nach der Zurechenbarkeit auf einen Kostenträger – also Dienstleistungen oder Produkte, denen Kosten zugerechnet werden – differenziert [ESS09]. Im vorliegenden Fall ist der Kostenträger das Gummiband. Die unterschiedlichen Kostenarten werden vorgestellt und gegeneinander abgegrenzt [FS18; Joo14]:

- **Fertigungseinzelkosten:** Kosten der Produktion, die gleichmäßig mit der Produktionsmenge entstehen. In diesem Fall zählen vor allem die Lohnkosten dazu. Andere Kosten sind verhältnismäßig gering und werden daher nicht berücksichtigt.
- **Materialeinzelkosten:** Kosten für Fertigungsmaterial, die direkt einer Einheit (1 m) des Bands zugeordnet werden können (z. B. Schussgarn, Kettfaden, Gummi).

- **Fertigungsgemeinkosten:** Fixkosten der Produktion, die nicht direkt einer Einheit des Gummibands zugeordnet werden können (z. B. Abschreibungen, Energiekosten, Führungskräfte, Instandhaltung, Versicherung).
- **Materialgemeinkosten:** Gemeinkosten der Materialwirtschaft, die nicht direkt einer Einheit des Bands zugeordnet werden können (z. B. Abschreibungen auf Bestände, Lagerhaltungskosten, Betriebsstoffe, Transportkosten der Anlieferung, Wareneingangsprüfung).
- **Verwaltungsgemeinkosten:** Kosten, die in der Verwaltung des Unternehmens anfallen, aber einer Einheit des Bands nicht direkt zugerechnet werden können (z. B. Personalkosten der Verwaltungsabteilung, Abschreibungen auf Büroausstattung).
- **Vertriebsgemeinkosten:** Kosten, die beim Versand und Vertrieb des Bands anfallen, aber nicht direkt einer Einheit zugerechnet werden können (z. B. Marketingkosten, Verpackung, Frachten, Transportversicherungen, Ausfuhrzölle, Verkaufsprovisionen).

Nachfolgend werden die jährlichen Lohnkosten und Fertigungseinzelkosten hergeleitet. Das Jahresbruttogehalt eines Weber in NRW wird auf ca. 30.000 Euro geschätzt. Mithilfe eines Lohnrechners [Jun23] wird das jährliche Arbeitgeberbrutto zu 35.560 Euro berechnet. Dieser Wert wird in folgenden Berechnungen auf glatte 36.000 Euro aufgerundet. Damit ist der Mehrverdienst des Webereileiters einkalkuliert. Das Unternehmen beschäftigt 6 Weber pro Schicht. Die jährlichen Lohnkosten werden daher mit 432.000 Euro berechnet (vgl. Gleichung 8.11). Die Personalgemeinkosten werden in den Verwaltungsgemeinkosten berücksichtigt.

$$\text{Lohnkosten} = 36.000 \frac{\text{€}}{\text{Weber}} \times 6 \frac{\text{Weber}}{\text{Schicht}} \times 2 \text{ Schichten} = 432.000 \text{ €} \quad (8.11)$$

Informationen über weitere entstehende Kosten werden durch den Webereileiter zur Verfügung gestellt. Die Zahlen werden in dieser Arbeit aus Gründen der Vertraulichkeit geändert. Alle Erlöse und Kosten sind in Tabelle 8.6 zusammengefasst. In der aufgenommen Ausgangssituation erwirtschaftet das Unternehmen mit seiner Webereisparte ein jährliches EBIT von etwa 275.000 Euro. [Jur20]

Tabelle 8.6: Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario A, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]

Position	Betrag [TEUR]
Umsatzerlöse	1.920
Fertigungs- und Materialeinzelkosten	-893
Fertigungseinzelkosten (Lohn)	-432
Materialeinzelkosten	-461
Fertigungs- und Materialgemeinkosten	-292
Abschreibungen	-48
Energiekosten	-65
Versicherungen	-29
Indirekte Personalkosten	-75
Betriebsstoffe	-40
Andere Gemeinkosten	-35
Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	-461
Verwaltungsgemeinkosten	-154
Vertriebsgemeinkosten	-307
EBIT	275

8.1.3.2 Szenario B – Verbesserte Verfügbarkeit, gleiche Produktionsmenge

Für dieses Szenario wird angenommen, dass die gemessene durchschnittliche Maschinenverfügbarkeit (70,3 %) durch Umsetzung aller Verbesserungsmaßnahmen auf 86,5 % erhöht werden kann. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die produzierte Menge (vgl. Gleichung 8.9) konstant gehalten wird. Als Folge davon ist von einer verkürzten Produktionszeit auszugehen. Nachfolgend wird ermittelt, welcher Anteil der theoretischen Produktionszeit eingespart werden kann. Zur Produktion derselben Menge wie in Szenario A werden ebenfalls 2.857 Stunden benötigt. Die theoretische Produktionszeit wird jedoch auf 3.303 Stunden reduziert (vgl. Gleichung 8.12).

$$\text{Theoretische Produktionszeit, B} = \frac{2857 \text{ h}}{0,865} = 3.303 \text{ h} \quad (8.12)$$

Im Vergleich zum Benchmark-Szenario A können 761 Stunden (4064 h – 3303 h) der theoretisch geplanten Produktionszeit eingespart werden. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass Zeit für die

Verbesserungsmaßnahmen (vgl. Kap. 0 und 8.1.2.5) aufzuwenden ist. Es wird angenommen, dass sowohl die Weber der Frühschicht als auch die Weber der Spätschicht jeweils 6 Schichten pro Jahr für Verbesserungsmaßnahmen aufwenden. Während dieser Zeit kann nicht produziert werden. Kumuliert werden unter dieser Annahme 96 Stunden pro Jahr für Verbesserungsmaßnahmen aufgewendet (vgl. Gleichung 8.13).

$$\begin{aligned} \text{Zeit für Verbesserungsmaßnahmen} \\ = \\ 2 \times (6 \text{ Schichten} \times 8 \frac{\text{h}}{\text{Schicht}}) &= 96 \text{ h} \end{aligned} \quad (8.13)$$

Insgesamt können 665 Stunden (761 h – 96 h) der theoretischen Produktionszeit eingespart werden. Dies entspricht etwa 83 Schichten zu je 8 h. Mit jeder Schicht ergibt sich ein Einsparpotenzial der Lohnkosten von ca. 850 Euro (vgl. Gleichung 8.14)

$$\text{Lohnkosten pro Schicht} = \frac{432.000 \text{ €}}{508 \text{ Schichten}} = 850 \frac{\text{€}}{\text{Schicht}} \quad (8.14)$$

Die jährlich anfallenden Lohn- bzw. Fertigungseinzelkosten können in Szenario B somit um etwa 16 % oder 70.550 Euro reduziert werden (vgl. Gleichung 8.15).

$$\text{Einsparung Lohnkosten} = 850 \frac{\text{€}}{\text{Schicht}} \times 83 \text{ Schichten} = 70.550 \text{ €} \quad (8.15)$$

Im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses ist eine regelmäßige Auswertung und Interpretation der erfassten Produktionsdaten vorzusehen. Dies ist notwendig, um die Wirksamkeit der Verbesserungsmaßnahmen zu überprüfen und neue Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Hierzu wird angenommen, dass ein Prozessingenieur 2 Stunden pro Woche mit dieser Aufgabe betraut ist.

Die Lohnkosten für einen Prozessingenieur werden im Jahr auf 71.039 Euro geschätzt. Daraus ergibt sich ein Stundenlohn von 35 Euro. Bei 51 Arbeitswochen

pro Jahr (254 Tage/5 Tage pro Woche) fallen zusätzliche Lohnkosten von 3.570 Euro für den Prozessingenieur an (vgl. Gleichung 8.16). Diese Kosten gelten als indirekte Personalkosten und damit als Fertigungsgemeinkosten, da sie nicht einer Einheit des Bands zugerechnet werden können.

$$\text{Zus. Lohnkosten} = 51 \text{ Arbeitswochen} \times 2 \frac{h}{\text{Woche}} \times 35 \frac{\text{€}}{h} = 3.570 \text{ €} \quad (8.16)$$

Alle Erlöse und Kosten für Szenario B sind in Tabelle 8.7 zusammengefasst. Das EBIT in Szenario B steigt gegenüber dem Benchmark-Szenario auf 342.000 Euro. Die Verbesserung der Maschinenverfügbarkeit um 23 % (86,5 / 70,3) führt zu einer Steigerung des EBIT um 24 % (s. Gleichung 8.17). [Jur20]

$$\text{Erhöhung des EBIT} = \left(\frac{342 \text{ TEUR}}{275 \text{ TEUR}} - 1 \right) \times 100 \% = 24 \% \quad (8.17)$$

Tabelle 8.7: Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario B, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]

Position	Betrag [TEUR]
Umsatzerlöse	1.920
Fertigungs- und Materialeinzelkosten	-822
Fertigungseinzelkosten (Lohn)	-361
Materialeinzelkosten	-461
Fertigungs- und Materialgemeinkosten	-295
Abschreibungen	-48
Energiekosten	-65
Versicherungen	-29
Indirekte Personalkosten	-78
Betriebsstoffe	-40
Andere Gemeinkosten	-35
Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	-461
Verwaltungsgemeinkosten	-154
Vertriebsgemeinkosten	-307
EBIT	342

8.1.3.3 Szenario C – Verbesserte Verfügbarkeit, höhere Produktionsmenge

In diesem Szenario wird analog zu Szenario B angenommen, dass alle Maßnahmen zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit durchgeführt werden. Entsprechend steht die Maschinenverfügbarkeit bei 86,5 %. Im Gegensatz zu Szenario B wird angenommen, dass die gewonnene Zeit zu Produktion und Verkauf weiterer Produktionsmengen verwendet wird. Die tatsächlich verfügbare Produktionszeit ergibt sich zu 3.515 Stunden im Jahr (vgl. Gleichung 8.18).

$$\text{Tatsächliche Produktionszeit} = 0,865 \times 4064 \text{ h} = 3.515 \text{ h} \quad (8.18)$$

In diesem Zeitraum können 23.624.315 Meter Band produziert (vgl. Gleichung 8.19)

$$\text{Produktionsmenge} = 47 \times 143 \frac{\text{m}}{\text{h}} \times 3.515 \text{ h} = 23.624.315 \text{ m} \quad (8.19)$$

Es wird analog zu Szenario A davon ausgegangen, dass der Preis pro verkauftem Meter Material 0,10 Euro beträgt. Damit kann ein Umsatz von 2.362.432 Euro erzielt werden (vgl. Gleichung 8.20).

$$\text{Umsatz} = 0,10 \frac{\text{€}}{\text{m}} \times 23.624.315 \text{ m} = 2.362.432 \text{ €} \quad (8.20)$$

Wie in Szenario B wird angenommen, dass 96 Stunden im Jahr für Verbesserungsmaßnahmen aufgewendet werden. Die zusätzlich Lohn- bzw. Fertigungseinzelkosten belaufen sich dadurch auf 10.200 Euro (vgl. Gleichung 8.21 und 8.14).

$$\text{Zusätzliche Lohnkosten} = \frac{96 \text{ h}}{8 \frac{\text{h}}{\text{Schicht}}} \times 850 \frac{\text{€}}{\text{Schicht}} = 10.200 \text{ €} \quad (8.21)$$

Es wird vereinfacht angenommen, dass die Materialeinzelkosten proportional zur Produktionsmenge zunehmen. Diese ist wiederum proportional zur

Zunahme der Maschinenverfügbarkeit. Die zusätzlichen Materialkosten betragen unter diesen Annahmen 106.233 Euro (vgl. 8.22).

$$\text{Zus. Materialeinzelkosten} = \left(\frac{0,865}{0,703} - 1 \right) \times 461.000 \text{ €} = 106.233 \text{ €} \quad (8.22)$$

Auch in Szenario C wird ein Prozessingenieur für die Überwachung der Verbesserungsmaßnahmen eingeplant. Entsprechend fallen 3.570 Euro indirekte Personalkosten an (vgl. Gleichung 8.12). Es wird angenommen, dass die Vertriebsgemeinkosten proportional zum Anstieg der Produktionsmenge und der Maschinenverfügbarkeit steigen. Damit fallen zusätzliche Vertriebsgemeinkosten in Höhe von 70.745 Euro an (vgl. Gleichung 8.23).

$$\text{Zus. Vertriebsgemeinkosten} = \left(\frac{0,865}{0,703} - 1 \right) \times 307.000 \text{ €} = 70.745 \text{ €} \quad (8.23)$$

In Gleichung 8.24 ist die Berechnung des EBIT für Szenario C aufgelistet. Das EBIT steigt gegenüber dem Benchmark-Szenario A von 257 TEUR auf 526 TEUR. Eine Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit um 23 % (86,5 / 70,3) führt damit zu einer Steigerung des EBIT um etwa 91 % (vgl. Gleichung 8.24).
[Jur20]

$$\text{Erhöhung des EBIT} = \left(\frac{526 \text{ TEUR}}{275 \text{ TEUR}} - 1 \right) \times 100 \% = 91 \% \quad (8.24)$$

Tabelle 8.8: Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario C, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]

Position	Betrag [TEUR]
Umsatzerlöse	2.362
Fertigungs- und Materialeinzelkosten	-1.009
Fertigungseinzelkosten (Lohn)	-442
Materialeinzelkosten	-567
Fertigungs- und Materialgemeinkosten	-295
Abschreibungen	-48
Energiekosten	-65
Versicherungen	-29
Indirekte Personalkosten	-78
Betriebsstoffe	-40
Andere Gemeinkosten	-35
Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	-531
Verwaltungsgemeinkosten	-154
Vertriebsgemeinkosten	-378
EBIT	526

8.1.3.4 Szenarioanalyse

Für die Errechnung des EBIT in den Kapiteln 8.1.3.1 bis 8.1.3.3 wird eine Steigerung der Maschinenverfügbarkeit um 23 % auf 86,5 % angenommen. In einer Szenarioanalyse werden die Auswirkungen auf das EBIT untersucht, wenn die Maschinenverfügbarkeit auf 75 %, 80 %, 90 %, 95 % und 100 % erhöht wird.

Die Ergebnisse der Szenarioanalyse sind in Tabelle 8.9 dargestellt. Die erste Spalte zeigt die angenommene Maschinenverfügbarkeit, Spalte 2 die relative Veränderung der Verfügbarkeit bezogen auf das Benchmark-Szenario A (70,3 % Verfügbarkeit). Für die Szenarien B und C sind jeweils das EBIT und die relative Veränderung des EBIT gegenüber der Ausgangssituation (275 TEUR) dargestellt.

Tabelle 8.9: Szenarioanalyse für die unterschiedliche Maschinenverfügbarkeiten

Verfügbarkeit [%]	Veränderung [%]	Szenario B		Szenario C	
		EBIT [TEUR]	Veränderung [%]	EBIT [TEUR]	Veränderung [%]
75,0	+7	295	+7	345	+26
80,0	+14	317	+15	424	+54
86,5	+23	342	+24	526	+91
90,0	+28	354	+29	582	+112
95,0	+35	368	+34	661	+141
100,0	+42	381	+39	739	+169

In Abbildung 8.16 ist das EBIT in Abhängigkeit von der Maschinenverfügbarkeit für die Szenarien B und C skizziert. Es ist zu erkennen, dass das EBIT in Szenario C stets über dem von Szenario B liegt. Weiterhin steigt das EBIT in Fall C stärker gegenüber Fall B. Die erreichbare Steigerung des EBIT wird somit wesentlich durch die erzielbare Verbesserung der Verfügbarkeit und durch die Nachfragesituation bestimmt.

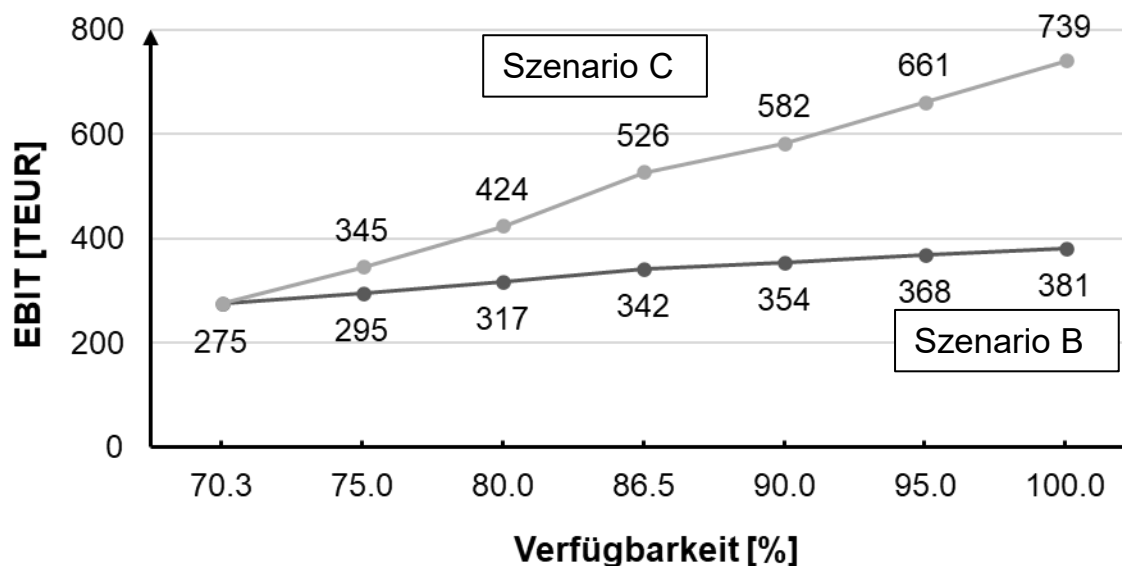


Abbildung 8.16: EBIT in Abhängigkeit von der Maschinenverfügbarkeit für die Szenarien B und C

Mithilfe des durchgeführten Projekts *Datenaufnahme* bekommt der Kunde einen Einblick in die Möglichkeiten der digitalen Prozess- und Maschinenüberwachung. Die aufgenommenen und ausgewerteten Verfügbarkeitsdaten einer

einzigsten Webmaschine zeigen den wirtschaftlichen Mehrwert der Digitalisierungsmaßnahme auf. Bei Umsetzung der verschiedenen Szenarien kann das Unternehmen realistisch die Maschinenverfügbarkeit auf ca. 85 % erhöhen. Das zugehörige errechnete EBIT der Firma liegt mit 526 TEUR gut 90 % über der aktuellen Ausgangslage.

Die strukturierte Vorgehensweise ist in diesem Anwendungsfall von besonderer Bedeutung, da das Unternehmen zunächst nicht vom wirtschaftlichen Mehrwert der Digitalisierungsmaßnahmen überzeugt ist. Durch die detaillierte Kundenergründung wird daher ein Pilotprojekt ausgewählt, mit dem finanzielle Aufwände und Nutzen gut gegenübergestellt werden können.

8.2 Anwendungsfall 2 – Strategieentwicklung

In diesem Anwendungsfall wird ein mittelständisches Unternehmen 30 – 50 Mitarbeitern betrachtet. Das Unternehmen ist auf die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb hochwertiger Textilmaschinen zur Veredlung verschiedener Produkte spezialisiert. Die Kunden stammen primär aus der Bettwarenindustrie. Das Unternehmen möchte einerseits die eigenen Kompetenzen nutzen um neue Märkte zu erschließen und andererseits die Potenziale der Digitalisierung ausschöpfen, um die eigenen Produkte für die Zukunft zu rüsten. Hierbei hat das Unternehmen Unterstützung angefragt.

8.2.1 Bedarfsermittlung

Zur Bedarfsermittlung wird das in Kap. 7 erarbeitete Vorgehen zur strukturierten Informationsgewinnung angewandt. Im ersten Schritt formuliert das Unternehmen als Ziel, einerseits die eigenen Kernkompetenzen in neue Marktsegmente zu transferieren und andererseits digitale Lösungen in die bestehenden Produkte und Produktion zu integrieren. So soll ein Vorsprung gegenüber Wettbewerbern erwirkt werden.

Im Ergründungsgespräch stellen sich als zentrale Probleme heraus, dass wenig bis keine Informationen zu technischen Möglichkeiten vorliegen. Zudem existieren zwar grobe Visionen bzw. eine eigene Entwicklungs- und

Innovationspipeline, eine klare Strategie zur Priorisierung und Umsetzung der Projekte fehlt jedoch. Zudem ist das Unternehmen verunsichert durch den Aufschwung von künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. Aufgrund der begrenzten Mitarbeiterzahl fehlen zudem die Ressourcen, um sich intensiv mit der Technologie- und Strategieplanung auseinanderzusetzen. Das Unternehmen formuliert das Ziel: „Nach Abschluss des Projekts soll eine klare Strategie vorliegen, in welche Technologie(n) zukünftig investiert werden soll. Weiterhin sind 4 Trendfelder zu benennen, die zukünftig Priorität bei unternehmerischen Entscheidungen genießen sollen. Die Technologien sind in konkrete Projektvorschläge zu überführen, die bis ins Jahr 2025 realisiert werden sollen.“ Die Hemmnisse und Zielformulierung sind in Abbildung 8.17 zusammengestellt.

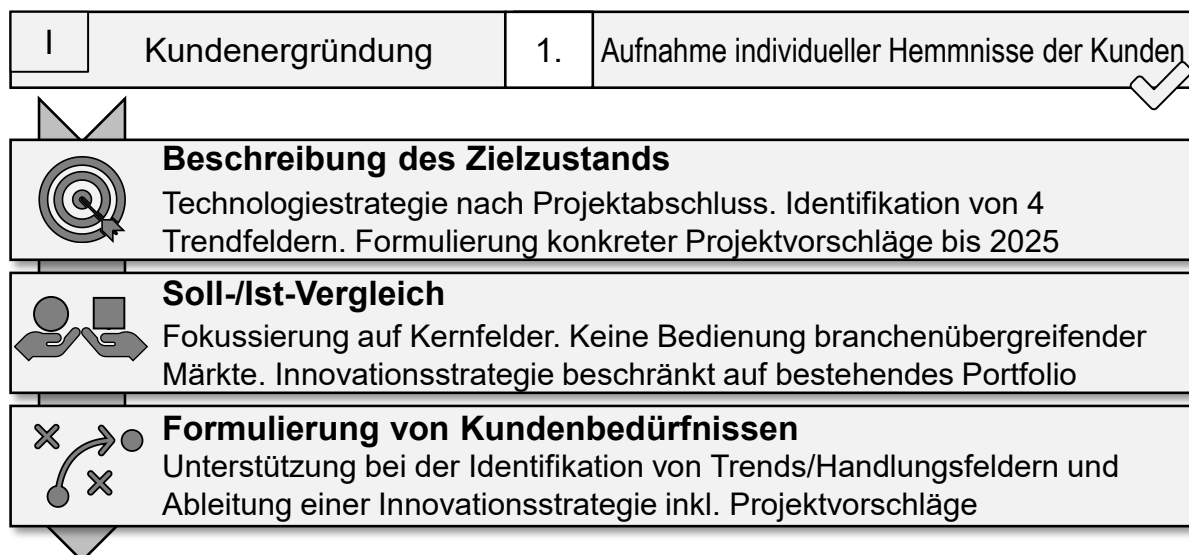


Abbildung 8.17: Ergebnisse der Kundenergründung in Anwendungsfall 2

Die identifizierten Hemmnisse können in insgesamt 4 Handlungsfelder überführt werden. Die Zuordnung ist in Abbildung 8.18 zu sehen. Auffällig ist das mehrfache Auftreten des Handlungsfeldes *digitale Fähigkeiten*.

