



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Sören Schuldt

*Kernelemente erfolgreicher Einführungsstrategien von Industrie
4.0 im produzierenden Mittelstand*

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Sören Schuldt

**Kernelemente erfolgreicher Einführungsstrategien
von Industrie 4.0 im produzierenden Mittelstand**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung
im Studiengang Produktionstechnik und Management
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Müller
Zweitprüfer: MBA, Dipl. Inf. Eric Thomas

Abgabedatum: 05.12.2022

Zusammenfassung

Name des Studierenden: Sören Schuldt

Thema der Masterthesis

Kernelemente erfolgreicher Einführungsstrategien von Industrie 4.0 im produzierenden Mittelstand

Stichworte

Industrie 4.0, Digitalisierung, Technologie- und Strukturwandel, Mitarbeiterqualifizierung, Agilität, Scrum, Kleinst-, Klein- und Mittelstand (KMU), Leitfäden, Readiness Test und Orientierungshilfen von Industrie 4.0, Kernelemente eines entwickelten 4Phasenmodells.

Kurzzusammenfassung

Diese Masterarbeit umfasst die Entwicklung einer Einführungsstrategie von Industrie 4.0 in den produzierenden KMU. Dabei werden die möglichen Kernelemente einer Implementierung bestimmt und analysiert, sowie anwendungsbezogen erläutert. Im Zentrum der wissenschaftlichen Betrachtung steht der strukturelle- bzw. organisatorische Wandel, ebenso wie die Veränderung der Mitarbeiterqualifikationen.

Name of the Student: Soeren Schuldt

Title of the paper:

Kernelemente erfolgreicher Einführungsstrategien von Industrie 4.0 im produzierenden Mittelstand

Keywords

Industry 4.0, digitization, technology and structural change, employee qualification, agility, scrum, micro, small and medium-sized companies (SMEs), guidelines, readiness test and orientation paper of Industry 4.0, core elements of a created 4-phase model.

Abstract

This master's thesis includes the development of an implementation strategy for Industry 4.0 in manufacturing SMEs. The core elements are determined and analyzed as well as explained in relation to a practical point of view. The focus of the scientific analysis is the structural and organizational change, in addition the change in employee qualifications.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Diagrammverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung.....	1
1.2 Aufbau und Vorgehensweise.....	2
1.3 Aufgabenstellung.....	3
2 Theoretische Grundlagen, Modelle zu KMU	4
2.1 Kleinst, kleine- und mittlere Unternehmen.....	4
2.1.1 Definition und Charakterisierung von Unternehmen des KMU.....	4
2.1.2 Volkswirtschaftliche Bedeutung der KMU in Deutschland.....	6
2.2 Der Weg zu 4. Industriellen Revolution.....	9
3 Einführungsmodelle von Industrie 4.0	11
3.1 Maturity Index Acatech.....	11
3.2 Industry 4.0 Pricewaterhouse Coopers.....	15
3.3 Leitfaden zur Orientierungshilfe VDMA.....	17
3.4 Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 S.M. Merz.....	22
3.5 Industrie 4.0-Readiness Tests.....	27
3.5.1 IMPULS.....	27
3.5.2 HNU/MinnoSphere.....	28
3.6 Raum für Mitarbeiter und Führung, veränderte Ansprüche in der Digitalisierung.....	29
4 Umfrage produzierender KMU zu Industrie 4.0	34
4.1 Erstellung des Fragebogens.....	34
4.2 Auswertung der Umfrage.....	37
5 Industrie 4.0 Einführungsstrategie für den produzierenden KMU	45
5.1 Herangehensweise und Aufbau der Einführungsstrategie.....	46
5.2 Kernelemente einer Implementierungsstrategie für Industrie 4.0.....	48
5.2.1 Phase 1: Vorbereitende analytische Implementierungsphase.....	49

5.2.2 Phase 2: Bewertung- und Entscheidungsphase	60
5.2.3 Phase 3: Physische Industrie 4.0 Implementierungsphase	74
5.2.4 Phase 4: Retrospektive Überprüfung der Implementierung	94
6 Leitfaden – Anwendung an einem theoretischen Beispiel?	97
6.1 Theoretisches Praxisbeispiel	97
6.2 Beispielhafte Anwendung der Leitfaden-Checkliste	98
6.2.1 Welchen Einfluss hat die Leitfaden-Checkliste auf die Arbeitsorganisation, die Agilität und eventuell auch auf die Mitarbeiter Qualifizierung?	99
7 Zusammenfassung und Fazit	100
Literaturverzeichnis	101
Anhang/Anhangsverzeichnis	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Qualitative Merkmale von KMU	6
Abbildung 2: Von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0	10
Abbildung 3: Industrie 4.0 Entwicklungspfad	12
Abbildung 4: Phasenmodell, Anwendung des Maturity Index	14
Abbildung 5: Beispiel Aufbau des Gestaltungsfeldes Unternehmenstruktur.....	14
Abbildung 6: PwC 6 Schritte zu Industrie 4.0	15
Abbildung 7: Aufbau Leitfaden VMDA	17
Abbildung 8: Werkzeugkasten Industrie 4.0 Produkt	19
Abbildung 9: Werkzeugkasten Industrie 4.0 Produktion	21
Abbildung 10: 3C-Modell	23
Abbildung 11: Einordnung des Ergebnisses der 3C-Methode	24
Abbildung 12 Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland 2019	29
Abbildung 13 Voraussichtlicher Altersaufbau in Deutschland im Jahr 2032.....	30
Abbildung 14 Iterative Herangehensweise	47
Abbildung 15 vorbereitende analytische Implementierungsphase in Schritten	49
Abbildung 16 Ursachen-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm).....	56
Abbildung 17 Visuelle Ist-Soll-Ergebnis Darstellung der Zustandskarten	57
Abbildung 18 Aktionsübersicht Phase 1	59
Abbildung 19 soziotechnisches System (Mensch-Organisation-Technik)	61
Abbildung 20 Schematisch dargestellte Qualifikationsmatrix	69
Abbildung 21 Aktionsübersicht Phase 2 Bewertungs- und Entscheidungsphase	73
Abbildung 22 Projektmanagementphasen nach DIN69901	74
Abbildung 23 Schematische Darstellung Projektstrukturplan (PSP).....	76
Abbildung 24 Schematisch dargestelltes Gantt-Chart	77
Abbildung 25 grafische Risikoanalyse.....	78
Abbildung 26 möglicher Aufbau eines Dokumentationsbaum	81
Abbildung 27 Schematische Darstellung des Kommunikationswandel	85
Abbildung 28 Schematische Darstellung eines Projektdashboards	86
Abbildung 29 Schematische Darstellung eines Kanban-Boards.....	86
Abbildung 30 Kienbaum-Kompetenz-Pyramide.....	88
Abbildung 31 8 Phasen der Transformation	88
Abbildung 32 Anlaufphasen bis zur Serienproduktion	90
Abbildung 33 Aktionsübersicht: Phase3 Physische Implementierung	93
Abbildung 34 Aktionsübersicht: Phase 4 Retrospektive Überprüfung	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Quantitative eingeführte Merkmale der Definitionen von KMU.....	5
Tabelle 2 Aufbau verschiedener Reifegradmodelle	28
Tabelle 3 4-Was-Fragen Problemanalyse	55
Tabelle 4 Anwendungsbeispiel 5-Warum-Fragen.....	56
Tabelle 5 Fachliche & Überfachliche Kompetenzen (Soft & Hardskills)	68
Tabelle 6 Vor- Nachteile der Nutzung von Tabellenkalkulationssoftware.....	79

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1 Aufbau und Vorgehensweise der wissenschaftlichen Arbeit.....	2
Diagramm 2: Verteilung nach Unternehmensgröße 2019.....	7
Diagramm 3: Beschäftigungsanteile nach Unternehmensgrößen 2019	7
Diagramm 4: Verteilung des Umsatzes in Deutschland nach Unternehmensgröße	8
Diagramm 5 Verteilung der Tätigkeitsfelder	37
Diagramm 6 Abteilungen in den befragten Unternehmen	38
Diagramm 7 Realisierung durch die Technikabteilung.....	39
Diagramm 8 Gewünschte Industrie 4.0 Entwicklung nach Bereichen.....	39
Diagramm 9 Anwendung des Lean Managements	40
Diagramm 10 Anteil der IT-Abteilung an Industrie 4.0 Projekten	41
Diagramm 11 Geschätzte Qualifizierung der Mitarbeiter in Bezug auf Industrie 4.0	42
Diagramm 12 Geschätzte Qualifikation in Hinblick zukünftiger Herausforderungen	43
Diagramm 13 Fehlender Faktoren zur Umsetzung von Digitalisierungsprojekten.....	44
Diagramm 14 Defizite bestehender Industrie 4.0 Reifegradmodelle.....	46

Abkürzungsverzeichnis

<i>acatech</i>	<i>Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.</i>
<i>BITKOM</i>	<i>Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.</i>
<i>bmwi</i>	<i>Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz</i>
<i>BPM</i>	<i>Business Process Management</i>
<i>bzw.</i>	<i>beziehungsweise</i>
<i>CPS</i>	<i>Cyber-Physikalische Systeme</i>
<i>DIHs</i>	<i>Digital Innovation Hubs</i>
<i>EKAM</i>	<i>Europäisches Kompetenzzentrum für Mittelstandsforschung</i>
<i>engl.</i>	<i>englisch</i>
<i>EU</i>	<i>Europäische Union</i>
<i>F&E</i>	<i>Forschung und Entwicklung</i>
<i>ifaa</i>	<i>Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.</i>
<i>IfM Bonn</i>	<i>Institut für Mittelstandsforschung</i>
<i>IKT</i>	<i>Informations- und Kommunikationstechnologien</i>
<i>IT</i>	<i>Informationstechnologie</i>
<i>KfW</i>	<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i>
<i>KM</i>	<i>Knowledge Management (Wissensmanagement)</i>
<i>KMU</i>	<i>kleine und mittlere Unternehmen</i>
<i>KOFA</i>	<i>Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung</i>
<i>KPIs</i>	<i>Key Performance Indicators</i>
<i>KVP</i>	<i>Kontinuierlichen Verbesserungsprozess</i>
<i>LC</i>	<i>Leitfaden-Checkliste</i>
<i>Mio</i>	<i>Million</i>
<i>MIT</i>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
<i>MMS</i>	<i>Mensch-Maschinen-Schnittstellen</i>
<i>MTO</i>	<i>Mensch-Technik-Organisation</i>
<i>OT</i>	<i>Operative Technologien</i>
<i>PM</i>	<i>Projektmanagement</i>
<i>PM-SW</i>	<i>Projektmanagement-Software</i>
<i>PoC</i>	<i>Proof of Concept</i>
<i>PSP</i>	<i>Projektstrukturplan</i>
<i>PwC</i>	<i>Pricewaterhouse Coopers GmbH</i>
<i>VDMA</i>	<i>Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.</i>
<i>ZVEI</i>	<i>Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.</i>

Hinweis

Das in dieser Arbeit gewählte generische Maskulinum bezieht sich zugleich auf die männliche als auch auf die weibliche Geschlechteridentität.

1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird zum einen die Zielsetzung, sowie der Aufbau und die Vorgehensweise erläutert bzw. dargestellt, außerdem die Aufgabenstellung und die dazu gehörigen Schwerpunkte zusammengefasst.

1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Masterarbeit ist es, Kernelemente für die Einführung von Industrie 4.0 im produzierenden KMU zu bestimmen, zu analysieren und darauf aufbauend ein Einführungsmodell abzuleiten. Bei dem abgeleiteten Einführungsmodell wird als Schwerpunkt die Maßnahmenumsatzung/Implementierung von Industrie 4.0 betrachtet, dabei rückt weniger die technologische Transformation ins Zentrum dieser wissenschaftlichen Arbeit, sondern verstärkt der strukturelle- und organisatorische Wandel. Damit einhergehend wird die Wichtigkeit und Art der Führung, Mitarbeiterqualifikation und die Agilität analysiert. Abschließend soll bei dem Leser dieser Masterarbeit die Motivation geweckt werden den digitalen Wandel in Form der Industrie 4.0 anzugehen und im eigenen Unternehmen voranzutreiben.

1.2 Aufbau und Vorgehensweise



Einleitung

- Zielsetzung
- Aufbau und Vorgehensweise
- Aufgabenstellung



Theoretische Grundlagen, Modelle zu KMU

- Kleine- und Mittlere Unternehmen
- Der Weg zu 4. Industriellen Revolution



Einführungsmodelle von Industrie 4.0 in Unternehmen des KMU

- 3.1-3.5 verschiedene Einführungsmodelle
- Raum für Mitarbeiter und Führung



Eigene Umfrage produzierender KMU zu Industrie 4.0

- Erstellung, Erläuterung und Auswertung der Umfrageergebnisse



Kernelemente einer Industrie 4.0 Implementierungsstrategie

- Phase 1: Vorbereitende analytische Implementierungsphase
- Phase 2: Bewertungs- und Entscheidungsphase
- Phase 3: Physische Industrie 4.0 Implementierungsphase
- Phase 4: Retrospektive Überprüfung der Umsetzung



Leitfaden/Checkliste zur Einführung an Hand eines praktischen Beispiels

- Beispiel
- Einfluss der Leitfaden-Checkliste auf die Arbeitsorganisation, die Agilität und eventuell auch auf die Mitarbeiter Qualifizierung.



Zusammenfassung und Fazit

- Zusammenfassung
- Fazit

Diagramm 1 Aufbau und Vorgehensweise der wissenschaftlichen Arbeit

1.3 Aufgabenstellung

Durch die immer stärker werdende Globalisierung und einem konstanten Wandel von Produkten, Produktansprüchen und Produktdesigns müssen Unternehmen zunehmend in der Lage sein, flexibel auf äußere Einflüsse zu reagieren. Besonders Unternehmen aus dem produzierenden Klein- und Mittelstand stehen vor der großen Herausforderung einer marktgetriebenen, wirtschaftlichen Produktion von Produkten. Im Rahmen der Industrie 4.0 werden Fertigungen und Prozesse schlanker, smarter und versprechen einen größeren wirtschaftlichen Erfolg. Die umfassende Einführung von Industrie 4.0 im produzierenden Mittelstand ist sehr komplex und daraus leitet sich die Forschungsfrage dieser Masterarbeit ab:

Was sind Kernelemente einer erfolgsversprechenden Einführungsstrategie von Industrie 4.0 im produzierenden Mittelstand?

Ziel dieser Masterarbeit ist, die Beschreibung eines Leitfadens zur Implementierung von Industrie 4.0 in produzierenden Klein- und Mittelstandsunternehmen. Zuvor wird die theoretische Grundlage zum Thema Industrie 4.0 erarbeitet, sowie Recherche und Bewertung bestehender Einführungsmodelle analysiert. Aus dieser Analyse soll ein anwendungsorientiertes Einführungsmodell erläutert und mit dem Fokus auf Entscheidung bzw. Umsetzung analysiert und abgeleitet werden. Des Weiteren wird betrachtet, welchen Einfluss Industrie 4.0 auf die Qualifizierungsanforderungen der Mitarbeiter, die Arbeitsorganisation und Agilität in einem existierenden Produktionsumfeld hat. Nachdem die Kernelemente und der Leitfaden beschrieben sind, wird die Einsatzmöglichkeit des erstellten Leitfadens analysiert.

Schwerpunkte sind:

- Schaffung theoretischer Grundlagen, Recherche und Bewertung verschiedener Einführungsmodelle von Industrie 4.0
- Ableiten eines Einführungsmodells mit Fokus auf die Entscheidung bzw. Umsetzung
 - Was sind die Kernelemente und wie kann eine Umsetzung von Industrie 4.0 im produzierenden Klein- und Mittelstandsunternehmen ermöglicht werden?
 - Welchen Einfluss hat das Einführungsmodell auf die Qualifizierung der Mitarbeiter, die Arbeitsorganisation und Agilität in einem Produktionsumfeld?
- Darstellung des Einführungsmodells als Leitfaden
- Analyse der Anwendungsmöglichkeiten des Leitfadens

2 Theoretische Grundlagen, Modelle zu KMU

In diesem Kapitel werden zum einen die theoretischen Eckdaten der kleinst-, klein und mittelständischen Unternehmen (KMU) und deren volkswirtschaftliche Bedeutung in Deutschland dargestellt. Zum anderen wird der Weg von Industrie 1.0 bis zur Industrie 4.0 beschrieben, dabei wird genauer auf die Definition der Industrie 4.0 (INDUSTRIE 4.0) eingegangen. Ebenso werden in diesem Kapitel Einführungsmodelle von Industrie 4.0 im produzierenden KMU betrachtet, sowie die theoretischen Grundlagen des Changemanagements erläutert.

2.1 Kleinst, kleine- und mittlere Unternehmen

Kleinstunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stellen einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor Deutschlands und der Europäischen Union (EU) dar. KMU erwirtschaften den größten Teil des deutschen Bruttoinlandproduktes und schaffen die meisten Arbeitsplätze (1, S. 3) (2, S. 2). Deshalb werden im Kapitel 3.1.1 und 3.1.2 die theoretischen Grundlagen von KMU genauer erläutert.

2.1.1 Definition und Charakterisierung von Unternehmen des KMU

Eine allgemeingültige Definition von kleinst-, kleinen- und mittleren Unternehmen existiert nicht, welches zum einen an der Heterogenität und zum anderen an der Komplexität der Unternehmensstrukturen des KMU in Deutschland liegt. Deshalb wurden qualitative, sowie quantitative Merkmale zur Charakterisierung von kleinen und mittleren Unternehmen festgelegt. Quantitative Merkmale, also messbare Werte, stellen eine effektive Möglichkeit zur Orientierung dar (3, S. 3).

Wie in Tabelle 1 zu sehen, können die quantitativen Merkmale, je nach beschriebenen Institutionen, unterschiedlich sein. Betrachtet werden zwei bis drei Merkmale, Mitarbeiteranzahl, Umsatz und zum Beispiel bei der EU-Kommission auch die Bilanzsumme. Bezug auf die Definition der EU-Kommission nehmen auch Institutionen wie die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) oder die Beratungsförderung des Bundes. Das Europäische Kompetenzzentrum für Mittelstandsforschung (EKAM) und das Institut für Mittelstandsforschung, Bonn (IfM Bonn) haben wiederum eigene quantitative Merkmale zur

Definition von KMU festgelegt. Die Institutionen in Tabelle 1 sind nur exemplarisch aufgeführt, es gibt noch weitere Definitionen von anderen Institutionen.

Tabelle 1: Quantitative eingeführte Merkmale der Definitionen von KMU (in Anlehnung an (3, S. 4) und(3) (4))

Institution	Definition KMU
EU-Kommission	Grenze für mittelgroße Unternehmen: < 250 Beschäftigte, Jahresumsatz < EUR 50 Mio. oder Bilanzsumme < EUR 43 Mio.
Institut für Mittelstandsforschung, Bonn (IfM Bonn)	< 500 Beschäftigte und Umsatz < EUR 50 Mio.
Europäisches Kompetenzzentrum für Mittelstandsforschung (EKAM)	< ca. 3.000 Mitarbeiter und < ca. EUR 600 Mio. Jahresumsatz
Beratungsförderung des Bundes	Es gilt die empfohlene Definition der EU-Kommission.
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Es gilt die empfohlene Definition der EU-Kommission.

Durch die Abgrenzung von rein quantitativen Merkmalen, wie in der Tabelle 1 zu sehen, kann ein Unternehmen zwar eindeutig dem KMU zugeordnet werden, jedoch handelt es sich hierbei um willkürliche und politische Grenzwerte. „Während ein Betrieb mit 249 Mitarbeitern noch als Unternehmen mittlerer Größe zählt, gilt es durch die Einstellung eines weiteren Mitarbeiters bereits als Großunternehmen.“ (5, S. 10) Es wird mit diesem Beispiel aufgezeigt, dass eine reine Eingrenzung nach festen Zahlenwerten immer auch eine gewisse Problematik mit sich bringt. Der zusätzliche Mitarbeiter wird sehr wahrscheinlich nicht im selben Maße den Umsatz so stark steigern, dass das Unternehmen dadurch direkt oberhalb der 50 Mio. Euro Grenze liegt. Das Unternehmen ist also in einer anderen Größenkategorie eingeordnet, generiert aber nicht im selben Maße den Umsatz eines großen Unternehmens (5, S. 10). Dieser Effekt kann auch Auswirkungen auf Kreditvergaben bei Banken oder auch dem Antrag von Fördermitteln haben. Unter anderem ist durch die neue Eingruppierung ein Antrag Fördermitteln bei dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwi) „Digital Jetzt-Neue Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands“ (6) deutlich erschwert. Deshalb werden neben den quantitativen Merkmalen auch qualitative Merkmale betrachtet. Diese stellen weitere Aspekte zur Unterscheidung von KMUs zu Großunternehmen dar. Durch die Varianz der unterschiedlichen Unternehmen und deren Produkte, Dienstleistungen, Führungsstrukturen, Prozess- und Projekthandhabung sind diese Merkmale nicht standardisiert. Unterschiedliche Merkmale treffen dadurch mehr oder weniger auf bestimmte kleine oder mittelständische Unternehmen zu. Zusätzlich gibt es eine Vielzahl von neuen Unternehmen, sogenannten Startups, welche sich von dem klassischen, zum Beispiel produzierenden Mittelstand, stark unterscheiden können (3, S. 6).

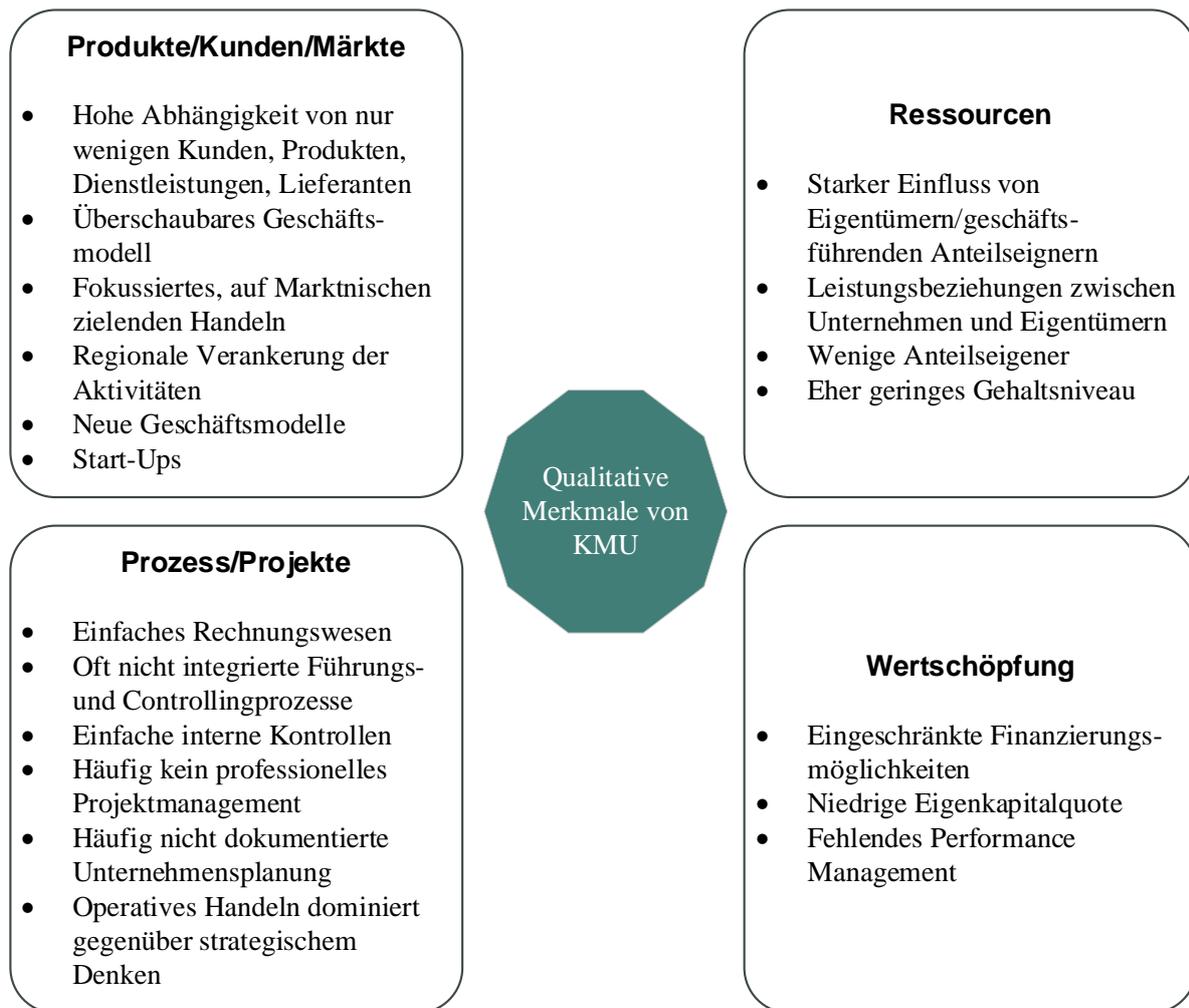


Abbildung 1: Qualitative Merkmale von KMU (in Anlehnung an (7, S. 19) und (3, S. 5))

In der Abbildung 1 sind einige qualitative Merkmale aufgeführt, welche Strukturen in vielen KMUs widerspiegeln. So ist die Kapitalbindung von vielen KMUs eher nicht so hoch und dadurch die Finanzierungsmöglichkeiten eingeschränkt. Häufig ist ein dominierendes Merkmal auch die Eigentümerstruktur im Vergleich zu Großunternehmen, oftmals sind KMUs in Familienbesitz oder die Leitung des Unternehmens wird von einem Anteilseigner übernommen. Ebenso besteht eine hohe Abhängigkeit von wenigen Kunden oder Lieferanten (5, S. 13) (3, S. 5–10). Eine Bestimmung der Zugehörigkeit von Unternehmen bzw. die Charakterisierung von KMUs sollte am besten mit von Hilfe quantitativen und qualitativen Merkmalen durchgeführt werden, so ist eine Bestimmung eindeutiger und umfasst mehr Einzelfälle.

2.1.2 Volkswirtschaftliche Bedeutung der KMU in Deutschland

Die kleinst-, kleinen- und mittleren Unternehmen sind in vielen Bereichen der Motor der deutschen Volkswirtschaft.

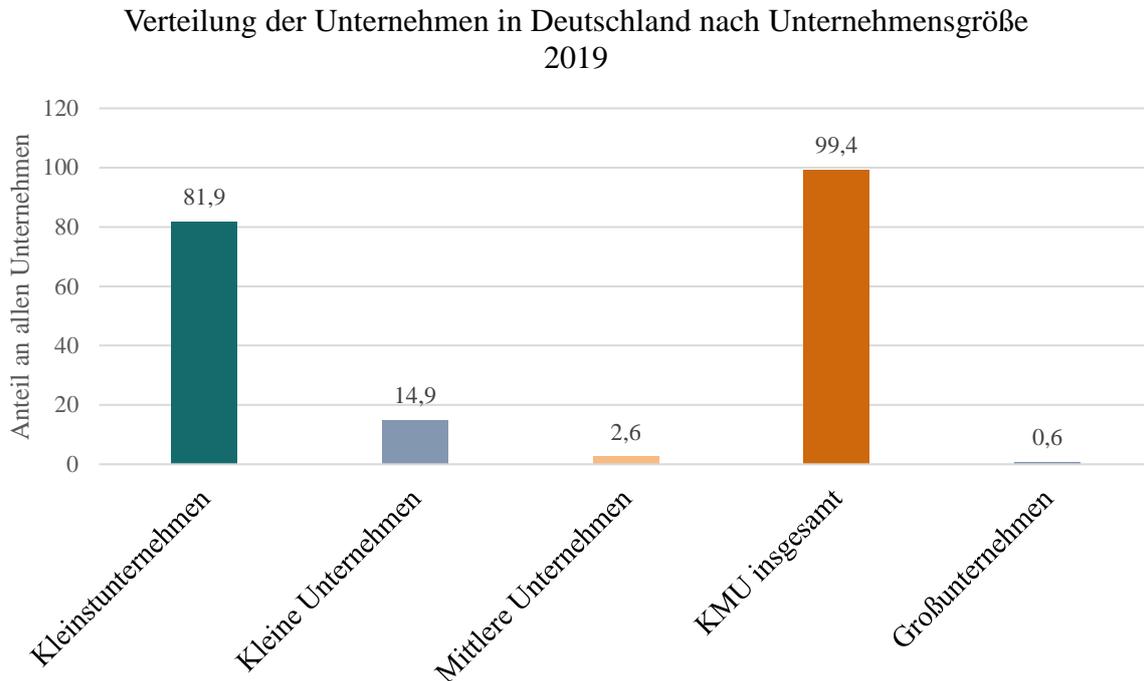


Diagramm 2: Verteilung nach Unternehmensgröße 2019 (in Anlehnung an 8)

Wie im Diagramm 2 zu erkennen, sind 99,4 Prozent der Unternehmen 2019 dem KMU zuzurechnen und Großunternehmen machen nur einen Anteil von 0,6 Prozent in Deutschland aus.

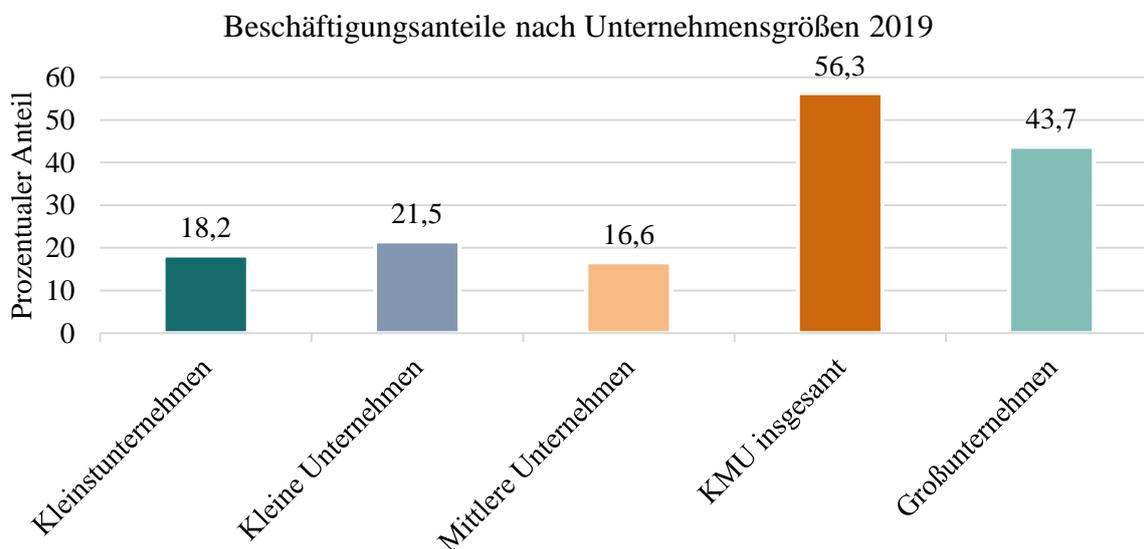


Diagramm 3: Beschäftigungsanteile nach Unternehmensgrößen 2019 (in Anlehnung an 9)

Wie im Diagramm 3 dargestellt, sind die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten zwar nicht in derselben Größenordnung verteilt, wie auf Basis der Daten von Diagramm 2 anzunehmen wäre, dennoch sind die meisten Arbeitnehmer in Deutschland in einem kleinst-, kleinen- oder mittleren Unternehmen angestellt. Damit kommen über die Hälfte aller Arbeitsplätze in

Deutschland aus Unternehmen welche nach quantitativen Merkmalen dem KMU entsprechen. Zusätzlich wird der größte Anteil an Auszubildenden im KMU ausgebildet (10).

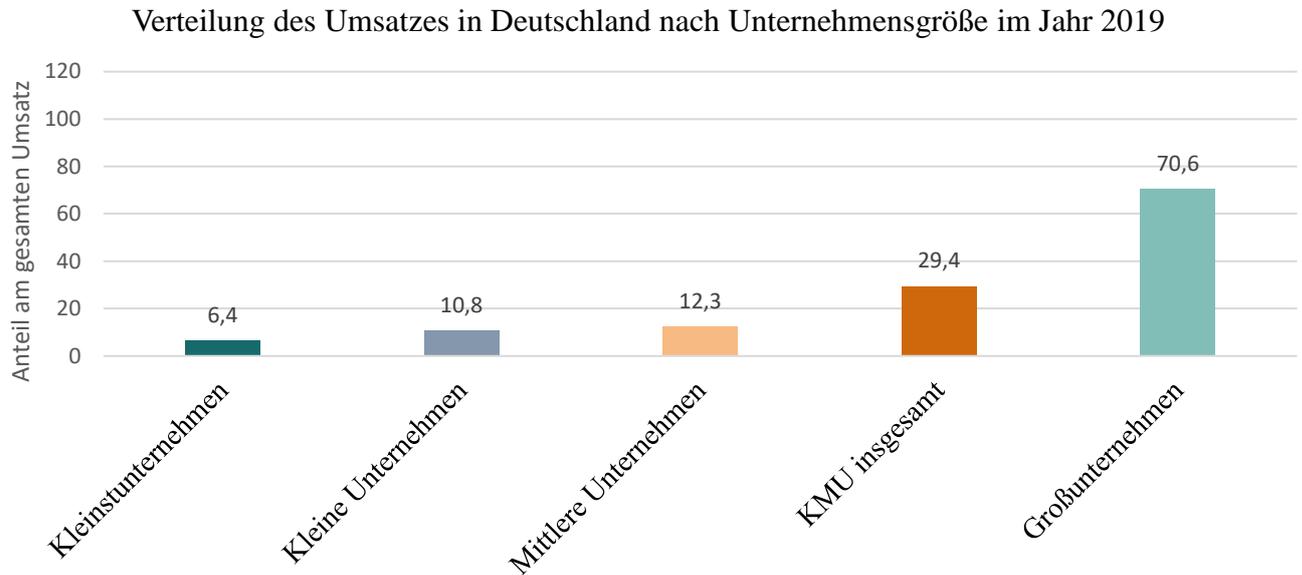


Diagramm 4: Verteilung des Umsatzes in Deutschland nach Unternehmensgröße im Jahr 2019 (in Anlehnung an 11)

Trotzdem die meisten Menschen in Deutschland für Unternehmen des KMU arbeiten, erwirtschaften, wie in Diagramm 4 dargestellt, diese Unternehmen nicht den größten Umsatzanteil in Deutschland, welcher mit einem Anteil von 70,6% in Großunternehmen erwirtschaftet wird. Auch bei Bruttoinvestitionen in Sachanlagen und Personalaufwendungen verzeichnen Großunternehmen ebenfalls einen höheren prozentualen Anteil als Unternehmen des KMU. Variieren kann die Bedeutung der KMU je nach Wirtschaftsbereich, so ist der Umsatzanteil von Unternehmen des KMU im Bereich der Energieversorgung bei ungefähr 4%, wohingegen im Bau- und Gastgewerbe der Umsatzanteil von 78% erwirtschaftet wurde (12).

Des Weiteren sind viele deutsche Unternehmen des KMU Weltmarktführer mit den angebotenen Produkten oder Dienstleistungen. So sind in Deutschland mit Abstand die meisten sogenannten Hidden Champions ansässig und mit diesen Firmen des KMU auch ein sehr großes Know-how in deren jeweiligen Marktsegment (10). „Der Begriff *Hidden Champions* wurde von Hermann Simon Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts geschaffen. Der Begriff umschreibt mittelständische Unternehmen, die weltweit erfolgreich im Wettbewerb stehen, aber weitestgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit tätig sind.“ (13, S. 7)

Bei der Betrachtung der Diagramm 2 bis Diagramm 4 sollte erwähnt werden, dass es sich um eine Erhebung der Unternehmensgrößen nach quantitativen Merkmalen handelt. Dadurch wird die Problematik des zusätzlichen Mitarbeiters, wie im Kapitel 2.1.1 beschrieben, nicht betrachtet. Zusätzlich ist die Datenlage bis ins Jahr 2019 aufgeführt, da sich aufgrund der epidemischen Situation durch den SARS Covid 2 Virus im Jahr 2020 die wirtschaftliche Lage für Unternehmen der KMU verändert hat (14). So führten zum Beispiel der Nachfragerückgang von Produkten des KMU zu Umsatzeinbußen und damit zu einer reduzierten Liquidität, aber auch der Ausfall von Mitarbeitern hatte negative Auswirkungen. Weiter war es für einige Unternehmen eine Herausforderung, die gesetzlichen Hygienevorschriften und Abstandsregeln umzusetzen (15, S. 2). Auch die betriebliche Weiterbildung im KMU ist in dieser Zeit um 38% reduziert

worden, obwohl Weiterbildungen im Bereich Digitalisierung besonders wichtig gewesen wären (16).

2.2 Der Weg zu 4. Industriellen Revolution

Wie der in Deutschland geprägte Begriff Industrie 4.0 nahelegt, gab es davor schon industrielle Meilensteine, welche als Industrielle Revolutionen bezeichnet werden. Mit der Industriellen Revolution wird ein Umbruchprozess der Industrie zu einer moderneren Industriegesellschaft beschrieben. Damit verbunden ein vorher nicht bekanntes Ausmaß an Wirtschaftswachstum, welches nicht nur technischen, sondern auch sozialen, kulturellen und zum Teil zu politischen Veränderungen führt (17, S. 1).

Die erste Industrielle Revolution im 18. Jahrhundert hatte ihren Ursprung in England und war Folge zweier technischer Erfindungen. Zum einen die Erfindung der Spinnmaschine von James Hargreaves und zum anderen die Erfindung der direktwirkenden Niederdruck-Dampfmaschine von James Watt. Durch die Erfindung von James Watt veränderte sich nicht nur die Produktion von vielen Industrie- und Konsumgütern, sondern auch die damalige Mobilität wurde verändert. Die Dampfmaschine konnte auf Eisenbahnlokomotiven und Dampfschiffen eingesetzt werden, dadurch wurde ein gesamtwirtschaftlicher Ausbreitungseffekt beschleunigt und führte in den darauffolgenden Jahren in Europa und etwas später zu einem weltweiten Wirtschaftswachstum (18, S. 4) (17, S. 3).

Ende des 19. Jahrhunderts begann die zweite industrielle Revolution, welche ebenso maßgeblich von verschiedenen Erfindungen geprägt wurde. Unter anderem gehören hierzu der Dynamo, die Glühlampe, das Auto, das Fließband oder der erste Wechselstrom-Generator, welche nicht nur die Produktionen weltweit veränderten, jedoch ebenso das tägliche Leben in den industriellen Ländern. In Deutschland gewannen die elektronischen, chemischen, sowie die optische Industrie und der Maschinenbau an Bedeutung.

Es war durch eine Vielzahl von Erfindungen möglich, Produkte in großer Menge herzustellen, wodurch die zweite industrielle Revolution auch als Massenindustrialisierung bezeichnet wird (19, S. 4). Eines der bekanntesten Beispiele ist die Nutzung von Fließbändern in den Produktionsstätten der Ford Motor Company, durch die Autos in einer deutlich größeren Stückzahl hergestellt werden konnten. Aber nicht nur die Nutzung von Fließbändern, sondern auch die Umsetzung von Arbeitsteilung, welche auf Adam Smith und Frederick W. Taylor zurückzuführen ist, führten zu einer deutlich höheren Produktion. Im Zuge der Arbeitsteilung wurden die Fabrikarbeiter auch besser ausgebildet und bekamen höhere Löhne. Diese Grundidee, der gut ausgebildeten Industriemitarbeiter, verfolgte in Deutschland zum Beispiel auch Robert Bosch, welcher den Mitarbeitern ebenso wie Henry Ford höhere Löhne zahlte. Es entstand ein Wandel in der leistungsorientierten Bezahlung der Mitarbeiter, aber auch der Arbeitsplatzgestaltung im Hinblick auch Effizienz und Ergonomie (20, S. 12). Ein weiterer Effekt der höheren Bezahlung war die Transformation vom Mitarbeiter zum Kunden. Durch den Effekt der neu entstandenen Kaufkraft, konnten Kunden die massenhaft hergestellten Produkte kaufen (21, S. 21).

Mit dem vermehrten Einsatz von Computern begann in den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts die dritte industrielle Revolution. Arbeiten, die zuvor von Menschen durchgeführt wurden,

konnten jetzt zunehmend von programmgesteuerten Maschinen übernommen werden. Die ersten programmierbaren Steuerungen fanden in der produzierenden Industrie Anwendung, dadurch konnten nicht nur neue Produkte variantenreicher produziert werden, sondern auch effizienter gefertigt werden. Durch den Fortschritt in der Informationstechnologie (IT), die Erfindung und kontinuierliche Leistungssteigerung von Mikrochips, konnten Produktionsprozesse stärker automatisiert und zum Teil von Robotern übernommen werden (20, S. 14) (22, S. 4). „So veränderte die IT (Informationstechnologie) und die Elektronik, die unternehmerischen Organisationsformen, die eine ständig steigende Datenmenge zu verarbeiten hatte. Immer mehr Industrie und Gewerbeunternehmen, Banken, Versicherungen, aber auch der öffentliche Dienst stellten sich dieser neuen Herausforderung. Industrieunternehmen nutzten Automatisierung und EDV für Maschinenprogrammierung von Fertigungs-, Assembling-/Montage- und Revisionsvorgängen.“ (22, S. 4). Damit wurde nicht nur der Sekundärsektor, die industrielle Produktion, sondern auch im Tertiärsektor, der Dienstleistungssektor, durch die Industrie 3.0 revolutioniert.

Der Begriff Industrie 4.0 wurde erstmals der Öffentlichkeit bei der Hannover Messe 2011 von Kagermann, Lukas und Walster verwendet (22, S. 5). Im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 der deutschen Bundesregierung wurde der Begriff Industrie 4.0 erarbeitet (23, S. 1). Das innovationspolitische Beratungsgremium für die Bundesregierung *Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft*, welche sich aus Forschung und Unternehmensvertretern zusammensetzt, hat im Rahmen der Hightech Strategie sechs Zukunftsaufgaben für Wohlstand und Lebensqualität formuliert, in denen „[...]bereits an erster Stelle „Digitale Wirtschaft und Gesellschaft“ mit den zentralen Aktionsfeldern Industrie 4.0, Smart Services, Smart Data, Cloud-Computing, Digitale Vernetzung, Digitale Wissenschaft, Digitale Bildung und Digitale Lebenswelten steht.“ (23, S. 1)

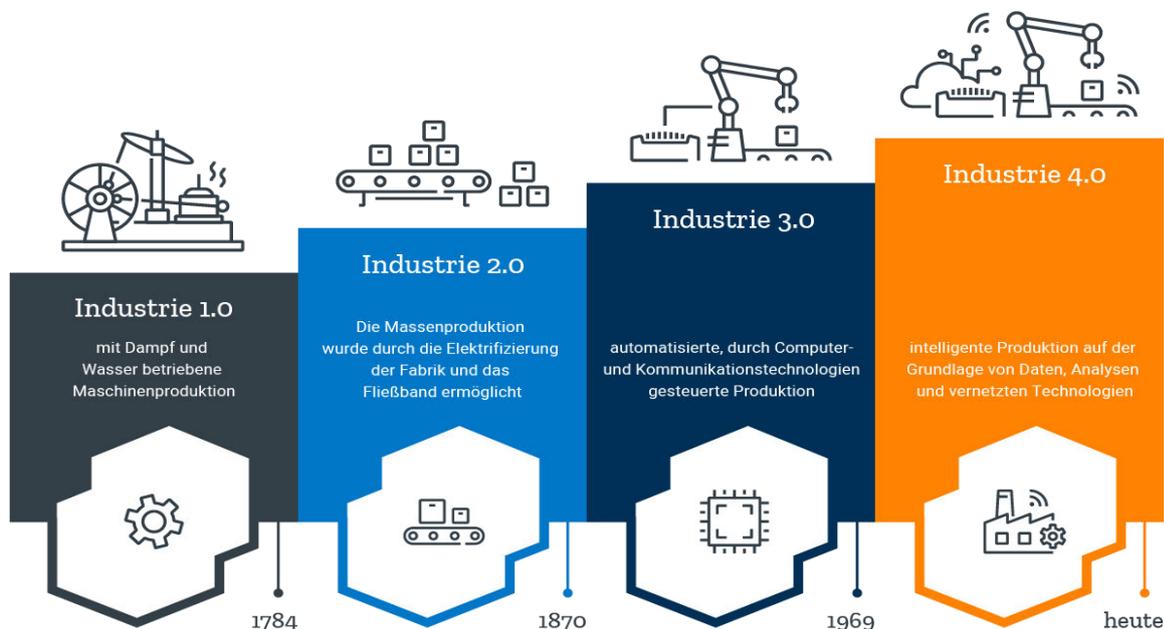


Abbildung 2: Von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0 (24)

Wie in Abbildung 2 zu erkennen, steht die Industrie 4.0 für eine intelligente Produktion auf Grundlage von Daten, jedoch ist die genaue Definition von Industrie 4.0 in Literatur und Forschung unterschiedlich definiert. Übereinstimmend wird in vielen unterschiedlichen Definitionen die Vernetzung der Produktion und der Produkte über das Internet beschrieben, welches zu

einer Synthese der physischen und der virtuellen Welt, den sogenannten Cyber-Physikalischen Systemen (CPS), führt (23, 25–27). Etwas weiter fassend definiert die Plattform Industrie 4.0, welche sich durch den Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e. V. (BITKOM), den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) und dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) zusammensetzt, die Industrie 4.0 wie folgt: „Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen“ (28, S. 10) Fertigungsabschnitte können demnach eigenständig, direkt und in Echtzeit mit einander kommunizieren. Dies führt zu einer autonomen Steuerung und intelligenten Organisationsstrukturen der Wertschöpfungskette über den gesamten Produktlebenszyklus, dadurch können Produktqualität und Effizienz deutlich gesteigert werden. Diese Definition entspricht einer Beschreibung der Industrie 4.0, welche in dieser Form in vielen Unternehmen, besonders im KMU, noch nicht vollumfänglich zutreffend ist. Jedoch ist die Digitalisierung in vielen Betrieben des KMU vorangeschritten, wodurch Produktionsdaten genutzt und verarbeitet werden können (22, S. 7).

3 Einführungsmodelle von Industrie 4.0

Die digitale Transformation verspricht viele Verbesserungen in unterschiedlichen Bereichen der Produktion. Mit der Industrie 4.0 sind viele neue technische Möglichkeiten, besonders im Bereich der Produktivitäts-, sowie der Qualitätssteigerung gegeben und werden in vielen Unternehmen bereits in Teilen implementiert. Doch die Komplexität von Industrie 4.0 führt bei vielen produzierenden Unternehmen zu Unsicherheiten (29, S. 161). Laut einem Harvard Business Review scheitern die meisten Industrie 4.0 Initiativen aufgrund einer rein technischen Fokussierung des Projektes, an mangelnder Akzeptanz der innovativen Veränderungen durch die Belegschaft oder durch fehlerhafte Managemententscheidungen (30, S. 1) (31, S. 1). Dadurch haben sich viele Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Wirtschaftsverbände und Beratungsfirmen mit der Frage beschäftigt wie Industrie 4.0 eingeführt werden kann, welches auch die zentrale Fragestellung dieser vorliegenden Masterarbeit ist. Zunächst werden die verschiedene Reifegradmodelle, Leitfäden oder Studien vorgestellt, um dann später im Rahmen dieser Masterarbeit in die Analyse überzugehen und ein Einführungsmodell abzuleiten.

3.1 Maturity Index Acatech

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (acatech) hat bereits im April 2013 ein Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 unter dem Titel „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ veröffentlicht (32). Im Jahr 2017 wurde eine überarbeitete Fassung der Studie mit dem Titel „Industrie 4.0 Maturity Index“ und 2020 eine weitere veränderte Fassung unter demselben Titel veröffentlicht. (33). Auf die letztere Fassung wird im Folgenden eingegangen.

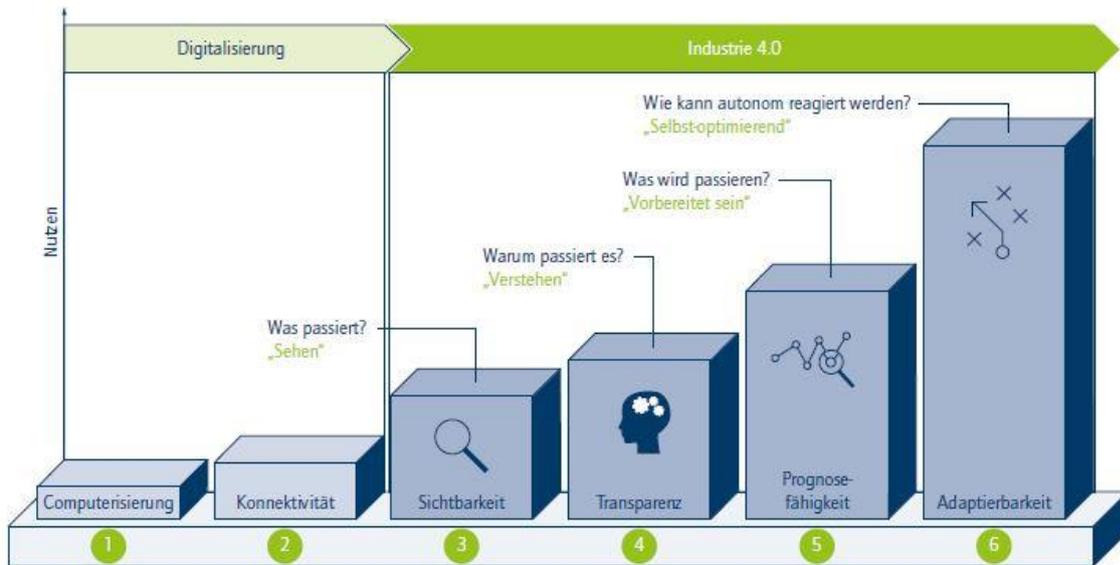


Abbildung 3: Industrie 4.0 Entwicklungspfad (33, S. 6)

Der in Abbildung 3 dargestellte Entwicklungspfad stellt, laut der acatech Studie, die erforderliche stufenweise Entwicklung eines Produktionsunternehmens dar, dessen Entwicklungsstufen aufeinander aufbauend sind.

- Die erste Stufe, der Computerisierung, bildet den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Unternehmens. Rechnerunterstützte Produktionsmaschinen sind ein Beispiel für eine erfolgreiche Computerisierung und ermöglichen eine effizientere und weniger Fehler anfällige Produktion.
- Die zweite Entwicklungsstufe eines Produktionsunternehmens ist die Konnektivität der Kerngeschäfte. Operative Technologien (OT) sind zum Teil mit der Business-IT verbunden, das heißt, dass zum Beispiel ein CAD/CAM Prozess nach Fertigstellung mit allen dazugehörigen Daten direkt in die Produktion gelangt.
- Die Stufe drei in der Darstellung bildet ein Basiselement der Implementierung von Industrie 4.0. Die acatech Studie bezeichnet diese Stufe als „digitalen-Schatten“, mit welchen ein digitales Modell anhand von Daten erstellt werden kann. Schlüsselkennzahlen (KPIs) werden ganzheitlich, unternehmensweit erfasst und können verarbeitet, beziehungsweise analysiert werden. Durch den Einsatz von Sensorik, Mikrochips und Netzwerktechnik, kann diese Stufe unter Betrachtung einer rein technischen Ebene erfüllt werden, jedoch ist ein Umdenken der Organisationsstrukturen in vielen Unternehmen wichtiger. „Das bedeutet eine Auflösung klassischer Ablaufstrukturen und eine stärkere

Einbindung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Veränderungsprozess,[...] Dazu ist außerdem eine engmaschige Kommunikationskultur notwendig, in der Prozessabweichungen und Innovationen frei diskutiert werden und der Verbesserungswille im Fokus steht.“ (33, S. 19–20)

- Die vierte Stufe, die Transparenz, baut auf die Datenlage des digitalen Schattens auf. Ursachenanalysen und das damit verbundene Wissen über Wirkzusammenhänge von Prozessen, führen zu einer semantischen Verknüpfung von Daten. Ursachen von eventuellen Problemen werden transparent, da diese im Kontext analysiert werden. Für eine effektive Nutzung von großen Datenmengen (Big Data) sind Technologien, welche diese erfassen und analysieren können, die Basis für die Transparenz von Wirkungszusammenhängen.
- Big-Data-Technologien, Analytics, sowie Data-Mining-Verfahren stellen eine entscheidende Rolle bei der Prognosefähigkeit dar (34, S. 58), welches die fünfte Stufe des Entwicklungspfades der acatech Studie darstellt.
- „Die Prognosefähigkeit eines Unternehmens hängt im entscheidenden Maß von der geleisteten Vorarbeit ab. Ein hinreichend ausgebildeter digitaler Schatten in Verbindung mit bekannten Wirkungszusammenhängen legt den Grundstein für eine hohe Güte der Prognosen und hieraus abgeleiteter Handlungsempfehlungen.“ (33, S. 20)
- Die letzte Stufe ist die Adaptierbarkeit der Daten aus Stufe vier und fünf, das heißt die Verwendung von Daten, auf welche autonome Entscheidungen getroffen werden, die dann den größtmöglichen Output generieren. Zum Beispiel könnte, ohne menschliches Eingreifen, bei Lieferverzögerungen die Produktion angepasst und ein anderes Produkt vorgezogen werden, welches erst zu einem späteren Zeitpunkt hätte gefertigt werden sollen.