II	Priorisierung	2.	Zuordnung der Hemmnisse in Handlungsfelder
----	---------------	----	--

Handlungsfeld	Hemmnis
Digitale Fähigkeiten 	Fehlendes Wissen um technologische Möglichkeiten
Innovation Vision 	Keine Digitalisierungsstrategie bzw. Priorisierung von Projekten
Digitale Fähigkeiten 	Keine Ressourcen für Technologieplanung
Führung 	Angst vor Neuem (KI)

Abbildung 8.18: Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern

Anschließend wird die Priorisierung der Handlungsfelder durchgeführt und eine Handlungsreihenfolge erstellt. Hier macht das Unternehmen von seinem „Veto-Recht“ gebrauch und ändert die Reihenfolge der Priorisierung. Anstelle der digitalen Fähigkeiten wird das Handlungsfeld *Vision* priorisiert behandelt. Die Auswertung der Präferenzmatrix ist nachfolgend in Abbildung 8.19 zu sehen. Das Veto ist durch ein „x“ gekennzeichnet.

II	Priorisierung	3.	Priorisierung der Handlungsfelder
		4.	Erstellung einer Handlungsreihenfolge

Gewichtung	Häufigkeit	Handlungsfelder (vgl. Kap. 2)
②  50 %	3	Digitale Fähigkeiten (F) 
③ 0 %	0	Innovation (I) 
① 50 %	3	Vision (V) 
③ 0 %	0	Führung (L) 

Erklärung: Es sind mehrere Hemmnisse für *Digitale Fähigkeiten* notiert, daher wurde ursprünglich dieses Handlungsfeld priorisiert. Das Unternehmen möchte jedoch lieber die *Vision* fokussieren.

Abbildung 8.19: Auswertung der Priorisierung der Handlungsfelder

Anschließend werden für das angestrebte Projekt die Zielstellung festgelegt und mit den Präferenzen des Kunden abgeglichen. Das Projektziel wird wie folgt definiert: „Nach Projektende sind 4 Trendfelder definiert und mindestens eine

konkrete Projektform je Trendfeld unter Berücksichtigung der firmeninternen Projektpipeline definiert“. Dieses Projektziel deckt sich mit dem Wunsch des Unternehmens, einen Mehrwert für die eigenen Kunden durch Erweiterung bzw. Verbesserung der eigenen Produkte zu erzielen (vgl. Kano-Modell – Kap. 2.2.3.1). In Abbildung 8.19 sind Ziel und Kundenpräferenz zusammengefasst.

III	Zielfestlegung	5.	Zielstellung formulieren u. Feedback einholen ✓
		6.	Zielstellung hinsichtl. Kundenpräferenz prüfen ✓

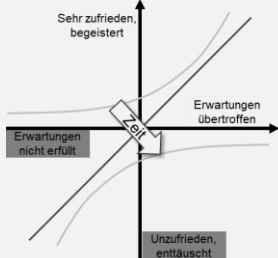
Zielfestlegung	Kundenpräferenz
 Nach Projektende sind <u>4 Trendfelder</u> definiert und mindestens <u>eine konkrete Projektform</u> je Trendfeld unter Berücksichtigung der firmeninternen Projektpipeline definiert.	

Abbildung 8.20: Formuliert und geprüfte Zielstellung des Projekts

Nach Abschluss der Kundenergründung erfolgt die Konfiguration eines Angebots mithilfe der erarbeiteten Angebotsstruktur. Da der Kunde den Fokus primär auf das Handlungsfeld *Vision* legen möchte jedoch keine zielgerichtete Vorstellung technischer Möglichkeiten besitzt und eine Standortbestimmung des eigenen Unternehmens sowie eine Strategie mit spezifischen Projektvorschlägen erarbeiten möchte, wird die Geschäftsebene (*Business Layer*) verwendet. Das Format *Strategieentwicklung* deckt den zweiten Teil der Zielstellung – die Ableitung konkreter Projektvorschläge – gut ab. Für den ersten Teil – die Identifikation konkreter Trendfelder und Standortbestimmung – wird das Angebot mit dem Format *Markt- und Innovationsrecherche* erweitert. Die Konfiguration des Angebots – basierend auf den Erkenntnissen aus dem methodischen Vorgehen und der Angebotsstruktur – ist in Abbildung 8.21 dargestellt.

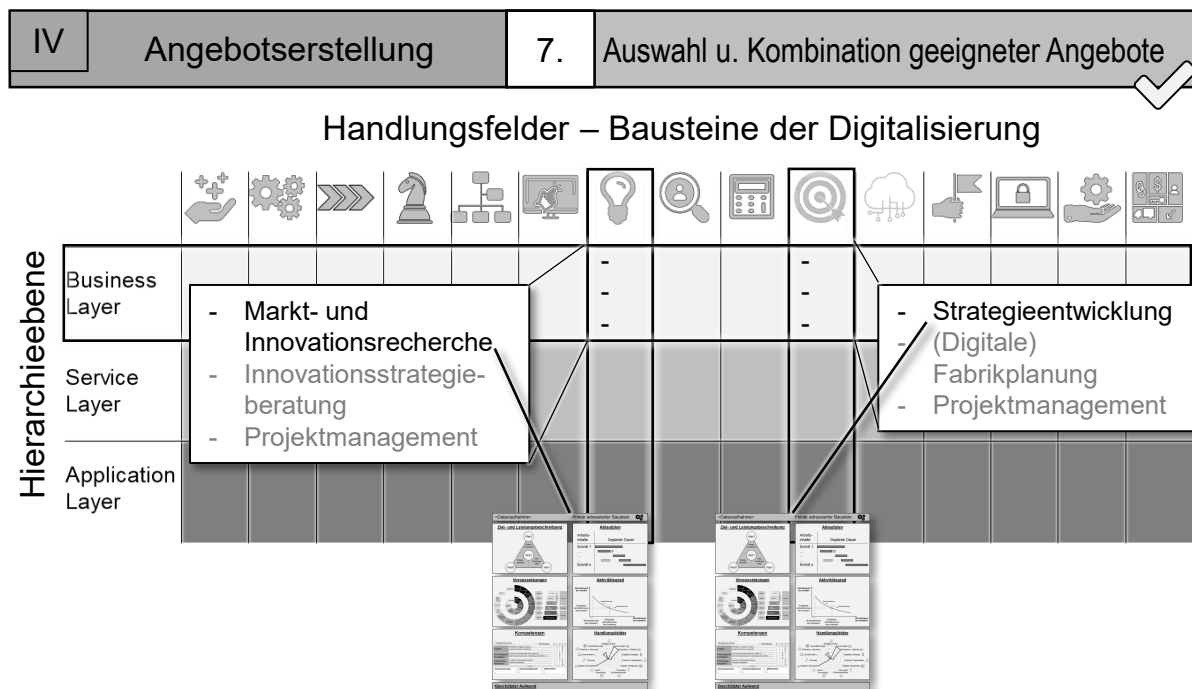


Abbildung 8.21: Angebotskonfiguration für Anwendungsfall 2

8.2.2 Marktanalyse

Die Ergebnisse des durchgeführten Projekts unterliegen der Geheimhaltung. Aus diesem Grund wird in den nachfolgenden Abschnitten das Projektvorgehen exemplarisch vorgestellt. Bilder mit diskreten Inhalten sind unkenntlich gemacht.

Zur Durchführung der Marktanalyse wird zunächst ein Fragebogen entwickelt, der mit Experten der Bettwarenindustrie (Maschinenhersteller, Textilhersteller, B2B-Produzenten und Sales) durchgeführt wird. Die Interviews werden telefonisch oder bei den Unternehmen vor Ort abgehalten. Zur Ergänzung der Ergebnisse wird anschließend ein Messebesuch auf der ABK-Open – ausgerichtet durch die BKM Großhandels GmbH, Gütersloh – in Bad Salzuflen durchgeführt. Dort werden ebenfalls gezielt Interviews durchgeführt und die Ergebnisse der vorher durchgeführten Befragungen validiert. Aus Literatur, Interviews und Messebesuch können schließlich 4 übergeordnete Trendthemen der Branche identifiziert werden. Basierend auf diesen Ergebnissen wird im nächsten Schritt eine konkrete Strategie für das Unternehmen entwickelt. Das Vorgehen zur Marktanalyse ist in Abbildung 8.22 dargestellt.

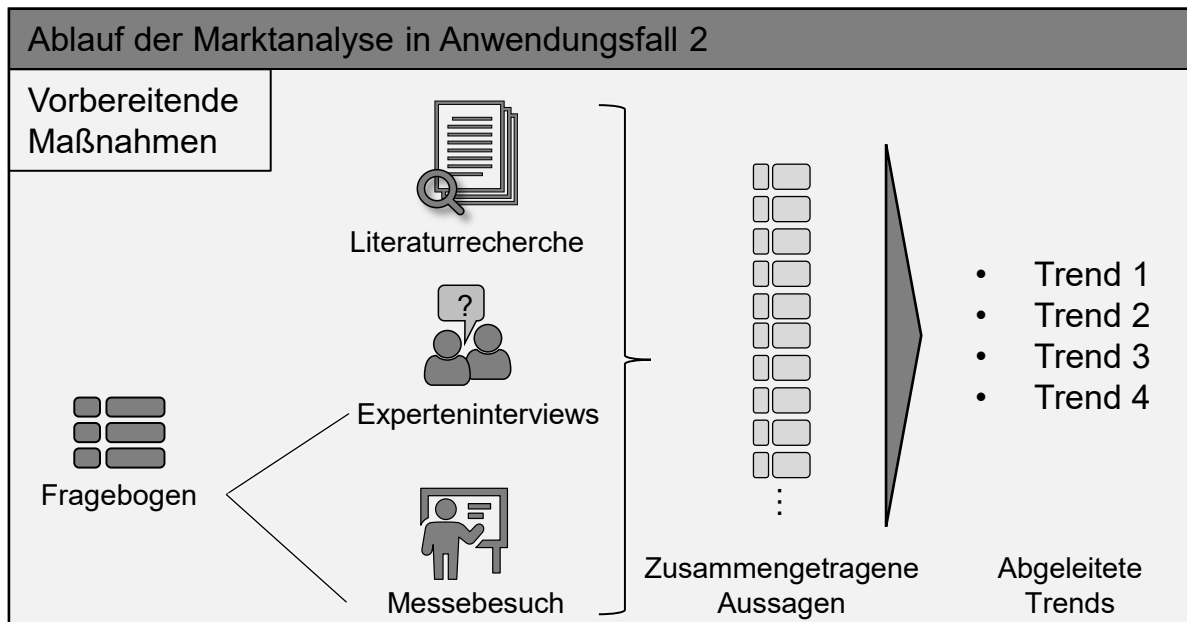


Abbildung 8.22: Ablauf der Marktanalyse

8.2.3 Strategieentwicklung

Zur Entwicklung einer Strategie für die technische Weiterentwicklung des Unternehmens unter Berücksichtigung der identifizierten Trendthemen wird ein Workshop am DCC Aachen durchgeführt. Insgesamt nehmen 5 Mitarbeiter des Kunden und 4 Experten der ITA Academy GmbH und des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen an dem Workshop teil. Bei der Auswahl der Teilnehmer ist darauf zu achten, eine möglichst heterogene Gruppe im Sinne der Kompetenzen und Interessen zusammenzustellen. Um den Technologietransfer in andere Industrien zu betrachten, wird bspw. ein Experte aus dem Bereich der Medizintextilien zur Teilnahme eingeladen. Auch das Unternehmen stellt Teilnehmer aus verschiedenen Bereichen (CEO, Analgentechniker) zur Verfügung, um so ein möglichst ganzheitliches Meinungsbild zu generieren.

Nach einer Vorstellungsrunde werden zunächst alle Teilnehmer gebeten, Anforderungen an die Produkte, Prozesse und Technologien des Unternehmens zu formulieren. Dazu wird die Methode *Brainwriting* verwendet (siehe dazu [BBE+18]). Eine Vorgabe ist, dass die Anforderungen aus Sicht eines Trendfelds zu formulieren sind. Zum Beispiel könnte eine Anforderung an die Produktionsmaschinen aus Sicht des Trendfeld „Nachhaltigkeit“ lauten: „An den

Maschinen ist der Energieverbrauch auf 1 Wh exakt zu messen“. Die Anforderungsformulierung ist in Abbildung 8.23 schematisch dargestellt.

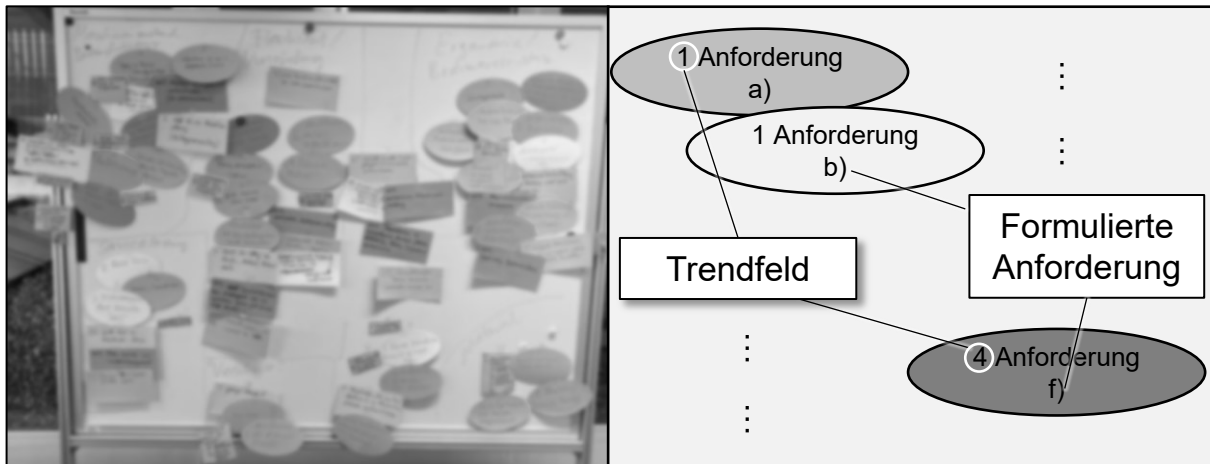


Abbildung 8.23: Formulierung von Anforderungen aus Sicht der Trendfelder

Anschließend werden die Anforderungen und Gedanken mit der gesamten Gruppe diskutiert. Ziel des Diskurses ist die Ableitung verschiedener übergeordneter Aktions-/Innovationsthemen. Dazu werden Anforderungen in sinnvolle Gruppen zusammengefasst. Thematisch ähnliche Anforderungen aus verschiedenen Trendthemen können so zu Projekten kombiniert werden. Können einzelne Karten keinem übergeordneten Thema zugeteilt werden, wird eine neue Kategorie eröffnet. In dem Workshop mit dem Unternehmen werden insgesamt 7 Aktions-/Innovationfelder identifiziert, aus denen später konkrete Projektideen abgeleitet werden. Das methodische Vorgehen ist schematisch in Abbildung 8.24 dargestellt.

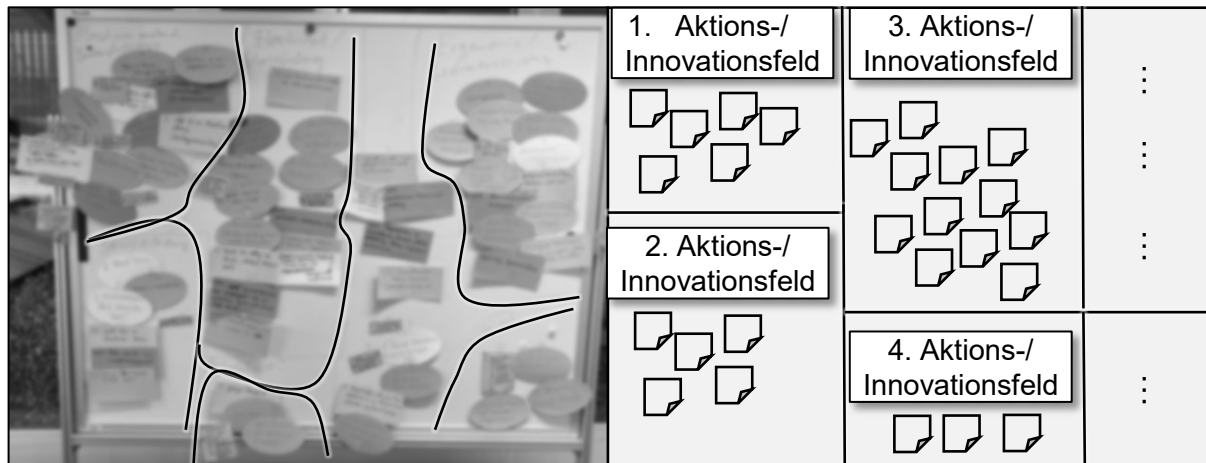


Abbildung 8.24: Gruppieren der Anforderungen in Aktions-/Innovationsfelder

Da das Unternehmen bereits eine interne Projektpipeline mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad besitzt, ist im nächsten Schritt festzustellen, in welchen Aktions-/Innovationsfeldern das Unternehmen bereits heute gut aufgestellt ist. Zu diesem Zweck wird eine 4-Felder Matrix mit den Achsen „Zukünftige Relevanz“ und „Erfüllungsgrad der Anforderungen“ aufgestellt. Das Unternehmen soll nun für jedes Aktions-/Innovationsfeld entscheiden, wo es auf innerhalb der Matrix verortet ist. Das schematische Vorgehen mitsamt der Einordnung der Aktionsfelder ist in Abbildung 8.25 zu sehen.

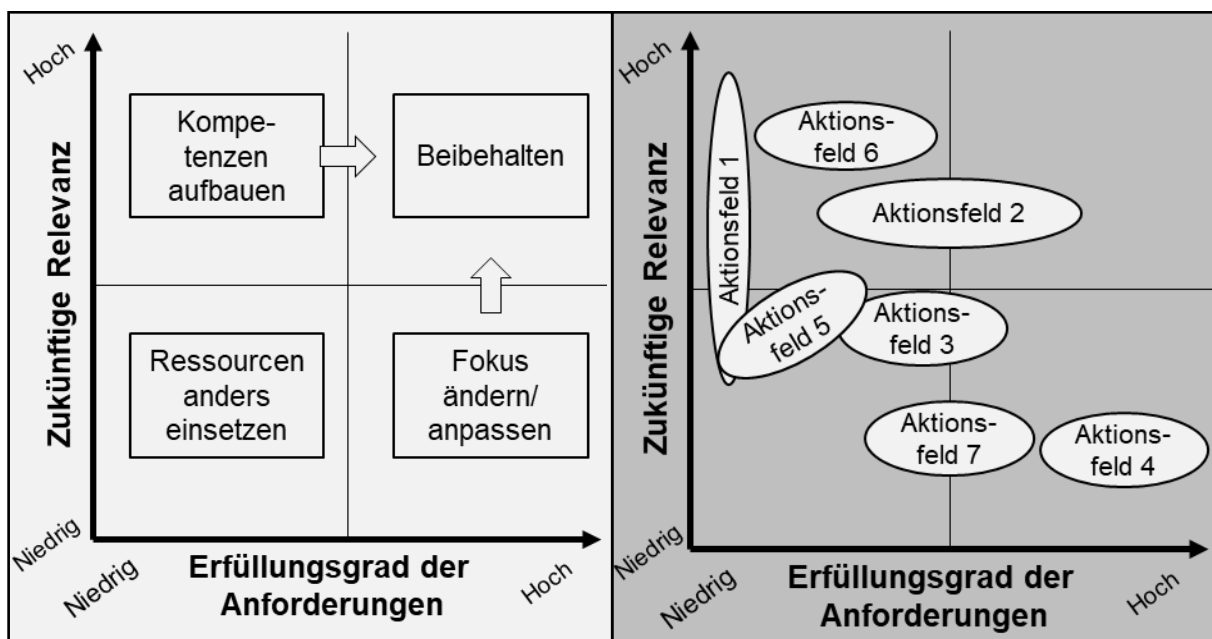


Abbildung 8.25: Einschätzung von Relevanz und Anforderung der identifizierten Aktionsfelder

Da der Kunde sich eine konkrete Roadmap für zukünftige Entwicklungen wünscht und die interne Projektpipeline dazu als Grundlage nutzen möchte, werden im letzten Schritt die internen Projektvorschläge thematisch den Aktionsfeldern zugeordnet. Abschließend erhält jeder Teilnehmer des Unternehmens 5 Klebpunkte, die zur persönlichen Priorisierung der Projekte verwendet werden. Die Punkte können alle auf einen Projektvorschlag oder auf mehrere Projekte verteilt werden. Die Reihenfolge der Projekte ergibt sich aus der Punktezahl. Das Vorgehen ist beispielhaft in Abbildung 8.26 zu sehen.

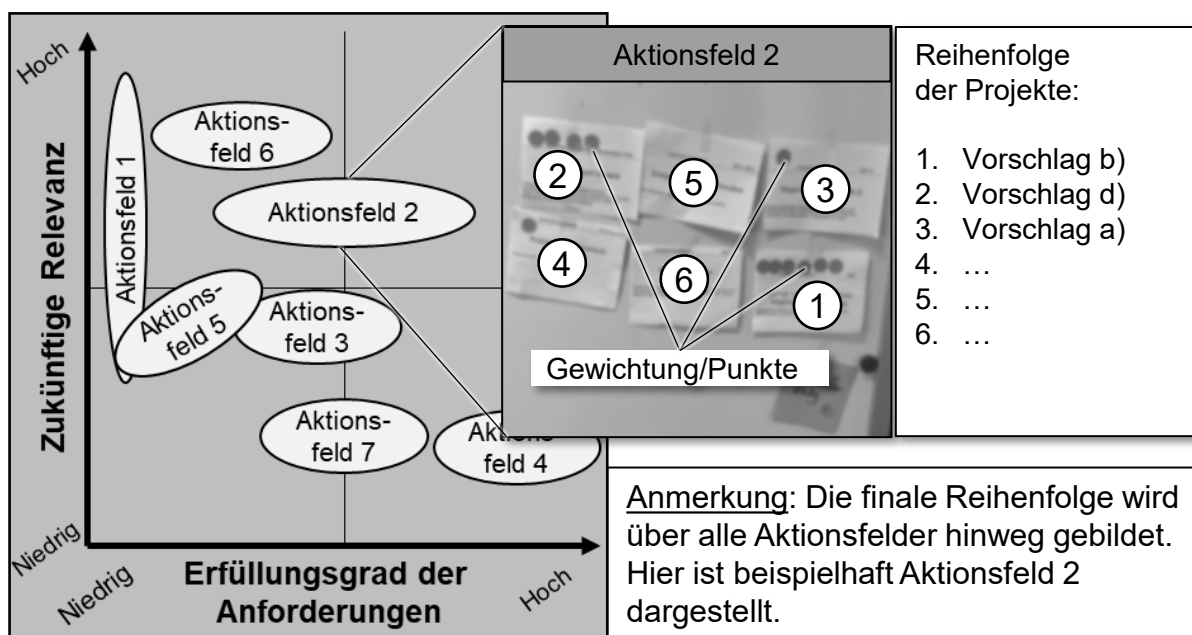


Abbildung 8.26: Priorisierung der Projektvorschläge und Ableitung einer Umsetzungsreihenfolge

Mit der priorisierten Projektliste erhält der Kunde eine konkrete Roadmap zur Umsetzung und Weiterentwicklung seiner Technologien. Dabei sind sowohl Markttrends (vgl. Kap. 8.2.2) als auch die Vorarbeiten und Präferenzen des Unternehmens berücksichtigt. Mögliche Folgeprojekte bzw. Kooperationen im Zusammenhang mit der Projektumsetzung sind die Grundlage für weitere Diskussionen.