Um weitere Schritte in Richtung Industrie 4.0 gehen zu können, muss ein Unternehmen in der Lage sein, den aktuellen Stand der eigenen Abteilungen, die Prozesse, das Personal, das Management bzw. die Firmenkultur in den Entwicklungspfad einordnen zu können.



Abbildung 4: Phasenmodell, Anwendung des Maturity Index (33, S. 48)

Wie in Abbildung 4 zu erkennen, bestehen die Phasen des acatech-Modells erstens aus der Reifegradbestimmung, zweitens der Soll-Bestimmung und drittens den daraus abzuleitenden Maßnahmen. Bei der Phase 1, der Reifegradbestimmung, wird beurteilt, wie weit das Unternehmen im Entwicklungspfad einzuteilen ist.

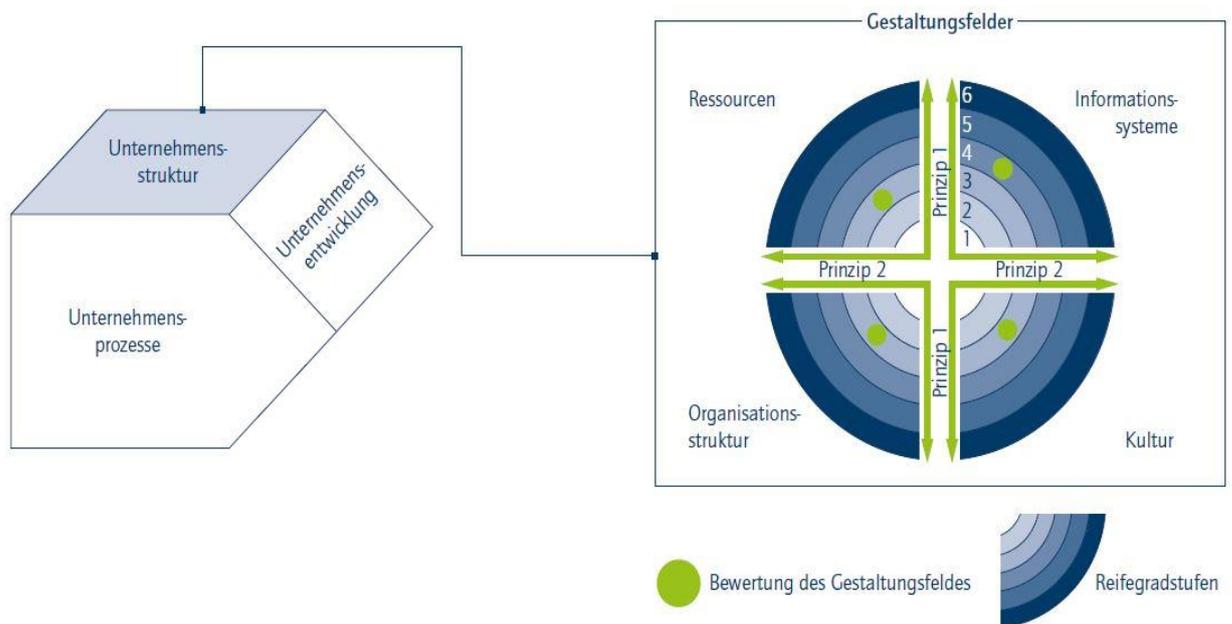


Abbildung 5: Beispiel Aufbau des Gestaltungsfeldes Unternehmenstruktur (33, S. 23)

Wie in Abbildung 5 exemplarisch dargestellt, wird die Unternehmensstruktur bewertet und visuell mit den abgebildeten grünen Punkten in den Gestaltungsfeldern eingetragen. Die blauen Ringe stellen dabei die zuvor beschriebenen Reifegradstufen dar. Dabei orientiert sich das Unternehmen an den Gestaltungsfeldern Ressourcen, Informationssysteme, Organisationsstruktur und Unternehmenskultur. Um eine genaue Einteilung der aktuellen Industrie 4.0 Fähigkeiten eines Unternehmens zu bestimmen, wird eine Ist-Analyse vor Ort, sowie eine Befragung durchgeführt. Bei der Befragung kann sich das Unternehmen an bestehenden Fragen des acatech-

Modells orientieren und daraus ableiten, wo sich das Unternehmen einteilen sollte. Des Weiteren wird dieses Vorgehen in mehreren, wenn nicht allen Funktionsbereichen, zum Beispiel Entwicklung, Produktion, Logistik oder auch Marketing und Vertrieb durchgeführt. Nach der Reifegradbestimmung folgt die Soll-Bestimmung: wo will sich das Unternehmen realistisch in den nächsten Jahren hin entwickeln. Ist der Entwicklungspfad klar, kann eine Gap-Analyse durchgeführt werden. Das heißt, es folgt nach dem Verständnis des unternehmerischen Industrie 4.0 Reifegrades eine Analyse, wie weit man von den gesetzten Zielen entfernt ist und darauffolgend eine Identifikation von konkreten, individuellen Maßnahmen zum Erreichen der Zielsetzung.

Die acatech Studie empfiehlt, dass zum Umsetzen des vorgestellten Modells weitere Methoden und zukünftige Werkzeuge zum individuellen Umsetzen zu verwenden sind. acatech gibt als weitere Handlungsempfehlung, dass Unternehmen möglichst die Spezifika der einzelnen Industrien bekannt oder durch weitere Validierung untersucht werden sollten, umso zusätzliche Informationen zu gewinnen, die das Modell ergänzen könnten. Damit kann das Modell benutzt, sollte aber für die individuelle Verwendung angepasst werden. acatech betont, dass das Modell kontinuierlich weiterentwickelt werden muss und durch Austausch mit Industrie- oder Forschungspartnern weitere Elemente hinzugefügt werden (33, S. 55).

3.2 Industry 4.0 Pricewaterhouse Coopers

Pricewaterhouse Coopers GmbH (PwC) hat im Jahr 2016 eine Umfrage mit dem Titel „*Industry 4.0: Building the digital enterprise*“ veröffentlicht, in welcher Handlungsempfehlungen, zur Schaffung eines digitalisierten Unternehmens gegeben wurden. Die Umfrage wurde mit über 2000 Befragten in 26 Ländern durchgeführt (35).



Abbildung 6: PwC 6 Schritte zu Industrie 4.0 (35, S. 10)

Wie in Abbildung 6 zu erkennen, unterteilt PwC den entworfene Industrie 4.0 Leitfadens in sechs Maßnahmen.

- Die erste Maßnahme ist die Definition eines Digitalisierungsfahrplanes für Industrie 4.0 (Englisch: *Map out your Industry 4.0 strategy*). PwC empfiehlt eine Ist-Analyse des

Unternehmens durchzuführen, um den schon eventuellen bestehende Digitalreife Grad zu bestimmen. In dem Dokument, auf welches sich hierbei bezogen wird, wird offen gelassen, welche Analysetools dafür genutzt werden sollen. In einer Zusammenarbeit mit PwC, würde dies als Angebotsleistung übernommen werden (35, S. 10). Weiter soll ein fünf Jahres Digitalisierungsplan mit klaren Zielen und Vorstellungen entworfen werden. Darauffolgend sollen Maßnahmen, welche den größten Nutzen bei einer Digitalen Transformation bringen könnten, abgeleitet werden. PwC betont hierbei die Wichtigkeit, dass die Planung mit der Unternehmenskultur und den Unternehmenszielen abgestimmt ist. Ebenso wichtig ist es laut PwC, dass die Führungsebene eines Unternehmens bereit und willens ist, eine digitale Transformation umzusetzen.

- Die zweite Maßnahme, das Umsetzen von Pilotprojekten (Englisch: *Create initial pilot projects*), sollte für ein Proof of Concept (PoC) genutzt werden. Durch das Sammeln von Erfahrungen im Rahmen von kleinen Pilotprojekten, wird die Umsetzungsfähigkeit des Digitalisierungsplanes erarbeitet. In kleinen Projekten wird damit viel Erfahrung gesammelt. Auch betont PwC in der Beschreibung der zweiten Maßnahme, dass einige der kleinen Pilotprojekte scheitern könnten. Es sei wichtig zu erkennen, dass ein nicht erfolgreiches Pilotprojekt genutzt werden kann, um einen großen Erkenntnisgewinn zu generieren. Dafür sollte jedes Projekt retrospektiv betrachtet und analysiert werden. Dadurch können Standards entwickelt werden, welche zu einer Fehlervermeidung bei einem großen Industrie 4.0 Roll-Out beitragen. Weiter können solche Erfahrungen zu einer Zusammenarbeit mit Start-ups, Firmen mit Erfahrung in Digitalisierung, oder Forschungsprojekte mit Universitäten entstehen. Erkenntnisgewinn über abgeschlossene Projekte, erste Erfahrung im Bereich Digitalisierung, Zusammenarbeit mit Partnern führt zu einer Fehlervermeidung bei größeren Projekten und zu einem größeren Innovationsschub innerhalb der eigenen Organisation, so PwC.
- Durch die gesammelte Erfahrung aus Maßnahme zwei, können in der dritten Maßnahme die benötigten Fähigkeiten bzw. Kapazitäten definiert werden (Englisch: *Define the capabilities you need*). Ebenso sollten technische Kapazitäten geprüft werden, eventuell wird eine flexible IT-Infrastruktur benötigt oder eine W-LAN Ausleuchtung ergibt, dass die Netzqualität nicht in der gesamten Fertigung in ausreichender Signalstärke vorhanden ist. Weiter kann eine Analyse ergeben, dass qualifiziertes Personal fehlt. „Remember to develop strategies for attracting people and improving processes as well as for implementing new technologies. Your success with Industry 4.0 will depend on skills and knowledge. Your biggest constraints may well be your ability to recruit the people needed to put digitisation into place.“ (35, S. 10) (Anhang 1.1)
- Die vierte Maßnahme des PwC Leitfadens steht im Fokus der Datenanalyse und die Wichtigkeit der eigenen Kompetenz des Unternehmens, diese auch zu verarbeiten (Englisch: *Become a virtuoso in data analytics*). Die Fähigkeit der Datenanalyse muss nicht zu Beginn der Industrie 4.0 Unternehmensinitiative vollumfänglich im eigenen Unternehmen vorhanden sein, sollte aber sukzessive aufgebaut werden. Das führt entweder zu Einstellungen von hochqualifiziertem Personal oder zu unternehmensübergreifenden Kooperationen. Wichtig ist aber laut PwC, dass ein Unternehmen in der Lage ist, direkte

Entscheidungen auf Grundlage von Datenanalysen treffen zu können. Eine Verbesserung des Fertigungsprozesses, eine Qualitäts- und Effizienzsteigerung, sowie neue Serviceangebote oder eine Erweiterung der Produktpalette können laut PwC Folge einer sicheren und weitreichenden Datenanalyse sein.

- Häufig muss damit ein Umdenken der Unternehmensstruktur einhergehen, welches unter Maßnahme fünf (Englisch: Transform into a digital enterprise) beschrieben wird. Das Unternehmen muss sich nicht nur mit Digitalisierung beschäftigen, sondern ein digitales Unternehmen werden. Industrie 4.0 muss zu einer Durchdringung aller Unternehmensebenen führen. Nicht nur die direkt betroffenen Mitarbeiter, sondern ebenso muss die Unternehmensführung eine Verbindlichkeit und Leistungsbereitschaft für eine digitale Unternehmenskultur haben. Neue Wege der digitalen Produktion müssen erprobt werden, Projekte umgesetzt und iterativ immer wieder auf eine mögliche Verbesserung durch Digitalisierung überprüft werden.
- Sind die Mitarbeiter qualifiziert, die Produktion und die Unternehmenskultur auf Digitalisierung ausgerichtet, gilt es nach der sechsten Maßnahme der Handlungsempfehlung von PwC, dem Kunden komplett Produkt und Service Lösungen anzubieten (Englisch: Actively plan an ecosystem approach). Ist dies nicht durch eigene Kompetenzen zu erreichen, sollte auch hier auf Kooperationen gesetzt werden. „Real breakthroughs in performance happen when you actively understand consumer behaviour and can orchestrate your company’s role within the future ecosystem of partners, suppliers and customers.“ (35, S. 10) (Anhang 2.1)

3.3 Leitfaden zur Orientierungshilfe VDMA

Einen weiteren Leitfaden zur Orientierungshilfe hat der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Darmstadt und dem Institut für Produktionstechnik Karlsruhe, unter dem Titel Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe für den deutschen Mittelstand, erarbeitet (36). Ziel des genannten Leitfadens ist es, Werkzeuge und Vorgehensweisen für die digitale Entwicklung eines Unternehmens des KMU zu geben.

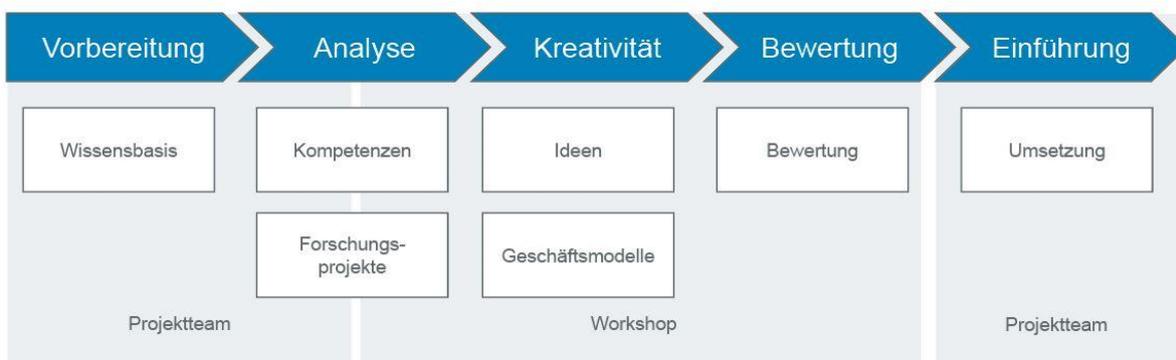


Abbildung 7: Aufbau Leitfaden VMDA (36, S. 10)

Der Leitfaden ist, wie in Abbildung 7 dargestellt, in fünf unterschiedliche Phasen eingeteilt.

- Laut VDMA ist die Vorbereitungsphase der Ausgangspunkt für die weitere Erarbeitung der Digitalisierung. Diese Phase soll alle Beteiligten dazu dienen, einen Wissenstand über den eigenen Markt, sowie die eigene Produktion und grundlegendes Wissen über Industrie 4.0 aufzubauen.
- Bei der Analysephase soll die vorhandenen, internen Kompetenzen zum Thema Digitalisierung analysiert werden.
- Die Kreativitätsphase dient als Ideenfindungsphase mit anschließender Ausarbeitung.
- Bei der vierten Phase, der Bewertung, werden die zuvor erarbeiteten Ideen bewertet.
- In der fünften Phase, der Einführung, auf Machbarkeit geprüft. Weiter umfasst die Orientierungshilfe des VDMA zwei Werkzeugkästen, zum einen für Produkte und zum anderen für die Produktion (36, S. 10).

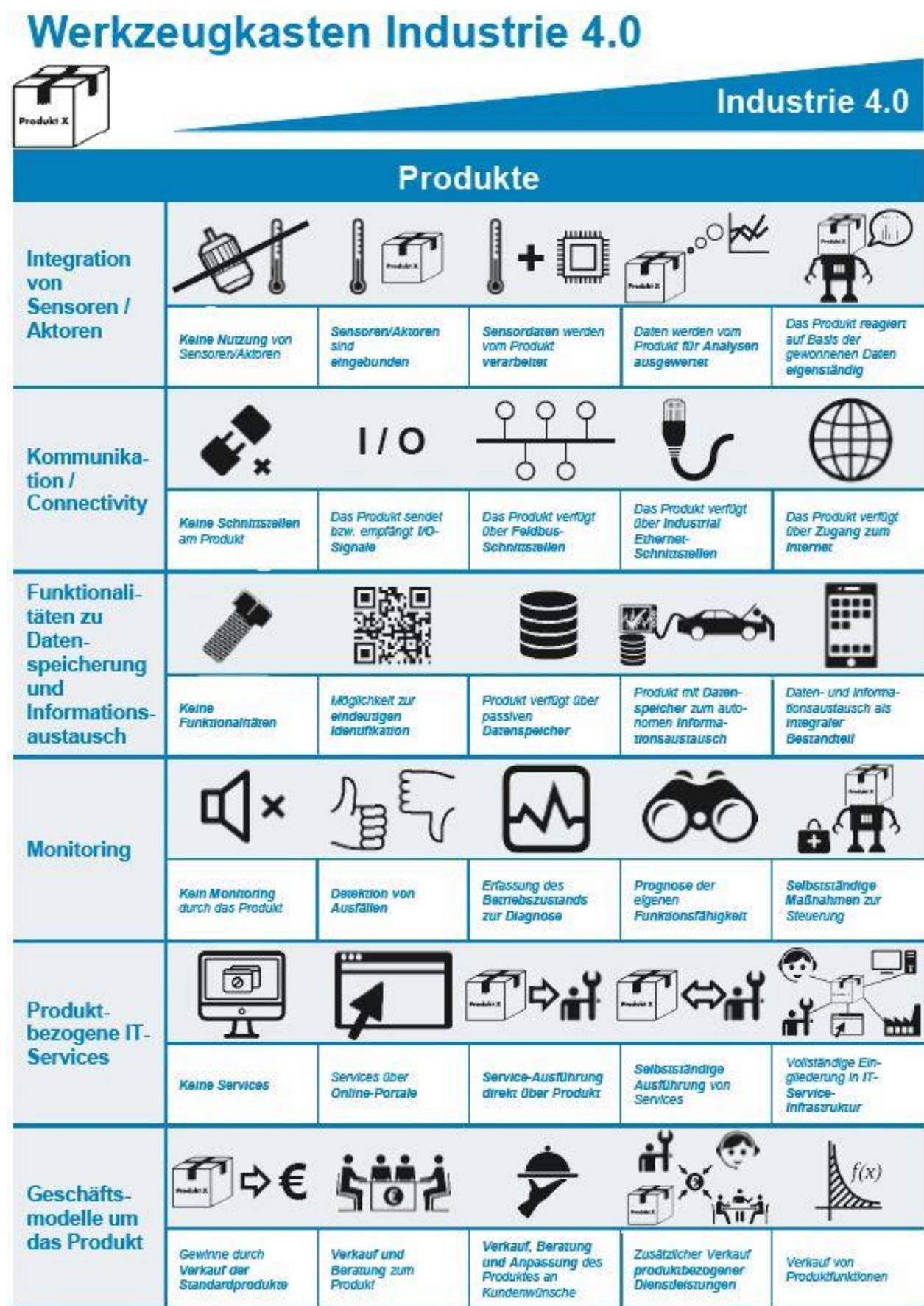


Abbildung 8: Werkzeugkasten Industrie 4.0 Produkt (36, S. 11)

In Abbildung 8 ist der Werkzeugkasten des VDMA Leitfadens für Produkte dargestellt. Da der VDMA einen Leitfaden speziell für den produzierenden KMU erarbeitet hat, ist der Werkzeugkasten, mit einem grundlegenden technischen Verständnis, gut verständlich, weshalb im Folgenden nicht auf jede Zeile eingegangen wird, nur auf die unterste „Geschäftsmodelle um das Produkt“. Von links nach rechts steigt in den einzelnen Zeilen der Industrie 4.0 Fortschritt. So wird zum Beispiel bei der ersten Zeile der Abbildung 8 dargestellt, dass keine Sensoren oder Aktoren verbaut sind und damit keine Daten generiert werden können, wohingegen das letzte Feld in der ersten Zeile, die fortgeschrittene Entwicklungsstufe darstellt, so dass Produkte eigenständig auf Daten autonom reagieren können. Nach diesem Prinzip sind alle Zeilen des Werkzeugkastens aufgebaut.

Die Zeile „Geschäftsmodelle um das Produkt“ beginnt mit der Stufe eins, dem Verkauf des reinen und technisch nicht verbesserten Produktes und endet mit dem Verkauf des angepassten und verbesserten Produktes, sowie dazugehörige Produktfunktionen. Auf dem Weg dahin, beinhaltet die Digitale Transformation laut VMDA, unter anderem die Beratung, angepasste Produkte, sowie produktbezogene Dienstleistungen. Es bedeutet also, dass innovative Technologien bzw. innovative Produkte nicht nur Umsatz durch den reinen Verkauf des Produktes generieren, sondern auch noch weitere Umsatzmöglichkeiten bieten. Als Beispiele für solche zukünftigen Produkte und Services nennt der VDMA die Erfassung von Betriebszuständen in Echtzeit und eine damit verbundene Verarbeitung der erfassten Daten, welche dann als Service dem Kunden angeboten werden können, darauf kann unter anderem eine zustandsbasierte Instandhaltung folgen.

Der zweite Werkzeugkasten Produktion ist in Abbildung 9 dargestellt. Das Prinzip des Aufbaus des Werkzeugkastens Produktion ist das selbe, wie der Aufbau des Werkzeugkastens Produkte, von links nach rechts ist die Entwicklung des Industrie 4.0 Level zu erkennen. Auch bei dem Werkzeugkasten in Abbildung 9 wird im Folgenden nicht auf jede Zeile eingegangen. Die vierte Zeile wird die Entwicklung der Information und Kommunikationstechnologie (IKT) in der Produktion beschrieben. Angefangen beim Informationsaustausch über E-Mail bzw. Telekommunikation, weiter zu zentralen Datenservern oder darauffolgend Webportale, welche eine gemeinsame, gleichzeitige Nutzung in der Produktion ermöglichen, bis hin zu automatisiertem, autonomem Informationsaustausch mit Einbindung aller an der Werkschöpfungskette notwendigen, beteiligten Personen. Durch eine gut ausgebaute IKT-Infrastruktur, kann eine Produktion effizienter werden. Die funktionierende IKT legt laut VDMA den Grundstein für eine sehr enge Zusammenarbeit mit Zulieferer oder auch Kunden. Die Industrie 4.0 Vision der VDMA wird damit beschrieben, dass Zulieferer und Partner einen Teil des Wertschöpfungsnetzwerkes darstellen und in die Prozessgestaltung integriert werden. Mensch-Maschinen-Schnittstellen (MMS) stehen im Fokus der Digitalisierung, Produkte und Produktionsmaschinen werden immer komplexer und Menschen müssen an diese neuen Umstände herangeführt werden. Des Weiteren werden produktionsrelevante Daten in einem notwendigen Umfang mit den Mitarbeitern geteilt. Lokale Anzeigeräte sind ein erster Schritt, jedoch häufig nicht ausreichend. Produktionssteuerung und Überwachung über mobile Anzeigeräte ermöglichen eine Flexibilisierung der Produktion (36, S. 11–15).

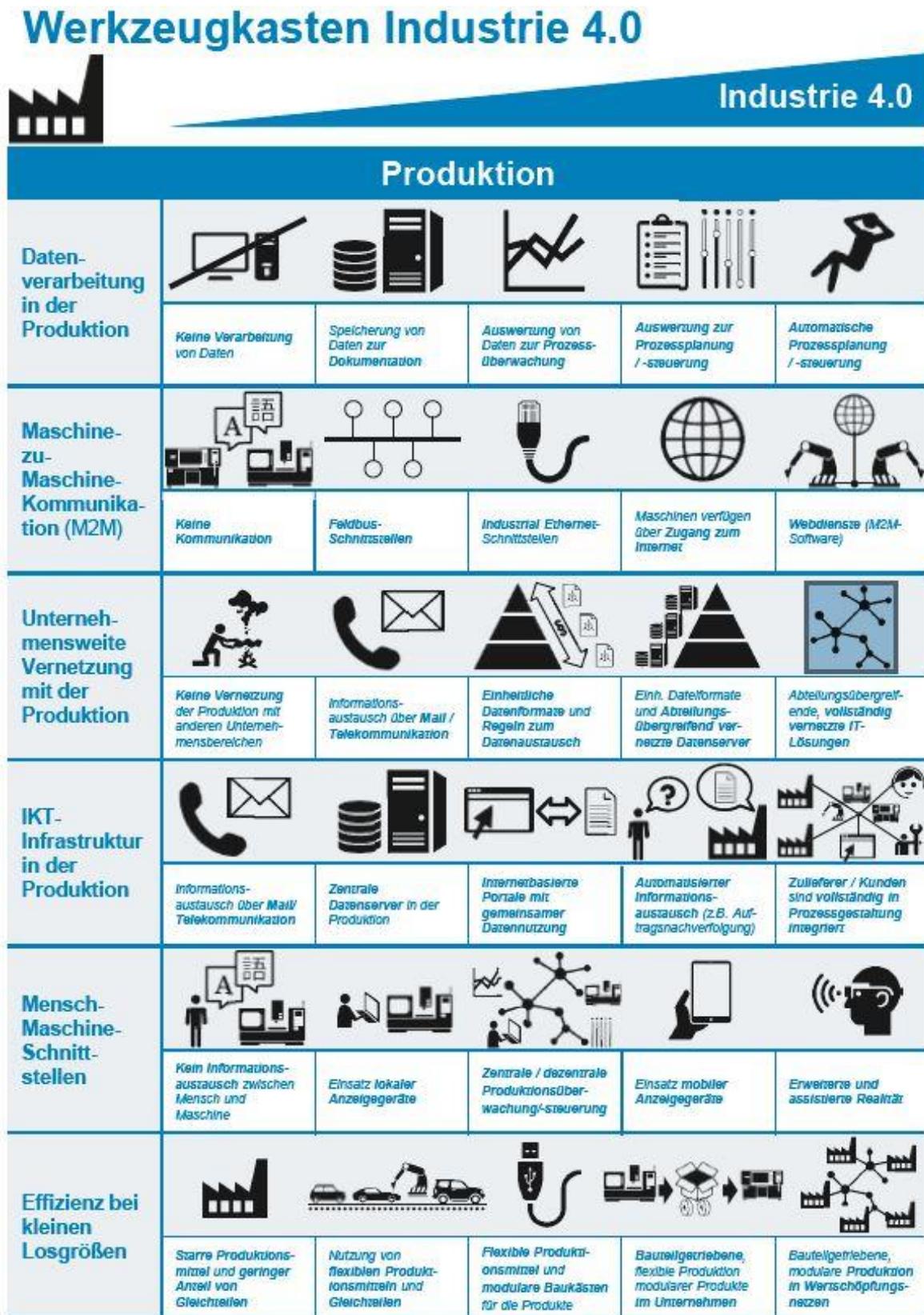


Abbildung 9: Werkzeugkasten Industrie 4.0 Produktion (36, S. 14)

Tablets oder auch Datenbrillen können aus den umfangreichen Informationen die ausreichenden Informationen in einer geeigneten Weise darstellen. Laut VDMA Industrie 4.0 Werkzeugkasten kann dann die Verwendung von MMS zu einer Entlastung der Mitarbeiter führen, ebenso zu einer effizienteren Produktion (36, S. 15).

„Der Werkzeugkasten regt zum individuell angepassten Weiterdenken an – die nächsten Entwicklungsstufen auf dem Weg zur Vision Industrie 4.0 betrachtet der Anwender immer im Kontext seines Anwendungsfalls.“ (36, S. 15) Die Werkzeugkästen sollen laut VDMA dem Anwender einen möglichen Orientierungsrahmen bieten, deshalb betont der VDMA unter anderem, dass die Analysephase für den Beginn einer Industrie 4.0 Initiative besonders wichtig ist. Durch alle Ebenen des Unternehmens sollte eine Kompetenzanalyse zum Thema Industrie 4.0 durchgeführt werden, um den aktuellen Industrie 4.0 Stand im Unternehmen zu analysieren. Dabei sollte, laut VDMA, eine interne und eine externe Kompetenzanalyse durchgeführt werden. Bei der internen Analyse kann der Werkzeugkasten als Analysetool verwendet werden. Zur Visualisierung empfiehlt der VDMA ein Spinnennetzdiagramm. Bei der externen Kompetenzanalyse wird, mit Blick auf Industrie 4.0, die Außendarstellung des Unternehmens betrachtet. Dabei wird unter anderem das Produktportfolio analysiert, inwieweit dieses bereits mit den dargestellten Industrie 4.0 Grundsätzen entwickelt ist. Nach der Analysephase folgt die anfänglich bereits erwähnte Kreativitätsphase, in welchen Einzel- wie auch Gruppenaktivitätsarbeiten durchgeführt werden. Ziel ist es, Wege zu erarbeiten, um die Lücken zwischen Ist und Soll des Industrie 4.0-Levels zu schließen. Nach der Einzelaktivitätsarbeit werden die erarbeiteten Ideen in Gruppen vorgestellt und besprochen, darauffolgend werden die Konzepte und Ideen in der Gruppe analysiert und auf Machbarkeit geprüft. In der Einführungsphase folgt eine Erhöhung des Detaillierungsgrades der Konzepte, um diese dann in Projekte zu überführen.

Der Orientierungsleitfaden der VDMA wurde anhand verschiedener Workshops bei unterschiedlichen Pilotunternehmen des KMU durchgeführt, damit bietet dieser eine geeignete Grundlage zur Gestaltung individueller Industrie 4.0 Konzepte, so der VDMA. Die Erarbeitung von eigenen Ideen wird mithilfe der Werkzeugkästen gefördert, kann und sollte aber zur praktischen Umsetzung individuell ergänzt werden (36, S. 11). Es gilt daher ein ähnliches Vorgehen wie bei der Verwendung der acatech Studie, das heißt das auch bei der Verwendung der Orientierungsleitfaden des VDMA die Spezifika der eigenen Branche bekannt sein sollten und das der Orientierungsleitfaden durch weitere Methoden und Tools ergänzt werden kann.

3.4 Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 S.M. Merz

Eine weitere Industrie 4.0 Einführungsstrategie wird in dem Buch „Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0“ (37) betrachtet. Diese Einführungsstrategie empfiehlt ein Vorgehen in drei Schritten: Eine Ist-Analyse, eine Zielbestimmung und drittens die Maßnahmenumsetzung.

Die Ist-Analyse bezieht sich nicht nur auf den momentanen Stand des Unternehmens, zum Beispiel den technologischen Stand der Fertigung, sondern auch auf die Unternehmensstrategie. Denn die Wertschöpfungspotentiale von Industrie 4.0 können sich, laut der Autorin Sandra Lucia Merz, ohne eine Analyse der Unternehmensstrategie nicht entfalten. Es ist demnach wichtig, dass sich ein Unternehmen über die Zielrichtung bewusst ist und diese ausreichend analysiert. Für die Analyse wird das 3-C Modell von dem Japaner Kenichi Ohmae empfohlen.

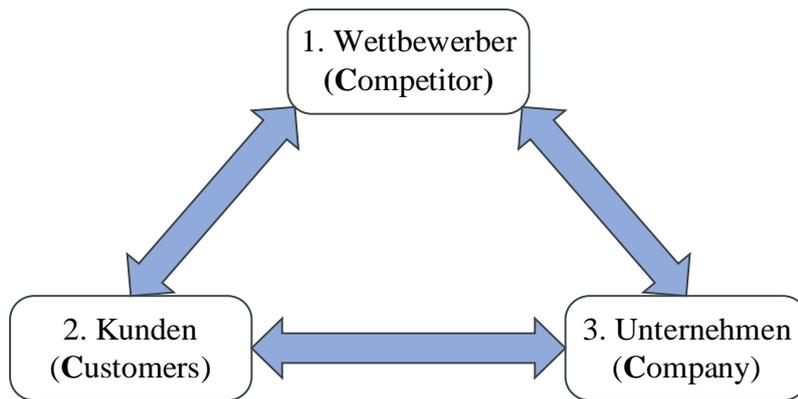


Abbildung 10: 3C-Modell (in Anlehnung an (37, S. 88))

Nach dem 3C-Modell sollten die, wie in Abbildung 10 dargestellt, drei zentralen Komponenten bei einer Geschäftsstrategie immer analysiert werden. Dem Unternehmen sollte der Markt und die Mitbewerber bekannt sein (engl. Competitor) und es sollte aus dieser Erkenntnis hervorgehen, wie man das eigene Unternehmen positionieren will. Es könnten, laut der Einführungsstrategie, vier strategische Wettbewerbsansätze abgeleitet werden.

- Pionier
- Imitator
- Nischer
- Kooperator (37, S. 89)

Die vier strategischen Ansätze können zur Kategorisierung der Marktbegleiter genutzt werden, um daraus folgend weitere Entscheidungen zu treffen.

- Das Unternehmen versucht beim Pionieransatz besonders innovativ zu sein und damit technische Neuerungen früher als die Mitbewerber einzusetzen. Durch die Verwendung von Industrie 4.0 Technologien, welche sich in einem noch nicht finalen Entwicklungsstadium befinden, kann sich das Unternehmen zu einem Technologievorreiter entwickeln und damit hohe Nutzungspotentiale entwickeln.
- Der Imitationsansatz stellt den Gegensatz zum Pionieransatz dar. Das Unternehmen wartet auf ein hohes Entwicklungsstadium von Industrie 4.0 Technologien, um damit eventuelle Kosten zu sparen, die Pionierunternehmen schon in Pilotprojekte investieren mussten.
- Beim Nischenansatz versucht das Unternehmen mit Hilfe von Technologie- oder dem Aufbau von umfangreichen Industrie 4.0 Wissen, in bestimmten Bereichen eine Marktnische komplett zu füllen.
- Bei dem Ansatz der Kooperation geht ein Unternehmen davon aus, dass durch die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen oder Forschungseinrichtungen, das Industrie 4.0 technologische Wissen effektiver und kostengünstiger aufgebaut werden kann. Damit soll der Nutzen größer sein, als wenn das Unternehmen, wie beim Nischen- oder Pionieransatz, das Wissen alleine aufbaut.

Das Unternehmen kann, genau wie die Marktbegleiter, unterschiedliche Herangehensweisen einer Unternehmensstrategie entwickeln. Umso wichtiger ist es deshalb, eine hohe Informationsdichte des Marktes zu haben, um den besten Ansatz für das eigenen Unternehmens zu wählen (37, S. 88–90).

Als Basis einer Unternehmensstrategie sollte der Kunde (engl. customer) eines der primären Ziele darstellen. Deshalb muss das Unternehmen in der Lage sein, zu bestimmen, wer die Kunden und was deren Bedürfnisse sind. Für die Bestimmung der Kundenbedürfnisse bzw. die Differenzierung, warum oder wie Kunden ein Produkt nutzen und welche Verbesserung zum Erhalt oder Erweiterung des Kundenstamms führen könnte, gibt es verschiedene Kundenbindungs- bzw. Kundengewinnungsansätze. Die Varianz von Kundenbedürfnissen kann sehr unterschiedlich sein, deshalb muss die Kundenanalyse auch spezifisch und individuell pro Unternehmen durchgeführt werden (37, S. 90–91).

Bei der Ist-Analyse und der damit verbundenen Analyse der Unternehmensstrategie, muss das Unternehmen (engl. Company) betrachtet werden. Laut der Autorin sollte eine Strukturierung der Produkte bzw. Dienstleistungen erfolgen, sowie die Wertschöpfungskette analysiert werden. „Das Ziel dieser Unternehmensstrukturierung ist die transparente Identifikation und Zuordnung von Prozessen zu Produkten sowie [...] die durchgängige Verankerung von Industrie 4.0-Themen innerhalb der Produktionsprozesse.“ (37, S. 92) Es werden demnach nicht nur die Produktion, sondern die einzelnen Bereiche des Unternehmens wie zum Beispiel auch produktionsunabhängige Prozesse wie Vertrieb und Marketing, aber auch Services oder das Personal betrachtet.

Ist die 3-C Methode abgeschlossen, sollte das Ergebnis zum besseren Verständnis visualisiert werden.

Erfahrung mit I4.0 Technologien und -Ansätzen	Hoch (6-10)	IV Kernkompetenzausbau	III Prozess- & Produktoptimierung
	Niedrig (1-5)	I Keine Veränderung	II Aufbruch zu neuen Ufern
		Niedrig (1-5)	Hoch (6-10)

Anpassungsbedarf der Geschäftsstrategie

Abbildung 11: Einordnung des Ergebnisses der 3C-Methode (in Anlehnung an (37, S. 94))

Wie in Abbildung 11 dargestellt, sind auf der x-Achse und y-Achse Punkte von 1 bis 10 eingetragen. Die Punktevergabe und die darauffolgende Einteilung in den Felder I-IV erfolgt über

Ergebnistabellen (Anhang 3.1, Anhang 4.1 und Anhang 5.1). Werden die Punkte in die jeweiligen Felder eingetragen, führt dies zu einer visualisierten Zielbestimmung, dem 2. Schritt der vorgestellten Einführungsstrategie.

- Bedeutung Quadrant I „Keine Veränderung“: Das Unternehmen verfügt über keine oder sehr wenig Industrie 4.0 Erfahrung, weder technisch noch in Managementansätzen. Kundenbindung- bzw. Kundengewinnungsansatz funktionieren laut 3C-Analyse optimal, ebenso ist die Unternehmensstrategie auf Industrie 4.0 Themen bereits vorbereitet. Dies könnte bedeuten, dass sich zum Zeitpunkt der Analyse das Unternehmen nicht verändern muss. Betont wird bei der Beschreibung des Quadranten I, dass es sich um einen temporären, wahrscheinlich nicht langanhaltenden Zustand handelt, da das Unternehmen zu jeden Zeitpunkt wettbewerbsfähig bleiben muss.
- Bedeutung Quadrant II „Aufbruch zu neuen Ufern“: Das Unternehmen verfügt über keine oder sehr wenig Industrie 4.0 Erfahrung, weder technisch noch in Managementansätzen. Die 3C-Analyse zeigt aber, dass die bestehende Geschäftsstrategie überarbeitet werden sollte, um das Potenzial des Unternehmens nutzen zu können. Das Unternehmen sollte neue Abläufe und Technologien implementieren.
- Bedeutung Quadrant III „Prozess- & Produktoptimierung“: In der Produktion und weiteren Wertschöpfungsprozessen werden Industrie 4.0 Technologien eingesetzt, jedoch ergibt die 3C-Analyse, dass der Kundenbindungs- bzw. Kundengewinnungsansatz, sowie die Geschäftsstrategie überarbeitet werden sollten um bestehende Prozesse und Produkte zu verbessern.
- Bedeutung Quadrant VI „Kernkompetenzausbau“: In der Produktion und weiteren Wertschöpfungsprozessen werden Industrie 4.0 Technologien eingesetzt, Geschäftsstrategie, der Kundenbindungs- bzw. Kundengewinnungsansatz sind gut auf Industrie 4.0 ausgerichtet. Mithilfe des bestehenden Wissens sollte das Unternehmen weitere Potenziale erarbeiten, um die Kernkompetenzen auszubauen.

Bei dem 3. Schritt, der Umsetzung von Industrie 4.0, werden in dieser Einführungsstrategie 5 Ebenen beschrieben, welche zu einer ganzheitlichen Einführung von Industrie 4.0 führen sollen.

- Ebene 1: Management von Projekten
- Ebene 2: Management von Prozessen
- Ebene 3: Management von (IT)-Technologien
- Ebene 4: Management von Organisation
- Ebene 5: Management von Mitarbeitern (37, S. 104)

Ebene 1, das Projektmanagement (PM), wird als bereichsübergreifende Organisationsebene betrachtet. Die Prinzipien von hierarchischen Strukturen sollten in dieser Ebene nicht ausgeprägt sein, sondern die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Fokus stehen. Die Projektorganisation kann so durch kreatives, gemeinsames Wissen wachsen. Trotzdem sollten laut der Autorin die PM-Methoden zuvor bestimmt werden und PM-Standards entwickelt werden, um die Synergieeffekte der fachübergreifenden Zusammenarbeit zu verstärken und diese auch vergleichbar zu machen (37, S. 105).

Ziele der Ebene 2 ist es, Prozesse entlang der Wertschöpfungskette auf Gestaltung (etwa Dokumentation), Effektivität und Effizienz zu betrachten und zu managen. Mit Hilfe eines gut funktionierendes Business Process Management (BPM) sollte der Leistungsgrad der Prozesse erhöht und die Prozessqualität ebenso gesteigert werden. Durch die zuvor durchgeführte strategische C-Analyse sollte ein Bild von Verbesserungspotenzialen für die operativen- und strukturellen Prozesse entstanden sein (37, S. 106).

„Auf der Ebenen der Technologie geht es um die Frage der Auswahl, Planung und Implementierung geeigneter Industrie 4.0-Technologien mit dem Ziel der Entwicklung einer intelligenten (smarten) Fabrik.“ (37, S. 106) Bei der Ebene 3 gibt es eine Vielzahl an technologischen Möglichkeiten, deshalb ist es wichtig, einsetzbare Technologien zu identifizieren. Selten werden, so die Autorin, ganze Fabriken neu konzipiert und technologisch neu gestaltet, sondern existierende Produktionssysteme werden technologisch erweitert und damit fehlende Technologien kompensiert (37, S. 107).

In der Ebene 4 geht es um die strukturelle Hierarchieanpassung im Zuge der Digitalisierung. Viele Unternehmen im KMU sind aufbauorganisatorisch strukturiert, das heißt, dass ein Unternehmen streng nach Funktionen bzw. Abteilungen unterteilt ist (37, S. 107). Häufig bewirken veränderte Geschäftsprozesse auch eine Veränderung der Organisationsstrukturen. Deshalb ist ein Umdenken und eine Anpassung wichtig, welches zu einer Neuausrichtung führen kann. Zum Beispiel kann sich die Struktur, laut der Einführungsstrategie, zu einer ablauforganisierten Struktur verändern, welche auf flache Hierarchien aufbaut. Geschäftsprozesse haben eine höhere Gewichtung und der Kunde steht im Zentrum der geschäftlichen Neuausrichtung. Dadurch kann ein Unternehmen, laut der Autorin, deutlich flexibler auf Kundenbedürfnisse oder Forderungen reagieren und interne Veränderungen besser umsetzen.

Im Rahmen dieser Einführungsstrategie wird in der Ebene 5 der optimale Umgang mit den eigenen Mitarbeitern betrachtet. Es entstehen durch eine Flexibilisierung der Produktion, sowie durch eine mögliche Umstrukturierung der Organisationsstrukturen, neue Herausforderungen bezüglich Mitarbeiterführung. Motivation, aber auch die Entwicklung von Leistungsträgern, kann sich verändern. „Es liegt auf der Hand, dass durch die Einführung von Industrie 4.0 Veränderungen entstehen, die die gewohnten, etablierten Abläufe und Strukturen durcheinanderbringen. Gerade diese Veränderungen sind es, die bei Mitarbeitern Angst, Demotivation und Frust erzeugen können und damit wertvolle Energie zunichtemachen. Diese Energie wird aber benötigt, damit Industrie 4.0 erfolgreich ein- und umgesetzt werden kann. Gerade hier kann ein spezielles Industrie 4.0-Change Management ansetzen, das mit Fingerspitzengefühl heikle Mitarbeiterthemen angeht.“ (37, S. 108)

Weiter sind, laut der Einführungsstrategie, neben der richtigen Anwendung von Analysen und Methodiken vier weitere Voraussetzungen entscheidend für eine erfolgreiche Digitalisierung.

- Wille der Geschäftsführung
- Bereitschaft Dinge wirklich zu ändern
- Sicherstellung, dass die gesetzten Ziele und Ideen nachhaltig umgesetzt werden
- Eine ganzheitliche Industrie 4.0 Unternehmensperformance schaffen

3.5 Industrie 4.0-Readiness Tests

Des Weiteren besteht neben den oben erwähnten Einführungsmodellen, Studien und Leitfäden noch die Möglichkeit online Industrie 4.0-Readiness Tests durchzuführen. Diese Tests stellen kein komplettes, benutzbares Einführungsmodell dar, bilden aber einen guten Überblick über den Industrie 4.0 Unternehmensreifegrad eines Unternehmens. Deshalb werden im Folgenden exemplarisch zwei Industrie 4.0-Readiness Tests vorgestellt. Um alle Fragen dieser online angebotenen Tests umfassend beantworten zu können, muss das Unternehmen ein grundlegendes Industrie 4.0 Verständnis und Wissen aufweisen, zusätzlich müssen die technologischen Gegebenheiten im Unternehmen bekannt sein.

3.5.1 IMPULS

Das Readiness-Modell von Impuls (38), welches eine Kooperation der IMPULS-Stiftung des VDMA, dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH und dem Forschungsinstitut für Rationalisierung e.V. an der RWTH Aachen ist, ist in sechs Segmente unterteilt (Anhang 6.1):

- Strategie und Organisation
- Smart Factory
- Smart Operations
- Smart Products
- Data-driven Services
- Mitarbeiter (38)

Der Vergleich des eigenen Industrie 4.0 Level mit anderen Unternehmen erfolgt anhand von zwei Kriterien, zum einen die Branchenzugehörigkeit (Maschinenbau oder verarbeitendes Gewerbe) und zum anderen die Unternehmensgröße (Mitarbeiteranzahl und Umsatz). Danach folgen unterschiedliche Fragen zu den jeweiligen, oben genannten Segmenten. Die Fragen werden als Multiple-Choice-Fragen gestellt, als Antwortmöglichkeiten können entweder Einfach- oder Mehrfachauswahl getroffen werden (Anhang 7.1). Nachdem die Fragen zu den einzelnen Segmenten beantwortet wurden, werden noch Fragen zu der Gruppe von Unternehmen gestellt, mit welcher das eigene Ergebnis des Tests verglichen werden soll. Die Daten der Unternehmen, welche zum Vergleich genutzt werden, wurden mithilfe einer repräsentativen Umfrage erhoben (39). Die Auswertung erfolgt direkt nach Abschluss des Tests, das Gesamtergebnis wird in eine von sechs Stufen (0-5) eingeteilt.

- Stufe 0 Außenstehender
- Stufe 1 Anfänger
- Stufe 2 Fortgeschrittener
- Stufe 3 Erfahrener
- Stufe 4 Experte
- Stufe 5 Exzellenz (Anhang 6.1)

Die Bewertung der Segmente hat eine unterschiedliche Gewichtung (Strategie und Organisation: 0,254, Smart Factory: 0,143, Smart Operations: 0,102, Smart Products: 0,185, Data-driven Services: 0,138, Mitarbeiter: 0,179, dies beeinflusst ebenfalls das Gesamtergebnis. Abschließend werden in der *Detaillierten Auswertung* Handlungsempfehlungen gegeben, um die Industrie 4.0 Readiness zu verbessern (Anhang 8.1).

3.5.2 HNU/MinnoSphere

Ein weiteren online Readiness-Test bietet die Hochschule Neu-Ulm (HNU) in Zusammenarbeit mit der Firma Minnosphere GmbH an (40). Innerhalb von 10 Fragen soll ein erstes Bild entstehen wie weit der Digitalisierungsgrad der Teilnehmer voran geschritten ist oder in den nächsten 3 Jahren voran schreiten soll. Mithilfe eines Reglers beantworten die Teilnehmer die Fragen und setzen zusätzlich noch einen Regler für einen 3-Jahres-Plan. Die Teilnehmer bestimmen zum Beispiel Ihren Digitalisierungsgrad Ihrer Produkte auf einer Skala von 1 (nicht digital) bis 5 (vollständig Digital (z.B. autonomes Agieren der Produkte)) (Anhang 9.1). Im Anschluss aller Fragen folgt eine Auswertung, bei dieser wird nur darauf hingewiesen, wo der Teilnehmer noch nicht ausreichend digital entwickelt ist, nicht jedoch wie dieser sich weiterentwickeln kann.

Tabelle 2 Aufbau verschiedener Reifegradmodelle

Reifegradmodell	Institution/Firma	Aufbau	Kollaborative Forschung/Entwicklung
Maturity Index	Acatech	Sehr Umfangreiche Studie, aufbauend auf 6 Entwicklungsstufen die ausführlich erläutert werden.	Ja
Industry 4.0 Pricewaterhouse Coopers	PwC	Von PwC impulsgebendes Vorgehensmodell in 6 Stufen in Englisch (kein Reifegradmodell)	Nein
Leitfaden zur Orientierungshilfe	VDMA/TUD	Beschreibung der Werkzeuge für die digitale Entwicklung - sehr technische ausgelegt - auch zu erkennen an den sehr ausführlichen Werkzeugkästen	Ja
Umsetzung von Industrie 4.0	Autorin/S.M.Merz	Umfangreiches Einführungsmodell aus dem Buch " <i>Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0</i> " - Fokus auch auf die Betrachtung der Marktbegleiter	Nein
Readiness-Modell	Impuls	Online Readiness Test - nach der Beantwortung der Fragen wird das Ergebnis in einer der fünf Erfahrungsstufen eingeteilt - Beratungsangebot darauf aufbauend.	Ja
Readiness-Test	HNU/MinnoSphere	Online Readiness Test - nach der Beantwortung von 10 Fragen wird das Industrie 4.0 Level eingeteilt und aufgezeigt wo sich das Unternehmen verbessern sollte, aber nicht wie.	Ja

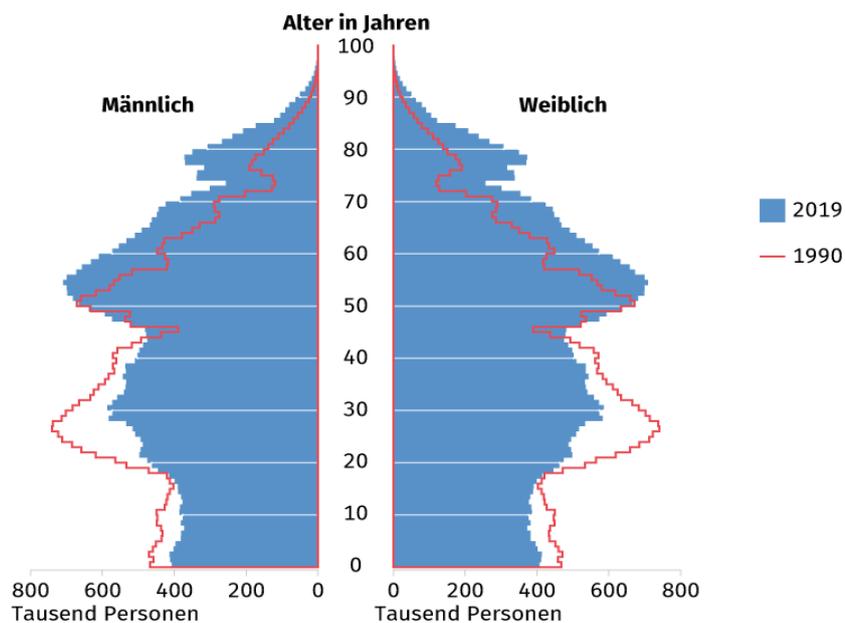
3.6 Raum für Mitarbeiter und Führung, veränderte Ansprüche in der Digitalisierung

Nicht nur die Erkenntnis des Unternehmens über den existierenden Digitalisierungsreifeegrad ist wichtig, sondern ebenso das Wissen über den industriellen Paradigmenwechsel der Industrie 4.0, welcher im KMU zu umfangreichen organisatorischen, prozessualen und technologischen Veränderungen führt. Damit viele KMUs ihre Marktstellung, zum Teil die Führungsrolle in dem agierenden Marktsegment nicht verlieren und global wettbewerbsfähig bleiben, kann ein solcher Wandel nur gemeinsam mit Mitarbeitern vollzogen werden (41).

Häufig waren die Kompetenzanforderung an die Mitarbeiter im produzierenden KMU, sich über Jahre der Unternehmenszugehörigkeit, ein technisches, bzw. organisatorisches Spezialwissen anzueignen. Auch wenn sich diese Notwendigkeit gerade verändert und bei der Qualifikation der jüngeren, bzw. neuen Mitarbeiter auf überfachliche Kompetenzen wie Kommunikationsstärke, lösungsorientiertes und kooperatives Handeln geachtet wird und diese Kompetenzen an Bedeutung gewinnen (42, S. 108), so stehen die Unternehmen des KMUs vor der Herausforderung des Verlustes von personengebundenem Erfahrungswissen.

Altersaufbau der Bevölkerung 2019

im Vergleich zu 1990



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020

Abbildung 12 Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland 2019 (43)

Die Abbildung 12 zeigt, dass ungefähr jede zweite Person in Deutschland älter als 45 Jahre alt ist (43), Grund dafür sind die geburtenstarken Jahrgänge und der darauffolgende Geburtenrückgang, aus welchen der jetzige demografische Wandel in Deutschland folgte.