Mithilfe des durchgeführten Projekts erhält der Kunde vier zentrale zukünftige Innovationsfelder, auf die er seine Organisation zukünftig ausrichten kann. Die Themen werden mithilfe einer methodischen Marktanalyse (Literaturrecherche

und Expertenbefragung) ermittelt und in sieben konkrete Handlungsfelder innerhalb des Unternehmens zusammengefasst. Zusätzlich erhält der Kunde eine priorisierte Roadmap für seine bereits bestehende und ausgearbeitete Projektpipeline, passend zu den Trendfeldern.

Die Anwendung des entwickelten Vorgehens eignet sich für diesen Fall besonders, da der Kunde zunächst ausschließlich eine Strategieberatung und Unterstützung bei der Priorisierung der eigenen Projekte wünscht. Durch die Kombination mit der angebotenen Marktrecherche erhält die Strategie zusätzliche Informationen und berücksichtigt markt- und branchenübergreifende Themen. Zusätzlich zeigt sich die Möglichkeit der individuellen Angebotserstellung nach Kundenwunsch, da der Kunde den Fokus auf das Handlungsfeld *Vision* – und nicht wie ermittelt auf *digitale Fähigkeiten* – legt (Vetorecht).

8.3 Anwendungsfall 3 – Technologie-Roadmap

Im dritten Anwendungsfall wird ein deutscher Mittelständler mit 120 – 150 Mitarbeitern betrachtet. Das Unternehmen ist spezialisiert auf die Herstellung von Bekleidung. Dabei produziert es ausschließlich für den Weiterverkauf der konfektionierten Waren an Geschäftskunden (B2B). Um sich zukunftsfähig aufzustellen und die Produktion unabhängiger von globalen Prozessketten zu gestalten, soll eine moderne, digitale Produktion am Standort Deutschland errichtet werden. Die Abläufe der textilen Wertschöpfungskette sind dem Unternehmen bekannt, für die Einführung ergänzender digitaler Technologien entlang der Prozessschritte wünscht sich das Unternehmen Unterstützung.

8.3.1 Bedarfsermittlung

Gemäß dem methodischen Vorgehen formuliert das Unternehmen im Erstgespräch das Ziel, bis 2023 eine *State of the Art* Produktion für die Bekleidungsproduktion am Standort Deutschland aufbauen zu wollen. Neben neuester Maschinenteknik sollen mithilfe von Digitalisierungsmaßnahmen auch Begleitprozesse wie die Intralogistik und Qualitätssicherung und die Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter verbessert werden. Die 2 primär identifizierten Hemmnisse sind einerseits *mangelndes Wissen um einsatzbereite Technologien* und andererseits

fehlende Kapazitäten für die Recherche entsprechender Technologien und Anbieter. Weiterhin stellt die fehlende wirtschaftliche Bewertbarkeit möglicher Digitalisierungsmaßnahmen ein Problem dar. Der zentralen Ergebnisse der Kundenergründung sind in Abbildung 8.27 dargestellt.

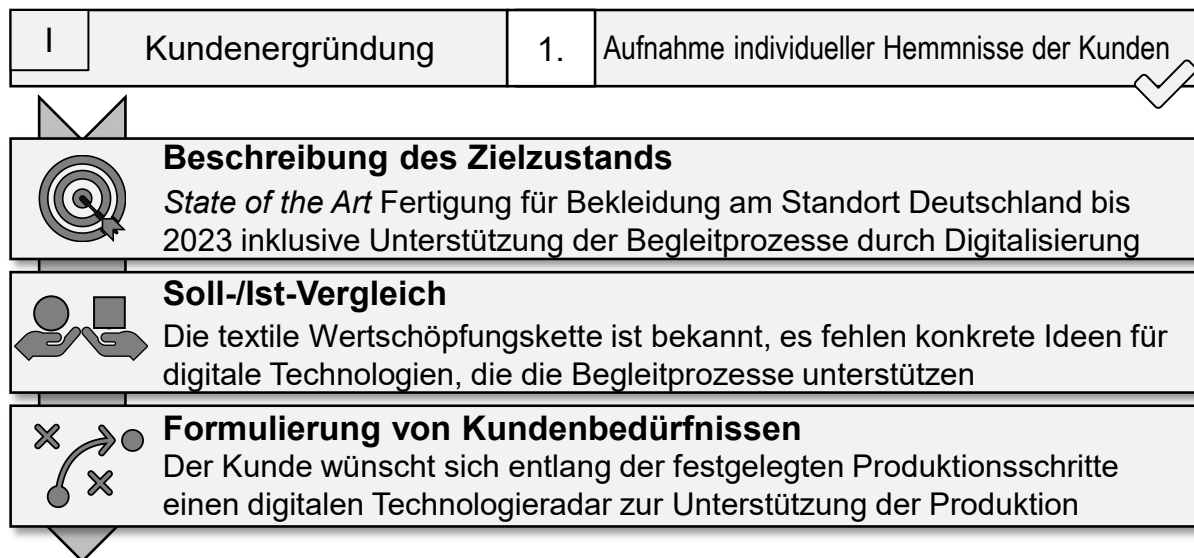


Abbildung 8.27: Ergebnis der Kundenergründung

Die Hemmnisse können den 3 Handlungsfeldern *digitale Fähigkeiten*, *Technologie* und *digitales Ökosystem* zugeordnet werden. Die Zuordnung ist in Abbildung 8.28 zu sehen.

II	Priorisierung	2.	Zuordnung der Hemmnisse in Handlungsfelder
-----------	----------------------	----	--

✓

Handlungsfeld		Hemmnis
Digitale Fähigkeiten Technologie		Fehlendes Wissen um technologische Möglichkeiten
Digitale Fähigkeiten		Keine Ressourcen für Technologierecherche
Digitales Ökosystem		Schwierige wirtschaftl. Bewertbarkeit der Maßnahmen

Abbildung 8.28: Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern

Die Priorisierung der Handlungsfelder mithilfe der Entscheidungsmatrix ergibt eine Fokussierung auf das Feld *digitale Fähigkeiten*, gefolgt vom Feld *Technologie*. Die Auswertung der Präferenzmatrix ist in Abbildung 8.29 dargestellt.

II	Priorisierung	3.	Priorisierung der Handlungsfelder	✓
		4.	Erstellung einer Handlungsreihenfolge	✓

	Gewichtung	Häufigkeit	Handlungsfelder (vgl. Kap. 2)
①	83 %	5	Digitale Fähigkeiten (F) 
②	17 %	1	Technologie (T) 
③	0 %	0	Digitales Ökosystem (Ö) 
			Digitale Fähigkeiten (F) 

Abbildung 8.29: Auswertung der Präferenzmatrix und Priorisierung der Handlungsfelder

Zur Festlegung der Projektziele wird Rücksprache mit dem Unternehmen gehalten. Ziel des Kunden ist es, mithilfe von Digitalisierungsmaßnahmen die Qualität der eigenen Produkte zu steigern und gleichzeitig die Kosten wo möglich zu senken. Entsprechend wird das Projektziel wie folgt formuliert: „Nach Projektende liegt für jeden Prozessschritt (7) mindestens 1 Vorschlag für eine Digitalisierungsmaßnahme vor. Für jede Maßnahme liegt zudem eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung vor“. Die Zusammenfassung der Projektziele und Kundenabsichten ist in Abbildung 8.30 zu sehen.

III	Zielfestlegung	5.	Zielstellung formulieren u. Feedback einholen	✓
		6.	Zielstellung hinsichtl. Kundenpräferenz prüfen	✓

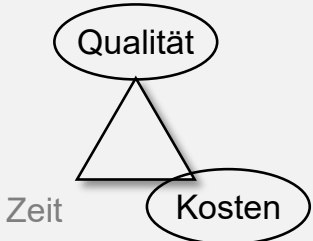
Zielfestlegung	Kundenpräferenz
 Nach Projektende liegen für <u>7</u> Prozessschritte min. je <u>1</u> Digitalisierungsmaßnahme inklusive <u>Wirtschaftlichkeitsabschätzung</u> vor.	

Abbildung 8.30: Projektziel und Kundenpräferenz

Abschließend wird mithilfe der Informationen aus der Angebotsstruktur ein Gesamtangebot für den Kunden konfiguriert. Da eine eher strategische Fragestellung vorliegt, wird der Fokus auf die Unternehmensebene (*Business Layer*) gelegt. Als Angebot bietet sich die Erstellung eines Technologieradars an. Das Auswahlverfahren ist in Abbildung 8.31 abgebildet.

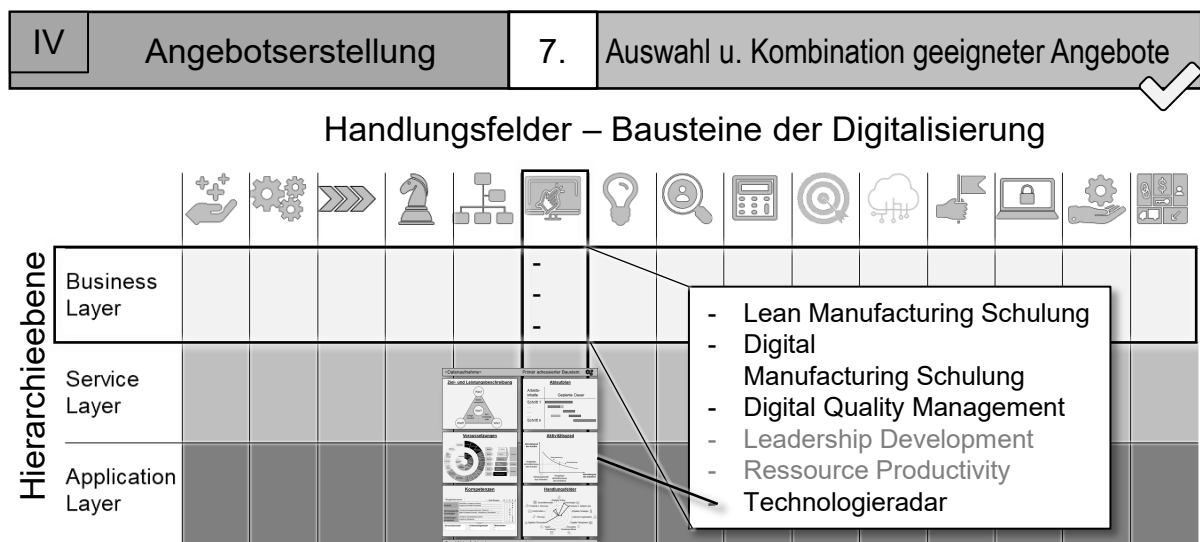


Abbildung 8.31: Auswahl des Formats Technologieradar

8.3.2 Technologieradar

Nach Durchführung einer Markt- und Literaturrecherche zu den vorgegebenen Prozessschritten wird dem Unternehmen eine tabellarische Übersicht möglicher Digitalisierungsprojekte übergeben. Insgesamt können 15 geeignete Projekte identifiziert und in den Technologieradar aufgenommen werden. Der erarbeitete Technologieradar ist in Abbildung 8.32 dargestellt. Für jeden Technologievorschlag (gekennzeichnet durch eigene Feder und nummeriert von 1 – 15) wird ein eigener Steckbrief angelegt. Dieser enthält nähere Informationen zur Technologie, dem Einsatz in der Produktion und mögliche Anbieter der Technologie. Die näheren Erläuterungen unterliegen der Geheimhaltung und sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

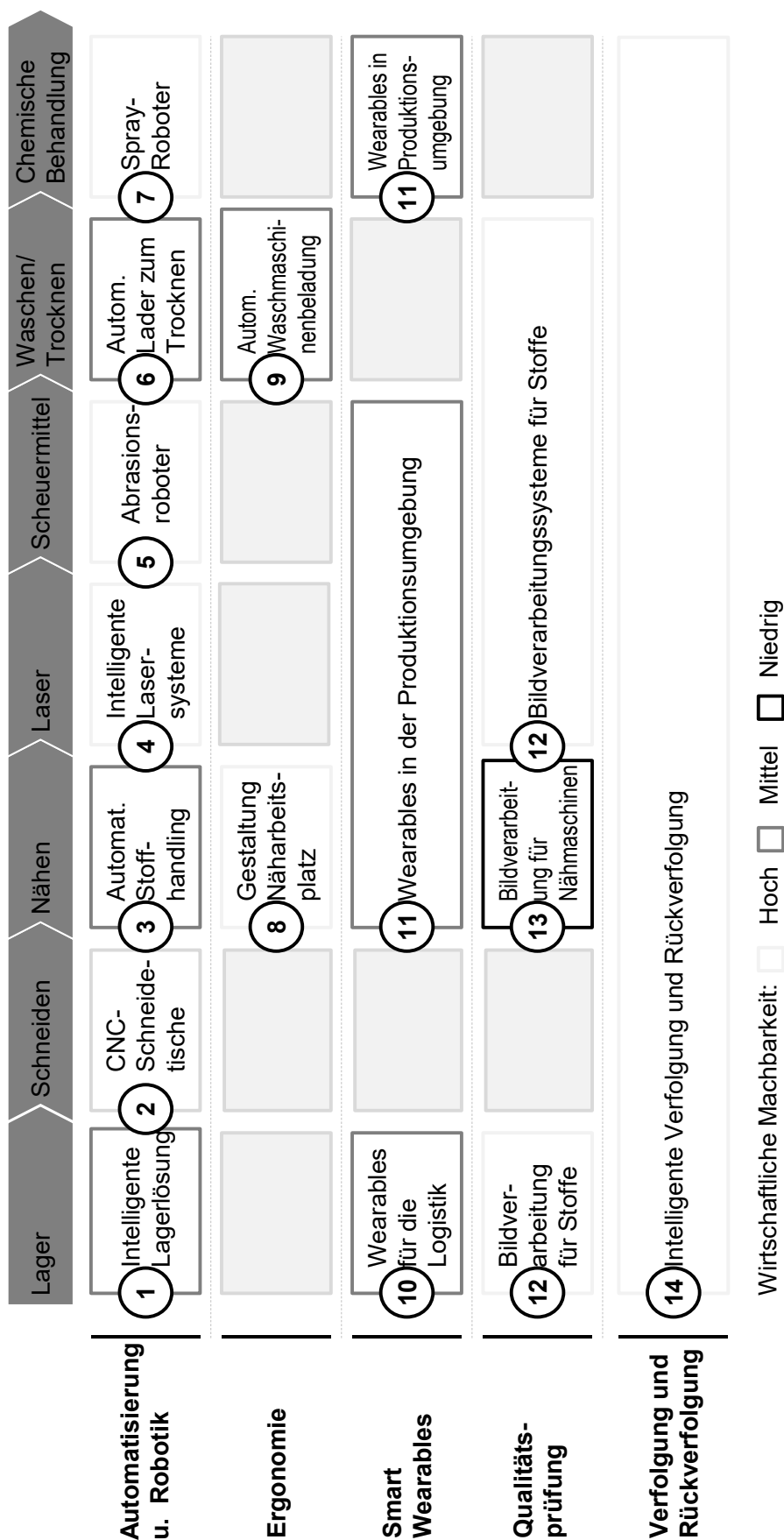


Abbildung 8.32: Erstellter Technologieradar für die Prozesskette des Kunden

Unter Anwendung des entwickelten Vorgehens erhält das Unternehmen einen Technologieradar entlang seiner gesamten Wertschöpfungskette. Der Fokus liegt dabei auf Technologien zum Anlernen neuer Mitarbeiter bzw. zum Entgegenwirken des Fachkräftemangels.

In diesem Anwendungsfall weiß der Kunde bereits genau was er möchte – Vorschläge für verschiedene ergänzende Technologien. Mithilfe des entwickelten Vorgehens wird auch für diesen Fall ein geeignetes Angebot ausgewählt. Eine Besonderheit ist die Anpassung bzw. Verfeinerung des Technologieradars auf das Handlungsfeld *digitale Fähigkeiten*. So wird der thematische Schwerpunkt des Technologieradars individuell für den Kunden festgelegt.

8.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wird die in Kap. 7 entwickelte Methode zur Kundenergründung und Konfiguration kundenindividueller Angebote in 3 industriellen Anwendungsfällen durchlaufen. Aufgrund der Einmaligkeit der durchgeführten Projekte ist eine Vergleichbarkeit des Vorgehens mit bisherigen Methoden (*ceteris paribus*) nicht möglich. Stattdessen werden die Projektergebnisse sowie die Anwendbarkeit des Vorgehens retrospektiv analysiert. Mithilfe des Vorgehens werden Informationen erlangt, die bei der Auswahl geeigneter Angebote aus der Angebotsstruktur (Kap. 5 und Kap. 6) eingesetzt werden. In allen Anwendungsfällen werden in der Kundenergründung zunächst systematisch Hemmnisse und Ziele abgefragt. Die Informationen werden gefiltert und priorisiert und schließlich in der Angebotsstruktur zur Auswahl geeigneter Angebote verwendet. In Anwendungsfall 1 und 2 werden die zentralen Angebote mit ergänzenden Maßnahmen (Szenarioanalyse und Markt-/Innovationsrecherche) kombiniert und so ein Mehrwert für die Kunden geschaffen.

Insgesamt werden mit dem Vorgehen 3 Projekte erfolgreich konfiguriert und durchgeführt. Durch die methodische Erfassung der Kundenbedürfnisse sind die Projektziele und -abläufe klar definiert. Alle Projekte konnten erfolgreich, ohne auftretende Fehler oder negative Rückmeldungen von Kundenseite durchgeführt werden.

Im ersten Fall wird ein Projekt zur Datenaufnahme in der Produktion eines Textilunternehmens umgesetzt. Dazu werden Daten aufgenommen, analysiert, interpretiert und Verbesserungsmaßnahmen zur Behebung der Problemursachen abgeleitet und vorgestellt. Die wirtschaftliche Bewertung des Projekts bzw. der Digitalisierungsmaßnahmen wird anhand einer ergänzenden Szenarioanalyse vorgenommen. Die Berechnung des EBIT für 3 verschiedene Aktionsstufen ermöglicht eine Abschätzung des Nutzens verschiedener Maßnahmen.

Im zweiten Anwendungsfall wird für ein Unternehmen eine Marktanalyse zur Bestimmung des Standorts innerhalb der eigenen Branche durchgeführt. Aufbauend auf den Ergebnissen der Marktanalyse und der Kundenergründung wird darauffolgend ein Workshop zur Entwicklung einer Aktions-/Innovationsstrategie abgehalten. Schließlich werden die internen Entwicklungsprojekte entsprechend der identifizierten Trendthemen und Aktions-/Innovationsfelder zugeordnet und eine Handlungsreihenfolge durch Priorisierung der Projekte festgelegt.

Im dritten Anwendungsfall wird schließlich für eine bestehende Wertschöpfungskette eines Unternehmens ein Technologieradar aufgestellt. Mit dem Ziel, eine moderne und digitale Produktion aufzubauen sollen neben modernen Maschinen auch Begleitprozesse mithilfe des Digitalisierungsradars angepasst werden. Durch Anwendung des in dieser Arbeit entwickelten Vorgehens können gezielt auf Kundenwünsche konfigurierte Angebote unterbreitet werden.

Das entwickelte Vorgehen bildet eine gute Grundlage für weitere Forschung im Bereich Industry 4U. Für die weitere Evaluation und Verbesserung empfiehlt sich die weitere Anwendung, zum Beispiel im Rahmen der Lernfabrik DCC Aachen durch die ITA Academy GmbH.

9 Zusammenfassung

Mit Hilfe von Digitalisierung können Produktionsunternehmen effizienter, stabiler und nachhaltiger Güter herstellen. Die Potenziale der Digitalisierung reichen so weit, dass Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit einbüßen, wenn sie die Transformation nicht vollziehen. Dies hat auch die Bundesregierung erkannt und in ihrer Hightech-Strategie 2025 eine Produktivitätssteigerung durch Nutzung der Potenziale der Digitalisierung vorgesehen. Dazu steht die Textilbranche aufgrund ihrer Charakteristika besonders unter Handlungsdruck. Zunehmender Fachkräftemangel, Konkurrenz aus Asien und damit verbundener Kostendruck, undurchsichtige und lange Lieferketten, Vorgaben durch Geschäftskunden sowie schnell wechselnde Produktpaletten bedrohen Deutschland als Produktionsstandort für Textilien.

Übergeordnetes Ziel dieser Arbeit ist es daher, eine neue ganzheitliche Vorgehensweise zur Unterstützung von Digitalisierungsmaßnahmen in der deutschen Textilbranche zu entwickeln. Dazu wird diese Arbeit in mehrere Teilschritte gegliedert.

Zunächst werden die notwendigen Grundlagen zur Beschreibung von Digitalisierung in Organisationen erläutert. Basierend auf dem Digitalisierungsmodell des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University werden die zentralen Defizite der Textilbranche im Bereich Digitalisierung herausgestellt. Zentrales Ergebnis des *Kap. 2* ist die Definition von 15 beschreibenden Bausteinen oder Handlungsfeldern der Digitalisierung. Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit als strukturierende Elemente verwendet.

Im nächsten Schritt werden Anforderungen an Dienstleistungsangebote für die digitale Transformation entwickelt. 30 Modelle werden hinsichtlich des Erfüllungsgrades der Anforderungen bewertet. Kernergebnis des *Kap. 3* sind die herausgearbeiteten zentralen Defizite der Vorgehensmodelle sowie die daraus resultierenden Anforderungen an ein neues Vorgehen, dass in dieser Arbeit entwickelt wird.

In *Kap. 4* werden mithilfe einer Literaturrecherche und Experteninterviews methodisch Hemmnisse des produzierenden Gewerbes bei der digitalen Transformation untersucht. Zentrales Ergebnis des Kapitels ist die Identifikation der dringlichsten Handlungsfelder der Digitalisierung (*Technologie* und *Digitale Kompetenz*).

Kernergebnis aus *Kap. 5* ist die Entwicklung eines Steckbriefs zur einheitlichen Beschreibung von Dienstleistungen rund um Digitalisierung. Es werden Informationen in 7 Kategorien bereitgestellt: *Ziel- und Leistungsbeschreibung*, *Ablaufplan*, *notwendige Voraussetzungen zur Projektdurchführung*, *notwendige Qualifikations- und Kompetenzprofile*, *Aktivitätsgrad*, *adressierte Handlungsfelder* und schließlich eine *Aufwandsabschätzung*. Angebote der ITA Academy GmbH werden exemplarisch in das Steckbriefformat überführt.

Zur übersichtlichen Darstellung aller Angebote wird in *Kap. 6* eine neue Angebotsstruktur basierend auf den Gliederungselementen *Steckbrief* und *Handlungsfelder der Digitalisierung* entwickelt. Die erarbeitete Angebotsstruktur dient als Grundlage für die Konfiguration von Gesamtprojekten die aus einzelnen Angeboten zusammengestellt werden.

In *Kap. 7* wird schließlich ein Vorgehen zur Erstellung kundenindividueller Angebote entwickelt. Zunächst werden systematisch Informationen des Kunden erfasst. Diese werden anschließend zur Angebotskonfiguration verwendet. Das Vorgehen ist in 5 Stufen gegliedert. Besonders relevant für die erfolgreiche Durchführung der Angebotserstellung ist der erste Schritt: die Kundenergründung. Im persönlichen Gespräch sind die spezifischen Hemmnisse des Kunden zu erfassen, und in konkrete, messbare Zielstellungen zu überführen. So wird sichergestellt, dass die Angebote die Probleme des Kunden adressieren.