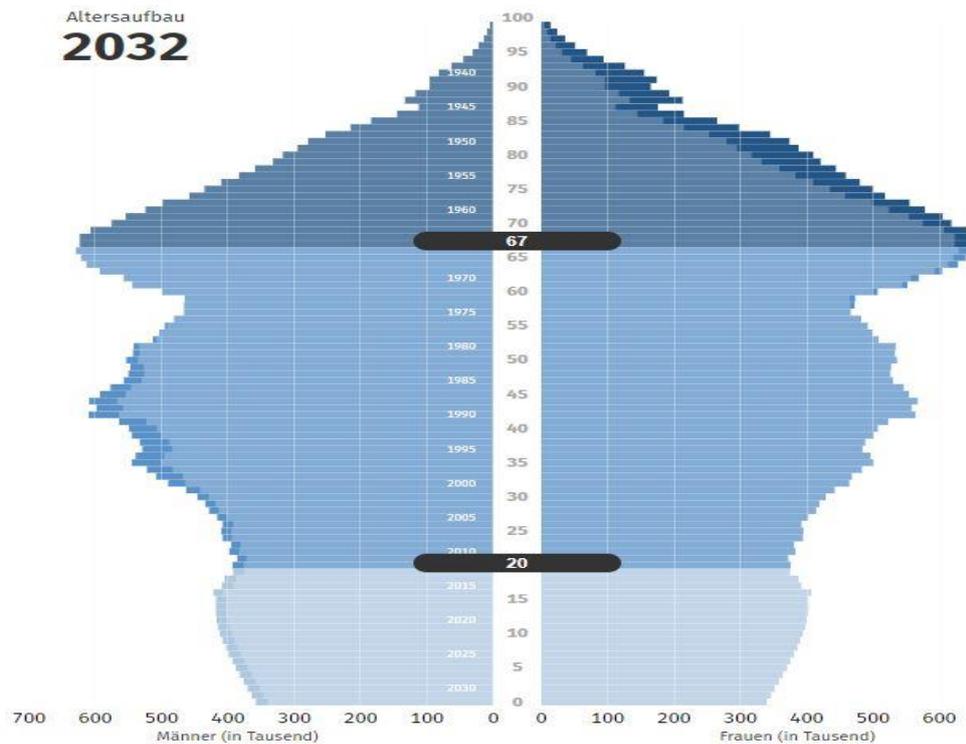


Abbildung 13 Voraussichtlicher Altersaufbau in Deutschland im Jahr 2032 (44)

Der voraussichtliche Altersaufbau in Deutschland, wie in Abbildung 13 dargestellt, legt nahe, dass viele Mitarbeiter in den nächsten 10-15 Jahren in den Ruhestand gehen, wodurch implizites¹ Wissen systematisiert, messbar und vermittelbar um strukturiert werden muss, um dieses Wissen zu einem expliziten² Wissen abzuändern (42, S. 108). Hierdurch kann prozessrelevantes Wissen, bzw. Arbeitserfahrung vermittelt oder auch in digitale Assistenzsysteme in der Produktion integriert werden.

Eine weitere Herausforderung für die Unternehmen des KMU ist in der Abbildung 13 ebenso zu erkennen. Voraussichtlich leben, bis zum Jahr 2060, 14% weniger erwerbstätige Personen in Deutschland (45). Das bedeutet, dass der im Handwerk schon bereits angekommene Facharbeitermangel sich auch in den produzierenden KMU verschärfen wird (46, S. 55). Um der voranschreitenden Demografie als Unternehmen entgegen wirken zu können, müssen Unternehmen nicht nur deren Prozesse anpassen, sondern auch die Unternehmenskultur, sowie strukturelle Voraussetzungen schaffen um diese Herausforderung zu bewältigen. Das Einsetzen von digitalen Technologien kann dafür genutzt werden, die körperliche Belastungen der Mitarbeiter zu reduzieren, aber auch die vorhandenen Mitarbeiter flexibler umzuschulen. Des Weiteren ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass in bestimmten Branchen das Renteneintrittsalter erhöht wird. „[...] auch hinsichtlich des erhöhten Renteneintrittsalters kommt es für die Unternehmen darauf an, sich auf ältere Belegschaften einzustellen und das lebensbegleitende Lernen der Mitarbeiter zu fördern, um im Wettbewerb ständiger technologischer Innovation bestehen zu können. Eine der großen Herausforderungen der nächsten Jahre ist es, das in den Unternehmen vorhandene Wissen effektiv weiterzugeben und zu entwickeln.“ (47, S. 139) Zusätzlich führt der Fachkräftemangel zu der offensichtlichen Schwierigkeit, das richtige Personal am Markt zu finden.

¹ Implizites Wissen – Erfahrungswissen

² Explizites Wissen – Wissen welches in einer Organisation dokumentiert ist

Hilfskräfte, Facharbeiter oder studiertes Personal wird es nicht mehr in der Fülle geben, wie diese noch in den letzten 10 Jahren vorhanden waren. Das wird dazu führen, dass Unternehmen versuchen, potenzielle Mitarbeiter zu werben, was insbesondere für die Unternehmen des KMU eine Herausforderung darstellt. Zusätzlich kommt die weitere Herausforderung des Standortes; Unternehmen des KMU haben häufig nur einen Unternehmensstandort, der sich nicht selten in ländlichen Gebieten befindet. Großunternehmen, mit mehreren Firmensitzen in ganz Deutschland, sind dadurch attraktiver für hochqualifizierte Bewerber (48). Des Weiteren herrscht eine nicht ausgereifte oder nicht vorhanden strategische Personalpolitik in Unternehmen des KMU vor (49, S. 8). Diese Entwicklung wird dazu führen, dass Personal eingestellt wird, welches mehr Raum für die Entwicklung in der Thematik der Industrie 4.0 benötigt. In diesem Kapitel dieser wissenschaftlichen Arbeit wird noch nicht der weitere Faktor der veränderten Ansprüche jüngerer Mitarbeiter an das Unternehmen behandelt, diese Problematik wird zu einem späteren Zeitpunkt erläutert (Kapitel 5.2.3). Die individuelle Weiterentwicklung der Mitarbeiter muss parallel zur technologischen- und strukturellen Entwicklung ablaufen. Die Wandlungsbereitschaft, sowie die Wandlungsfähigkeit der Mitarbeiter wird in Zukunft immer wichtiger werden, aber auch die Ermöglichung des Mitarbeiterwandels sollte Aufgabe der Unternehmensstrategie der Zukunft sein. Diese Wandlungsermöglichung, sowie das Wissensmanagement (KM), also die Einflussnahme durch Mitarbeiter der Führungsebene auf das individuelle Wissen von Mitarbeitern, wird mit voranschreitender Industrie 4.0 immer wichtiger werden und kann in ausgereifter Form zu einem deutlichen Wettbewerbsvorteil werden (41, S. 2–3) (50, S. 292).

Dieser Wandel erfordert im selben Umfang ein Umdenken und ein neues Handeln in allen betrieblichen Ebenen, wodurch auch die Führung von Mitarbeitern im Rahmen von Industrie 4.0 überdacht werden muss (41, S. 1). Nicht nur das KM, der demografische Wandel und der damit verbundenen Fachkräftemangel, sollten zu einem Umdenken der Führung führen, sondern viele Faktoren unter Betrachtung von Industrie 4.0 erfordern einen neuen Ansatz der Führung von Mitarbeitern, um einen digitalen Transformationsprozess zu begleiten und zu unterstützen. "Führung ist ein entscheidender Einflussfaktor, um sowohl technologische Aspekte zur Steuerung des Unternehmens einsetzbar zu gestalten und gleichzeitig auch eine Organisationsstruktur und -kultur zu schaffen, die diese technologischen und organisatorischen Veränderungen mitträgt." (46, S. 29) Führung mit hierarchischen strukturierte Führung nimmt ab, Mitarbeiter fordern eine Kommunikation auf Augenhöhe, wodurch in vielen Unternehmen eine konsensorientierte Führung zunimmt (51, S. 12–13). Industrie 4.0 Projekte stellen Führungskräfte vor neue, eventuell noch nicht bekannte, Herausforderungen. Die Projekte unterliegen volatilen Rahmenbedingungen, welches eine häufig neue Orientierung der Projektplanung erfordert. Neue Projektkonzepte benötigen stärkere Transparenz an Informationen für die Mitarbeiter, wodurch sich ein demokratischer Führungsstil immer weiterverbreitet. Zusätzlich bietet diese Art von Führungsstil eine bessere Vereinbarung von Teams, welche virtuell, vernetzt zusammenarbeiten. Die Teams agieren zum großen Teil selbstorganisiert, bzw. arbeiten aus einem eigenen Antrieb heraus und wollen als Team ein Ziel erreichen. Führungskräfte werden in der Folge der Digitalisierung und der diverseren Herangehensweise von Industrie 4.0 Projekten eine agile Organisationsgestaltung unterstützen und fördern, um auf die bereits erwähnten volatilen Rahmenbedingungen von Industrie 4.0 Projekten eingehen zu können. Wichtig auch, um nicht nur auf dynamische Entwicklungen zu reagieren, sondern auch um proaktiv arbeiten zu können (46, S. 30), eignen sich agile Projektmanagementmethoden wie zum Beispiel Scrum,

welches den Ursprung in der Softwareentwicklung hat. Entwickelt wurde Scrum von K. Schwaber und J.Sutherland in den 1990er Jahren (52, S. 63).

Scrum führt zu einer

- Verkürzung der Entwicklungszeiten
- höhere Flexibilität und Reaktionsfähigkeit
- höherer Qualität und Kundenzufriedenheit
- besseren abteilungsübergreifende Kommunikation (53, S. 335)

Die Organisationsstruktur von Scrum ist einfach und übersichtlich, es gibt

- 3 verschiedene Rollen
- 3 Arten von Dokumenten
- 4 Arten von Meetings
- Wenige Regeln, diese müssen dafür komplett umgesetzt werden (53, S. 336)

Die Rollen teilen sich in Product Owner, in das Bearbeitungsteam und in den Scrum Master auf. Jede Rolle hat bestimmte Aufgaben und befolgt bestimmten Regeln im Scrumprozess.

- Der **Product Owner** (PO) trägt die wirtschaftliche Verantwortung und repräsentiert gleichzeitig Stakeholder, wie zum Beispiel den Nutzer bzw. Kunden. Dadurch ist der Product Owner ebenso für das Anforderungsmanagement sowie für das Release Management verantwortlich. Die Priorisierung und Umfangsabschätzung von Aufgaben wird ebenso vom Product Owner übernommen, diese Aufgaben und Priorisierung wird dann im flexibel aufgebauten Product Backlog festgehalten (53, S. 336) (52, S. 64).
- Das **Bearbeitungsteam** (BT) bearbeitet eigenverantwortlich, priorisiert die Aufgaben aus dem Product Backlog in einem zuvor festgelegten Zeitrahmen.
- Der **Scrum Master** (SM) sorgt für eine störungsfreie Atmosphäre und optimiert die Arbeitsbedingungen für das BT. Zeitgleich führt er das BT, ist jedoch nicht weisungsbefugt, sondern agiert als Mentor oder ist auch der sogenannte „Servant Leader“. Die Aufgabe besteht darin, Hindernisse zu beseitigen um den Arbeitsfluss zu stärken und nicht im Anweisen von Aufgaben (52, S. 68) (53, S. 336).

Die Dokumentenarten unterteilen sich in User-Storys, Product Backlog und ins Sprint Backlog

- Die **User Storys** sind einfach, anschaulich beschriebene Kundenanforderungen bzw. Kundenwünsche aus Nutzersicht (53, S. 337).
- Das **Product Backlog** wird ausschließlich vom PO geführt, Input können aber alle Scrum Mitglieder geben. Die User Storys und damit die Anforderungen werden im Product Backlog priorisiert und kategorisiert. Anforderungen und Ziele sind flexible und können zu jeder Zeit erweitert oder auch gestrichen werden (54, S. 369) (53, S. 337).
- Der komplexe Entwicklungsprozess von Produkten oder das Bearbeiten von Projekten wird in kürzere Phasen unterteilt, sogenannten Sprints, welche 2- max. 4 Wochen dauern können. Über die Komplexität und Dauer der Sprints stimmt sich das

BT intern ab und hält diese Ziele im **Sprint Backlog** fest. Dieses wird gezielt zum Product Backlog geführt und wird vom BT betreut.

Die vier Meetingarten unterteilen sich in Planning Meeting, Daily Scrum-Meeting, Sprint Review Meeting und abschließend das Sprint Retrospective Meeting.

- Am **Planning Meeting** nehmen alle Scrum Teilnehmer, also das BT, der PO und der SMa teil. Es werden die nächsten Sprints geplant, die Einhaltung der Ziele und Termine (55, S. 97) (53, S. 337).
- Das **tägliche Scrum-Meeting** (engl. Daily Scrum-Meeting), findet an einem festen Ort, im Stehen und darf maximal 15 Minuten dauern. Diese drei Randbedingungen stellen unter anderem ein Teil der oben erwähnten Regeln dar. Es nimmt nur der SM und das BT an dem Meeting teil, Letzteres berichtet, was seit dem letzten Meeting passiert ist und was bis zum nächsten gemacht werden soll. Der SM notiert dabei eventuelle Hindernisse, um dem Bearbeitungsteam bei der Abarbeitung zu unterstützen (55, S. 97) (53, S. 338).
- Beim **Sprint Review Meeting** nimmt zusätzlich zum BT und SM auch der PO teil und eventuell weitere Stakeholder. Das BT stellt die letzte Sprintphase in etwa 1 - maximal 2 Stunden vor, ohne diese aufwendig in Folien darzustellen (55, S. 98) (53, S. 338).
- Das **Sprint Retrospective Meeting** moderiert der SM mit demselben Teilnehmerkreis wie beim Review Meeting und stellt konkrete Möglichkeiten für einen besseren Bearbeitungsprozess des nächsten Sprints dar (55, S. 98) (53, S. 338).

Diese Meetings werden iterativ durchgeführt und sollen eine Verbesserung der Organisationsstrukturen vorantreiben, welches zu einem schnelleren und qualitativ besseren Bearbeiten von Teilaufgaben führt. In einem späteren Verlauf dieser Masterarbeit wird darauf eingegangen ob die Projektmanagementmethode Scrum eine Methode ist, die Anwendung im produzierenden KMU finden kann, denn die Machbarkeit bzw. Methoden-Umsetzungsfähigkeit eines Unternehmens muss überprüft werden (Kapitel 5.2.3).

Es sollte dementsprechend die Struktur bzw. die Vorgehensweise in Industrie 4.0 Projekten agiler werden, aber besonders auch die Rolle der Führungsperson, diese sollte „[...] im Kontext des digitalen Wandels zukünftig mehrere Rollen einnehmen [...], u. a. als Befähiger und Motivator in agilen und flexiblen Teams, als Analytiker in strategischen Entscheidungsprozessen, als Coach für die Entwicklung von Selbstorganisation sowie als Teilender, der Wissen und Macht in zunehmend enthierarchisierten Organisationsstrukturen an seine Mitarbeiter abtritt und als Vorbild im Kontext der Digitalisierung voranschreitet.“ (46, S. 30) Wichtig sind damit organisatorische Strukturen, aber auch Vorgesetzte, welche den digitalen Wandel verinnerlicht haben und sich mit Industrie 4.0 auskennen und somit selbst auch ausreichend geschult sind. Die alte Führungsform des hierarchischen Handels ist gerade bei älterem Personal tief verankert und muss durchbrochen werden. Raum für Schulung der vorhandenen und zukünftigen Mitarbeiter nimmt einen immer höheren Stellenwert ein, ebenso beim Führungspersonal, da Veränderungen nicht nur einseitig vorgenommen werden können. Die Industrie 4.0 verändert damit nicht nur den Anspruch an das Shopfloor Personal, sondern an alle Personen im Unternehmen und an die vorhandenen Strukturen bzw. Organisationen.

Die kleinst-, kleinen- und mittleren Unternehmen sind in Deutschland und der Europäischen Union, wie im Kapitel 2.1 beschrieben, von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung, deshalb ist es umso wichtiger, dass sich auch produzierende Unternehmen des KMU intensiv mit der Industrie 4.0 beschäftigen und ihre Strukturen und Organisationen danach ausrichten. Dies kann aber häufig nicht ohne Wissen, Kooperationen mit anderen Firmen oder Forschungseinrichtungen umgesetzt werden. Einige Einführungsmodelle geben dem Benutzer einen guten Überblick über verschiedene Möglichkeiten sich dem Thema Industrie 4.0 zu nähern. Der Maturity Index der Acatech Studie zum Beispiel ist sehr umfangreich und gibt dem Betrachter viele Einblicke ins Themengebiet der Industrie 4.0. Der Index soll mit dem Unternehmen helfen eine individuelle Roadmap zu entwickeln, jedoch können Unternehmen auch hierbei nicht auf Hilfe verzichten, da eine digitale Transformation nur mithilfe des Maturity Indexes eher unwahrscheinlich ist. Ähnlich verhält es sich mit der mehr technisch ausgerichteten Orientierungshilfe des VDMA, diese ist auch sehr umfangreich und die beiden Werkzeugkästen helfen bei der Erkennung von Strukturen, von Technologien und von Produkt- und Produktionsveränderung. Mit vielen der frei verfügbaren Maturity Indexe, Readiness Tests oder Industrie 4.0 Transformation Guides kann keine digitale Transformation stattfinden, diese können höchstens als Übersicht schaffendes Instrument genutzt werden. Häufig geben diese dem Betrachter eine Vorstellung, Ideen oder schlagen Analysen vor, führen diese dann aber nicht weiter aus, um so potenzielle neue Kunden zu gewinnen. Der im Kapitel 3.2 beschriebene Industry 4.0 Guide von PwC ist zum Beispiel auch eher eine Orientierungshilfe, als ein Werkzeug zur Umsetzung von Industrie 4.0. Sehr ähnlich sind auch die verschiedenen Onlinetests, auch diese geben eine Orientierungshilfe, einen Überblick und bieten dem Verwender aber keine ausreichenden Lösungen an, diese würden dann in einer vertragsgebundenen Zusammenarbeit erörtert und analysiert werden. Orientierung von Industrie 4.0 rein mithilfe von Literatur ist aufgrund der Fülle an Informationen und unterschiedlicher Schwerpunkte sehr zeitaufwendig und setzt häufig zu viel spezifischen Vorwissen voraus. Überdies werden bei vielen Industrie 4.0 Transformationshilfen, Mitarbeiterentwicklung, Struktur-, Organisationsänderungen nur oberflächlich behandelt und keine direkten Lösungen, wie zum Beispiel Qualifikationsmatrizen oder ähnliches angeboten, deshalb wird im Kapitel 5 eine mögliche Implementierungsstrategie vorgestellt, welches dann im Kapitel 6 zu einer Leitfaden-Checkliste zusammengefasst wird. Dadurch soll dem Leser eine Möglichkeit der Orientierung gegeben werden.

4 Umfrage produzierender KMU zu Industrie 4.0

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wurde eine Umfrage bei Unternehmen des produzierenden KMU zum Thema Industrie 4.0 durchgeführt. In diesem Kapitel wird die Herangehensweise, sowie die Entwicklung der Umfrage erläutert. Darauf folgend werden wichtige Umfrageergebnisse herausgearbeitet und zum Teil visuell dargestellt.

4.1 Erstellung des Umfragebogens

Wichtig bei der Erstellung einer Umfrage sind die zu erlangenden Informationen, deshalb sollte sehr früh im Prozess der Entwicklung einer Umfrage die Frage beantwortet werden:

Welche Daten bzw. Informationen sollten sich in einem idealen Sachverhalt ergeben?

Die Frage bezieht sich nicht auf den direkten Inhalt der Antworten, sondern vielmehr auf den Wert der Antworten. Bei jeder Umfrage muss immer darauf geachtet werden, dass die Art und Weise wie Fragen gestellt werden den Umfrageteilnehmer beeinflussen könnten, deshalb wurde die Fragen so neutral wie möglich gestellt, um diesem Problem entgegenzuwirken (56, S. 120). Damit sollten die Antworten nicht vorbestimmt, trotzdem analysierbar, verwertbar und einen Mehrwert für das Einführungsmodell darstellen. Dem entsprechend wurde die Umfrage so entwickelt, dass sich durch die Beantwortung zusätzliche, auswertbare Informationen für die Erstellung einer Einführungsstrategie ergeben.

Zur Erstellung der Umfrage mit dem Titel „Umfrage Industrie 4.0“ und dem Untertitel „Umgang des KMU mit Industrie 4.0“ wurde das Umfragetool Forms von Microsoft benutzt, dadurch war eine Beantwortung der Fragen online möglich. Des Weiteren konnte, durch den mitgeschickten QR-Code, die Umfrage mit Mobile Devices, wie Tablets oder Mobilphones, ausgefüllt werden. Die Fragetypen wurden in der Umfrage intendiert unterschiedlich gewählt, da die Teilnehmer möglichst nicht in eine Antworttendenz kommen sollten (57), deshalb wurde sich für folgende Fragetypen entschieden.

- Einfachfragen (z.B. Anhang 10.1 Frage 1), zusätzlich in Verbindung mit der Likert-Skala (z.B. Anhang 11.1 Frage 7)
- Mehrfachauswahlfragen (z.B. Anhang 14.1 Frage 54)
- Offene Fragen - Texteingabefelder (z.B. Anhang 11.1 Frage 12)
- Matrixfragen (z.B. Anhang 12.1 Frage 38)

Zusätzlich wurde bei vielen Fragen darauf geachtet, dass die Antwortmöglichkeit „Unbekannt“ angeboten wurde, damit bei Unkenntnis trotzdem die Umfrage fortgeführt werden konnte. Dies führt dazu, dass bei der Auswertung nur Antworten ausgewertet werden, welche auf validen Kenntnisse der Teilnehmer beruhen und damit die Auswertung nicht verfälscht wird. Die Teilnehmer haben anonymisiert an dieser Umfrage teilgenommen, weshalb die gegebenen Antworten nicht spezifisch einem Unternehmen zugeordnet werden können.

Insgesamt umfasst die Umfrage 74 Fragen, welche in 7 Themenabschnitte verteilt sind.

1. Fragen zum Unternehmen
2. Fragen zur Unternehmensstruktur
3. Fragen zu den Geschäftsprozessen/Digitalisierungsgrad
4. Fragen zur Handhabung von Projekten
5. Fragen zu Kooperationen
6. Fragen zu Mitarbeiter und Mitarbeiterqualifikation
7. Fragen zu möglichen Hemmnissen der Einführung von Industrie 4.0

Die 74 Fragen werden aber von den Umfrageteilnehmern nicht komplett beantwortet, da viele Fragen mit Verknüpfungen gekoppelt sind. Dies bedeutet zum Beispiel, dass bei einigen Fragen eine Beantwortung mit *Nein* zu weniger Folgefragen führt, als wenn die befragte Person mit *Ja* geantwortet hätte, dadurch verringert sich die Anzahl der tatsächlich abgefragten Fragen.

1. Fragen zum Unternehmen

Die Fragen zum Unternehmen dienen der Kontrolle der quantitativen KMU Merkmalen, beschrieben im Kapitel 2.1.1 (Anhang 10.1).

2. Fragen zur Unternehmensstruktur

Bei dem zweiten Abschnitt der Umfrage beziehen sich die Fragen auf die Unternehmensstruktur, das heißt die Teilnehmer werden gefragt welche Abteilungen in dem befragten Unternehmen vorhanden sind und wie diese aufgebaut bzw. finanziert werden. Dieser Abschnitt beinhaltet die meisten Fragen, aber auch die meisten Verknüpfungen, wenn das Unternehmen zum Beispiel keine eigenständige IT-Abteilung hat, werden die meisten Fragen diesbezüglich ausgeblendet, da diese dann nicht mehr relevant wären. Ebenso verhält es sich mit den Fragen nach einer Forschung und Entwicklungsabteilung (F&E), Technikabteilung oder einem Innovation Hub. Zuerst werden für die genannten Abteilungen Fragen wie z.B. Mitarbeiteranzahl in der Abteilung, prozentualer Mitwirkungsanteil an Industrie 4.0 Projekten oder nach Investitionen der letzten Jahre gefragt, danach folgen jeweils, spezifische Fragen zu den Abteilungen (Anhang 11.1). Mit den Fragen zu der Unternehmensstruktur soll analysiert werden, ob die befragten Unternehmen des KMUs ähnliche Abteilungsstrukturen aufweisen wie Großunternehmen und ob es Parallelen in den Strukturen zwischen den Antworten der befragten KMUs und anderen Studien/Befragungen gibt.

3. Fragen zu den Geschäftsprozessen/Digitalisierungsgrad

Im dritten Themenabschnitt schätzen die Teilnehmer den eigenen Digitalisierungsgrad der einzelnen Abteilungen ein, sowie den Digitalisierungsgrad der Geschäftsprozesse. Des Weiteren wird nach Industrie 4.0 Reifegradkennzahlen gefragt und ob es einen systemintegrierten Informationsaustausch zwischen den Abteilungen und eventuellen externen Partnern gibt (0). Mit diesen Fragen soll zum einen analysiert werden, wie die Teilnehmer das Unternehmen einschätzen und zum anderen, ob Digitalisierungstools wie zum Beispiel Digitalservices bereits implementiert wurden.

4. Fragen zur Handhabung von Projekten

Im Bereich der Handhabung von Projekten werden die Teilnehmer gefragt, wie und ob die Projektteams interdisziplinär zusammengestellt werden, wie Industrie 4.0 Projekte gehandhabt und ob und wie Kennzahlen erhoben werden (Anhang 13.1). Dies soll zum einen ergeben ob Projekte mit agilen Projektmanagementmethoden durchgeführt und was für Kennzahlen gesammelt werden. Damit besteht dann die Möglichkeit, die Ergebnisse des Abschnittes vier mit bereits durchgeführten Studien und Umfragen abzugleichen.

5. Fragen zu Kooperationen

In wenigen Fragen beantworten die Teilnehmer, ob diese sich Kooperationen mit externen Unternehmen vorstellen können (Anhang 14.1). Zum einen wird ein Verständnis der Komplexität der Industrie 4.0 abgefragt und zum anderen können diese Fragen ebenso zu einem Abgleich mit anderen Umfragen genutzt werden.

6. Fragen zu Mitarbeiter und Mitarbeiterqualifikation

Im sechsten Abschnitt wird unter anderem der Altersdurchschnitt erfragt, die Qualifizierung im Bereich Industrie 4.0, ob und wie Mitarbeiter geschult oder weitergebildet werden (Anhang 15.1). Die Informationen sind zum einen, wie in den anderen Abschnitten auch, als Abgleich zu anderen Daten aus Literatur und Wissenschaft wichtig und zum andern können die Antworten auf zukünftige Probleme hinweisen.

7. Fragen zu möglichen Hemmnissen der Einführung von Industrie 4.0

Fragen zu Hemmnissen einer Einführung von Industrie 4.0 sind von Unternehmen zu Unternehmen sehr individuell, trotzdem gibt es eventuell Überschneidungen, welche einige Unternehmen des KMU betreffen und dies soll im siebten Abschnitt analysiert werden. Des Weiteren sind die zusätzlichen Informationen zu Hemmnissen besonders wichtig für die Entwicklung einer Einführungsstrategie.

4.2 Auswertung der Umfrage

Diese Umfrage wurde im Zeitraum September bis Oktober 2022 an unterschiedliche Unternehmen in Norddeutschland versendet. Die Umfrage wurde vorzugsweise an produzierende Unternehmen und deren Mitarbeiter, welche der Geschäftsführung, dem oberen Management, Fertigungsleiter, Teamleiter oder Projektmanager im Umfeld von Industrie 4.0 angehören, versendet. Insgesamt haben 11 Unternehmen aus den Bundesländern Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen an der Umfrage teilgenommen. Die teilnehmenden Unternehmen kamen aus dem Handwerk, Zulieferfirmen für die Automobilbranche, Elektro- & Maschinenbau, Verwertungsanlage und aus der Konsumgüterfertigung.