Die zentralen Ergebnisse der jeweiligen Kapitel sind in Abbildung 9.1 abgebildet. Insgesamt tragen alle Erkenntnisse zur Entwicklung einer neuen Angebotsstruktur sowie zur Ausarbeitung eines Handlungsleitfadens zur systematischen Erstellung kundenzentrierter Digitalisierungsangebote bei.

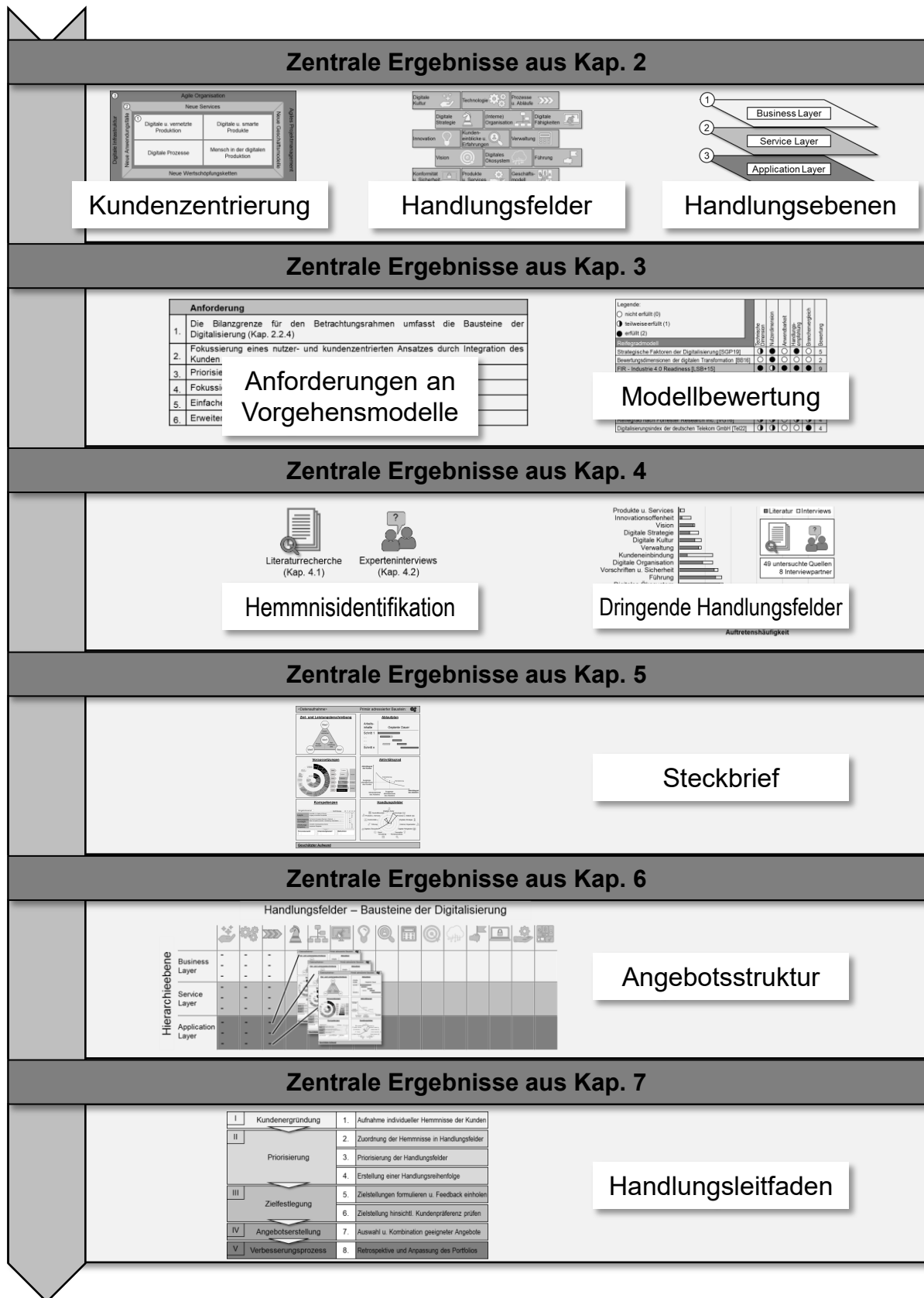


Abbildung 9.1: Zentrale Ergebnisse der Kapitel 2 – 7 in dieser Arbeit

Aufgrund der Einmaligkeit der durchgeführten Projekte ist eine Vergleichbarkeit des Vorgehens mit bisherigen Methoden (*ceteris paribus*) nicht möglich. Stattdessen werden die Projektergebnisse sowie die Anwendbarkeit des Vorgehens in 3 Anwendungsfällen retrospektiv analysiert.

Im ersten Anwendungsfall wird ein Retrofitting an einer Maschine beim Unternehmen vor Ort durchgeführt. Basierend auf der Datenanalyse werden Vorschläge zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit unterbreitet und die wirtschaftlichen Auswirkungen in Form verschiedener Szenarien analysiert. Im zweiten Anwendungsfall wird für ein Unternehmen eine Aktions-/Innovationsstrategie entwickelt. Interne Entwicklungsprojekte werden Aktions-/Innovationsfelder zugeordnet und eine Handlungsreihenfolge durch Priorisierung der Projekte festgelegt. Im dritten Anwendungsfall wird schließlich für eine bestehende Wertschöpfungskette des Unternehmens ein Technologieradar für Begleitprozesse der Produktion aufgestellt. Eine Übersicht der 3 Anwendungsfälle ist in Abbildung 9.2 zu sehen.

Die zuvor beschriebenen Projekte wurden mithilfe der entwickelten Methodik konfiguriert, durchgeführt und erfolgreich zum Abschluss gebracht. Durch weitere Projekte, die auf die entwickelte Angebotsstruktur zurückgreifen, kann das Vorgehen zukünftig weiter evaluiert und verbessert werden. Das entwickelte Vorgehen bildet damit eine gute Grundlage für weitere Forschung im Bereich Industry 4U. Konkrete nächste Schritte zur Erweiterung und Anwendung des Vorgehens werden in Kap. 10 definiert.

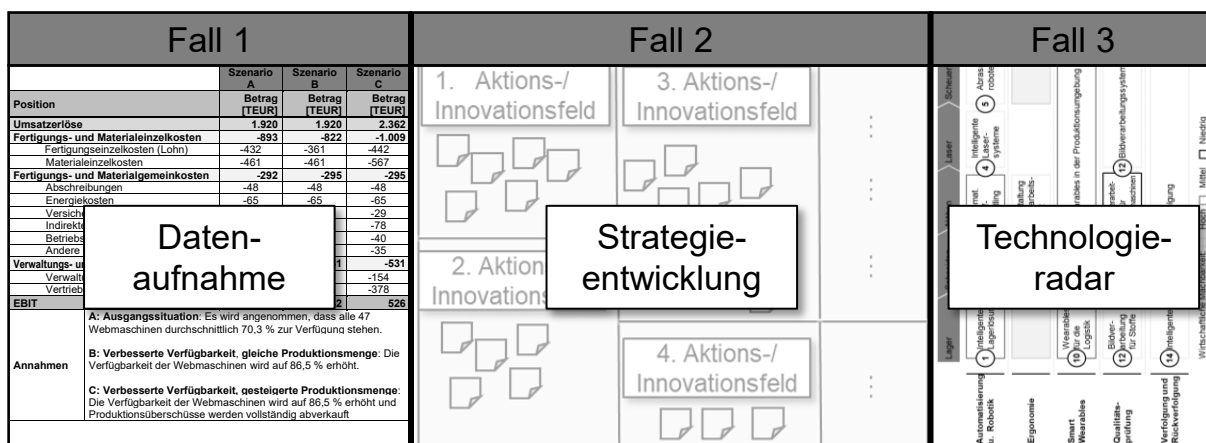


Abbildung 9.2: Übersicht der Anwendungsfälle

10 Ausblick

Die in dieser Arbeit entwickelte Angebotsstruktur ermöglicht die Ordnung von Dienstleistungsangeboten rund um das Thema Digitalisierung unter Berücksichtigung objektiver Kriterien. Der erarbeitete Handlungsleitfaden bietet zudem ein standardisiertes Vorgehen zur Angebotskonfiguration. Die Angebote und das Vorgehen zur Erfassung der Kundenbedürfnisse sind zunächst in weiteren Pilotprojekten in der Praxis zu testen, um die Funktionalität sicherzustellen.

Parallel dazu können sowohl die Angebotsstruktur als auch der Handlungsleitfaden in verschiedene Richtungen weiterentwickelt werden. In Abbildung 10.1 ist dazu eine Roadmap der verschiedenen Entwicklungsthemen dargestellt.

Entwicklungsperspektiven	Kurzfristig (< 1 Jahr)	Mittelfristig (1 – 3 Jahre)	Langfristig (> 5 Jahre)
Erweiterung des Portfolios	Kunden- u. Mitarbeiter-Feedback einholen	- Kunden- u. Mitarbeiter-Feedback einholen - Entwicklung neuer Formate („weiße“ Flecken füllen)	- Kunden- u. Mitarbeiter-Feedback einholen - Neu- und Weiterentwicklung der Kompetenzprofile
Technische Entwicklung	Ableiten von Angebotskombinationen („Kunden kauften auch“)	Verknüpfung mit der ITA-Metho- datenbank	
Ausgestaltung einer Nutzer-schnittstelle	Pilotierung eines Abfragetools im Internetauftritt der ITA Academy	- Kunden- Ergründungstool (z. B. als Web-App) - Kunden- Feedbacktool	Plattform/Support zur Projekt-verstetigung
Geschäftsmodell	Make-more-of-it-Strategie	Razor-and-Blade-Strategie	Strategische Partnerschaft(en) mit Start-ups für Dienstleistungen

Abbildung 10.1: Entwicklungsperspektiven der Arbeit

Erweiterung des Portfolios

Die entwickelte Angebotsstruktur stellt ein Baukastensystem zur Erleichterung der Angebotsauswahl und -erstellung dar. Um jederzeit auf die Bedürfnisse potenzieller Kunden eingehen zu können, ist eine regelmäßige Evaluation und

Aktualisierung der angebotenen Formate erforderlich. Dazu könnten Feedbackrunden mit Projektmitarbeitern und Kunden nach Projektabschluss durchgeführt werden. So werden einerseits die Qualität der Angebote und Projekte gesichert und andererseits fehlende Angebotsformate aufgedeckt. Die Feedbackgespräche sollten fest in den Ablauf der Angebotserstellung und Projektdurchführung integriert werden und sind daher kurz-, mittel- und langfristig umzusetzen. Die Strukturierung der Angebote in Matrixform ermöglicht weiterhin die Identifikation von „weißen“ Flecken oder wenig bedienten Handlungsfeldern im Portfolio. Dort können gezielt neue Angebote entwickelt werden. Dies sollte mittelfristig geschehen, nachdem die Robustheit des Angebotsprozesses nachgewiesen ist. Schließlich erfordern neue Angebotsformate und der technologische Fortschritt zukünftig neue Kompetenzen. Entsprechend sollten auch die benötigten Kompetenzprofile zur Projektumsetzung langfristig aktualisiert werden.

Technische Weiterentwicklung

Zur Erhöhung der Anzahl an verkauften Projekten könnten Angebote zu Paketen kombiniert werden. So könnten Standardformate entwickelt werden, in denen Projekte inhaltlich logisch aufeinander aufbauen. Ein solches Angebot wäre z. B. die Durchführung einer Potenzialanalyse, gefolgt von einem Pilotierungsprojekt (z. B. Retrofitting) und könnte durch eine Technologierecherche und Lieferantensuche und -bewertung abgeschlossen werden. Mit Nutzung der Angebotsstruktur werden auch Daten zu verkauften Formaten gesammelt. So könnte weiterhin eine unverbindliche Produktempfehlung – durch eine Warenkorbanalyse bzw. Cross-Selling – ausgesprochen werden, um auf weitere nützliche und erfolgreiche Angebote aufmerksam zu machen. Mittelfristig empfiehlt es sich zudem, die Angebotsstruktur an die Methodendatenbank des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University zu koppeln. Die einzelnen Angebote und Angebotspakete könnten dann mit entsprechenden Methoden gekoppelt werden. Dadurch würde einerseits der Standardisierungsgrad deutlich erhöht, sodass auch unerfahrene Mitarbeiter Projekte erfolgreich durchführen können. Andererseits vermittelt das Wissen um Methoden Kompetenz gegenüber Kunden und schafft Transparenz in der Projektdurchführung.

Ausgestaltung einer Nutzerschnittstelle

Eine der wichtigsten Voraussetzungen zu einer erfolgreichen Projektumsetzung und einem zufriedenen Kunden ist es, die Probleme des Kunden zu verstehen. Durch die Erfassung des Kernproblems können quantifizierbare Ziele abgeleitet und entsprechende Projektformate angeboten werden. Zur Standardisierung und Automatisierung dieses Prozesses könnte eine Kundenschnittstelle – beispielsweise in Form einer Webapplikation – entwickelt werden. Die erfassten Informationen dienen anschließend als Basis in einem Ergründungsgespräch. Dadurch wird der Prozess der Problemidentifikation und -priorisierung verkürzt. Neben der Aufnahme der Kundenbedürfnisse könnte darüber hinaus eine (digitale) Schnittstelle entwickelt werden, um die Kundenzufriedenheit und Feedback abzufragen. Das standardisierte und strukturierte Feedback kann anschließend wiederum zur Anpassung der Angebote und Projektinhalte verwendet werden. Weiterhin könnte langfristig die Entwicklung einer Plattform oder eines Serviceformats sinnvoll sein, womit die Verstetigung der Projekte nach Projektende unterstützt wird. Neben einem Mehrwert für den Kunden würde so die Kundenbindung durch eine Form des Aftersales erhöht.

Anpassung und Erweiterung des Geschäftsmodells

Schließlich könnte das Geschäftsmodell des DCC Aachen mit der Zeit und fortschreitender Nutzung der Angebotsstruktur erweitert und angepasst werden. So könnte bspw. der Gedanke des *Razor-and-Blade*-Geschäftsmodells übernommen werden, in dem günstige Einstiegsangebote (z. B. Retrofitting von Maschinen) vertrieben werden und anschließend Services (z. B. Interpretation der Daten, Visualisierung der Daten) hinzugebucht werden müssen. Auch die *Make-more-of-it*-Strategie sollte erweitert werden. So könnten Themen wie Zertifikatskurse oder Qualitätssiegel zusätzlich angeboten werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass es weiterer (Forschungs-)Bemühungen bedarf, um die digitale Transformation in der Textilindustrie voranzutreiben. Kundenzentrierte Angebote, die Unternehmen gezielt dabei unterstützen, werden zunehmend benötigt. Ein erster wegweisender Beitrag zur Erreichung dieses Ziels ist mit dieser Arbeit geleistet.

11 Summary

With the help of digitization, production companies can manufacture goods more efficiently, stably, and sustainably. The potential of digitization extends so far that companies will lose their competitiveness if they do not complete the transformation. The German government has also recognized this and in its High-Tech Strategy, 2025 envisages an increase in productivity by exploiting the potential of digitization. Due to its characteristics, the textile industry is under particular pressure to act. Increasing shortages of skilled workers, competition from Asia and the associated cost pressure, non-transparent and long supply chains, specifications from business customers and rapidly changing product ranges threaten Germany as a production location for textiles.

The overall objective of this thesis is therefore to develop a new holistic approach to support digitization measures in the German textile industry. To this end, this work is divided into several sub-steps.

First, the necessary basics for describing digitization in organizations are explained. Based on the digitization model of the Institute of Textile Technology (ITA) at RWTH Aachen University, the central deficits of the textile industry in the area of digitization are highlighted. The central result of *chapter 2* is the definition of 15 descriptive building blocks or fields of action for digitization. These will be used as structuring elements in the further course of the work.

The next step is to develop requirements for service offerings for digital transformation. 30 models are evaluated concerning the degree to which the requirements are met. The core results of *chapter 3* are the central deficits of the process models and the resulting requirements for a new process that is developed in this work.

Chapter 4 uses a literature review and interviews with experts to examine the methodological obstacles to digital transformation in the manufacturing sector. The central result of the chapter is the identification of the most urgent fields of action for digitization (technology and digital competence).

The core result of *chapter 5* is the development of a fact sheet for the uniform description of services related to digitization. Information is provided in 7 categories: Goal and service description, schedule, necessary prerequisites for project implementation, necessary qualification and competence profiles, degree of activity, addressed fields of action, and finally an effort estimate. Offers of the ITA Academy GmbH are exemplarily transferred into the profile format.

For a clear presentation of all offerings, a new offering structure is developed in *chapter 6* based on the outline elements "profile" and "fields of action" of digitization. The structure of offerings that has been developed serves as the basis for configuring overall projects that are compiled from individual offerings.

Finally, *chapter 7* develops a procedure for creating customized offers. First, information from the customer is systematically collected. This information is then used to configure the offer. The procedure is divided into 5 steps. The first step is particularly relevant for the successful execution of the offer creation: the customer reasoning. In the personal discussion, the specific obstacles of the customer are to be seized and converted into concrete, measurable objectives. This ensures that the offers address the customer's problems.

The key findings of the respective chapters are shown in Figure 11.1. Overall, all the findings contribute to the development of a new offering structure and the elaboration of an action guideline for the systematic creation of customer-centric digitization offerings.

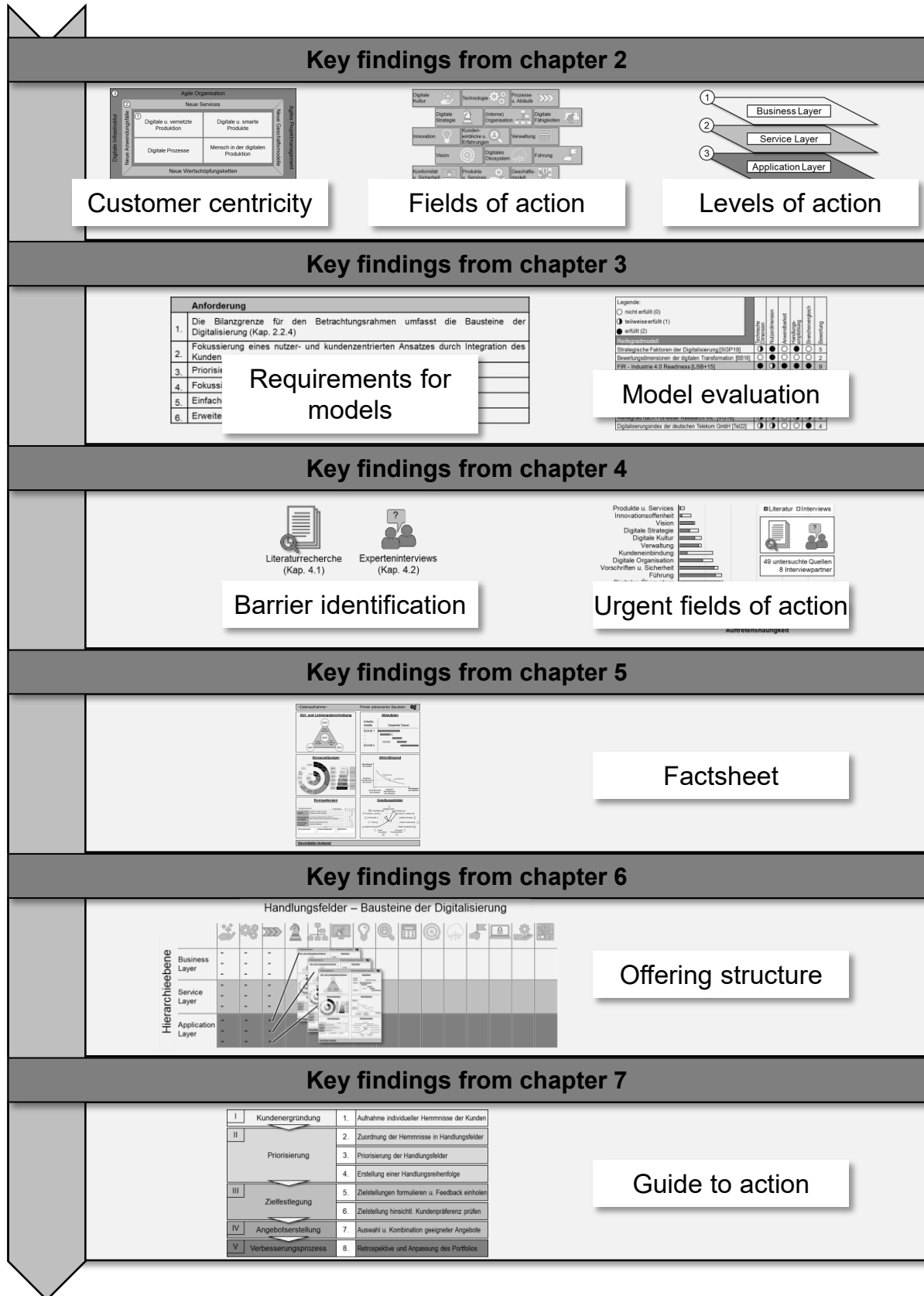


Figure 11.1: Key findings from chapter 2 – 7 in this thesis

Due to the uniqueness of the projects carried out, a comparability of the procedure with previous methods (*ceteris paribus*) is not possible. Instead, the project results and the applicability of the procedure are analyzed retrospectively in 3 use cases.

In the first use case, retrofitting is performed on a machine at the company's site. Based on the data analysis, suggestions for increasing machine availability are made and the economic effects are analyzed in the form of various scenarios. In the second use case, an action/innovation strategy is developed for a company. Internal development projects are assigned to action/innovation fields and a sequence of action is determined by prioritizing the projects. Finally, in the third use case, a technology radar for accompanying production processes is established for an existing value chain of the company. An overview of the 3 use cases can be seen in Figure 11.2.

The projects described above were configured, implemented, and completed using the methodology developed. The procedure can be further evaluated and improved in the future through additional projects that draw on the developed service structure. The developed approach thus forms a good basis for further research in the area of Industry 4U. Concrete next steps for the expansion and application of the approach are defined in chapter 10.

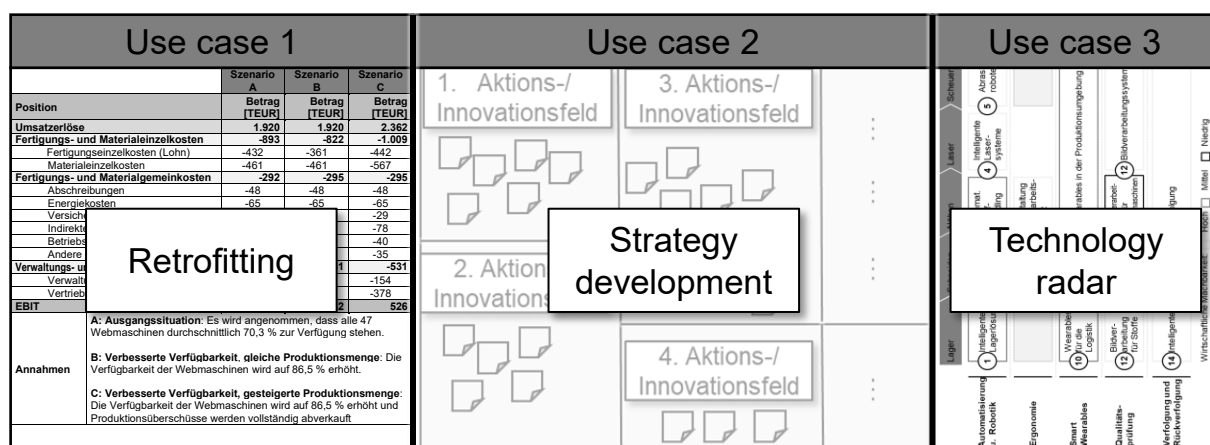


Figure 11.2: Use case overview

12 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

12.1 Abbildungen

Abbildung 1.1:	Herausforderungen bei der Digitalisierung der Textilbranche	2
Abbildung 1.2:	Aufbau der Dissertation in Anlehnung an den Forschungsprozess nach ULRICH [Ulr84]	4
Abbildung 2.1:	Übersicht über die textile Wertschöpfungskette, in Anlehnung an [SRA+21]	7
Abbildung 2.2:	Die Aachener Textilproduktionstheorie (ATP) nach BÜCHER, in Anlehnung an [Büc21]	8
Abbildung 2.3:	Die deutsche Textilindustrie ist geprägt von KMU [Ges19; Sta23; Sta23a]	9
Abbildung 2.4:	Die dt. Textilbranche ist in der Zuliefererpyramide hauptsächlich in Tier 2 und 3 aktiv, in Anlehnung an [Bec07]	10
Abbildung 2.5:	Die industriellen Revolutionen, in Anlehnung an [Obe17]	12
Abbildung 2.6:	Durchschnittliche Produktentwicklungszykluszeit, [BMW18; Neu22; Fle21]	13
Abbildung 2.7:	Die zehn stärksten Textilexporteure 2020, Datenquelle: [Wor22]	14
Abbildung 2.8:	Abgrenzung der Begriffe Digitization, Digitalisierung und digitale Transformation, in Anlehnung an [Pfe18]	16
Abbildung 2.9:	Bestandteile kunden- und nutzerzentrierter Digitalisierungsangebote in dieser Arbeit	18
Abbildung 2.10:	Hemmnisse und Hemmnis-Cluster dargestellt in einem Ishikawa-Diagramm, in Anlehnung an [Ish81]	20
Abbildung 2.11:	Der Zielzustand – in Abhängigkeit von der Motivation – kann durch unterschiedliche Lösungswege (1-5) erreicht werden	20
Abbildung 2.12:	Digitalisierungsleitbild des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University, in Anlehnung an [Gri16]	21
Abbildung 2.13:	„Magisches“ Dreieck des Projektmanagements, in Anlehnung an [Pin20]	23
Abbildung 2.14:	Effizienz und Effektivität, in Anlehnung an [Bec08]	24
Abbildung 2.15:	Das Kano-Modell, in Anlehnung an [Dal19]	25

Abbildung 2.16: Digitalisierungsindex des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Jahre 2020 und 2021 [BDG+21]	26
Abbildung 2.17: Bausteine der Digitalisierung	35
Abbildung 2.18: Von Industrie 4.0 hin zu einer nutzerzentrierten Wertschöpfung – Industrie 4U	36
Abbildung 2.19: Die 4 Elemente eines Geschäftsmodells nach dem Business Model Navigator, in Anlehnung an [GFC20]	38
Abbildung 2.20: Business Model Canvas nach OSTERWALDER, in Anlehnung an [OP10]	39
Abbildung 2.21: Ebenen des Enhanced Business Model Canvas, in Anlehnung an [Pfe18]	40
Abbildung 2.22: Die 3 Hauptelemente des Geschäftsmodells der ITA Academy GmbH	42
Abbildung 2.23: Betriebsmodell des DCC Aachen	43
Abbildung 2.24: Zentrale Ergebnisse des Kapitel 2	44
Abbildung 3.1: Stacey-Matrix zur Komplexität von Projekten in Abhängigkeit von Anforderung und Vorgehen [Bun22a]	45
Abbildung 3.2: Zentrale Defizite der vorgestellten Vorgehensmodelle	62
Abbildung 3.3: Bewertung des Leistungsportfolios der ITA Academy GmbH	63
Abbildung 3.4: Zentrale Ergebnisse des Kap. 3	64
Abbildung 4.1: Methodisches Vorgehen zur Erfassung und Strukturierung von Digitalisierungsbarrieren in einem Beschreibungsmodell	66
Abbildung 4.2: Vorgehen der systematischen Literaturrecherche, in Anlehnung an [XW19]	67
Abbildung 4.3: Ablauf der Literaturrecherche und Quellenauswertung	68
Abbildung 4.4: Angewendete Methoden der empirischen Forschung in dieser Arbeit, in Anlehnung an [Mis20]	70
Abbildung 4.5: Struktur des Interviewleitfadens	72
Abbildung 4.6: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster in der durchgeführten Literaturrecherche	74
Abbildung 4.7: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster in den durchgeführten Experteninterviews	75
Abbildung 4.8: Auftretenshäufigkeit der Hemmniscluster im Vergleich von Literaturrecherche und Experteninterviews	77
Abbildung 5.1: Übersicht der Inhalte in Kapitel 5	78

Abbildung 5.2:	Finanzierungsbausteine der DCC Aachen und fokussierte Themenfelder des Angebotsportfolios	79
Abbildung 5.3:	Einteilung der Angebote des DCC Aachen	80
Abbildung 5.4:	Auszug aus dem Modulbaukasten des DCC Aachen zum Aufbau von Workshops, in Anlehnung an [Küs18]	81
Abbildung 5.5:	Ausschnitt angebotener Workshop-Formate auf der Website des DCC Aachen [ITA22a]	82
Abbildung 5.6:	Ablauf einer Potenzialanalyse	83
Abbildung 5.7:	Themenspektrum der Beratungsprojekte gemäß der Website des DCC Aachen [ITA22b]	84
Abbildung 5.8:	Forschungsprojekt zur Senkung des Energieverbrauchs einer Thermofixieranlage am DCC Aachen	85
Abbildung 5.9:	Forschungsprojekt zur automatischen Fehlererkennung und -vermeidung	85
Abbildung 5.10:	Auszug aus dem techn. Angebotsportfolio des DCC Aachen	87
Abbildung 5.11:	Notwendige Komponenten der Leistungsbeschreibung, in Anlehnung an [GFC20]	89
Abbildung 5.12:	Chevron-Prozess zur Strukturierung und Gantt-Chart zur Feinplanung von Projektabläufen	90
Abbildung 5.13:	Ablauf agiles Projektmanagement mit der SCRUM-Methode	91
Abbildung 5.14:	Industrie 4.0-Readiness-Modell, in Anlehnung an [LSB+15]	93
Abbildung 5.15:	Kompetenzstufen für Fachkräfte im Kontext Industrie 4.0, in Anlehnung an [Küs18]	94
Abbildung 5.16:	Kompetenzübersicht, in Anlehnung an [Küs18]	95
Abbildung 5.17:	Isoleistungslinie – Zusammenhang zwischen Kunden- und Anbieteraktivitäten, in Anlehnung an [Cor85]	96
Abbildung 5.18:	Berücksichtigung von Handlungsfeldern durch ein Angebot	97
Abbildung 5.19:	Netzdiagramm zur Darstellung der berücksichtigten Bausteine der Digitalisierung	98
Abbildung 5.20:	Aufwandsabschätzung je nach Art und Umfang der Dienstleistung	99
Abbildung 5.21:	Aufbau des Angebotssteckbriefs	100
Abbildung 5.22:	Dringlichste Digitalisierungshandlungsfelder für KMU nach Auswertung der Literaturrecherche und Brancheninterviews	101

Abbildung 5.23: Ziel- und Leistungsbeschreibung für das Angebotsformat Datenaufnahme	102
Abbildung 5.24: Projektschritte des Angebotsformats Datenaufnahme	103
Abbildung 5.25: Arbeitsplan für das Angebotsformat Datenaufnahme	104
Abbildung 5.26: Es sind unternehmensseitig keine besonderen Voraussetzungen für das Angebot Datenaufnahme zu erfüllen	105
Abbildung 5.27: Aktivitätsgrad-Verteilung in der Projektform Datenaufnahme. 96 % der Aufwände liegen beim Leistungserbringer.	107
Abbildung 5.28: Beispielhafte Kompetenzkarte eines DCC Aachen-Mitarbeiters zur Durchführung des Angebotsformats Datenaufnahme	108
Abbildung 5.29: Direkt und indirekt durch das Angebotsformat Datenaufnahme adressierte Handlungsfelder	109
Abbildung 5.30: Aufwandsabschätzung für das Angebot Datenaufnahme. Die Aufwände müssen immer individuell betrachtet werden.	110
Abbildung 5.31: Steckbrief zum Angebotsformat Datenaufnahme	112
Abbildung 5.32: Steckbrief zum Angebotsformat Workshop digitale Transformation	116
Abbildung 5.33: Steckbrief zum Angebotsformat Business Model as a Service	117
Abbildung 5.34: Zentrale Ergebnisse des Kapitel 5	118
Abbildung 6.1: Übersicht der Inhalte des Kap. 6 – Entwicklung einer Angebotsstruktur	119
Abbildung 6.2: Bewertung des Leistungsportfolios der ITA Academy GmbH im DCC Aachen hinsichtlich der hergeleiteten Anforderungen	120
Abbildung 6.3: Die Angebotsstruktur besteht aus einer Kombination aus hierarchischer Ebene und Handlungsfeld	121
Abbildung 6.4: Vorgeschlagene Angebotsstruktur für das DCC Aachen	122
Abbildung 6.5: Zusammenhang zwischen Komplexitätsgrad und Standardisierung in Anlehnung an [Rib23]	123
Abbildung 6.6: Zentrale Ergebnisse des Kap. 6	127
Abbildung 7.1: Ablauf der Angebotserstellung	129
Abbildung 7.2: Erfassung des Soll-Zustands während der Kundenergründung	130
Abbildung 7.3: Beschreibung des Status quo und Vergleich mit dem Zielzustand während der Kundenergründung	131
Abbildung 7.4: Ableitung von Kundenbedürfnissen während der Kundenergründung	131

Abbildung 7.5:	Zusammengefasstes Vorgehen zur systematischen Kundenergründung	132
Abbildung 7.6:	Präferenzmatrix der Bausteine der Digitalisierung für die Gewichtung der Handlungsfelder	133
Abbildung 7.7:	Paarweiser Vergleich zur Priorisierung von Hemmnissen am Beispiel des Handlungsfeldes Technologie	134
Abbildung 7.8:	Priorisierung von Hemmnissen und Handlungsfeldern	134
Abbildung 7.9:	Ablauf der Priorisierung und Angebotserstellung unter Berücksichtigung der Zielvorgaben des Kunden	136
Abbildung 7.10:	Auswahl kundenindividueller Angebote unter Berücksichtigung von Handlungsfeld und Kundenziel	137
Abbildung 7.11:	Ablauf der Retrospektive – 5 Schritte	138
Abbildung 7.12:	Vorbereitende Schritte (2 und 3) der Retrospektive zur kontinuierlichen Verbesserung der Angebote	139
Abbildung 7.13:	Kategorien und Regeln für die Ableitung von Maßnahmen im Rahmen der Retrospektive, in Anlehnung an [ABB22]	140
Abbildung 7.14:	Leitfaden zur Konfiguration kundenspezifischer Angebote	141
Abbildung 7.15:	Zentrale Ergebnisse der Kapitel 2 – 7	147
Abbildung 8.1:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Kundenergründung	150
Abbildung 8.2:	Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern	150
Abbildung 8.3:	Priorisierung und Erstellung einer Handlungsreihenfolge	151
Abbildung 8.4:	Formulierte Zielstellung und Abgleich mit der Kundenpräferenz	152
Abbildung 8.5:	Auswahl und Konfiguration eines geeigneten Angebots	153
Abbildung 8.6:	Betrachtete Bandwebmaschine	155
Abbildung 8.7:	OEE-Berechnung und Zusammenhang der Verlustarten, in Anlehnung an [Nak88]	158
Abbildung 8.8:	Störgrößen an der Webmaschine und Erfassungsart [Jur20]	158
Abbildung 8.9:	Implementierter Schwingungssensor (oben) und Schussfadenwächter (unten)	159
Abbildung 8.10:	Webmaschine mit installierter Hardware (oben), IoT-Gateway, IO-Link-Master und Signalwandler (unten)	160
Abbildung 8.11:	Verfügbarkeit der betrachteten Webmaschine	161

Abbildung 8.12: Produktionszeiten im aufgenommenen Zeitraum	162
Abbildung 8.13: Anteil der Verlustursachen an der geplanten Produktionszeit	163
Abbildung 8.14: Pareto-Diagramm: Anteil der Verlustursachen an den Gesamtverfügbarkeitsverlusten	164
Abbildung 8.15: Ursache-Wirkungsdiagramm für die Verlustursache <i>verspäteter Produktionsbeginn</i>	166
Abbildung 8.16: EBIT in Abhängigkeit von der Maschinenverfügbarkeit für die Szenarien B und C	178
Abbildung 8.17: Ergebnisse der Kundenergründung in Anwendungsfall 2	180
Abbildung 8.18: Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern	181
Abbildung 8.19: Auswertung der Priorisierung der Handlungsfelder	181
Abbildung 8.20: Formulerte und geprüfte Zielstellung des Projekts	182
Abbildung 8.21: Angebotskonfiguration für Anwendungsfall 2	183
Abbildung 8.22: Ablauf der Marktanalyse	184
Abbildung 8.23: Formulierung von Anforderungen aus Sicht der Trendfelder	185
Abbildung 8.24: Gruppieren der Anforderungen in Aktions-/Innovationsfelder	186
Abbildung 8.25: Einschätzung von Relevanz und Anforderung der identifizierten Aktionsfelder	186
Abbildung 8.26: Priorisierung der Projektvorschläge und Ableitung einer Umsetzungsreihenfolge	187
Abbildung 8.27: Ergebnis der Kundenergründung	189
Abbildung 8.28: Zuordnung der Hemmnisse zu Handlungsfeldern	189
Abbildung 8.29: Auswertung der Präferenzmatrix und Priorisierung der Handlungsfelder	190
Abbildung 8.30: Projektziel und Kundenpräferenz	190
Abbildung 8.31: Auswahl des Formats Technologieradar	191
Abbildung 8.32: Erstellter Technologieradar für die Prozesskette des Kunden	192
Abbildung 9.1: Zentrale Ergebnisse der Kapitel 2 – 7 in dieser Arbeit	197
Abbildung 9.2: Übersicht der Anwendungsfälle	198
Abbildung 10.1: Entwicklungsperspektiven der Arbeit	199

12.2 Tabellen

Tabelle 2.1:	10 strategische Faktoren der Digitalisierung nach SALVIOTTI ET AL. [SGP19]	27
Tabelle 2.2:	Bewertungsdimensionen der digitalen Transformation nach BERGHAUS ET AL. [BB16]	28
Tabelle 2.3:	Dimensionen der Industrie 4.0 Readiness [LSB+15]	29
Tabelle 2.4:	Gestaltungsfelder der Digitalisierung des ACATECH E. V. [SAD+20]	29
Tabelle 2.5:	Erweitertes acatech e. V. Modell nach COLLI ET AL. [CMB+18]	30
Tabelle 2.6:	Bewertete Kategorien im Digitalisierungsindex des BMWK [BE22]	30
Tabelle 2.7:	Digitale Reifegradcluster nach REMANE ET AL. [RHW+17]	31
Tabelle 2.8:	Reifegradmodell des Verbundvorhabens "IKT-Wandel" [ABC+16]	31
Tabelle 2.9:	Reifegradmodell des Marktforschungsunternehmens Forrester Research Inc., Cambridge, MA, USA [VG16]	32
Tabelle 2.10:	Bewertungskriterien des Digitalisierungsindex der Telekom Deutschland GmbH [Tel22]	33
Tabelle 2.11:	Bewertung der Reifegradmodelle hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen	34
Tabelle 3.1:	Anforderungen, Nutzen und Ziele unterstützender Angebote für die digitale Transformation	48
Tabelle 3.2:	Evaluation der identifizierten Angebote	61
Tabelle 4.1:	Kriterien zu Eignungsprüfung der identifizierten Literatur	68
Tabelle 4.2:	Vor- und Nachteile teilstrukturierter Interviews	71
Tabelle 4.3:	Übersicht der interviewten Unternehmen und Interviewpartner [Hon23]	72
Tabelle 4.4:	Ausgewählte empirisch identifizierte Hemmnisse digitaler Transformation im produzierenden Gewerbe	73
Tabelle 4.5:	Auswahl genannter Hemmnisse in den Experteninterviews	75
Tabelle 4.6:	Sitzungsergebnisse des Projektausschusses „Vertex 4.0“	76
Tabelle 5.1:	Auszug aus Kompetenzanforderungen und -feldern im Kontext von Industrie 4.0, in Anlehnung an [NAH+22]	94
Tabelle 5.2:	Erwarteter Zeitaufwand und Verantwortlichkeiten im Projektformat Datenaufnahme	106

Tabelle 6.1:	Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 1/3	124
Tabelle 6.2:	Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 2/3	125
Tabelle 6.3:	Auszug aus der ausformulierten, entwickelten Angebotsstruktur der ITA Academy und des DCC Aachen 3/3	126
Tabelle 7.1:	Anforderungen an unterstützende Vorgehensmodelle	142
Tabelle 7.2:	Bewertung des entwickelten Vorgehens hinsichtlich der erstellten Anforderungen	145
Tabelle 8.1:	Die sechs größten Verlustarten in der Produktion nach NAKAJIMA [NAK88]	157
Tabelle 8.2:	Mögliche Verbesserungsmaßnahmen für die Ursache <i>verspäteter Produktionsbeginn</i>	166
Tabelle 8.3:	Auswirkungen der Maßnahmenpakete auf die Verfügbarkeit der betrachteten Webmaschine	167
Tabelle 8.4:	Maßnahmenpakete und erwartete Auswirkungen	168
Tabelle 8.5:	Szenarien und Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung	169
Tabelle 8.6:	Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario A, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]	172
Tabelle 8.7:	Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario B, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]	174
Tabelle 8.8:	Berechnung des jährlichen EBIT für Szenario C, alle Beträge in Tausend Euro [TEUR]	177
Tabelle 8.9:	Szenarioanalyse für die unterschiedliche Maschinenverfügbarkeiten	178
Tabelle 15.1:	Bausteine der Digitalisierung und Ausprägung der einzelnen Faktoren nach TEICHERT [Tei19] 1/2	251
Tabelle 15.2:	Bausteine der Digitalisierung und Ausprägung der einzelnen Faktoren nach TEICHERT [Tei19] 2/2	252
Tabelle 15.3:	Übersicht verwendeter Suchstrings in der systematischen Literaturrecherche je Datenbank	253
Tabelle 15.4:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 1/6	254
Tabelle 15.5:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 2/6	255
Tabelle 15.6:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 3/6	256

Tabelle 15.7:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 4/6	257
Tabelle 15.8:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 5/6	258
Tabelle 15.9:	Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 6/6	259
Tabelle 15.10:	Orientierungsleitfaden der semi-strukturierten Interviews 1/2	260
Tabelle 15.11:	Orientierungsleitfaden der semi-strukturierten Interviews 2/2	261
Tabelle 15.12:	Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 1/3	262
Tabelle 15.13:	Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 2/3	263
Tabelle 15.14:	Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 3/3	264

13 Literaturverzeichnis

- [ABB+20] Amed, I.; Berg, A.; Balchandani, A.; Hedrich, S.; Rölkens, F.; Young, R.; Poojara, S.:
The State of Fashion 2020
London, New York, Shanghai, McKinsey & Company:
2020,
URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/retail/our%20insights/the%20state%20of%20fashion%202020%20navigating%20uncertainty/the-state-of-fashion-2020-final.pdf>, Zugriff am 18.04.2022
- [ABB+21] Amed, I.; Berg, A.; Balchandani, A.; Hedrich, S.; Jensen, J. E.; Straub, M.; Fölkens, F.; Young, R.; Brown, P.; Le Merle, L.; Crump, H.; Dargan, A.:
The State of Fashion 2022, McKinsey & Company:
01.12.2021,
URL: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-fashion>, Zugriff am 13.12.2021
- [ABB22] Aerssen, B. van; Buchholz, C.; Burkhardt, N. (Hrsg.):
Das große Handbuch Digitale Transformation
München: Vahlen, 2022

- [ABC+16] Arreola González, A.; Becker, K.; Cheng, C.-H.; Dörich, V.; Duchon, M.; Fehling, M.; Grolman, H. von; Hallnesleben, S.; Hopf, S.; Ivandic, N.; Klein, C.; Läßle, E.; Linder, J.; Neuburger, R.; Prehofer, C.; Schätz, B.; Scholdan, R.; Schorp, K.; Sedlmeir, J.; Vittorias, I.; Walckhoff, S.; Wenger, M.; Zoitl, A.:
Digitale Transformation: Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern: der Reifegrad von Automobilindustrie, Maschinenbau und Logistik im internationalen Vergleich: Abschlussbericht des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Verbundvorhabens „IKT-Wandel“ München: fortiss GmbH, 2016,
URL: https://www.fortiss.org/fileadmin/user_upload/06_Ergebnisse/Informationsmaterialien/fortiss_studie_digitale_transformation_komplett_DE.pdf
- [aca16] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.):
Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0
München, 2016,
URL: <https://www.acatech.de/publikation/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-4-0-erste-ergebnisse-und-schlussfolgerungen/download-pdf/?lang=de>
- [AGK+19] Antczak, A.; Greta, M.; Kopeć, A.; Otto, J.:
Characteristics of the Textile Industry of Two Asian Powers: China and India. Prospects for their Further Development on Global Markets
Fibres and Textiles in Eastern Europe 27 (2019), 5(137), S. 10–19
- [And15] Andler, N.:
Tools für Projektmanagement, Workshops und Consulting, 6. Aufl., Erlangen: Publicis, 2015

- [APW+15] Anderl, R.; Picard, A.; Wang, Y.; Fleischer, J.; Dosch, S.; Klee, B.; Bauer, J.:
Leitfaden Industrie 4.0: Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand
Frankfurt a.M.: 2015,
URL: https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=fd2640c9-5f0c-e3ca-7a5c-c77623967c9a&groupId=34570
- [BB16] Berghaus, S.; Back, A.:
Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study:
Mediterranean Conference on Information Systems 2016, Zypern, 04.-06.09.2016, 2016
- [BBE+18] Buchholz, C.; Burkhardt, N.; Ernst, A.; Rings, J.; Rings, S.; Schobloch, A.; Spicker, M.; Wigge, K.; Wirth, D.; Ziegler, D. M.:
Das große Handbuch Innovation: 555 Methoden und Instrumente für mehr Kreativität und Innovation im Unternehmen
München: Verlag Franz Vahlen, 2018
- [BDG+21] Büchel, J.; Demary, V.; Goecke, H.; Rusche, C.; Burstedde, A.; Engels, B.; Kohlisch, E.; Koppel, O.; Mertens, A.; Wendt, J.; Ewald, J.; Hünнемeyer, V.; Kempermann, H.; Lichtblau, K.; Schmitz, E.; Bertschek, I.; Niebel, T.; Rammer, C.; Schuck, B.:
Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Digitalisierungsindex
Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2021,
URL: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-Langfassung-digitalisierungsindex-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=5