Verteilung der Tätigkeitsfelder

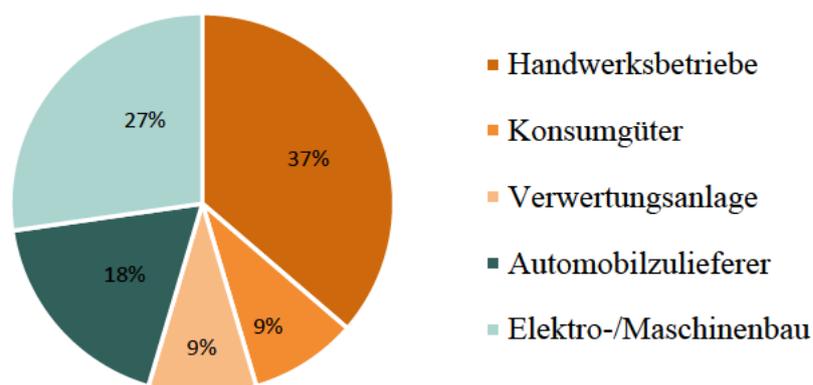


Diagramm 5 Verteilung der Tätigkeitsfelder (Umfrage)

Wie in Diagramm 5 dargestellt ist das Spektrum an Tätigkeitsfelder der teilgenommenen Unternehmen groß, womit die Betrachtung unterschiedlicher Branchen gegeben ist und der Variationsbreite von produzierenden KMUs entspricht.

Da nicht alle Antworten oder Fragen dieselbe Gewichtung bzw. Relevanz für das nachfolgende Einführungsmodell haben, werden in diesem Kapitel nicht alle Antworten einzeln analysiert, sondern nur Antworten dargestellt und erläutert, welche für das Einführungsmodell von besonderer Bedeutung sind. So sind unter Anderem Fragen des Abschnitts 1 (Anhang 10.1) für das weitere Einführungsmodell insoweit nicht relevant, als die Antworten ausschließlich der Überprüfung der quantitativen Merkmale des KMU dienen und somit nicht einzeln aufgeführt und dargestellt werden müssen. Des Weiteren werden im Folgenden einige Antworten grafisch dargestellt, wohin es bei anderen keinen Mehrwert der grafische Darstellung gibt und deshalb darauf verzichtet wird.

Die Relevanz von Industrie 4.0 ist scheinbar bei allen befragten Unternehmen angekommen, so haben bereits zwei Unternehmen ein Digital Innovation Hub³ (58, S. 33) und 6 weitere Unternehmen halten die Schaffung eines Innovation Hubs, welches sich fokussiert mit Themen der Industrie 4.0 beschäftigt, für sinnvoll (Anhang 11.1 Frage9,16,17). Zusätzlich beantworten alle teilnehmenden Unternehmen die Frage danach ob bereits die Digitalisierung in ihrer Unternehmensstrategie berücksichtigt wird positiv (Anhang 10.1 Frage4), jedoch wird von allen Befragten die Vergleichsfrage (Anhang 12.1 Frage36), ob der Industrie 4.0 Reifegrad erfasst wird, mit Nein beantwortet. Dadurch ist davon auszugehen, dass es sich um keine Unternehmensstrategie handelt, sondern um einzelne Projekte, welche zum Zeitpunkt der Befragung oder erst in der Zukunft durchgeführt werden sollen. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der Befragung des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Kaiserslautern (59, S. 8).

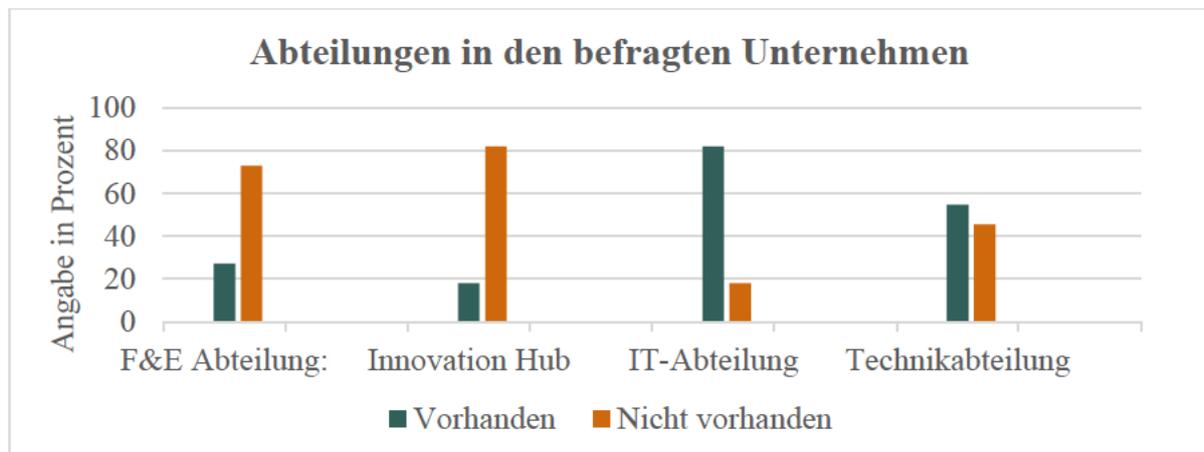


Diagramm 6 Abteilungen in den befragten Unternehmen

Deutlich zu erkennen im Diagramm 6 ist, dass F&E Abteilungen kaum in den befragten KMU Unternehmensstrukturen vorhanden sind. In der ersten Betrachtung kosten Abteilungen wie Forschung und Entwicklung oder Innovationsabteilungen viel Geld, wodurch ein Wissensgewinn meist intern und ohne Forschung im KMUs aufgebaut wird, dies zeigt auch eine ältere Studie der Universität Leipzig (60, S. 25). Ebenso zeigt sich in einer Befragung der Handelskammer Hamburg aus dem Jahr 2015, dass das Budget, welches im Bereich F&E eingeplant wird, nach Unternehmensgröße ansteigt (61, S. 41). Die prozentuale Verteilung solcher Abteilungen, wie in Diagramm 6 zu sehen, wird mit dem Ergebnis der Analyse vom Stifterverband

³ Digital Innovation Hubs (DIHs) ist eine Abteilung in welcher neue, kreative Ideen, neue Strukturen z.B. mit dem Fokus auf Digitalisierung entwickelt werden.

aus dem Jahr 2021 bestärkt. „Ein weiteres Thema, das bei der Analyse von Forschung und Entwicklung in Deutschland gerne diskutiert wird, ist, dass F&E durch Großunternehmen dominiert wird. Zieht man die Grenze zwischen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Großunternehmen gemäß der EU-Definition bei 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, werden in Deutschland mehr als 90 Prozent der internen F&E-Aufwendungen durch Großunternehmen aufgebracht.“ (62, S. 15) Zu diesem Schluss kommt ebenso das Institut für Mittelforschung Bonn, welches den KMU-Anteil an F&E-Aufwendung in Deutschland auf 8,8% schätzt (63).

Anders ist es bei Abteilungen wie der IT-Abteilung oder einer Technikabteilung. Wie im Diagramm 6 zu erkennen, haben etwas über 80% der befragten Unternehmensvertreter angegeben, eine eigene IT-Abteilung zu haben und fast 60% eine Technikabteilung, welche sich nicht nur um das Tagesgeschäft kümmert (Anhang 11.1 Frage26).

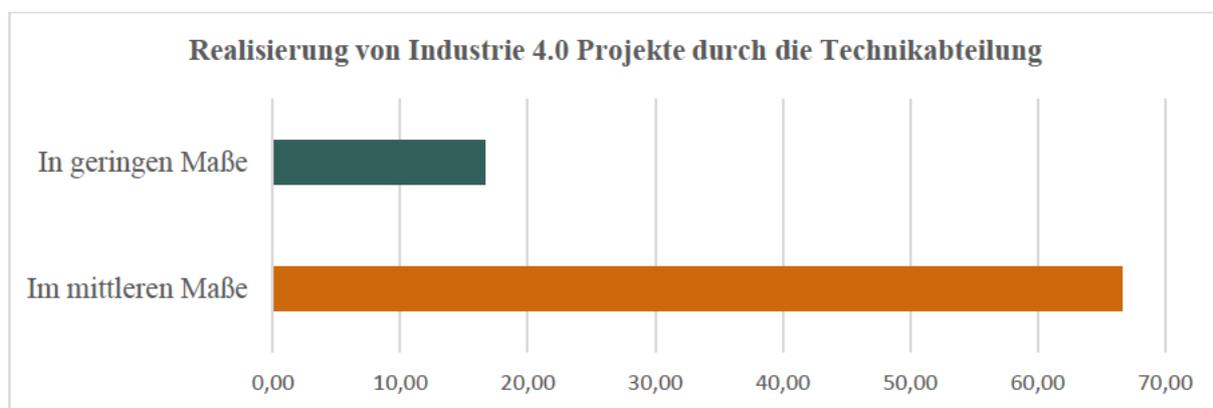


Diagramm 7 Realisierung durch die Technikabteilung

In Diagramm 7 ist zu erkennen, dass der Anteil der Realisierung von Industrie 4.0 Projekten durch die Technikabteilung relativ hoch ist. Zusätzlich haben 60% der Befragten, welche noch keine Technikabteilung haben, die Frage 29 (Anhang 11.1) „Sollte eine Technikabteilung zusätzlich für die Entwicklung von internen Industrie 4.0 Innovationen zuständig sein?“ mit „Ja“ beantwortet, welches auf eine technische Fokussierung der befragten Unternehmen deutet. Dieser Rückschluss wird durch das Umfrageergebnis der Frage 72 verstärkt, denn 45% der befragten Personen antworteten mit „Ja“ auf die Frage „ob das Themengebiet der Industrie 4.0 ein hauptsächlich technisches Themengebiet sei?“ (Anhang 16.1).

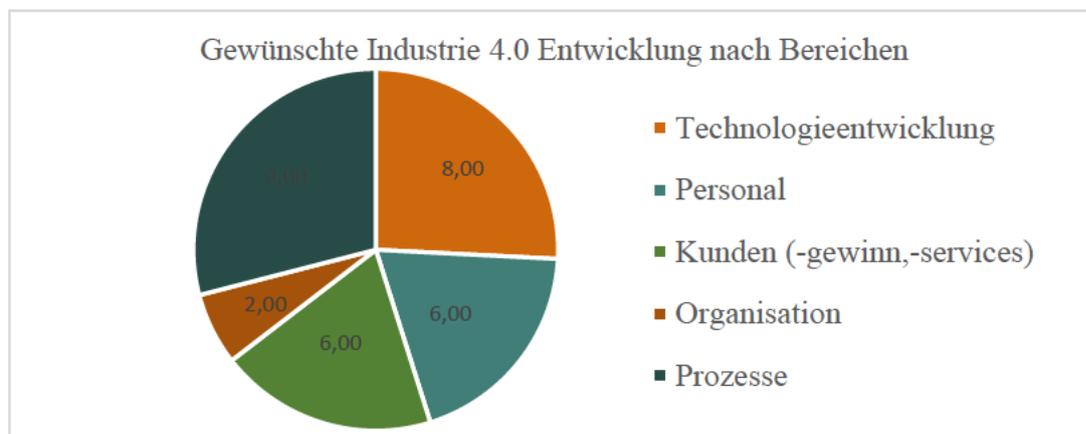


Diagramm 8 Gewünschte Industrie 4.0 Entwicklung nach Bereichen

Verstärkt wird dieser Eindruck durch die Analyse der Umfrageergebnisse der Frage 35 (Anhang 12.1) dargestellt im Diagramm 8, in welcher 8 Umfrageteilnehmerangaben, dass sie eine Technologieentwicklung in Ihrem Unternehmen wünschen, eine Entwicklung der Organisation scheint jedoch nicht so stark im Fokus zu stehen. Erklärbar könnte es damit sein, dass neue Technologien mehr mediale Aufmerksamkeit bekommen, dadurch bekannter werden und zusätzlich sich große Firmen damit beschäftigen (64). Obwohl die Teilnehmer den Industrie 4.0 Technologien einen hohen Stellenwert zusprechen, ist der Anteil an Maschinen, welche moderne Technologien verarbeiten können, bei den meisten befragten Unternehmen relativ gering (Anhang 11.1 Frage30). Bei 5 Unternehmen liegt der Anteil nur zwischen 1bis 10 %, bei weiteren 3 Unternehmen bei mehr als 10 bis 25 %. Bei den 3 verbleibenden Teilnehmern liegt der prozentuale Anteil deutlich höher.

Ein ebenso mit Technik, bzw. Produktion in Verbindung gebrachtes Themengebiet ist das Lean Management. Der Begriff Lean Production wurde von Forschern des Massachusetts Institute of Technology (MIT) geprägt, um das Toyota-Produktionssystem zu beschreiben. Lean ist ein Systemansatz, mit welchem Verschwendung identifiziert, beseitigt und vermieden werden soll. Im Rahmen des Lean Managements gibt es verschiedene Methoden für verschiedene Anwendungsgebiete. Da das Lean Management schon seit Mitte des 20.Jahrhunderts existiert, die Vorteile in vielen Studien und Büchern erarbeitet wurden, ist der Bekanntheitsgrad und die Anwendungsverbretung dementsprechend hoch (65)(66).

Besonders in der Produktion ist diese Art des Managements weit verbreitet, dies zeigen auch die Umfrageergebnisse, so haben alle Befragten bestätigt, dass das Lean Management im jeweiligen Unternehmen angewendet wird (Frage 31 Anhang 12.1).

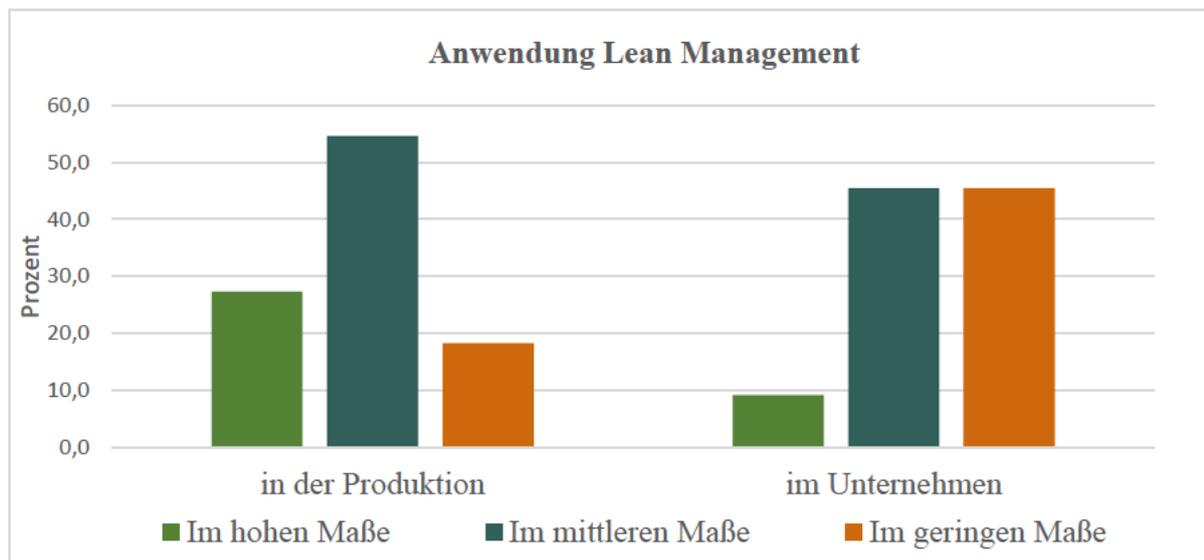


Diagramm 9 Anwendung des Lean Managements

Wie im Diagramm 9 zu erkennen ist, ist die Ausprägung der Anwendung des Lean Managements unterschiedlichen zwischen Produktion und den restlichen Abteilungen. Ein Grund dafür könnte sein, dass die meisten Methoden des Lean Managements für die Produktion bzw. Abteilungen, wie zum Beispiel der Logistik, entwickelt wurden. Das Diagramm 9 zeigt damit auf, dass die meisten befragten Unternehmen das Lean Management in einem mittleren, bzw. hohen

Maß anwenden (Frage 32 und 33 Anhang 12.1). Des Weiteren haben 90% der befragten Unternehmen einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) bereits implementiert ist. Wohingegen fast 91% aller Befragten angegeben haben, dass agiles Projektmanagement, wie zum Beispiel Scrum gar nicht angewendet wird und weit über die Hälfte empfinden eine agile Projektdurchführung als weniger wichtig, bzw. unwichtig (Anhang 13.1. Fragen 46&47).

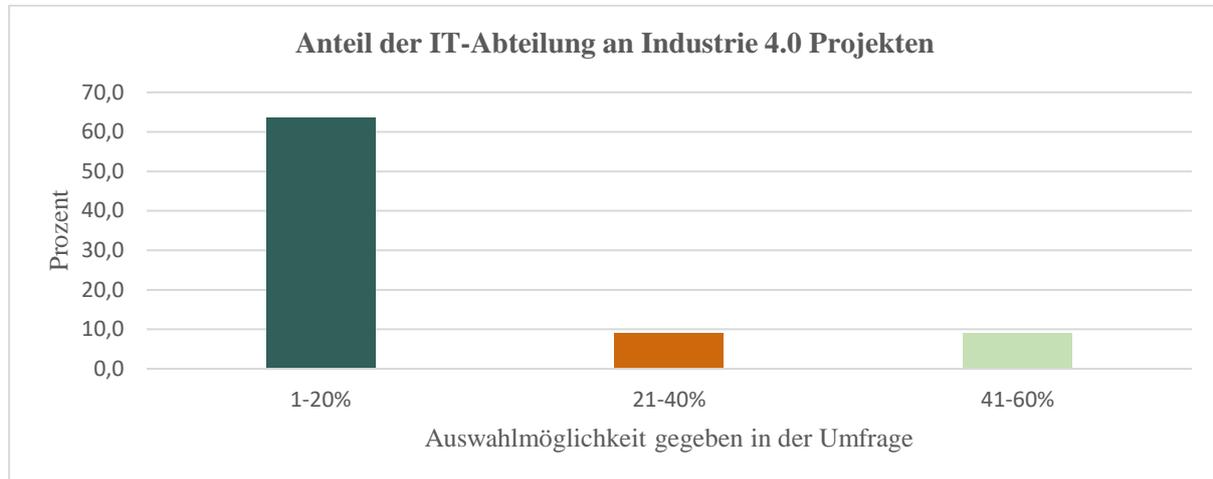


Diagramm 10 Anteil der IT-Abteilung an Industrie 4.0 Projekten

Wie bereits erwähnt und im Diagramm 6 aufgezeigt, haben über 80% der befragten Unternehmen eine eigene IT-Abteilung. Ein nicht erwartbares Ergebnis ist dafür im Diagramm 10 zu erkennen, so haben über 60% der Teilnehmer angegeben, dass die IT-Abteilungen an bis zu 20% der Industrie 4.0 Projekte beteiligt sind und jeweils in einem Unternehmen unterstützt die IT-Abteilung bei den internen Industrie 4.0 Projekten bis zu 40% bzw. über 40%. Diese Ergebnisse lassen zwei Rückschlüsse zu,

- Erstens: Rückblickend betrachtet lässt sich feststellen, dass die Fragestellung „Wie hoch ist der ungefähre prozentuale Anteil an Industrie 4.0 Projekten die von dieser Abteilung unterstützt werden?“ (Anhang 11.1 Frage 20) nicht ausreichend detailliert formuliert wurde. Denn durch die Antwort der prozentualen Unterstützung, kann nicht analysiert werden, wie viele Projekte durchgeführt wurden und bei welchen die IT-Abteilung unterstützt hat. Dies hat zur Folge, dass ein Unternehmen eventuell sehr wenig oder auch sehr viele Projekte durchgeführt hat, dies aber nicht aus dieser Auswertung hervorgehen kann. Zusätzlich hätte auf eine genaue Definition von „IT-Abteilung“ im Zusammenhang mit Industrie 4.0 geachtet werden sollen, da es scheinbar ein heterogenes Verständnis von IT-Abteilung gab.
- Zweitens: Bei einer Unterstützungsrate von 1 bis 20 % bei Industrie 4.0 Projekten, kann festgestellt werden, dass die IT-Abteilung in den jeweiligen Unternehmen für das tägliche Tagesgeschäft zuständig ist, nicht jedoch bei der Umsetzung von Projekten unterstützt.

Die zweite Feststellung wird durch eine Umfrage im Jahr 2017 von IDG Research Services gestützt. In dieser Umfrage, welche Unternehmen des KMU, aber auch größere Unternehmen

befragt hat, haben bei 339 Teilnehmern angegeben, dass die IT-Abteilung mit 73% sogar federführend bei der Modernisierung der Produktion ist, bei Großunternehmen sogar 95% (67, S. 21). Wie eingängig bereits erläutert, ist die Wissensaneignung in KMUs häufig intern aufgebaut oder im Austausch mit Kunden oder Lieferanten und nicht durch F&E-Abteilungen oder Innovation Hubs. Doch besonders beim Thema Industrie 4.0 ist die Mitarbeiterereinbindung bei KMUs nicht so vorangeschritten, wie es eigentlich sein sollte. Dies zeigt auch die Auswertung der Frage 56 (Anhang 15.1), in welcher fast 73% der 11 Teilnehmern die Einbindung von Mitarbeitern auf maximal Mittel einstufen.

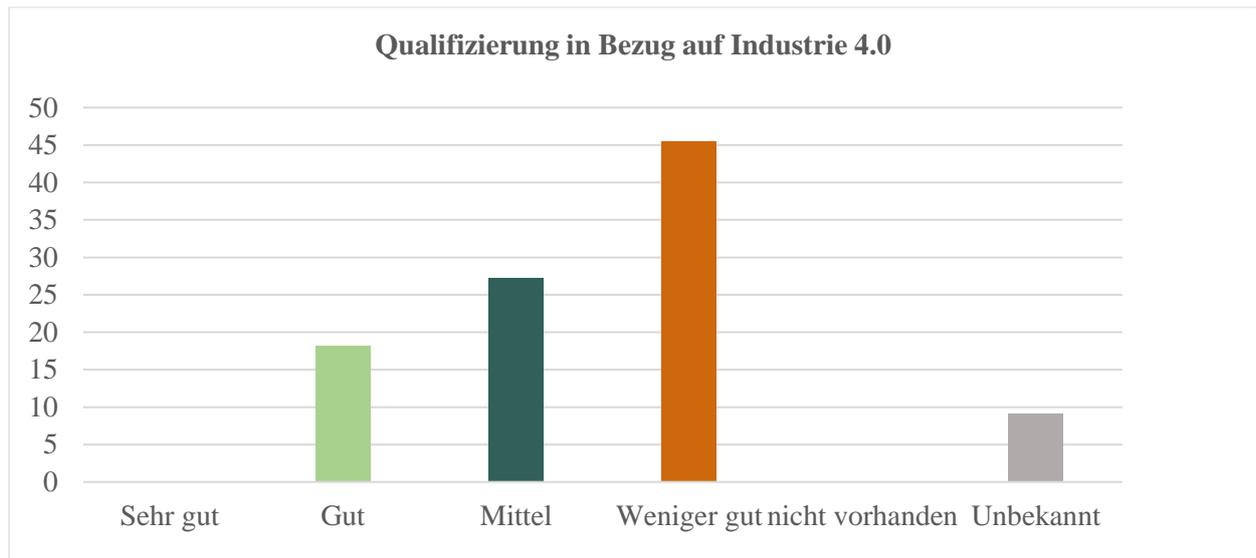


Diagramm 11 Geschätzte Qualifizierung der Mitarbeiter in Bezug auf Industrie 4.0

Eine Erklärung für die schlechte Einbindung von Mitarbeitern des KMUs könnte das fehlende Vertrauen in die Qualifikation der eigenen Mitarbeiter in Bezug auf Industrie 4.0-Wissen sein, dargestellt im Diagramm 11. Die Vergleichsfrage 65 (Anhang 16.1), in welcher die Unternehmen danach gefragt wurden, ob die fehlende Qualifikation der Mitarbeiter ein Hemmnis darstellt wurde mit über 70% mit „Ja“ beantwortet. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt eine Metastudie, durchgeführt vom Institut der deutschen Wirtschaft Köln in welcher, abhängig von der Unternehmensbranche, die Befragten zwischen 39%-52% die Qualifizierung der einen Mitarbeiter als Hemmnis ansahen (68, S. 42–43). Ähnlich fällt die Einschätzung nach der Qualifikation in Hinblick auf zukünftige Herausforderungen aus.

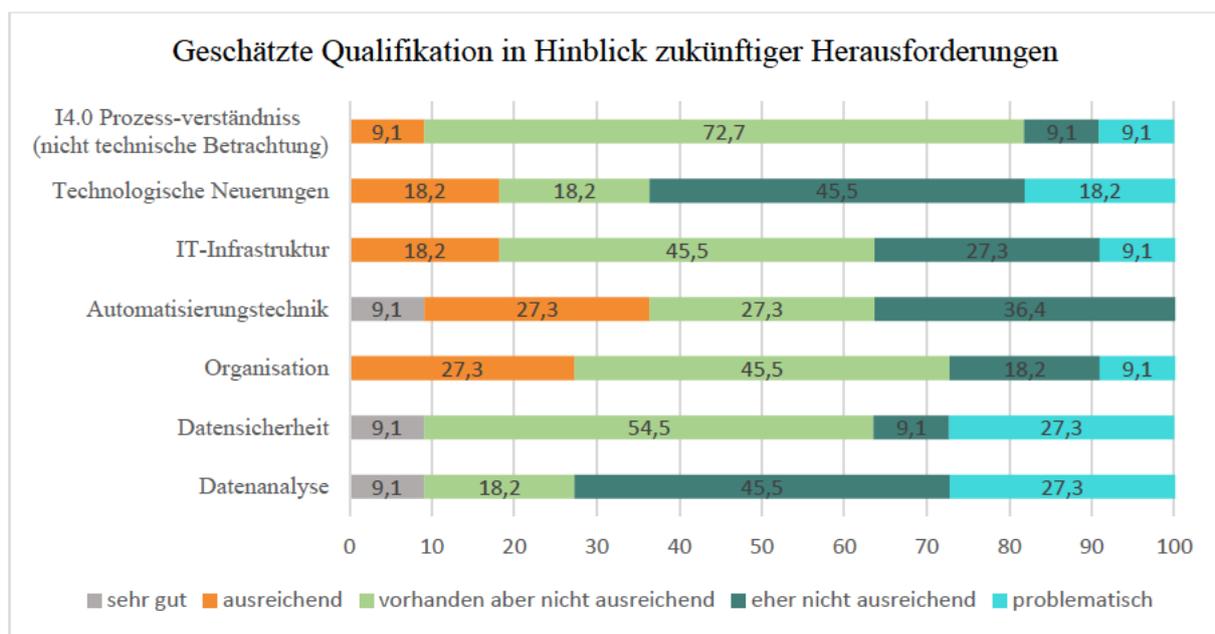


Diagramm 12 Geschätzte Qualifikation in Hinblick zukünftiger Herausforderungen

Wie im Diagramm 12 zu erkennen, wurden die zukünftigen Qualifikationsanforderungen hauptsächlich als nicht ausreichend oder schlechter eingeschätzt (Anhang 15.1 Frage58). Trotz der Einschätzung, dass das eigene Personal nicht ausreichend qualifiziert ist, haben alle Teilnehmer angegeben, dass die eigenen Mitarbeiter zum Themengebiet der Industrie 4.0 nicht mit Lehrgängen geschult werden. Zusätzlich haben noch 73% der Befragten angegeben, dass Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen in den letzten 2 Jahren verringert worden sind (Frage 59 und 61, Anhang 15.1). Grund hierfür war die Coronapandemie⁴ und die durchgeführten Maßnahmen zur Eindämmung des Virus, wie zum Beispiel Kontaktbeschränkungen⁵. Die Umfrage des Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA) mit über 350 befragten Unternehmen des KMUs kommt nicht ganz zu demselben Ergebnis, 44,5 % der Unternehmen gaben an, dass die Weiterbildungsaktivitäten nicht verändert wurden, jedoch bei fast 26% der Befragten wie Maßnahmen gesunken sind, wohingegen 12% angaben, dass die Weiterbildungsangebote gestiegen sind (70, S. 1–3).

⁴ Am 27.01.22 wurde der erste Fall in Deutschland erfasst (69).

⁵ Im März wird zu Kontaktbeschränkungen geraten und dadurch werden viele öffentliche und private Angebote nicht mehr durchgeführt (69).

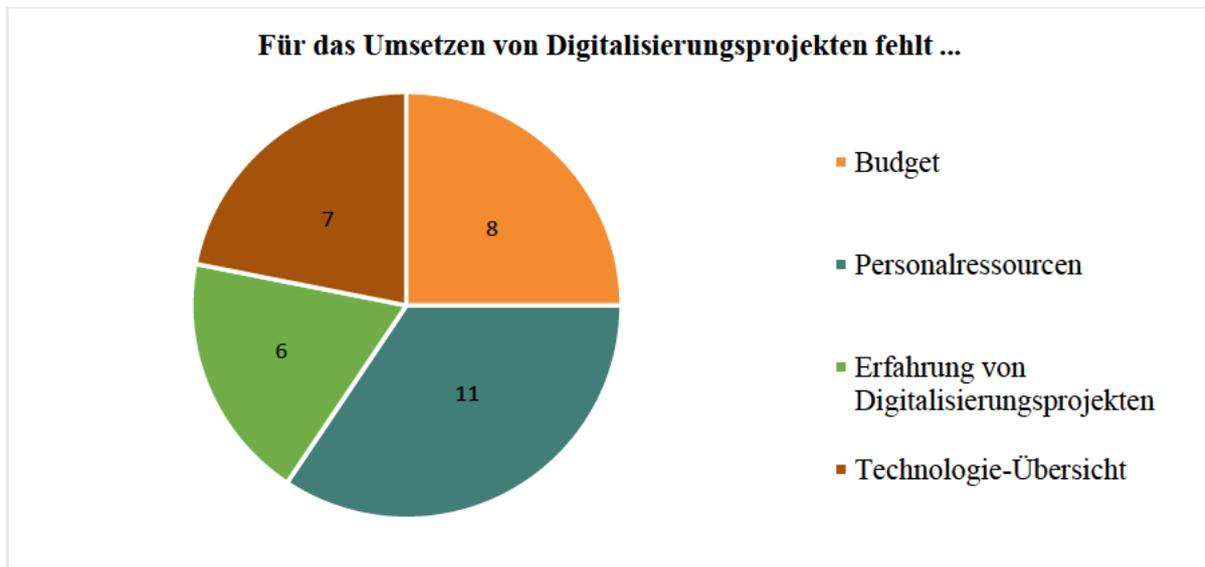


Diagramm 13 Fehlender Faktoren zur Umsetzung von Digitalisierungsprojekten

Aber nicht nur fehlende Qualifikation des Personals wird als Herausforderung empfunden, sondern nach Einschätzung der befragten Teilnehmer geben diese als ersten Grund, wie im Diagramm 13 dargestellt, fehlende Personalressourcen an und an zweiter Stelle das fehlende Budget zur Umsetzung von Digitalisierungsprojekten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine Umfrage von *bitkom* aus dem Jahr 2021 mit über 550 Unternehmen in welcher 77% fehlende finanzielle Mittel als größtes Hemmnis und fehlende Fachkräfte mit 55% als zweit größtes Hemmnis in der Kategorie *unternehmensinterne Hemmnisse* angegeben haben (71, S. 11). Die Vergleichsfragen 63 und 64 (Anhang 16.1) in welchen die Unternehmen danach gefragt wurden, ob diese vom Fachkräftemangel betroffen sind und dies als Hemmnis empfinden, wurde in beiden Fällen mit über 80% mit „Ja“ beantwortet.

In der Kategorie *Regulierung* der *bitkom* Umfrage werden Anforderungen an den Datenschutz und an die IT-Sicherheit als weitere Hemmnisse aufgeführt (71, S. 11). Dieses Ergebnis deckt sich mit der eigenen durchgeführten Umfrage. Die Fragen 66 und 67 (Anhang 16.1) in welchen die Teilnehmer über generellen IT-Aufwand und den Datenverarbeitungsaufwand gefragt wurden, gaben jeweils 64% der Befragten an, dass dies ein Hemmnis für ihr Unternehmen sei. Bei der Datensicherheit, wie bei der Frage 69 (Anhang 16.1) gaben über 80% der Befragten an, dass dies ein Hindernis sei. Die Problematik des Datenschutzes, als eines der empfundenen größten Hindernisse der Digitalisierung, wurde ebenso in einer Studie von 2018 in der Region Stuttgart analysiert und in einem Zeitschriftenbeitrag von 2021 in der Zeitschrift für Wirtschaftspolitik herausgearbeitet (72, S. 315). Das Institut der deutschen Wirtschaft Köln hat im Jahr 2016 in einer Meta Studie analysiert, dass in der Hälfte aller 38 analysiert Studien die IT-Sicherheit und Kosten bzw. Investitionsbedarf als größte Hemmnisse der Digitalisierung dargestellt werden (68, S. 37). Das Thema IT-Sicherheit scheint weit über die eigenen befragten Unternehmen hinauszugehen und dies auch schon seit mehreren Jahren, trotzdem haben 78% der eigenen befragten Unternehmen auf die Frage 23, ob die eigene IT-Abteilung für die Cybersicherheit des Unternehmens zuständig ist, mit *Ja* geantwortet (Anhang 11.1). Dies zeigt sich auch bei der Frage nach vorstellbaren Kooperationen zum Beispiel mit Cloudanbietern (Frage53 Anhang 14.1) 45% der befragten Unternehmensvertreter können sich keine solche

Kooperation vorstellen. Dieses Ergebnis ist verwunderlich, da im selben Moment die IT-Sicherheit als Hindernis empfunden wird. Wiederum können sich 91% der befragten Unternehmen eine Digitalisierungskooperationen mit Lieferanten vorstellen (Frage52 Anhang 14.1). Dies ist damit zu erklären, dass produzierende Unternehmen des KMUs häufig eine relativ gute Bindung zu einigen Lieferanten pflegen und sich deshalb eine tiefere Kooperation nicht als Risiko gesehen wird. Eine Kooperation mit einem Cloudanbieter, welcher sehr sensible Daten von dem jeweiligen Unternehmen speichert, wirkt wie ein größeres Risiko. Diese Einschätzung wurde bereits in einer repräsentativen Umfrage im Jahr 2016 ermittelt (73, S. 35–36). Bei der Auswertung der Frage 51 (Anhang 13.1), bei welcher die Teilnehmer gefragt wurden, worin diese den Unterschied zwischen Industrie 4.0 Projekten und Projekten ohne Digitalisierungsbezug sehen, sehen fast 55% die Zusammenarbeit mit weiteren Firmen als wichtig bei Industrie 4.0 Projekten, betonen aber auch die ungewollte Abhängigkeit.

Als weitere Herausforderungen der Industrie 4.0, unabhängig von den schon genannten Hemmnissen, werden bei der Freitextfrage 74 (Anhang 16.1) folgende Punkte ergänzt:

- Kosten-Nutzen neuer Systeme nicht direkt überschaubar
- Kosten-Nutzen Verhältnis oftmals unbekannt
- Amortisierung neuer Systeme kann lange dauern, durch wechselnde Verantwortlichkeiten häufig nicht eingeführt
- Tagesgeschäft zu zeitfüllend, fehlendes Wissen kann nicht von den Mitarbeitern aufgebaut werden
- Changemanagement

Zusätzlich sind den Umfrageteilnehmern weitere Themengebiete der Industrie 4.0 wichtig wie zum Beispiel:

- ein verändertes Personalmanagement
- Prozessveränderung
- Ein neues Denken und Arbeiten in einigen Bereichen des Unternehmens ist erforderlich

Deutlich wird dies in der Auswertung der Antworten der Frage 73 (Anhang 16.1).

Es lässt sich feststellen, dass alle Umfrageteilnehmer mehr Chancen in der Industrie 4.0 sehen (Frage71, Anhang 16.1), welches auch mehrere andere Umfrageergebnisse wider spiegelt (74, 73, S. 36).

5 Industrie 4.0 Einführungsstrategie für den produzierenden KMU

In diesem Kapitel wird zuerst die Herangehensweise an die Entwicklung einer Implementierungsstrategie von Industrie 4 erläutert. Darauf folgend werden Einführungsmöglichkeiten von Industrie 4.0 für den produzierenden KMU aus den Kenntnissen der Forschung, der Literatur, Studien und den Ergebnissen der im Kapitel 4 beschriebenen Umfrage entwickelt und übersichtlich zusammengefasst, ohne dabei den praktischen Bezug zu verlieren. Der Fokus des Einführungsmodells liegt nicht auf den technischen Komponenten der Industrie 4.0, sondern mehr

auf einen organisatorischen sowie strukturellen Wandel. Schwerpunkte sind neben der praktischen Einführung, auch die Mitarbeiterqualifizierung, sowie eine Betrachtung einer möglichen Anpassung der Agilität eines Unternehmens.

5.1 Herangehensweise und Aufbau der Einführungsstrategie

Wie bereits im Kapitel 3 beschrieben, sind viele der Einführungsmodelle eher Impulsgeber und keine Komplettsstrategien für eine Veränderung in Richtung Industrie 4.0.

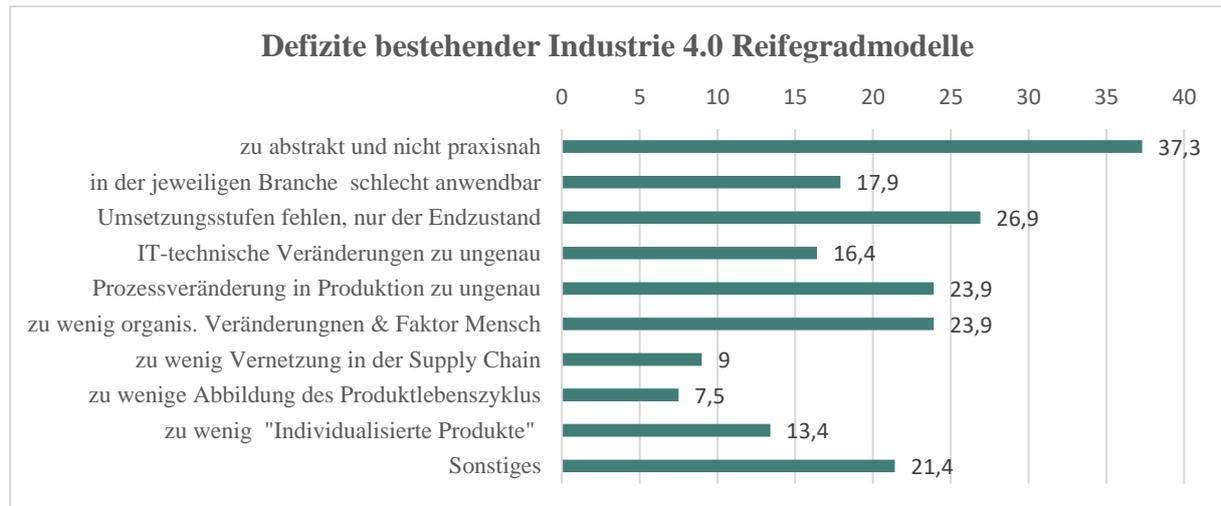


Diagramm 14 Defizite bestehender Industrie 4.0 Reifegradmodelle (in Anlehnung an 75, S. 17)

Wie in Diagramm 14 dargestellt, gibt es unterschiedlich empfundene Defizite in bestehenden Reifegradmodellen, deshalb soll bei der folgenden Industrie 4.0 Einführungsstrategie der Kunde, in diesem Fall der Leser, eine der Quellen der Herangehensweise und des Aufbaus des abgeleiteten Einführungsmodells darstellen. Dabei wird der forschende Aspekt dieser wissenschaftlichen Betrachtung von Industrie 4.0 nicht außer Acht gelassen. Die nachfolgende Einführungsstrategie orientiert sich trotzdem auch an der Fragestellung:

Welchen Vorteil möchte der Leser aus dieser wissenschaftlichen Arbeit ziehen?

Die Betrachtung des Lesers in einer wissenschaftlichen Arbeit als Kunden, ist unkonventionell und nach der Definition des Wortes „Kunde“ falsch, da der Leser nichts kauft und damit im eigentlichen Sinne des Wortes keinen Kunden darstellen kann. Wird der Leser jedoch als Kunde im Sinne eines Nachfragenden oder Suchenden gesehen, kann sich durch eine solche Betrachtung eine andere Herangehensweise an die Bearbeitung, bzw. Recherche und Forschung zu einem solchen Thema ergeben. Bei dieser Art des Vorgehens muss jedoch immer darauf geachtet werden, dass Ziele/Wünsche eine wissenschaftliche Arbeit nicht zu stark prägen oder beeinflussen, sondern eine solche Herangehensweise darf nur als Anstoßgeber dient.

P. Fader fasst im Jahr 2011 Fokussierung und Ausrichtung eines Unternehmens auf Kundenwünsche in der Bezeichnung Customer Centricity zusammen und betont die Wichtigkeit, sowie

die entstehende Innovationskraft, welche sich daraus ergibt (76). Dieser Gedanke der Kundenzentrierung bzw. Kundenorientierung ist auch immer häufiger in Projektmanagementmethoden zu erkennen. Besonders in agilen Projektmethoden wie Scrum ist auch der Kunde mit seinem Wünschen und Vorstellungen im Mittelpunkt (Customer Centered) (Kapitel 3.6). Kundenwünsche, verarbeitet in Userstories (53, S. 337), sind eines der Hauptmerkmale von Scrum. Die nachfolgende Einführungsstrategie von Industrie 4.0 wurde nicht nur als theoretisches Modell erstellt, sondern sieht den Bezug zum Leser bzw. suchenden Kunden aus dem KMU als wichtig an und kombiniert Wissenschaft und Praxis.



Abbildung 14 Iterative Herangehensweise (77)

In Abbildung 14 ist im unteren Abschnitt der Weg der „*iterativen Zielbetrachtung*“ zu sehen.

- Es wird mit der Zielbetrachtung gedanklich begonnen und währenddessen entstehen folgende Fragen innerhalb der einzelnen Phasen:
 - Um ein gewünschtes Ziel zu erreichen, müssen welche Entscheidungen getroffen werden (Bewertungs- & Entscheidungsphase)?
 - Die Entscheidungen werden auf Grundlage von welchen Analysen getroffen (Analysephase)?
- Dieser Vorgang wird für jedes vorstellbare/n Ziel/Wunsch wiederholt. Sollte im Laufe eines Projektes neue Bewertungskriterien entstehen, oder neue Analysemethoden recherchiert werden, sollte dieser Zyklus für bereits bekannte Ziele wiederholt werden.

Die iterative Zielbetrachtung stellt eine geeignete Ideenfindungsmethode dar, es ist als eine Art kreatives Brainstorming zu verstehen. Durch das gedankliche Starten mit dem Ziel bzw. Kundenwunsch, führt dies zu einer größeren Variation an Entwicklungsmöglichkeiten und fördert die Kreativität.

Im oberen Bereich der Abbildung 14 ist der „*iterative, wissenschaftliche Arbeitsweg*“ zu sehen. Das gedankliche Modell der Zielbetrachtung wird in dieser Phase, mit Literatur und Studien

abgeglichen und in ein wissenschaftliches Arbeitsmodell, die Einführungsstrategie, übertragen und erweitert bzw. abgeändert.

- Die Implementierungsphasen werden wissenschaftlich betrachtet und erarbeitet, es folgt die Beschreibung von praktische Managementwerkzeugen, um Analysen zu bewerten und aufbauend darauf, Entscheidungen zu treffen, welche dann zu einer Beschreibung der Umsetzungsmöglichkeiten von Industrie 4.0 führt. Ähnlich wie bei der Zielbetrachtung wird dieser Vorgang iterativ wiederholt.

Wie bereits erwähnt liegt eine Herausforderung dieser Methode darin, eine zu starke Beeinflussung von Zielen/Wünschen zu verhindern. Die Iterative Zielbetrachtung dient als Impulsgeber, als Kreativitätstool, als Innovationstreiber, nicht jedoch als Ersatz für Forschung und Recherche. Aufgrund der deutlichen Abgrenzung der zwei beschriebenen Modellwege, wurde somit auf diese Problematik geachtet.

5.2 Kernelemente einer Implementierungsstrategie für Industrie 4.0

Der Ausschnitt an unterschiedlichen Einführungsmodellen, Entscheidungshilfen und Reifegradbestimmungen von Industrie 4.0 zeigt, dass es eine Varianz an unterschiedlichen Herangehensweisen mit dem Thema „*Einführung von Industrie 4.0*“ gibt (Kapitel 3). Was jedoch erkennbar ist, dass sehr viele Quellen den Arbeitsweg im Kapitel 5.1 („Iterativer, wissenschaftlicher Arbeitsweg“) empfehlen. Die Bezeichnungen der einzelnen Vorgehensschritte sind in den einzelnen Quelle nicht dieselben, folgen jedoch dem Implementierungsmuster:

**Analyse → Bewertung bzw. Entscheidung
→ Maßnahmen/Implementierung → Überprüfung**

Die Managementtools mit welchen die jeweiligen Analysen oder Bewertungskriterien festgelegt werden unterscheiden sich, jedoch ist das Vorgehensmodell bei vielen Studien, Umfragen, in der Literatur oder Forschung ähnlich (20, 33, 35–37, 78–83).

Wie im Kapitel 1.1 bereits erläutert, liegt der Schwerpunkt dieser wissenschaftlichen Arbeit in der Implementierung von Industrie 4.0 in produzierenden Unternehmen, welche dem KMU zugeordnet werden. Da das Themengebiet der Industrie 4.0 ein sehr komplexes und facettenreiches Themengebiet ist, wird die Implementierung, im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit, in vier Einzelphasen unterteilt.

- Phase 1: *Vorbereitende analytische Implementierungsphase*
- Phase 2: *Bewertung- und Entscheidungsphase*
- Phase 3: *Physische Industrie 4.0 Implementierungsphase*
- Phase 4: *Retrospektive Überprüfung der Implementierung*

Die Phase 4 wird nicht so übereinstimmend in Quellen als einzelnes Kernelement betrachtet, sondern ist häufig Bestandteil von Phase 3. In dieser Masterarbeit wird die Phase 4 jedoch als

wichtiges Kernelement angesehen und deshalb einzeln betrachtet und analysiert bzw. die Wichtigkeit herausgearbeitet.



Wie bereits eingehend aufgeführt, beziehen sich viele recherchierten Quellen auf ein Phasenmodell als Strategie zur Einführung von Industrie 4.0. Dadurch kann festgestellt werden, dass das im Folgenden erläutertes Phasenmodell als Fundament dieser Industrie 4.0 Einführungsstrategie bezeichnet werden kann.

5.2.1 Phase 1: Vorbereitende analytische Implementierungsphase

Die Phase 1, die vorbereitende analytische Implementierungsphase, sollte als Abfolge mehrerer unterschiedlicher Schritte betrachtet werden, dargestellt in Abbildung 15.



Abbildung 15 vorbereitende analytische Implementierungsphase in Schritten

Mitarbeiter, welche sich mit einer extrinsischen Motivation, zum Beispiel in Form eines Arbeitsauftrages, dem Themengebiet der Industrie 4.0 nähern, werden wahrscheinlich eine Inspirationsphase auslassen und direkt versuchen Wissen aufzubauen oder direkt zu einer Zielsetzung überzugehen. Besitzen zuständige Mitarbeiter jedoch bereits ein intrinsisches Interesse an verschiedenen Themen (84), welche direkt oder indirekt mit der Thematik der Industrie 4.0 zu tun haben, ist eine Inspiration und damit häufig verbunden ein breiter aufgestelltes Wissen sehr wahrscheinlich (46, S. 18). Der Umstand der intrinsischen Motivation, also das aus sich selbst hervorgehende Interesse an einem Thema, soll in diesem Kapitel als gegeben angenommen werden. Die intrinsische Motivation und die damit verbundene Qualifikation von Mitarbeitern wird spezifischer im Kapitel 6.2.1 betrachtet.

Inspiration & Wissensaufbau

Wie in Abbildung 15 dargestellt überschneiden sich die Ablaufschritte *Inspiration & Wissensaufbau*, denn ein ausgeprägtes Interesse an dem Thema Industrie 4.0 wird zu immer weiteren Inspirationen führen und dadurch das eigene Wissen vergrößern. Dieses Interesse sollte auch weiter verfolgt, bzw. verfestigt und auch vom Unternehmen gefördert werden. Es ist ratsam sich mithilfe von Fachinformationen z.B. durch Veranstaltungen an Hochschulen oder Messen zu erkundigen, der Austausch mit Forschungseinrichtungen oder bekannten Unternehmen, welche keine direkten Marktbegleiter sind, sollte gesucht werden (85, S. 588) (79, S. 87).

All dies führt dazu, dass erste Ideen, erste Vorschläge oder erste Entwürfe bereits spezifischer sind, der Vorstellungshorizont ist bereits erweitert. Aber Ziel ist es nicht nur Wissen aufzubauen oder sich für bestimmte Bereiche zu interessieren: „Ziel dieser Phase ist es schließlich, ein Zukunftsbild bzw. eine Vision für das eigene Unternehmen zu entwickeln. Dabei ist es wichtig, Chancen und Herausforderungen, die durch die Digitalisierung für das eigene Unternehmen entstehen, zu erkennen.“ (46, S. 18). Gerade eine Unternehmensvision im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sollte geschaffen werden, da Unternehmen dadurch einen Fahrplan bekommen. Dieser Fahrplan bietet eine Idee, einen gewissen Handlungsrahmen, eine Vorstellung des zu erreichenden, es wird im Management, sowie bei den weiteren Mitarbeiter, ein Bild gezeichnet welches Verbinden sollte (46, S. 26) (86, S. 112). Bei der Entwicklung einer Unternehmensvision, besonders mit dem Fokus Industrie 4.0, sollte es keine festen Grenzen geben. Die ersten Entwürfe sollten kreativ sein, inspirativ, weit fassend und die Vision der unternehmerischen Zukunft nicht zu kurzfristig sein. Zur Erstellung der Unternehmensvision sollte auf die beteiligten Personen geachtet werden. Besonders bei einer solchen Aufgabe muss das Team aus verschiedenen Funktionen bestehen, es muss auf Diversität geachtet werden. „Mangelnde Diversität, insbesondere im oberen und mittleren Management, stellte eine weitere Veränderungshürde dar [...] enorme Homogenität stellte eine zusätzliche Herausforderung und Bremse dar“ (87, S. 312–313).

Viele Unternehmen des produzierenden KMU verfolgen keine Digitalisierungsvision bzw. haben keine Digitalisierungsstrategie entwickelt. Die Relevanz der Industrie 4.0 ist im KMU angekommen, das zeigt die im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit durchgeführte Umfrage (Kapitel 4.2), jedoch zeigt sich auch, dass eine klare Industrie 4.0 Unternehmensvision noch nicht bei den Befragten Unternehmen vorhanden zu sein scheint. Dieses Ergebnis wird ebenso durch die Befragung des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Kaiserslautern festgestellt. Bei dieser Befragung wird deutlich, dass über 60% der mehr als 840 befragten Unternehmen eher dem Level des Industrie 4.0 Erkunders bzw. Einsteigers zuzuordnen sind (Stand Mai 2022) (59, S. 8).

Zusätzliche Literaturhinweise für die weitere Vertiefung:

Innovation/Innovatives Denken

- *Innovation Toolbox – mit Analyseplakat zum Ausprobieren* (88)
- *Erfinderhandbuch – Viele brauchbare Innovations-Tools* (89, S. 37–64)

Vision- und Strategieentwicklung

- *Strategieentwicklung Kompakt – eine praxisorientierte Einführung* (90)
- *Change Management – Visionsprozess Unterstützung*
- *Effizientes strategisches Management – Die 10 Phasen einer erfolgreichen Unternehmensentwicklung* (86, S. 161)
- *Dissertation: Motivationale Effekte von Unternehmensvisionen* (91)

Zielsetzung

Nachdem sich das Unternehmen mit der Industrie 4.0-Unternehmensvision beschäftigt hat beginnt der nächste Schritt der Phase 1, die Zielsetzung. Die Zielsetzung sollte nicht das blinde einführen von Industrie 4.0 sein, sondern die intendierten positiven Effekte der Industrie 4.0 sollen genutzt werden, um die Unternehmensziele zu erreichen. Das heißt, die Unternehmenszielsetzungen sind häufig höhere Wirtschaftlichkeit, größerer Output, höhere Flexibilität in der Produktion, Expansion oder Ähnliches und die Industrie 4.0 soll dafür genutzt werden um die spezifischen Unternehmensziele zu erreichen. Unternehmensziele stellen zusätzlich eine größere Relevanz bei einer Industrie 4.0 Transformation dar als nur betriebswirtschaftliche Kennzählerfüllung. „Strategische Ziele sollten dazu beitragen, die Mission des Unternehmens zu erfüllen und der Vision einen wesentlichen Schritt näherzukommen [...]. Sie bieten den Rahmen für die Formulierung kurz- und mittelfristiger operativer Ziele, welche sehr konkret und meist auf der Ebene einzelner Abteilungen oder Unternehmensbereiche angestrebte Ergebnisse anhand von messbaren Indikatoren festlegen. Operative Ziele werden von den strategischen Zielen abgeleitet und sollten so formuliert werden, dass die Erreichung der operativen Ziele einen klaren Beitrag zur Erreichung der strategischen Ziele leistet.“ (90, S. 31–32) Mithilfe der SWOT-Analyse kann die Zielsetzung eingeteilt werden um dort eine erste Überprüfung vorzunehmen.