- [BE22] Büchel, J.; Engels, B.:
Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland
Berlin, 2022
- [Bec07] Becker, H.:
Auf Crashkurs.
2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg,
2007
- [Bec08] Becker, T.:
Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren
2., neu bearb. und erw. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer,
2008,
URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-77556-0>
- [Ber20] Berg, A.:
Industrie 4.0 – So digital sind Deutschlands Fabriken
Hannover, Bitkom e. V.: 19.05.2020,
URL: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/200519_bitkomprasentation_industrie40_2020_final.pdf, Zugriff am 04.11.2022
- [BF10] Bhardwaj, V.; Fairhurst, A.:
Fast fashion: response to changes in the fashion industry
The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research 20 (2010), H. 1, S. 165–173
- [Bha17] Bhageshpur, Kiran: The world's most valuable resource is no longer oil, but data, The Economist Newspaper Limited, 2017,
URL: <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data>,
Zugriff am 14.09.2021
- [Bjö20] Björkdahl, J.:
Strategies for Digitalization in Manufacturing Firms
California Management Review 62 (2020), H. 4, S. 17–36

- [BKP09] Becker, J.; Knackstedt, R.; Pöppelbuß, J.:
Developing Maturity Models for IT Management
Business & Information Systems Engineering 1 (2009), H. 3, S. 213–222
- [BMW18] BMW AG: Die 7 Generationen des BMW 3er, 2018,
URL: <https://www.bmw.com/de/automotive-life/bmw-3er-generationen.html>, Zugriff am 06.09.2022
- [BN21] Bozem, K.; Nagl, A.:
Digitale Geschäftsmodelle erfolgreich realisieren, 2. Aufl.
Wiesbaden: Springer Gabler, 2021
- [BOA+18] Braun, A.; Ohlhausen, P.; Alt, C.; Bahlinger, D.; Chaves, D. C.; Egeler, M.; Gramespacher, S.; Matzka, J.; Steinbeck, J.; Weber, C.:
Der Weg zur Industrie 4.0-Roadmap
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018), H. 4, S. 254–257
- [Brü08] Brüsemeister, T.:
Qualitative Forschung
Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008
- [BS14] Bildstein, A.; Seidelmann, J.:
Industrie 4.0-Readiness: Migration zur Industrie 4.0-Fertigung
In Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit:
Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. -
Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, S. 581–597
- [Büc21] Bücher, D.:
Methodik für die kostenoptimale Analyse textiler Produktionssysteme
Aachen: Shaker, 2021; Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2021

- [Bun18] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF),
Referat Grundsatzfragen der Innovationspolitik (Hrsg.):
Forschung und Innovation für die Menschen: die Hightech-
Strategie 2025
Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung
(BMBF), 2018,
URL: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/31431_Forschung_und_Innovation_fuer_die_Menschen.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- [Bun20] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi):
Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Digitalisie-
rungsindex 2020
Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
(BMWi), 2020,
URL: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-zusammenfassung-ergebnisse-digitalisierungsindex-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- [Bun22] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare
Sicherheit und Verbraucherschutz (Hrsg.):
Mode und Textilien
Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 2022,
URL: <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/konsum-und-produkte/produktbereiche/mode-und-textilien>
- [Bun22a] Bundesverwaltungsamt (BVA):
Die Stacey-Matrix
Köln: Bundesverwaltungsamt (BVA), 2022,
URL: <https://www.bva.bund.de/DE/Services/Behoerden/Beratung/Beratungszentrum/GrossPM/Wissen-spool/documents/Standardartikel/stda-stacey-matrix.html>

- [Bur04] Burnes, B.:
Kurt Lewin and the Planned Approach to Change: A Re-appraisal
Journal of Management Studies 41 (2004), H. 6, S. 977–1002
- [Bur23] Burstedde, A.:
Die IW-Arbeitsmarktfortschreibung: Wo stehen Beschäftigung und Fachkräftemangel in den 1.300 Berufsgattungen in fünf Jahren?
Methodenbericht, IW-Report, No. 8/2023, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln
- [BWS+21] Bakhtari, A. R.; Waris, M. M.; Sanin, C.; Szczerbicki, E.:
Evaluating Industry 4.0 Implementation Challenges Using Interpretive Structural Modeling and Fuzzy Analytic Hierarchy Process
Cybernetics and Systems 52 (2021), H. 5, S. 350–378
- [CFI23] CFI Education Inc.:
SMART Goals
Vancouver: Corporate Finance Institute Education Inc., 2023
URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/management/smart-goal/>, Zugriff am 09.05.2023
- [CMB+18] Colli, M.; Madsen, O.; Berger, U.; Møller, C.; Wæhrens, B. V.; Bockholt, M.:
Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0
IFAC-PapersOnLine 51 (2018), H. 11, S. 1347–1352

- [Cor00] Corsten, H.:
Der Integrationsgrad des externen Faktors als Gestaltungsparameter in Dienstleistungsunternehmen — Voraussetzungen und Möglichkeiten der Externalisierung und Internalisierung
In: Bruhn, M.; Stauss, B.:
Dienstleistungsqualität. - Wiesbaden: Gabler Verlag, 2000, S. 145–168
- [Cor85] Corsten, H.:
Die Produktion von Dienstleistungen
Berlin: Erich Schmidt, 1985
- [Dal19] Dalton, J.:
Kano Model
In: Dalton, J.:
Great Big Agile. - Berkeley, CA: Apress, 2019, S. 189–190
- [Dic15] Dicken, P.:
Global Shift - Mapping the changing contours of the world economy. 7. Aufl., New York, NY: Guilford Press, 2015
- [DIN20] DIN SPEC 91404:
Leitfaden zur Standardisierung von Instandhaltungsprozessen
Berlin: Beuth, 2020
- [DKF+18] Dombrowski, U.; Krenkel, P.; Falkner, A.; Placzek, F.; Hoffmann, T.:
Prozessorientierte Potenzialanalyse von Industrie 4.0-Technologien
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018), H. 3, S. 107–111
- [DL18] Derby, E.; Larsen, D.:
Agile Retrospektiven
München: Vahlen, 2018

- [DR18] Dombrowski, U.; Richter, T.:
The Lean Production System 4.0 Framework – enhancing
Lean methods by Industrie 4.0
In: Moon, I.; Lee, G. M.; Park, J.; Kiritsis, D.; Cieminski, G.
von:
Advances in Production Management Systems. Smart
Manufacturing for Industry 4.0. 536. - Cham: Springer In-
ternational Publishing, 2018, S. 2–9
- [EHH+07] Eberle, H.; Hermeling, H.; Hornberger, Marianne, Kilgus,
Roland; Kupke, R.; Menzer, D.; Moll, A.; Ring, W.:
Fachwissen Bekleidung.
9. Aufl., Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney
Vollmer, 2007
- [ESS09] Ernst, C.; Schenk, G.; Schuster, P.:
Kostenrechnung.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2009
- [ESS16] Erol, S.; Schumacher, A.; Sihn, W.:
Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – ein dreistufiges Vorge-
hensmodell
In Biedermann, H.:
Industrial Engineering und Management. - Wiesbaden:
Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016, S. 247–266
- [Fle21] Flemming, C.:
iPhone-Reihenfolge: Alle Modelle von Apple in der Über-
sicht, 2021,
URL: [https://www.vodafone.de/featured/smartphones-tab-
lets/iphone-reihenfolge-alle-apple-smartphones-chronolo-
gisch-sortiert/#/](https://www.vodafone.de/featured/smartphones-tablets/iphone-reihenfolge-alle-apple-smartphones-chronologisch-sortiert/#/), Zugriff am 06.09.2022

- [FMP+21] Fromhold-Eisebith, M.; Marschall, P.; Peters, R.; Thomes, P.:
Torn between digitized future and context dependent past – How implementing ‘Industry 4.0’ production technologies could transform the German textile industry
Technological Forecasting and Social Change 166 (2021), 120620
- [FN20] Flaspöler, E.; Neitzner, I.:
Branchenbild Textil und Mode
Sankt Augustin: 2020,
URL: https://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/arbeiten_4_0/textil_mode_langfassung.pdf
- [FS18] Focke, M.; Steinbeck, J.:
Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management
Wiesbaden: Springer Gabler, 2018
- [Ges19] Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V. (Hrsg.):
Mit jeder Faser intelligent: die Zukunft ist textil; die Deutsche Textil- und Modeindustrie stellt sich vor
Berlin: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie, 2019,
URL: https://textil-mode.de/de/documents/965/2018_Imagebro-sch%C3%BCre_dt_web.pdf
- [Ges22] Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V.:
Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Textil vernetzt, 2022,
URL: <https://www.kompetenzzentrum-textil-vernetzt.digital/aktuelles.html>, Zugriff am 21.02.2023
- [GFC20] Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M.:
Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. 3. Aufl.
München: Hanser, 2020

- [Gre16] Greitemann, J.:
Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien
München: Techn. Hochsch., Diss., 2016,
URL: <https://d-nb.info/1120013747/34>
- [Gri16] Gries, T.:
Digitalisierungsleitbild des Institut für Textiltechnik (ITA)
der RWTH Aachen University
Unveröffentlichte Präsentation. Aachen: Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, 2016
- [GS19] Gassmann, O.; Sutter, P. (Hrsg.):
Digitale Transformation gestalten.
2. Aufl., München: Hanser, 2019,
URL: <https://www.hanser-elibrary.com/action/show-Book?doi=10.3139%2F9783446459632>
- [GVW19] Gries, T.; Veit, D.; Wulfhorst, B.:
Textile Fertigungsverfahren.
3. Aufl., München: Hanser, 2019
- [Han02] Hansen, R.:
Overall equipment effectiveness
New York, NY, USA: Industrial Press Inc., 2002
- [Han18] Hanschke, I.:
Digitalisierung und Industrie 4.0 - einfach und effektiv; Systematisch und lean die digitale Transformation meistern
München: Hanser, 2018,
URL: <http://www.hanser-fachbuch.de/9783446452930>
- [HBR19] Hoellthaler, G.; Braunreuther, S.; Reinhart, G.:
Requirements for a methodology for the assessment and selection of technologies of digitalization for lean production systems
Procedia CIRP 79 (2019), S. 198–203

- [Hei18] Heinemann, T.:
Digitalisation in the textile, apparel and footwear industry – a threat to industrialising and developing market economies?
Frankfurt a.M., KfW Group: 2018,
URL: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzern-themen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-englische-Dateien/Fokus-2018-EN/Fokus-Nr.-214-July-2018-Digitalisation-Textile-Industry_EN.pdf
- [HLM+17] Hübner, M.; Liebrecht, C.; Malessa, N.; Kuhnle, A.; Nyhuis, P.; Lanza, G.:
Vorgehensmodell zur Einführung von Industrie 4.0.: Vorstellung eines Vorgehensmodells zur bedarfsgerechten Einführung von Industrie 4.0-Methoden
wt Werkstattstechnik online 107 (2017), H. 4, S. 266–272
- [HM22] Hubik, F.; Menzel, S.:
So beschleunigen die Autohersteller die Entwicklung neuer Modelle, Düsseldorf: Handelsblatt, 2022
URL: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/volkswagen-mercedes-und-co-so-beschleunigen-die-autohersteller-die-entwicklung-neuer-modelle/28268396.html>, Zugriff am 13.07.2022
- [Hol18] Holland, H.:
Customer Experience Management.
In: Gabler Wirtschaftslexikon,
Wiesbaden: Springer Gabler, 2018,
URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/customer-experience-management-54478/version-277507>, Zugriff am 10.11.2022

- [IHS18] Isaksson, A. J.; Harjunkoski, I.; Sand, G.:
The impact of digitalization on the future of control and operations
Computers & Chemical Engineering 114 (2018), S. 122–129
- [Ish81] Ishikawa, K. (Hrsg.):
Guide to quality control
Tokyo, 1981
- [ITA22a] ITA Academy GmbH:
Beratung,
Aachen: ITA Academy GmbH, 2022,
URL: <https://dcc-aachen.de/de/beratung-digitale-transformation/>, Zugriff am 29.12.2022
- [ITA22b] ITA Academy GmbH:
Potenzialanalyse,
Aachen: ITA Academy GmbH, 2022,
URL: <https://dcc-aachen.de/de/potenzialanalyse-2/>
- [JEE+21] Jaspert, D.; Ebel, M.; Eckhardt, A.; Poeppelbuss, J.:
Smart retrofitting in manufacturing: A systematic review
Journal of Cleaner Production 312 (2021), 127555
- [Joo14] Joos-Sachse, T.:
Controlling, Kostenrechnung und Kostenmanagement.
5 Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2014
- [JP01] Jeong, K.-Y.; Phillips, D. T.:
Operational efficiency and effectiveness measurement
International Journal of Operations & Production Management 21 (2001), H. 11, S. 1404–1416
- [JQ20] Jiang, J.; Qu, L.:
Changes in Global Trade Patterns in Manufacturing, 2001-2018
American Journal of Industrial and Business Management Band:10 (2020), H. 05, S. 876–899

- [JS16] Jodlbauer, H.; Schagerl, M.:
Reifegradmodell Industrie 4.0 - Ein Vorgehensmodell zur
Identifikation von Industrie 4.0 Potentialen
In: Mayr, H. C.; Pinzger, M.:
Informatik 2016. - Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2016,
S. 1473–1487
- [Jun23] Jung, R.: Gehaltsrechner für Arbeitgeber 2023
Ludwigsburg, 2023,
URL: <https://www.brutto-netto-rechner.info/gehalt/gehalts-rechner-arbeitgeber.php>, Zugriff am 22.03.2023
- [JSW13] Jung, B.; Schweißner, S.; Wappis, J.:
8D
In: Kamiske, G.:
Handbuch QM-Methoden: Die richtige Methode auswählen
und erfolgreich umsetzen, 2. Aufl., München: Hanser, 2013
- [Kar02] Karafyllis, N. C.:
Effizienz und Effektivität
In: Karafyllis, N. C.; Schmidt, J. C.:
Zugänge zur Rationalität der Zukunft. - Stuttgart: J.B.
Metzler, 2002, S. 169–201
- [Kau15] Kaufmann, T.:
Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der
Dinge
Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015
- [KBG+17] Kemper, M.; Bücher, D.; Gloy, Y.-S.; Gries, T.:
Individual customizable in-store textile production
IOP Conference Series: Materials Science and Engineer-
ing 254 (2017), H. 8, S. 82015
- [Ken17] Kennedy, R. K.:
Understanding, Measuring, and Improving Overall Equip-
ment Effectiveness
Boca Raton, FL: CRC Press, 2017

- [Kew23] Kewes, T.:
Porsche Consulting steigert Umsatz um 28 Prozent
Düsseldorf: Handelsblatt, 2023, URL: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/dienstleister/unternehmensberatung-porsche-consulting-steigert-umsatz-um-28-prozent/29134114.html>, Zugriff am: 19.07.2023
- [KG14] Kumar, R.; Gupta, M. D.:
Manufacturing processes
Delhi: PHI Learning, 2014
- [KHP21] Korneeva, E.; Hönigsberg, S.; Piller, F. T.:
Mass Customization Capabilities in Practice – Introducing the Mass into Customized Tech-Textiles in an SME Network
International Journal of Industrial Engineering and Management 12 (2021), H. 2
- [KKS+20] Knackstedt, R.; Kutzner, K.; Sitter, M.; Truschkat, I. (Hrsg.):
Grenzüberschreitungen im Kompetenzmanagement.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2020,
URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-59543-5>
- [KLW11] Kagermann, H.; Lukas, W.-D.; Wahlster, W.:
Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution
VDI Nachrichten (2011), H. 13, S. 2
- [Kot95] Kotter, J. P.:
Leading Change: Why Transformation Efforts Fail
Harvard Business Review 73 (1995), H. 2, S. 59–67
- [KRS19] Krotova, A.; Rusche, C.; Spiekermann, M.:
Die ökonomische Bewertung von Daten: Verfahren, Beispiele und Anwendungen (2019)

- [Küs18] Küsters, D.:
Methodik zum Aufbau und Betrieb einer Lernfabrik für die digitale Transformation der Produktion
Aachen: Shaker, 2018; Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2018
- [LE06] Levy, Y.; Ellis, T. J.:
A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research
Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline 9 (2006), S. 181–212
- [LEH+17] Legner, C.; Eymann, T.; Hess, T.; Matt, C.; Böhmman, T.; Drews, P.; Mädche, A.; Urbach, N.; Ahlemann, F.:
Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community
Business & Information Systems Engineering 59 (2017), H. 4, S. 301–308
- [LG15] Labitzke, O.; Gronemeier, T.:
Autozulieferer
Frankfurt a.M.: Commerzbank AG, 2015,
URL: https://www.commerzbank.de/media/presse/archiv_1/mitteilungen/2015_1/2015-07-28_PM_CoBa_Branchenbericht_Autozulieferer_2015.pdf, Zugriff am 13.09.2022
- [LNA+16] Lanza, G.; Nyhuis, P.; Ansari, S. M.; Kuprat, T.; Liebrecht, C.:
Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111 (2016), H. 1-2, S. 76–79
- [LSB+15] Lichtblau, K.; Stich, V.; Bertenrath, R.; Blum, M.; Bleider, M.; Millack, A.; Schmitt, K.; Schmitz, E.; Schröter, M.:
Industrie 4.0-Readiness
Aachen, Köln: IMPULS-Stiftung, 2015,
URL: <https://impuls-stiftung.de/studien>, Zugriff am 18.07.2022

- [Lut18] Lutz, V.:
Arbeitsablaufbasierte Verteilung automatisierter Teilarbeitsschritte am Beispiel von Näharbeitsschritten
Aachen: Shaker, 2018; Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2018
- [May22] Mayring, P.:
Qualitative Inhaltsanalyse.
13. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz, 2022
- [MF08] Maleri, R.; Frietzsche, U.:
Grundlagen der Dienstleistungsproduktion
5., vollst. überarb. Aufl.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2008,
- [MHB15] Matt, C.; Hess, T.; Benlian, A.:
Digital Transformation Strategies
Business & Information Systems Engineering 57 (2015), H. 5, S. 339–343
- [MHG+22] Müller, K.; Hartmann, P.; Gehrke, I.; Gries, T.:
Produktlebensdaten für eine textile Kreislaufwirtschaft
CITplus 25 (2022), H. 1-2, S. 30–32
- [MKB21] Müller, K.; Kreutzer, D.; Bitter-Krahe, J.:
Vertex 4.0: Erarbeitung eines Technologietransferkonzeptes zur Vernetzung textiler Prozessketten. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben IGF 20125N am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, am Institut für Unternehmenskybernetik e. V. an der RWTH Aachen und am Lehrstuhl für Informatik im Maschinenbau der RWTH Aachen
Aachen, 2021
- [MKP+20] Mittal, S.; Khan, M. A.; Purohit, J. K.; Menon, K.; Romero, D.; Wuest, T.:
A smart manufacturing adoption framework for SMEs
International Journal of Production Research 58 (2020), H. 5, S. 1555–1573

- [MUR+18] Matt, D.; Unterhofer, M.; Rauch, E.; Riedl, M.; Brozzi, R.:
Industrie 4.0 Assessment - Bewertungsmodell zur Identifikation und Priorisierung von Industrie 4.0 Umsetzungsmaßnahmen in KMUs
In: Matt, D.:
KMU 4.0 - digitale Transformation in kleinen und mittelständischen Unternehmen. - Berlin: GITO, 2018, 93-112
- [MWL+16] Morlock, F.; Wienbruch, T.; Leineweber, S.; Kreimeier, D.;
Kuhlenkötter, B.:
Industrie 4.0-Transformation für produzierende Unternehmen
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111
(2016), H. 5, S. 306–309
- [NAH+22] Nickolaus, R.; Augustinović, M.; Halim, K.; Behrendt, S.:
Anforderungen an Facharbeiter im Kontext von Industrie 4.0 – Eine Sichtung vorliegender Analysen und Prognosen und eine kritische Würdigung ihrer Orientierungsleistung
In: Hoogeveen, R.:
Interorganisationale kollaborative Gemeinschaftsforschung. - Berlin, Heidelberg: Springer, 2022, S. 135–153
- [Nak88] Nakajima, S.:
Introduction to TPM - Total productive maintenance
Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1988
- [Neu22] Neumann, H.:
Faire Mode statt „Fast Fashion“,
Hamburg: Norddeutscher Rundfunk, 2022
URL: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/faire-mode-fast-fashion-101.html>, Zugriff am 13.07.2022
- [NWD18] Nöhring, F.; Wöstmann, R.; Deuse, J.:
Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen
In: Wagner, R. M.:
Industrie 4.0 für die Praxis.
Wiesbaden: Springer, 2018, S. 67–87

- [Obe17] Obermaier, R. (Hrsg.):
Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe
Wiesbaden: Springer, 2017
- [Obe19] Obermaier, R.:
Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation
Wiesbaden: Springer, 2019
- [OM18] Oleff, A.; Malessa, N.:
Strategischer Ansatz zur Industrie 4.0-Transformation
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113
(2018), H. 3, S. 173–177
- [Onp22] Onpulson.de GBR:
BCG-Matrix
Kassel, Onpulson.de, 2022,
URL: <https://www.onpulson.de/lexikon/bcg-matrix/>, Zugriff
am 16.11.2022
- [OP10] Osterwalder, A.; Pigneur, Y.:
Business model generation
Hoboken, NJ: Wiley, 2010
- [PDE+17] Peter, M.; Dalla Vecchia, M.; Eichmüller, A.; Goeldi, S.;
Grivas, S.; Jungmeister, A.; Konrad, J.; Kradolfer, N.; Kraft,
C.; Pekruhl, U.; Schwaferts, D.; Sennrich, L.; Streitenber-
ger, M.; Tillessen, J.; Waefler, T.; Witschel, H. F.; Zachlod,
C.:
KMU Transformation: Als KMU die Digitale Transformation
erfolgreich umsetzen
Olten / Schweiz: Fachhochschule Nordwestschweiz, 2017,
URL: [http://kmu-transformation.ch/wp/wp-content/uplo-
ads/2017/11/FHNW-HSW-Digitale-Transformation-
KMU.pdf](http://kmu-transformation.ch/wp/wp-content/uploads/2017/11/FHNW-HSW-Digitale-Transformation-KMU.pdf)

- [PF18] Pedrini, C. N.; Frederico, G. F.:
Information Technology Maturity Evaluation in a Large Brazilian Cosmetics Industry
International Journal of Business Administration 9 (2018), H. 4, S. 15
- [Pfe18] Pfeiffer, A.:
Service-oriented Business Model-Framework
Aachen: Techn. Hochsch., Diss., 2018
URL: <http://publications.rwth-aachen.de/record/720291/files/720291.pdf>
- [PG20] Piller, F. T.; Gülpen, C.:
Wettbewerbsstrategie Mass Customization
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 115 (2020), H. 4, S. 210–215
- [Pil04] Piller, F. T.:
Mass Customization: Reflections on the State of the Concept
International Journal of Flexible Manufacturing Systems 16 (2004), H. 4, S. 313–334
- [Pin20] Pinto, J. K.:
Project management.
5. Aufl., Harlow, England: Pearson, 2020
- [PR11] Pöppelbuß, J.; Röglinger, M.:
What Makes a Useful Maturity Model? A Framework of General Design Principles for Maturity Models and its Demonstration in Business Process Management:
ECIS 2011 Proceedings, Helsinki, 09.-11.06.2011, 2011
- [PSM17] Pessl, E.; Sorko, S. R.; Mayer, B.:
Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises
International Journal of Science, Technology and Society 5 (2017), H. 6, S. 193–202

- [REF23] REFA AG:
Failure Mode and Effects Analysis - FMEA
REFA AG, URL: <https://refa.de/service/refa-lexikon/fmea>,
Zugriff am 20.07.2023
- [RH17] Rößler, M. P.; Haschemi, M.:
Smart Factory Assessment (SFA)
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb Band:112
(2017), H. 10, S. 699–703
- [RHW+17] Remane, G.; Hanelt, A.; Wiesböck, F.; Kolbe, L.:
Digital Maturity in Traditional Industries: An Exploratory
Analysis:
Proceedings 25th European Conference on Information
Systems, ECIS 2017, Information systems for a smart,
sustainable and inclusive world, Guimarães, Portugal,
05.06. - 10.06.2017, 2017
- [Rib23] Ribke, Marina: Standardisierung & Komplexitätsreduktion,
Ribke Consulting, 2023,
URL: [http://www.ribke-consulting.de/expertise-eam-enter-
prise-architecture-management/standardisierung-komple-
xitaetsreduktion/](http://www.ribke-consulting.de/expertise-eam-enterprise-architecture-management/standardisierung-komplexitaetsreduktion/), Zugriff am 06.02.2023
- [RM99] Reichwald, R.; Möslin, K.:
Organisation: Strukturen und Gestaltung
In: Hoyos, C.:
Arbeits- und Organisationspsychologie. 1. - Weinheim:
Beltz Psychologie Verl.-Union, 1999, S. 29–49
- [Rot16] Roth, A.:
Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0
Berlin, Heidelberg: Springer, 2016
- [RR05] Ron, A. J. de; Rooda, J. E.:
Equipment Effectiveness: OEE Revisited
IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing 18
(2005), H. 1, S. 190–196

- [SAD+20] Schuh, G.; Anderl, R.; Dumitrescu, R.; Krüger, A.; Hompel, M. ten:
Industrie 4.0 Maturity Index
München: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2020,
URL: <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf?lang=de>
- [Sch19] Schomäcker, S.:
Webereien in Deutschland - Geschichte und Zukunft eines Handwerks.
Stuttgart: SWR 2, 2019,
URL: <https://www.swr.de/swr2/wissen/av-o1143929-100.html>
- [SGK04] Seuring, S.; Goldbach, M.; Koplin, J.:
Managing time and complexity in supply chains: two cases from the textile industry
International Journal of Integrated Supply Management 1 (2004),
H. 2, S. 180
- [SGP19] Salviotti, G.; Gaur, A.; Pennarola, F.:
Strategic Factors Enabling Digital Maturity: An Extended Survey,
Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS), Neapel, Italien, 27.09. – 28.09.2019, 2019,
URL: <https://aisel.aisnet.org/mcis2019/15>
- [SHE18] Schnell, R.; Hill, P. B.; Esser, E.:
Methoden der empirischen Sozialforschung.
11 Aufl., Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2018,
URL: <http://www.blickinsbuch.de/item/650655bd5c7d06de54d85e500b16a14d>, Zugriff am 09.05.2023

- [SRA+21] Schallmo, D.; Rusnjak, A.; Anzengruber, J.; Werani, T.; Lang, K. (Hrsg.):
Digitale Transformation von Geschäftsmodellen.
2. Aufl., Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, 2021,
URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-12388-8>
- [SS15] Schuchmann, D.; Seufert, S.:
Corporate Learning in Times of Digital Transformation: A
Conceptual Framework and Service Portfolio for the Learning
Function in Banking Organisations
International Journal of Advanced Corporate Learning
(iJAC) 8 (2015), H. 1, S. 31
- [SSZ+19] Siedler, C.; Sadaune, S.; Zavareh, M. T.; Eigner, M.; Zink,
K. J.; Aurich, J. C.:
Categorizing and selecting digitization technologies for
their implementation within different product lifecycle
phases
Procedia CIRP 79 (2019), S. 274–279
- [Sta11] Stamatis, D. H.:
The OEE Primer.
New York: Productivity Press, 2011,
URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/EBK1439814062/oeo-primer-stamatis>
- [Sta18] Statista GmbH:
Beispielhafte Preiszusammensetzung eines T-Shirts im
Bekleidungseinzelhandel in Deutschland im Jahr 2016
Frankfurt a. M.: TextilWirtschaft 30 (2018), S. 40
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/290663/umfrage/preiszusammensetzung-eines-t-shirts-im-bekleidungseinzelhandel-in-deutschland/>, Zugriff am
13.07.2022

- [Sta18a] Statistisches Bundesamt (Hrsg.):
Erwerbstätige Alter nach Berufsgruppe: Erwerbstätige im
Durchschnitt 44 Jahre alt
Pressemitteilung Nr. 448 vom 19. November 2018
Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018,
URL: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/11/PD18_448_122.html
- [Sta22] Statistisches Bundesamt (Destatis):
Studierende: Deutschland, Semester, Nationalität, Geschlecht, Studienfach Textil- und Bekleidungstechnik/-gewerbe
Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022,
URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, Zugriff am 13.09.2022
- [Sta23] Statista GmbH:
Anzahl der Betriebe in der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie in den Jahren 2008 bis 2022
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1341325/umfrage/betriebe-in-der-herstellung-technischer-textilien-in-deutschland/>, Zugriff am 20.07.2023
- [Sta23a] Statista GmbH:
Anzahl der Betriebe in der Herstellung technischer Textilien in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2022
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1341325/umfrage/betriebe-in-der-herstellung-technischer-textilien-in-deutschland/>, Zugriff am 20.07.2023
- [Stö17] Stöger, R.:
Toolbox Digitalisierung
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2017

- [Stü22] Stüber, H.:
Berufsspezifische Lebensentgelte: Ein Studium garantiert nicht immer das höchste Lebensentgelt,
IAB-Kurzbericht, No. 18/2022, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg,
URL: <https://doi.org/10.48720/IAB.KB.2218>, Zugriff am 19.07.2023
- [Sys06] Syska, A. (Hrsg.):
Produktionsmanagement
Wiesbaden: Gabler, 2006
- [Sza19] Szalavetz, A.:
Digitalisation, automation and upgrading in global value chains – factory economy actors versus lead companies
Post-Communist Economies 31 (2019), H. 5, S. 646–670
- [TBP23] Trauth, D.; Bergs, T.; Prinz, W.:
The Monetization of Technical Data
Berlin, Heidelberg: Springer, 2023
- [Tei19] Teichert, R.:
Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature
Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 67 (2019), H. 6, S. 1673–1687
- [Tel22] Telekom Deutschland GmbH:
Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/2022
Bonn: Telekom D, 2022,
URL: <https://www.digital-x.eu/de/magazin/digitalisierungs-index>, Zugriff am 18.07.2022
- [TJ01] Tseng, M. M.; Jiao, J.:
Mass Customization
In: Salvendy, G.:
Handbook of industrial engineering. 3. Aufl. - New York: Wiley, 2001, S. 684–706

- [TPB17] Tschandl, M.; Peßl, E.; Baumann, S.:
Roadmap Industrie 4.0 – Strukturierte Umsetzung von
Smart Production and Services in Unternehmen
WINGbusiness 1 (2017), S. 20–23
- [TU15] TU Darmstadt (Hrsg.):
Generisches Vorgehensmodell zur Einführung von Indust-
rie 4.0 in mittelständischen Unternehmen der Serienferti-
gung
Darmstadt: Technische Universität Darmstadt, 2015
- [Ulr84] Ulrich, H. (Hrsg.):
Management Band:13
Bern, Stuttgart: Haupt, 1984
- [VBB13] Venkatesh, V.; Brown, S. A.; Bala, H.:
Bridging the Qualitative-Quantitative Divide: Guidelines for
Conducting Mixed Methods Research in Information Sys-
tems
MIS Quarterly 37 (2013), H. 1, S. 21–54
- [VDI12] VDI 2870 Blatt 1:
Ganzheitliche Produktionssysteme: Grundlagen, Einfüh-
rung und Bewertung
Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2012
- [VDI13] VDI 2870 Blatt 2:
Ganzheitliche Produktionssysteme: Methodenkatalog
Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2013
- [VDI18] VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.:
VDI-Statusreport April 2018
Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., 2018,
URL: [https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikatio-
nen/details/vdi-statusreport-digitaler-transformationspro-
zess-in-unternehmen](https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-statusreport-digitaler-transformationsprozess-in-unternehmen), Zugriff am 31.03.2021

- [VDI22] VDI/VDE 3714 Blatt 1:
Implementierung und Betrieb von Big-Data-Anwendungen
in der produzierenden Industrie Durchführung von Big-
Data-Projekten
Düsseldorf: Beuth, 2022
- [VG16] VanBoskirk, S.; Gill, M.:
The Digital Maturity Model 4.0
Cambridge, MA, USA: Forrester Research, Inc., 2016,
URL: <https://www.forrester.com/report/The-Digital-Maturity-Model-40/RES131801>
- [Voi18] Voigt, K.-I.:
Lean Production
In: Gabler Wirtschaftslexikon, 2018,
URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/lean-production-37983/version-261410>, Zugriff am 23.02.2023
- [Wag18] Wagner, R. M. (Hrsg.):
Industrie 4.0 für die Praxis
Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018
- [WD06] Wischnevsky, D.; Damanpour, F.:
Organizational Transformation and Performance: An Examination of Three Perspectives
Journal of Managerial Issues 18 (2006), H. 1, S. 104–128
- [Wei10] Weidenhausen, E. M.:
Globalisierungsprozesse in der Textilwirtschaft, insbesondere in der ökologisch ausgerichteten Branche.
Stuttgart: Univ., Diss., 2010
URL: <http://dx.doi.org/10.18419/opus-1877>

- [Wei22] Weidenbach, B.:
Anteil der Wirtschaftsbereiche an der Gesamtbeschäftigung in der Bundesrepublik Deutschland von 1950 bis 2020
Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2022,
URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/275637/umfrage/anteil-der-wirtschaftsbereiche-an-der-gesamtbeschaeftigung-in-deutschland/>, Zugriff am 18.04.2022
- [WG18] Wolff, D.; Göbel, R.:
Digitalisierung: Segen oder Fluch
Berlin, Heidelberg: Springer, 2018
- [Win17] Winkelhake, U.:
Die digitale Transformation der Automobilindustrie
Berlin, Heidelberg: Springer, 2017
- [Wor22] World Trade Organization:
WTO Data portal: International Trade statistics
Genf: World Trade Organization, 2022,
URL: <https://timeseries.wto.org/>, Zugriff am 04.10.2022
- [WTL17] Weber, M. A.; Terstegen, S.; Lennings, F.:
Checkliste Digitalisierung & Industrie 4.0 in der Praxis
Düsseldorf: ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V., 2017,
URL: www.arbeitswissenschaft.net/checkliste-digitalisierung
- [WW02] Webster, J.; Watson, R. T.:
Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review
MIS Quarterly 26 (2002), H. 2, S. 13–23
- [XJY+09] Xu, Q.; Jiao, R. J.; Yang, X.; Helander, M.; Khalid, H. M.; Opperud, A.:
An analytical Kano model for customer need analysis
Design Studies 30 (2009), H. 1, S. 87–110

- [XW19] Xiao, Y.; Watson, M.:
Guidance on Conducting a Systematic Literature Review
Journal of Planning Education and Research 39 (2019), H.
1, S. 93–112
- [YBL+12] Yoo, Y.; Boland, R. J.; Lyytinen, K.; Majchrzak, A.:
Organizing for Innovation in the Digitized World
Organization Science 23 (2012), H. 5, S. 1398–1408

Studentische Arbeiten

- [Aks21] Aksoy, M. A.:
Qualitätskontrolle in der Textilbranche: Analyse der Fehlerkosten
Masterarbeit am Institut für Technologie und Innovationsmanagement der RWTH Aachen University und am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen März 2021
- [Ayd20] Aydemir, M.:
Analyse der Einflussparameter in einer vernetzten textilen Produktionskette zur Verbesserung der Produktqualität
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Juni 2020
- [BK20] Bühler, R.; Koch, J.:
Konstruktion einer Vorspanneinheit zur Erhöhung der optischen Fehlererkennungsrate bei bedruckten Bandgeweben
Projektarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Oktober 2020
- [Col20] Cole, C. L.:
Flexible flow shop production planning via evolutionary cost minimization
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Oktober 2020
- [Fah19] Fahrendholz, J. L.:
Machine Vision: Objekterkennung charakteristischer Merkmale in Tailored Textiles mit Hilfe neuronaler Netze
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen September 2019
- [Boo22] Boosary, A. G.:
Entwicklung eines Dienstleistungsportfolios zur Unterstützung der digitalen Transformation in der Textilindustrie
Masterarbeit am Institut für Technologie und Innovationsmanagement der RWTH Aachen University und am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen 2022
- [Her20] Herrmann, T. K.:
Optimierung von Prozessparametern: interpretierbarer Deep-Learning-Ansatz am Beispiel eines digitalen Druckprozesses
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen September 2020

- [Hon23] Honervogt, A.:
Stand der Digitalisierung in der Textilbranche – eine qualitative Analyse zur Identifikation der größten Hemmnisse
Masterarbeit am Institut für Technologie und Innovationsmanagement der RWTH Aachen University und am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen März 2023
- [Iac21] Iacono, L.:
Digitalisierung in der Textilindustrie – Entwicklung einer Methoden-Sammlung zur Reduzierung der Komplexität bei Implementierungsprojekten von Industrie 4.0-Technologien
Bachelorarbeit am Institut für Technologie und Innovationsmanagement der RWTH Aachen University und am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen 2021
- [Jur20] Jurkiewicz, L.:
Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine Digital-Performance-Measurement-Lösung am Beispiel der Textilindustrie
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Oktober 2020
- [Kav22] Kavousian, B.:
Automatisierte Fehlererkennung und -lokalisierung anhand eines Farb- und Konturabgleichs mit Hilfe von Machine Learning
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen März 2022
- [Kub22] Kubik, M.:
Systematische Implementierungsarchitektur für Industrie 4.0-Transformationsprozesse vor dem Hintergrund des Exzellenzclusters "Internet of Production" am Beispiel der Textilindustrie
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen März 2022
- [Lag22] Lagrou, N.:
Eine systematische Literaturrecherche zu empirisch erfassten Hemmnissen digitaler Transformation im produzierenden Gewerbe Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen September 2022
- [Kun20] Kunz, P.:
Deep Learning zur industriellen Qualitätsprüfung: Entwicklung eines Plug-and-Play-Bildverarbeitungssystems
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Juni 2020

- [Man23] Mangunza, M.:
Pricing model for the manufacturing of apparel in German micro-factories
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen April 2023
- [Mis20] Mishra, A. N.:
Decision tool for the selection of suitable solutions for the quality control of technical textiles in the automotive industry depending on the defects occurring in the manufacturing process
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen November 2020
- [Müll20] Müller, M.:
Industrielle Bildverarbeitung zur Qualitätskontrolle in Produktionslinien: Entwicklung einer Entscheidungslogik zur Anwendungsfall-spezifischen Auswahl von Hard- und Software
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Mai 2020
- [Sin21] Singh, M.:
Weiterentwicklung eines Entscheidungstools zur Auswahl von Erfassungsmethoden für Produktionsfehler in der Herstellung von gewebten Textilien
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen April 2021
- [The23] Theocharis, J.:
Implementation and validation of open-source building blocks for data-intensive applications in industrial IoT
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Januar 2023
- [Ued20] Ueding, J.:
Entwicklung eines Modells zur automatisierten Identifikation optimaler Hyperparameter-Kombinationen zum Anlernen von Machine-Learning-Modellen
Masterarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen September 2020

- [Vil22] Villacorta Reyes, A. L.:
Definition of the "Microfactory" manufacturing method in the textile industry
Bachelorarbeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, April 2022
- [Wag21] Wagner, E.:
Workcycle - Ein Design- und Produktentwicklungskonzept für das Upcycling und die Refunktionalisierung von Persönlicher Schutzausrüstung zu Funktionsbekleidung für das Fahrradfahren
Masterarbeit am Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik der Hochschule Niederrhein und am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen Dezember 2021

14 Anhang A: Abkürzungsverzeichnis, Formelzeichen

AA	Advanced Analytics
aaS	as a Service
AG	Aktiengesellschaft
AG _K	Aktivitätsgrad des Kunden
AG _L	Aktivitätsgrad des Leistungserbringers
AGV	Autonomous Guided Vehicle
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
B2B	Business to Business
B2C	Business to Customer
BMC	Business Model Canvas
BMN	St. Galler Business Model Navigator
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CATWOE	Customer, Actors, Transformation process, World view, Owners, Environmental Constraints
CDO	Chief Digital Officer
CE	Cognitive Engine(s)
DCC	Digital Capability Center
DCT	Digital Control Tower
DPE	Digital Performance Engine

dt.	deutsch(e)
E2E	End to End
EBIT	Earnings before interest and taxes
EBMC	Enhanced Business Model Canvas
engl.	englisch
ERP	Enterprise Resource Planning
FIR	Forschungsinstituts für Rationalisierung e. V. an der RWTH Aachen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie(n)
IO	Input Output
IoT	Internet of Things
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LCA	Life Cycle Assessment
M2M	Maschine zu Maschine (Kommunikation)
MES	Manufacturing Execution System
ML	Machine Learning
NRW	Nordrhein-Westfalen
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PLM	Product Lifecycle Management
RPA	Robot Process Automation

RTLS	Real-time location systems
Techn.	Technisch
VC	Venture Capital
VR	Virtual Reality
Wh	Wattstunde
Zus.	Zusätzlich(e)

15 Anhang B: Erläuterungen

Tabelle 15.1: Bausteine der Digitalisierung und Ausprägung der einzelnen Faktoren nach TEICHERT [Tei19] 1/2

Baustein	Attribute und Charakteristika
(Digitale) Kultur	Risikobereitschaft, Testen und Lernen, Fehlerkultur, Kundenorientierung, Offenheit für Veränderungen, Agilität, Autonomie der Mitarbeiter
Technologie	IKT, IT-Architektur/Systeme und neue, auf der Digitalisierung basierende IT-Systeme, Agilität der unterstützenden Systeme, digitale Datenverarbeitung
Prozesse u. Abläufe	Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen, Flexibilität/Agilität von Prozessen, Überführung von Prozessen in einen industrialisierten Standard, Operations Excellence
(Digitale) Strategie	Entwicklung/Ausführung einer Strategie, die die digitale Technologie nutzt, um Geschäfte auf grundlegend neue Art und Weise zu tätigen, mutige langfristige Ausrichtung, Verknüpfung mit der Unternehmensstrategie, Industrie 4.0-Roadmap
(Interne) Organisation	Managementstruktur/Praktiken, die das digitale Geschäft unterstützen, funktionsübergreifende Zusammenarbeit, in der gesamten Organisation verankerte digitale Kompetenzen, definierte Rollen/Aufgaben im Zusammenhang mit der Digitalisierung, angemessene Ressourcenzuweisung, funktionsübergreifende Teams zur Umsetzung digitaler Geschäftspraktiken, flexible Gemeinschaften, agiles Management
Digitale Fähigkeiten	Digitale Fähigkeiten, Fachwissen, Erfahrung und Interesse; Personal, das sich mit Industrie 4.0 beschäftigt, IKT-Kompetenzen der Mitarbeiter, datengestützte Entscheidungsfindung, Offenheit für neue Technologien, Mitarbeiter haben bei Bedarf Zugang zu digitalen Fähigkeiten/Expertise
Innovation	Fähigkeiten, die eine flexiblere/agilere Arbeitsweise ermöglichen, Entwicklung bahnbrechender Geschäftsmodelle, Einsatz agiler Methoden, Einbeziehung der Kunden in den Innovationsprozess, Finanzierung von Innovationen, regelmäßige Durchführung von Innovationen
Kundeneinblicke u. -erfahrungen	Kundennutzen durch Digitalisierung; Personalisierung von Produkten/Dienstleistungen; Nutzung digitaler Dienste zur Kundenbindung; Fokus auf Kundennutzen; Digitalisierung von Kundenkontaktpunkten; Wertschöpfung aus Daten, Kundenbeteiligung und Empowerment

Tabelle 15.2: Bausteine der Digitalisierung und Ausprägung der einzelnen Faktoren nach TEICHERT [Tei19] 2/2

Baustein	Attribute und Charakteristika
Verwaltung	Gewährleistung einer umfassenden/zuverlässigen Umsetzung der digitalen Strategie; jeder hat das Mandat, kreativ zu denken und innovativ zu sein, systematische Ansätze für das Innovations-/Veränderungsmanagement, Engagement auf verschiedenen hierarchischen Ebenen, Standards und Vorschriften, angemessene Ressourcenzuweisung
Vision	Die Organisation hat eine erste digitale Vision definiert; die digitale Technologie setzt die Vision der Organisation um; alle Mitarbeiter arbeiten im Einklang mit der digitalen Vision
Digitales Ökosystem	Die Organisation arbeitet als Teil eines digitalen Ökosystems; Digitalisierung/Integration vertikaler/horizontaler Wertschöpfungsketten, digitale Verbindung mit dem Unternehmensnetz, interoperable Technologieplattformen ermöglichen neue/hochgradig anpassbare Lösungen, die von den Endnutzern konfiguriert werden
Führung	Das Führungsteam lernt neue Technologien, die Führungskräfte haben eine überzeugende langfristige Vision, die Führungskräfte identifizieren und realisieren aktiv neue Möglichkeiten, fördern die Zusammenarbeit, es gibt eine zentrale Koordination für Industrie 4.0 oder digitale Transformation
Konformität u. Sicherheit	IT-Sicherheit, digitale Sicherheit, IT-Compliance innerhalb der Organisation und gegenüber Stakeholdern, Bewertung von Risikofaktoren, Risikomanagement, IP, Optimierung des Wertschöpfungsnetzwerks für Compliance; Vermeidung von unberechtigtem Zugriff
Produkte u. Services	Intelligente Produkte/Dienstleistungen, Digitalisierung von Produkt- /Dienstleistungsangeboten, Einsatz von Datenanalysen zur Individualisierung, datengestützte Dienstleistungen, digitale Funktionen
Business Model	Entwicklung neuer und disruptiver Geschäftsmodelle, integrierte Kundenlösungen über die gesamte Lieferkette hinweg, digitales Produkt- /Dienstleistungsportfolio, Netzwerk (M2M) und Daten als Hauptunterscheidungsmerkmal, digitale Initiativen schaffen Mehrwert, Geschäftsmodelle expandieren

Tabelle 15.3: Übersicht verwendeter Suchstrings in der systematischen Literaturrecherche je Datenbank

Datenbank	Verwendete(r) Suchstring(s)
Web of Science	("barrier*" OR "hurdle*" OR "obstacle*" OR "inhibition*" OR "impediment*" OR "brake*" OR "difficulty*" OR "blockade*" OR "problem*") AND ("digital transformation*" OR "digitization*" OR "digitalization*") AND ("manufacturing sector*" OR "manufacturing industry*" OR "production sector*" OR "processing industry*" OR "production industry*" OR "processing sector*" OR "industrial sector*" OR "process industry*" OR "productive sector*" OR "industrial area*" OR "industrial branch*" OR "industry sector*" OR "processing Industries*" OR "secondary sector*")
Science Direct (mit zusätzlicher Einschränkung) und IEEE	1: ("impediment" OR "brake" OR "blockade" OR "problem") AND ("digital transformation") AND ("manufacturing sector" OR "manufacturing industry" OR "secondary sector" OR "industrial sector") 2: ("impediment" OR "brake" OR "blockade" OR "problem") AND ("digitization") AND ("manufacturing sector" OR "manufacturing industry" OR "secondary sector" OR "industrial sector") 3: ("impediment" OR "brake" OR "blockade" OR "problem") AND ("digitalization") AND ("manufacturing sector" OR "manufacturing industry" OR "secondary sector" OR "industrial sector") 4: ("impediment" OR "brake" OR "blockade" OR "problem") AND ("digitalisation") AND ("manufacturing sector" OR "manufacturing industry" OR "secondary sector" OR "industrial sector")
Google Scholar	("Barriere*" OR "Hürde*" OR "Hindernis*" OR "Hemmnis*" OR "Behinderung*" OR "Bremse*" OR "Schwierigkeit*" OR "Blockade*" OR "Problem*") AND ("Digitalisierung*" OR "digitale Transformation*" OR "digitaler Wandel*") AND ("produzierendes Gewerbe*" OR "Industrieller Sektor*" OR "Industrielle Branche*" OR "produzierender Sektor*" OR "Industrie*" OR "produzierende Branche*" OR "sekundärer Sektor*")

Tabelle 15.4: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 1/6

Kategorie	Titel	Quellen
Digitale Kompetenz	Fehlendes Wissen über Prozesse/Verbesserungsmöglichkeiten	[ALB18; Chi21; VLP+19; KK22; MHO19; CBB+19; Glo21; KML17]
	Keine Mittel zur Technologieentwicklung	[ALB18; TFC+21]
	Fehlende talentierte/qualifizierte Arbeitskräfte und Führungskräfte	[PZB+21; BSJ+20; Usk20; TFC+21; DBL+21; VKM+20; ZAB+20; HS19; SAP+21; RDS+20; AAC+20; Jak19; RSR+22; AOA+21; AC22]
	Geringes Bildungslevel	[PZB+21; HS19]
	Geringer Fokus und wenig Lösungen in Bezug auf die Interaktion zwischen Mensch und Maschine	[PZB+21]
	Fehlende IT-Kenntnis und Erfahrung mit Technologien	[VLP+19; Usk20]
	Angst vor Transparenz, steigender Kontrolle und Jobverlust	[VLP+19; SK21]
	Mangel an Spezialisten/neuen Fachkräften	[BSJ+20; KK22; CBB+19; RBM+22; HS19; MAK+18; PHH22; Glo21; WLW+17]
	Fehlendes Verständnis und Angst vor Veränderung	[Usk20; KK22; FRS+22; AC22; KML17]
	Fehlende Ausbildung der Betreiber und lange Ausbildungsprozesse	[KK22; HS19; DKL+17]
	Angst vor eigenem Versagen	[RBM+22]
	Talentabwanderung	[RBM+22]
	Kein Enthusiasmus und Engagement	[SAP+21; Jak19]
	Fehlende verständliche Informationsquellen	[Jak19; WLW+17]
Tech-nologie	Hohe Technologiekosten	[ZAB+21; TMH19; PP19]
	Fehlende technische Ressourcen/Voraussetzungen	[PD19]

Tabelle 15.5: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 2/6

Kategorie	Titel	Quellen
Technologie	Nicht fertiggestellte/unzuverlässige Technologie	[ZAB+20; KK22; ZAB+21; RDS+20; Ray18; PHH22; AC22; Glo21; ISB+17]
	Kein Technologie-, Methoden oder Werkzeuganbieter	[ZAB+21; PHH22]
	Technologie nicht an Unternehmensumstände angepasst	[Usk20; HOZ+15; SSS+21; RSR+22; FRS+22; ISB+17]
	Schwierige Einrichtung und technische Einschränkungen	[VLP+19; KRK21]
	Notwendigkeit hoher Datensätze	[KRK21]
	Inkompatibilität der Maschinen/Software	[TFC+21; SKZ+22; PHH22; RSR+22; ISB+17]
	Schwierigkeiten beim Erhalten von qualitativen Daten und Datenmanagement	[DBL+21; RDS+20; Jak19; PHH22]
	Systemintegration	[DBL+21; Ste19; PHH22; RSR+22; PBB20; ISB+17]
	Mangel an Modellen für Simulationen	[PHH22]
	Ethische Fragestellungen der Technologien	[AOA+21]
	Alte Lagerhallen	[AC22]
	Nicht genügend Dienstleistungserbringer	[KK22]
	Interoperabilitätsprobleme	[MHO19; PBB20]
	Probleme beim Datenmanagement	[MHO19; PHH22; RSR+22]
	Träge/schlecht strukturierte Prozesse und schwierige Organisation	[RBM+22; TFC+21; PZB+21; AC22; MW17]
Operationen und Prozesse	Ad-hoc-Problemlösung	[Chi21]
	Komplexe Rekonfiguration von Produktionsmustern	[MAK+18]
	Schwierige Integration der Wertschöpfungskette	[RDS+20]
	Manuelle Tätigkeiten teilweise nicht ersetzbar	[ISB+17]

Tabelle 15.6: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 3/6

Kategorie	Titel	Quellen
Digitale Vorschriften und Sicherheit	Unterschätzung der Sicherheitsrisiken	[PZB+21]
	Sicherheitsbedenken/Fehlendes Vertrauen in Sicherheit	[VLP+19; Ste19; SKZ+22; PBB20; ISB+17]
	Probleme Datenschutz	[MHO19; PHH22; RSR+22; FRS+22]
	Geringe Sicherheit/Cybersicherheitsrisiken	[MHO19; HS19; MAK+18; RDS+20; KA19; YMF20; RSR+22; PHH22; AOA+21; FRS+22; PBB20; Glo21; KML17; KRK21]
	Hohe Aufwendung durch technische Sicherheitsanforderungen	[MK20; TMH19; DKL+17; MW17]
Digitale Kultur	Keine Kenntnis von Notfallplänen	[AC22]
	Fehlende Bereitschaft, Vertrauen und Akzeptanz	[Chi21; MHO19]
	Beharren auf Tradition, Rollen und Prinzipien	[VLP+19; PHH22; AOA+21]
	Risikominimierung	[VLP+19]
	Fehlen digitaler Kultur und Ausbildung	[RDS+20]
Digitale Organisation	Veränderungswiderstand	[VLP+19; VKM+20; HS19; RDS+20; ISB+17]
	Fehlende Standardisierungspraktiken	[Chi21; KML17]
	Widerstand gegen organisationale Veränderung	[PD19; RDS+20; KRK21]
	Uneinheitliches Verständnis von digitaler Transformation und Strategie	[SK21; RBM+22; HS19; TMH19]
	Mangel an Beteiligung der Produktion	[TFC+21]
Innovationsfähigkeit	Unterschätzung des organisationalen Aufwands	[DBL+21; RDS+20]
	Kommunikationsschwierigkeiten	[RBM+22; TMH19; RSR+22]
	Prozess- und Arbeitsorganisation schwierig	[PHH22; Glo21; ISB+17]
	Zu starke Konzentration auf operationelle Prozesse auf Kosten der Entwicklung	[SAP+20]
	Kein Innovationsmanager	[Jak19]

Tabelle 15.7: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 4/6

Kategorie	Titel	Quellen
Verwaltung	Fehlende Standardisierung und Normen	[PZB+21; VLP+19; MHO19; VKM+20; HS19; RDS+20; PHH22; FRS+22; Glo21; KML17; ISB+17]
	Unkoordinierte Datenrichtlinien und -verwaltung	[MHO19]
	Unzureichende organisatorische Struktur- und Prozessorganisation	[HS19]
	Kein einheitliches Kommunikationsprotokoll	[HS19]
	Begrenztes Engagement der Lieferkette	[ZAB+21; RBM+22; HS19]
Digitales Ökosystem	Limitierende IT-Infrastruktur	[ZAB+21; VLP+19; MHO19; MAK+18; RSR+22]
	Fehlende Gesetze und Unterstützung des Staates	[VLP+19; MHO19; RBM+22; AC22; Glo21; KML17; ISB+17]
	Wirtschaftliche Ungewissheit/Keine Markttransparenz	[MHO19; ISB+17]
	Kein Technologieanbieter oder -unterstützer	[ZAB+20]
	Nebenwirkungen auf Umwelt	[MAK+18]
	Instabile Konnektivität zwischen Unternehmen	[MAK+18]
	Hohe Netzwerk- und Energieansprüche	[SKZ+22; AOA+21; KML17; ISB+17]
Führung	Management nicht bereit und paternalistische Entscheidungssstrukturen	[ALB18; SK21; TMH19; RSR+22]
	Bewusstsein über Vorteile, klare Idee und Mindset fehlen	[ZAB+21; PZB+21; VLP+19; SES16; Usk20; TFC+21; SAP+20; RDS+20; Jak19]
	Schwierige Bewertung der Auswirkung von Technologie auf menschliche Arbeitsweisen	[PZB+21]
	Fokus auf andere Probleme gerichtet	[PZB+21]
	Mangelndes Wissen/Kompetenz	[BSJ+20; DBL+21; VKM+20; HS19; MAK+18; TMH19; PHH22]
	Unfähigkeit der Einschätzung eigener Fähigkeit	[SES16]
	Angst vor Kontrollverlust	[RBM+22]
	Fehlende Unterstützung der Geschäftsführung	[TFC+21]

Tabelle 15.8: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 5/6

Kategorie	Titel	Quellen
Kundenbindung	Komplexe Einführung von Lösungen zur Bereicherung des Kundenservice und -erlebnis	[PZB+21]
	Widerstand der Kunden	[PD19; Usk20]
	Geringe Kundenbindung und Probleme beim Einbeziehen	[AC22]
Produkte u. Service	Potenziell notwendiges Redesign von Produkten, um digitale Technologie einzubauen	[PD19]
Business Model	Hohe Investition/Anfangskosten	[ZAB+21; Usk20; MHO19; RBM+22; TFC+21; ZAB+20; MAK+18; RDS+20; Jak19; RSR+22; AOA+21; AC22; DKL+17; KRK21]
	Schwierige Beurteilung des Umbruchs des Geschäftsmodells	[PZB+21]
	Fehlende finanzielle Ressourcen	[VLP+19; BSJ+20; KK22; VKM+20; HS19; PHH22; KML17]
	Fehlende Zeit	[VLP+19; Jak19]
	Hoher Energieverbrauch	[KRK21]
	Konkurrierende Geschäftsmodelle und Preiswettbewerb	[RBM+22]
	Schwierigkeit bei Nachweis der finanziellen Amortisation	[TFC+21; HS19; PBB20; ISB+17]
	Bleibende Kosten	[Usk20; SKZ+22; AC22]
	Kerngeschäftsveränderung	[DKL+17; ISB+17]
	Sorge vor Know-how-Abfluss	[ISB+17]
Digitale Strategie	Fehlende Strategie und Mangel an bewusster Planung	[RDS+20; AC22; HS19; MAK+18]
	Finden einer angemessenen Investition	[PZB+21]
	Hohe Komplexität der Technologie und der Integration in alle Bereiche	[SES16; MAK+18]
	Veränderung nur kleinschrittig möglich	[PZB+21]

Tabelle 15.9: Empirisch identifizierte Hemmnisse Tabelle 6/6

Kate- gorie	Titel	Quellen
Vision	Fehlen einer klaren Vision und realistischer Erwartungen	[PZB+21; VLP+19; Jak19; PHH22; AC22]
	Digitalisierung nicht als Ziel angesehen	[PD19; ISB+17]
	Fehlender Austausch mit anderen Unternehmen	[Usk20; KK22]
	Unklarer Nutzen	[KML17; WLW+17]

Tabelle 15.10: Orientierungsleitfaden der semi-strukturierten Interviews 1/2

Abschnitt	Inhalte
Einleitung	Einleitende Worte in das Thema, Bezug zur wissenschaftlichen Arbeit hergestellt.
Allgemeine Fragen	• Darf ich dieses Gespräch aufnehmen? • Welche Position haben Sie im Unternehmen? • Wie lange sind Sie im Unternehmen? • Zusammenfassung der Tätigkeiten des Unternehmens?
Technische Fragestellungen	• Wie wirkt sich die Digitalisierung auf Ihr Unternehmen aus? • Hat sich Ihr Produktionsablauf im Rahmen der Digitalisierung verändert? ○ Falls ja: Inwiefern und in welchem Zeitraum? ○ Welche (neuen) Technologien kommen zum Einsatz? ○ Falls nein: Wieso bisher noch nicht, was hindert den Einsatz? ○ Sehen Sie Potential in bestimmten Technologien? • Erheben Sie Daten zu Ihren Abläufen? ○ Wie verwenden/nutzen Sie diese Daten? • In welchen Bereichen sehen Sie persönlich noch das größte Potential für positive Veränderungen durch die Digitalisierung? ○ Inwiefern würde dies dem Unternehmen helfen? • Wo liegt Ihrer Meinung nach das größte Hemmnis für die Umsetzung? • Hat sich die Digitalisierung auch auf Ihr Produkt ausgewirkt? ○ Hat sich das Produkt verändert?
Organisationale Fragestellungen	• Besitzt Ihr Unternehmen eine ausgearbeitete/spezifische Digitalisierungsstrategie? • Gibt es eine klare Priorisierung von Digitalisierungsmaßnahmen im Management? ○ Ja: Wodurch zeigt sich das? ○ Nein: Herrscht Skepsis gegenüber neuen Technologien/Abläufe? • Spiegelt sich die Bedeutung in dem Aufbau der Organisation wider (z. B. CDO)? • Gibt es für Digitalisierungsfragen eine zuständige Person? ○ Ja: Wie oft stehen Sie in Kontakt? ▪ Wie intensiv? ○ Nein: Denken Sie, dass es hilfreich wäre, eine zentrale Ansprechperson zu haben? • Werden Ideen der Angestellten hinsichtlich digitaler Verbesserungen berücksichtigt?

Tabelle 15.11: Orientierungsleitfaden der semi-strukturierten Interviews 2/2

Abschnitt	Inhalte
Kommunikation, Kompetenzen und Personal	Sind bei Ihnen flexible Arbeitsplatz- und Zeitmodelle möglich? Welche Kommunikation benutzen Sie zwischen Arbeitskollegen und mit Kunden/Zulieferern? Inwiefern haben sich diese Entwicklungen auf das Arbeitsklima ausgewirkt? Sind Sie der Meinung, Sie könnten Digitalisierungsmaßnahmen mit Ihren derzeitigen Mitarbeitern umsetzen? Welche Kompetenzen fehlen aus Ihrer Sicht? Kooperieren Sie mit Hochschulen o.ä. um neue Talente ins Unternehmen zu holen? Gibt es Vorbehalte unter Ihren Mitarbeitenden bez. Digitalisierung und/oder Automatisierung (z. B. Angst vor Kontrolle)? • Werden diese Vorbehalte adressiert?
Unternehmensübergreifende Vernetzung	Sind Sie vernetzt mit Ihren Zulieferern und Kunden? Wie läuft der Austausch von Informationen mit Ihren Kunden/Partnern aktuell ab? Existieren bestimmte Vorgaben der Kommunikationswege oder Informationsbereitstellung? Wie sieht der Kontakt mit Kunden/Lieferanten nach Geschäftsabschluss aus? • Welche Aktivitäten?
Sonstiges	Werden Ihnen Mittel zur Durchführung von Digitalisierungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt? Welche Ressourcen wünschen Sie sich? • Welche Hilfestellungen würden Sie sich wünschen, um Digitalisierungsmaßnahmen in Ihrem Unternehmen umzusetzen?

Tabelle 15.12: Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 1/3

Bezeichnung	Erläuterung der Inhalte
(Digitale) Fabrikplanung	Dienstleistung zur Gestaltung der (digitalen) Fabrik von morgen. Ideengenerierung, Technologie- und Layoutplanung
Agile Transformation	Anregung von Änderungen im Handeln und Denken, Fortschritt der Transformation messen, Strukturen und Prozesse sicherstellen
Big Data Infrastruktur	Bedarfsanalyse für eine Big Data-Infrastruktur. Lieferantenauswahl und Begleitung der Implementierung
Build by DCC	Technische Produkt- und Prozessentwicklungen aus einer Hand. Einzigartiges Expertenteam aus den Disziplinen Maschinenbau, E-Technik, und IT auf Abruf (Stunden-/Tagesbasis)
Business Building	Die Etablierung eines neuen Geschäftsbereichs wird innerhalb eines gesetzten Zeitraums durch die Entwicklung und das Inkraftstellen eines Geschäftsplans, die Identifikation von Zielkunden und das Aufsetzen geeigneter Marketingstrategien vorgenommen
Cloud Infrastruktur	Anbietersauswahl, Migration, Management, optimale Einstellung von Hyperscalern und Wachstumsbeschleunigung
CyberClass-ROOM	(Live/online) Demonstration ausgewählter Hard- und Softwarelösungen mit Diskussionsrunde. Dient als Einstieg in nachfolgendes Umsetzungsprojekt
Cybersecurity implementieren	Technologieauswahl und Sensibilisierung/Schulungen für Mitarbeiter aller Unternehmensbereiche und -hierarchien
Cybersecurity Standortbestimmung	Digitale Resilienz messen, kritische Werte identifizieren, Make-or-buy-Entscheidungen gemeinsam mit dem Kunden ableiten
Datenaufnahme	Verfügbar machen von Daten bspw. durch Retrofitting oder Anzapfen der Anlagen und Einbindung in das Produktionssystem
Digital Experience R&D	Design einer Customer Journey in spezifischen Technologien (z. B. mit VR/AR, Webdesign, ...)
Digital Manufacturing Schulung	Vermittlung von Profitabilität und Nutzen bestimmter Technologien in ausgewählten Anwendungsfällen. Darüber hinaus wird eine Roadmap für die Einführung in die Produktion sowie notwendige Kompetenzprofile entwickelt
Digital Marketing (Beratung)	Vermittlung richtiger Kundenansprache (Kanäle, Inhalt), Nutzung aktueller Marketingtrends und Entwicklung einer durchgängigen, digitalen Marketingstrategie. Weiterhin werden Markt- und Kundenanalysen angeboten und Handlungsempfehlungen abgeleitet
Digital Product Design	Definition, Entwicklung und Befähigung virtueller Produkte (z. B. auf Plattformen, in Onboarding-Prozessen usw.)
Digital Quality Management	Digitale Einbindung von Lean-Ansätzen zur Erhöhung der Effektivität und Effizienz von Qualitätskontrolle und -sicherung. Vorbereitung von präventiver Qualitätskontrolle

Tabelle 15.13: Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 2/3

Bezeichnung	Erläuterung der Inhalte
Digital Twin im Unternehmen	Potentialanalyse und Reifegradbestimmung im Unternehmen, Ermittlung von Einsatzbereichen, Formulierung und Priorisierung von Anwendungsfällen, Pilotierung lauffähiger Demonstratoren, Zielbildbestimmung unter Berücksichtigung von Markt, Herausforderungen und Produktportfolio
Digital Workforce	Konzepterarbeitung für die Erbringung von Dienstleistungen aus der Ferne (Remote Services) zur Einsparung von Reisekosten und Resilienz bei Restriktionen (Covid-19)
Digitale Geschäftsmodellentwicklung	Beratungsdienstleistung/Workshop zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle basierend auf Best Practices bspw. aus Cloud- und Software, Abonnement und Pay-Per-Use, E-Commerce und Plattformstrategien
Digitale Produkt- und Produktionsplanung	Scan der Produktion zur realen Planung von Produktionsprozessen, z. B. mit dem Start-up RIICO. Digitale Produktplanung (CAD) und Simulation des Produktionsanlaufs
Energieeffizienz in der Produktion	Data Science und Analytics zur Ermittlung von energieeffizienten Maschineneinstellungen. Methoden zur Einsparung von Energiekosten bis hin zur Durchführung von LCA-Bewertungen
Fachtagung	Wissensvermittlung zum aktuellen Entwicklungsstand im Bereich Digitalisierung und Möglichkeit des Austauschs mit vorhandenen und potenziellen Partnern aus Industrie und Forschung
Innovationsstrategieberatung	Bestimmung der wichtigsten/attraktivsten Innovationsfelder und Ableitung einer unternehmensspezifischen Innovationsstrategie. Analyse des Marktpotentials eines Produkts. Vernetzen möglicher Partner
KI im Unternehmen	Anwendungsfälle und Schulungen zur Vermittlung der Grundlagen von Künstlicher Intelligenz im Unternehmens-/Produktionskontext (z. B. Bild-/ Textverarbeitung in der Produktion, Analyse von Lieferanten Performance, SC Forecasting, ...)
KI-Institut	Netzwerkaufbau und -management für KI. Teilnehmer aus Forschung und Industrie werden zusammengebracht und Forschungsideen auf ihre Praxistauglichkeit getestet. Im Vordergrund steht die Entwicklung neuer KI-Technologien.
Leadership Assessment	Bewertung und Benchmarking zukunftsrelevanter Fähigkeiten durch Analytik und psychologische Beurteilung für die erfolgreiche Auswahl und Entwicklung von Führungskräften
Leadership Development	Spezielle Workshops zur Sensibilisierung und Schulung von Führungskräften, z. B. zu den Themen Technologie, Future Work und Digitalstrategie
Lean Manufacturing Schulung	Lean Methoden in der Produktion werden in einem Schulungsformat mit theoretischen und praktischen Teilen vermittelt. Ziel ist es, Personen im Unternehmen auf große Transformationsprojekte vorzubereiten

Tabelle 15.14: Erläuterungen zu den möglichen Angebotsformaten im DCC Aachen 3/3

Bezeichnung	Erläuterung der Inhalte
Markt- und Innovationsrecherche	Markt- und Technologierecherche zur Einschätzung, in welchen Feldern in Zukunft Technologie- und Innovationsprünge zu erwarten sind (Themen sind bspw. KI, VR/AR, Blockchain, IoT, Metaverse, Cloud Computing, Universal Printing)
Mobile Labs/ Lernfabrik	Klassisches DCC-Angebot. Technologien können im realen Produktionsumfeld in Form von Schulungen (mit Schwerpunkt) getestet und implementiert werden. Weiterhin können mobile Labs mit ausgewählten Anwendungsfällen mobil zum Kunden kommen
Potenzialanalyse	In Zusammenarbeit mit dem Unternehmen werden Potenziale für die Digitalisierung erfasst. Bei einem Unternehmensbesuch werden die aktuellen Prozesse untersucht und Handlungsfelder abgeleitet. Auf dieser Grundlage wird ein individueller Projektplan entwickelt
Procurement Beratung	Einsatz von neuen Technologien (z. B. KI) zur Bildung und Simulation resilienter, zuverlässiger Netzwerke
Production data aaS	Bereitstellung von realen (Big Data) Datensätzen unterschiedlicher Branchen zur Übung und Implementierung von Datenanalysten usw. Weiterhin können mit den Daten Schulungen zu Cybersecurity (welche Daten können gefahrlos freigegeben werden?) durchgeführt werden
Produkt- und Servicedesign	Markt- und Kundenergründung. Darauf aufbauend Design und Entwicklung entsprechender Produkte und Services
Projektmanagement	Es wird externes, objektives und kompetentes Projektmanagement angeboten. Ein erfahrener Projektmanager begleitet ein definiertes Projekt federführend.
Strategieentwicklung	Entwicklung einer Organisationsstruktur, Ableitung notwendiger Transformationsmaßnahmen; Begleitung des Veränderungsprozesses, zielorientierte digitale Transformation des gesamten Unternehmens oder einzelner Bereiche
Talent acquisition strategy	Unterstützung bei der Identifikation von Kompetenzlücken und Recruiting-Vorteile über das Hochschulnetzwerk (z. B. COURSE-Programm des ITA)
Technologie Sourcing	Beratung, wie, wo und mit wem technische Probleme in Angriff genommen werden sollten. Entweder über das Partnernetzwerk oder als freie Marktrecherche
Individuelle Beratungsgespräche	Beispielsweise zur Identifikation von Fördermitteln für die digitale Transformation, Vorbewertung von Projektideen etc.
Workshops	In den Schulungen werden sowohl unternehmensspezifische als auch digitalisierungsbezogene Themen behandelt. Themen, die für das Unternehmen spezifisch sind. Die Lösungen werden von den Referenten in das Umfeld der Teilnehmer eingebracht.