- **SWOT-Analyse**

„SWOT ist ein Akronym und steht dabei für Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats. Dies bedeutet, dass mit der SWOT-Analyse die Stärken und Schwächen des Unternehmens, sowie die Risiken und Chancen der Umwelt für ein Projekt untersucht werden. Anschließend können diese Faktoren in einer Vier-Felder-Matrix kombiniert und daraus unterschiedliche Strategien abgeleitet werden.“ (92, S. 161)

Damit eine Zielsetzung auch messbar und bewertbar ist, müssen Kennzahlen eingeführt werden, diese können analysiert werden und bieten somit quantitative Informationen über den Stand der Zielsetzung (93, S. 9). Die Einführung von Kennzahlensystemen hat zur Folge, dass das Erreichen der Zielsetzung überprüfbar wird. Aus der eigens durchgeführten Umfrage ist ersichtlich, dass keins der teilgenommenen Unternehmen den Industrie 4.0 Reifegrad analysieren kann, da keine Kennzahlen erhoben werden (Kapitel 4.2). „Die allumfassende Bestimmung des Industrie 4.0-Reifegrades schafft Transparenz über die aktuellen Unternehmensstrukturen als Ausgangspunkt für die Strategieentwicklung zur schrittweisen Einführung von Industrie 4.0. Insbesondere KMU werden damit befähigt, sich einer Herausforderung wie Industrie 4.0 hoher Komplexität, mit ihren begrenzten Kapazitäten schrittweise zu nähern. Wettbewerbsfähigkeit und Marktposition des Unternehmens stabilisieren sich mithilfe einer zielgerichteten Industrie 4.0 Strategie, die auf den Bedürfnissen, Restriktionen und Möglichkeiten des Unternehmens aufbaut.“ (94, S. 73) Durch die Ermittlung von Kennzahlen (KPIs), können Ziele deutlich, verständlich und klar definiert werden, denn erst dadurch kann sichergestellt werden, dass die Zielsetzung auch erfüllt wird und das sich das Unternehmen in Richtung Unternehmensvision entwickelt (95, S. 317–318). „Für das Projektmanagement ist die Verwendung von KPIs empfehlenswert, um den jeweiligen Fortschritt des Projektes (*Erfüllungsgrad*) zu messen.“ (96, S. 366)

Je nach Zielsetzung sind unterschiedliche KPIs sinnvoll, besonders zu einem späteren Zeitpunkt zum Beispiel in der Retroperspektive (Kapitel 5.2.4) können diese einen großen Erkenntnis geben.

Die Zielsetzung steht, wie eingehend beschrieben, in Korrelation zur Unternehmensvision und ist damit unternehmensspezifisch, jedoch lässt sich feststellen, dass die Ziele den SMART-Kriterien entsprechen sollten.

- **S**pezifisch und konkret, damit alle im Unternehmen eine gleiche Vorstellung haben
- **M**essbar und damit analysierbar, Abweichungen und das Erreichen von Zielen können nachvollzogen werden und steigern die Akzeptanz im Unternehmen.
- **A**mbitioniert und anspruchsvoll, jedoch sollte auf das richtige Maß geachtet werden. Nicht zu ambitioniert, aber auch nicht zu anspruchslos, damit die Ziele nicht demotivierend wirken.
- **R**ealisierbar, die Unternehmensziele sollten durch Projekte mit realistischem Ressourcenaufwand erreicht werden können.
- **T**erminiert, durch eine zeitliche Begrenzung müssen Handlungsrahmen geschaffen werden, damit verbunden eine Strukturierung in der Handlungsebene (86, S. 177).

Die Herausforderung der Führungsmanagement besteht darin, eine Zielsetzung und somit eine Digitalisierungsrichtung zu entwickeln, welche sich nicht in der großen Varianz an möglichen Zielen verrennt, sondern eine deutliche und klare Zielsetzung vorgibt, welche zum Erreichen der Vision beiträgt. Denn „Eine Digitalisierungsstrategie bildet die Grundlage für die Umsetzung digitaler Transformationsprozesse, da sie langfristige Unternehmensziele definiert und zur systematischen Auseinandersetzung mit internen Stärken und Schwächen sowie externen Chancen und Risiken anregt.“ (46, S. 19)

Literaturhinweise für die weitere Vertiefung:

Zielsetzung

- *Effizientes strategisches Management – Die 10 Phasen einer erfolgreichen Unternehmensentwicklung (86, S. 173–177)*
- *Business-Wissen Projektmanagement– Zieldefinition (95)*
- *Werkzeuge für das Projektmanagement (92)*

Kennzahlen

- *Performance Measurement – Bildung von Kennzahlensystemen (93)*
- *Controlling-Kennzahlen - Key Performance Indicators – Zweisprachig (Deutsch/Englisch) umfassendes Buch über Kennzahlen (97)*

Analyse

Durch die Unternehmenszielsetzung wird ein Vorhaben geschaffen und damit auch eine Richtung vorgegeben, wohin sich das Unternehmen in Bezug auf Industrie 4.0 entwickeln möchte. Unternehmen des KMUs müssen Zukunftsinvestitionen besonders gut planen, denn für ein nicht ausreichend geplantes Industrie 4.0 Prestigeprojekt fehlt vielen KMUs das Kapital und Personal (46, S. 25). Dies deckt sich auch mit den Umfrageergebnissen der eigen durchgeführten Umfrage (Kapitel 4.2), sowie der Umfrage des Bitkom Research von April 2021, in welcher 77% der über 550 befragten Unternehmen fehlende finanzielle Mittel und 55% fehlende Fachkräfte als Hemmnis für den Industrie 4.0 Einsatz angaben (71, S. 11). Deshalb muss ein Unternehmen sich selbst in die Lage bringen, Analysen durchzuführen, um den Grundstein einer Veränderung zu legen. Die Vision und auch die Unternehmenszielsetzung sind ambitionierte Vorhaben, deshalb ist einer der ersten Schwerpunkte der Analysephase die Auseinandersetzung mit dem zu erreichenden Ziel.

Teilziele auf der Handlungsebene sind meistens spezifischer bzw. können nicht direkt eins zu eins aus der Unternehmenszielsetzung abgeleitet werden. Alle an der Zielumsetzung beteiligten Personen der jeweiligen Handlungsebene, müssen dasselbe Verständnis besitzen, deshalb sollte zuerst eine Ist-Soll-Analyse erfolgen. Dabei bezieht sich das Ist und Soll auf die Ziele der Handlungsebene, das kann die Produktion, die Logistik, das Personalmanagement, aber auch die Sachbearbeitung oder eine Innovationsabteilung sein, oder auch andere Abteilungen, denn alle Teilziele führen zum Erreichen der Unternehmensziele. Das zu erreichende Soll, also das Abteilungsziel, sollte vom jeweiligen Management auch in den zuvor beschriebenen SMART-Kriterien formuliert werden. Eine zusätzliche Visualisierung in einer aussagekräftigen Darstellung ist ratsam, denn diese führt zum wiederkehrenden Bewusst werden bei den Mitarbeitern (91, S. 30) (98, S. 267). Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird zusätzlich angenommen, dass die Soll-Anforderungen in den einzelnen Abteilungen bekannt und ausgearbeitet wurden. Damit ist das Soll bereits bekannt und es muss der aktuelle Stand der Prozesse, der Organisation oder Struktur der jeweiligen Abteilung analysiert werden. Die Analyse der Ist-Situation kann unterschiedlich durchgeführt, unter anderem mit folgenden Analysemethoden.

- **Wertstromanalyse (99, S. 131–140)**

„Bei der Wertstromanalyse handelt es sich um eine Methode, die ihre Wurzeln im Toyota-Produktionssystem (TPS) besitzt. Dabei bedeutet die Methode, das Ganze zu sehen, um das Ganze zu verbessern [...], um ein ganzheitliches Verständnis der Situation und Verbesserungsmöglichkeiten zu erhalten. Somit kann mit der Wertstromanalyse eine ganzheitliche transparente Abbildung der Prozesse ermöglicht werden[...]“ (99, S. 131) Durch den Abgleich vom bereits bekannt Soll- und der Ist-Werte, werden die Verbesserungspotenziale erkannt und können so aufgezeigt werden.

- **Benchmarking (100)**

„In der Literatur existieren zahlreiche Definitionen des Benchmarkings, die jedoch alle von dem gleichen theoretischen Ansatz - der Identifikation von Bestlösungen und der Orientierung an Bestlösungen - ausgehen. Dementsprechend ist Benchmarking der ständige Prozess des Strebens eines Unternehmens nach Verbesserung [...]“ (100, S. 12) Benchmarking ist ein strukturierte, geführte Vergleichstechnik, welche für unterschiedlichste Ansätze benutzt werden kann.

Um etwas vergleichen zu können, müssen dem Unternehmen die eigenen Umstände bekannt sein, weshalb es sich im Rahmen des Benchmarkings mit der eigenen Situation befassen muss.

- **Kraftfeldanalyse**

„Hinter der Methode „*Kraftfeldanalyse*“ verbirgt sich eine einfache Analyse der treibenden und rückhaltenden Faktoren in einer Situation. Diese Faktoren können so nicht nur identifiziert, sondern auch antizipiert werden [...]“ (101, S. 299) Diese Methode kann in Verbindung mit einer Visualisierung, einer sogenannten Kraftfeldkarte, weitere Ergebnisse der Ist-Situation liefern, da zusätzliche Schwächen in Prozessen, Technologien oder auch in der Qualifikation der Mitarbeiter aufgedeckt werden können.

- **Schnittstellenanalyse**

„Die Schnittstellenanalyse ist ein Werkzeug zur systematischen Identifikation von Verschwendungen bei der Verknüpfung von Prozessschritten. Sie soll zu einer ganzheitlichen Analyse von Schwachstellen entlang des Wertstroms beitragen, indem ihr Fokus gezielt auf Ineffizienzen an den Prozessschnittstellen gerichtet ist.“ (102, S. 4) Durch Schnittstellenanalysen können Medienbrüche in vorhandenen Prozessen entdeckt und mit Hilfe von Bewertungsmatrizen bewertet werden (102, S. 5).

- **SWOT**

Die SWOT-Analyse kann auch zur Analyse der Ist-Situation genutzt werden, besonders zur Analyse der Abteilungen (Organisation), Strukturen aber auch Prozesskenntnisse lassen sich mit der SWOT-Methode analysieren (86, S. 290–291).

Die **Expertenbefragung** ist im eigentlichen Sinne keine Analysemethode, sondern wird der Erhebungsmethode zu geordnet, jedoch in einem solchen Kontext kann diese Methode ebenso Anwendung finden (103, S. 101). Besonders wenn der „Experte“ nicht durch Titel, Führungstätigkeit oder Befugnisse ausgewählt wird, sondern auch Mitarbeiter der Handlungsebene befragt werden. Die Informationsgewinnung durch die Partizipation von Mitarbeitern bei einer Ist-Analyse kann enorm hoch sein, denn diese Mitarbeiter arbeiten vor Ort und haben tägliche Berührungspunkte. Verstärkt werden kann dieser Effekt durch Workshops oder Veranstaltungen außerhalb der Arbeitsstätte, dann können sich die Mitarbeiter für diese Zeit nur auf das zu erreichende Tagesziel konzentrieren. Das bedeutet, dass die Expertenbefragung in Kombination mit den oben aufgeführten Ist-Analysen viel Potenzial bietet. Häufig werden jedoch in Unternehmen des produzierenden KMUs, besonders in Unternehmen, in welchen stark hierarchisches Strukturen vorherrschend sind, Mitarbeiter nicht ausreichend eingebunden. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der eigen durchgeführten Umfrage (Kapitel 4.2, Auswertung Frage 56).

Weiter werden durch eine umfangreiche Analyse der Ist-Situation Anwenderlücken offengelegt, zum Beispiel bei existierenden IT-Systemen, Schnittstellen, Probleme bei technischen Anwendungen wie beispielsweise Hebehilfen, Transportfahrzeugen oder anderes. Zusätzlich wird die Umsetzung von bereits angewendeten Methoden wie dem Lean Management überprüft. Entsprechend der Ergebnisse der eigen durchgeführten Umfrage haben alle befragten Unternehmensvertreter angegebenen Lean Managementtools zu verwenden und dass der Umsetzungsgrad in der Produktion im mittleren, bzw. im hohen Maß liegt (Kapitel 4.2, Anhang 12.1,

Frage 31-34). Der hohe Anwendungsgrad von Lean Managementmethoden ist auch bei anderen Unternehmen zu sehen und deckt sich mit den Umfrageergebnissen (104, S. 56–58). Die bestehenden Strukturen des Lean Management in der Produktion stellen Standards her und damit beherrschbare Prozesse, welche besonders in der Produktion eine gewisse Unterstützung der Industrie 4.0 Implementierung darstellen können (104, S. 60).

Nach einer umfangreichen Ist-Analyse ist die Diskrepanz zwischen Ist und Soll bekannt. Nach dem die Gap-Analyse durchgeführt wurde sollte eine Problemanalyse folgen (83, S. 130). Denn z.B. Prozess-, Technologie- oder Systemprobleme die zu einer Lücke zwischen Ist und Soll liegen, müssen erarbeitet werden, da in der Ist-Analyse meist nur die Offensichtlichkeiten herausgearbeitet wurden, nicht jedoch die Gründe.

Eine Problemanalyse ist mit wenig Aufwand durchführbar und auch erweiterbar. „Die Problemanalyse ist ein Vorgang, bei dem der Problemraum schrittweise aufgespannt wird. Sie beginnt mit der Wahrnehmung der Existenz des Problems. Dann werden dessen Bestandteile bestimmt und deren Wechselwirkungen untersucht. Nur selten sind die Probleme offensichtlich und klar. Reale Probleme äußern sich in der Regel nur in Form bestimmter Symptome. Die eigentlichen Problemursachen müssen erst mühsam lokalisiert werden, bevor eine Lösung des Problems angegangen werden kann.“ (54, S. 43) Bei den Problemanalysen sollte ebenso auf die Umsetzbarkeit und die Komplexität geachtet werden. Eine schnell und unkompliziert durchzuführende Problemanalyse ist z.B. die 4-Was-Fragen Analyse.

Tabelle 3 4-Was-Fragen Problemanalyse (in Anlehnung an 54, S. 43)

4-Was-Fragen	Antworten Alternativfragen
<i>Was ist gegeben?</i>	<i>Was ist mein Anfangszustand?</i>
<i>Was ist gesucht?</i>	<i>Was ist mein Zielzustand?</i>
<i>Was ist zu tun?</i>	<i>Was sind meine Handlungsmöglichkeiten?</i>
<i>Was ist die Herausforderung?</i>	<i>Was für Problematiken könnten zusätzlich auftreten?</i>

Die in Tabelle 3 dargestellte Problemfindungsmethode ist eine sehr grundlegende, schnelle Methode, welche die Zustände, die Handlungsoptionen und mögliche Herausforderungen strukturiert abfragt. Einfache Probleme können eventuell mit der Anwendung dieser Methode bereits gelöst werden. Erweiterbar und trotzdem schnell durchzuführen ist die Methode in der abgeänderten Form der 5-Why-Methode (5-Warum-Fragen). Mit Anwendung der 5-Why-Methode kann in einigen Situationen die Problemstellung besser herausgearbeitet werden und somit wird das Projektziel eindeutiger (54, S. 44).

Zum Beispiel: Die 4-Was Fragen haben ergeben, dass falsches Packmittel durch die interne Logistik in die Fertigung geliefert wurde.

Tabelle 4 Anwendungsbeispiel 5-Warum-Fragen

5-Why-Fragen Antworten

- 1 Warum *Barcode auf der Anlieferpalette wurde falsch gelesen*
- 2 Warum *Mitarbeiter hat den Scanprozess unvollständig beendet*
- 3 Warum *Zu viele Anlieferung für zu wenig Personal*
- 4 Warum *Saisonale Auftragspitzen*

Bei diesem fiktiven Beispiel ist der eigentliche Problemgrund bereits nach 4-Warum-Fragen erkannt. Darauf folgt die Projektzielsetzung, wie kann die Herausforderung einer saisonalen Mehrbelastung der Logistik mit dem Einsatz von Industrie 4.0 Technologien gelöst werden und wie kann das Personal geschult und sensibilisiert werden, damit Fehler vermieden werden.

Bei noch komplexeren Problemstellungen kann die 6-W-Fragen Methode (Was? Wie? Warum? Wer? Wo? Wann?) angewandt werden, mit dieser lässt sich in den meisten Fällen die Problematik genau herleiten. Da viele Antworten in Wechselwirkung mit anderen Gegebenheiten stehen, bietet sich parallel zur 6-W-Fragen Methode das Ausfüllen eines Ursachen-Wirkungs-Diagramms an.

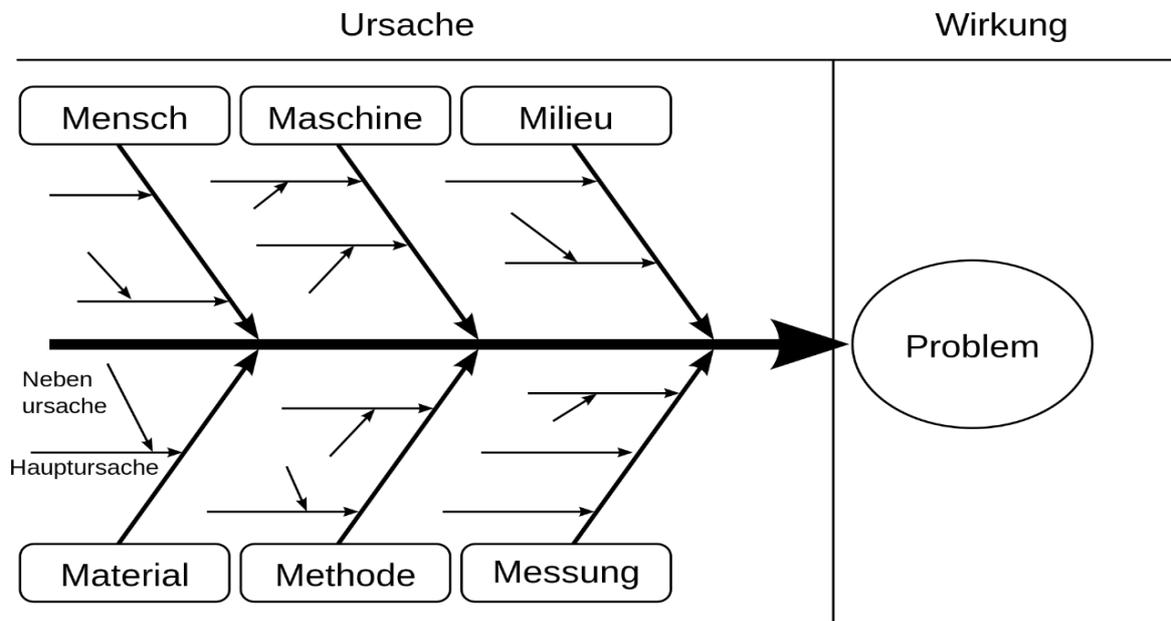


Abbildung 16 Ursachen-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm) (105)

Ein häufig verwendetes Ursachen-Wirkungs-Diagramme ist das in Abbildung 16 dargestellte Ishikawa-Diagramm. Damit lassen sich Haupt- und Nebenursachen, sowie Wirkzusammenhänge einfach und gut visuell darstellen.

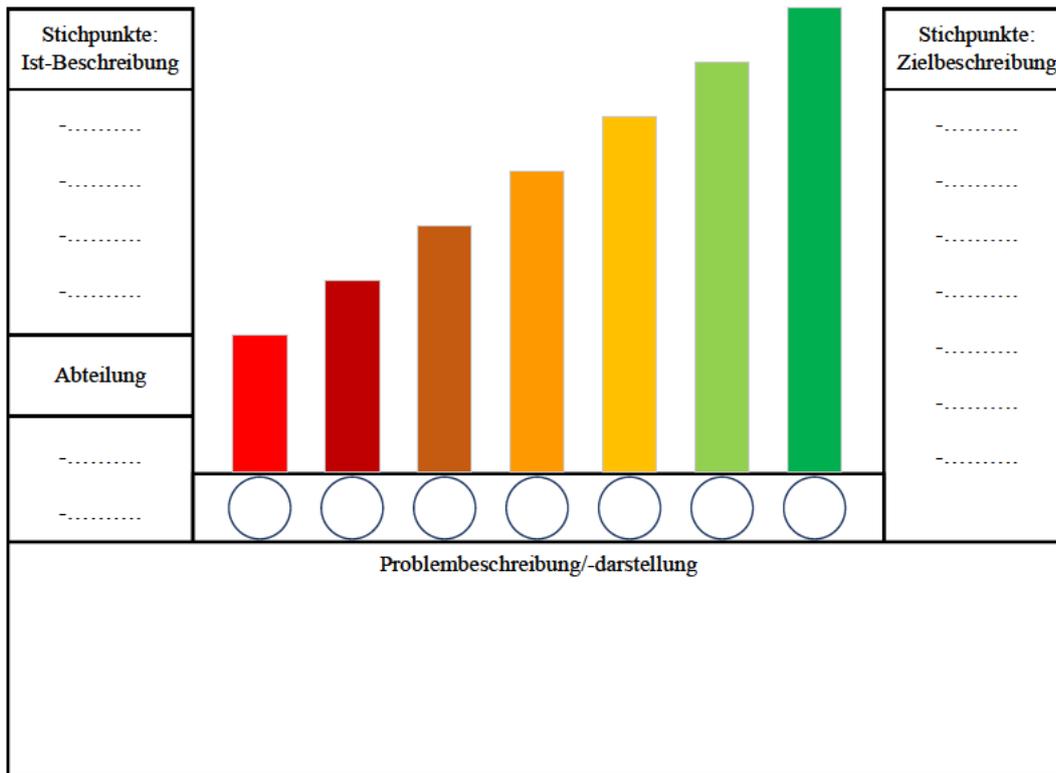


Abbildung 17 Visuelle Ist-Soll-Ergebnis Darstellung der Zustandskarten [eigene Darstellung]

Zusätzlich eignen sich weitere visuelle Darstellungen um die Mitarbeiter einzubinden und zum Partizipieren zu ermutigen. Um die Analyse zu unterstützen und um die Ergebnisse sichtbar zu machen eignet sich eine visuelle Darstellung wie in Abbildung 17 abgebildet. Es ist für alle ersichtlich wie der aktuelle Stand und wie weit der Ist-Zustand von Soll-Zustand entfernt ist (diese Ist-Soll-Ergebnis Darstellung lässt sich auch für andere Zielsetzung anwenden). Durch die unterschiedlichen Farbkennungen ist Mitarbeitern auch beim flüchtigen Betrachten der aktuellen Stand bekannt, weiter ist die Farbskala von rot zu grün intuitiv. Zusätzlich sollte die Ist-Situation in Stichworten beschrieben werden und welche Methode angewandt wurde, ebenso sollte das Ziel in Stichpunkten beschrieben werden. Die Abteilung muss eingetragen werden, wodurch sich die Zustandskarten zu einem späteren Verlauf auswerten und zuordnen lassen. Weiter sollten bereits bekannte Probleme in Stichpunkten aufgeschrieben, gezeichnet, als Bild oder in irgendeiner anderen Form dargestellt werden.

In vielen Abteilungen gibt es unterschiedliche Stakeholder, also Personen, die ein Interesse, egal welcher Art, an einer geplanten Veränderung haben. Diese Personen können interne, aber auch externe Stakeholder sein. Um eine Übersicht über alle Interessentnehmer zu haben, sollten Stakeholder-Analysen durchgeführt werden, besonders in Unternehmen in welchen viele Projekte mit wechselnden Verantwortlichkeiten durchgeführt werden. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird davon ausgegangen, dass alle Stakeholder bekannt sind⁶.

So gut wie alle Analysenmethoden können erweitert oder es können digitale Analysetools benutzt werden, zusätzlich könnten Auditoren beauftragt werden oder Berater, welche die Ana-

⁶ Am Ende des Kapitels 5.2.1 sind Literaturhinweise zur Stakeholderanalyse gegeben.

lyse der Unternehmensstrukturen als externe Unterstützer analysieren. Abhängig von der unternehmerischen Situation kann eine Zusammenarbeit mit externen Beratern auch in dieser Phase bereits sinnvoll sein. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird fokussiert darauf geachtet, dass, wie im Kapitel 5.1 bereits erläutert, der Leser einen Bezug zur Anwendung ziehen kann, deshalb sind die oben erläuterten Analysetools aller Analysemethoden, welche ohne viel Aufwand und direkt angewendet werden können. Das entsprechende Unternehmen benötigt nicht viele Vorkenntnisse oder Materialien, um diese Analysen durchzuführen. Als Unterstützung zu den Analysen sollten Tabellenverarbeitungsprogramme genutzt werden, welche in den meisten Unternehmen bereits verwendet werden.

Es gibt auch noch weitere Analysemethoden, welche spezifische Vorteile haben und dadurch von Interesse sein könnten⁷. Unternehmen des KMUs müssen aufgrund ihrer Kapitalsituation und ihrer Mitarbeiteranzahl (siehe Ergebnisse Kapitel 4.2) darauf achten, welche Analysen am Anfang eines Änderungsprozesses notwendig und wirtschaftlich sinnvoll sind. So sollte eventuell eine Mitarbeiterqualifikationsanalyse und darauf aufbauend eine Mitarbeiterqualifikationsmatrix erst zu einem späteren Zeitpunkt des Phasenmodells durchgeführt werden. Jede Analyse kostet Zeit, Ressourcen und damit auch Geld, deshalb sollten die Relevanz der Informationen wichtig sein und so die Analyse legitimieren.

Zusätzliche Literaturhinweise für die weitere Vertiefung:

Stakeholderanalyse

- *Werkzeuge für das Projekt- und Prozessmanagement (92, S. 15)*
- *Strategie & Management in prod. Unternehmen – Projektumfeldanalyse (101, S. 300)*
- *Toolbox Kommunikationsmanagement – Stakeholdermap (106, S. 28–36)*
- *Handbuch Krisenmanagement – Stakeholder-Beziehungen in der Krise (107, S. 55)*

Weitere Methoden

- *Die 75 wichtigsten Management- und Beratertools (108)*
- *Top 100 Managementtools (109)*
- *Strategien entwickeln und umsetzen (110, S. 488)*
- *Tools für Projektmanagement, Workshops und Consulting (111)*
- *Toolbox Kommunikationsmanagement – Werkzeuge & Methoden (106, S. 37–79)*

⁷ Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit kann nicht auf alle spezifischen Analysen eingegangen werden, da diese Betrachtung den Rahmen einer, dem Master entsprechenden Abschlussarbeit, übersteigen würde. Unter realen Bedingungen müssten weitere Analysen vorgenommen werden, diese müssten abteilungsspezifisch und der Analyse des jeweiligen Ziels entsprechen. Einige Analysen eignen sich zum Beispiel besser in einem Produktionsumfeld, wohingegen andere in anderen Unternehmensbereichen sinnvoller sind.

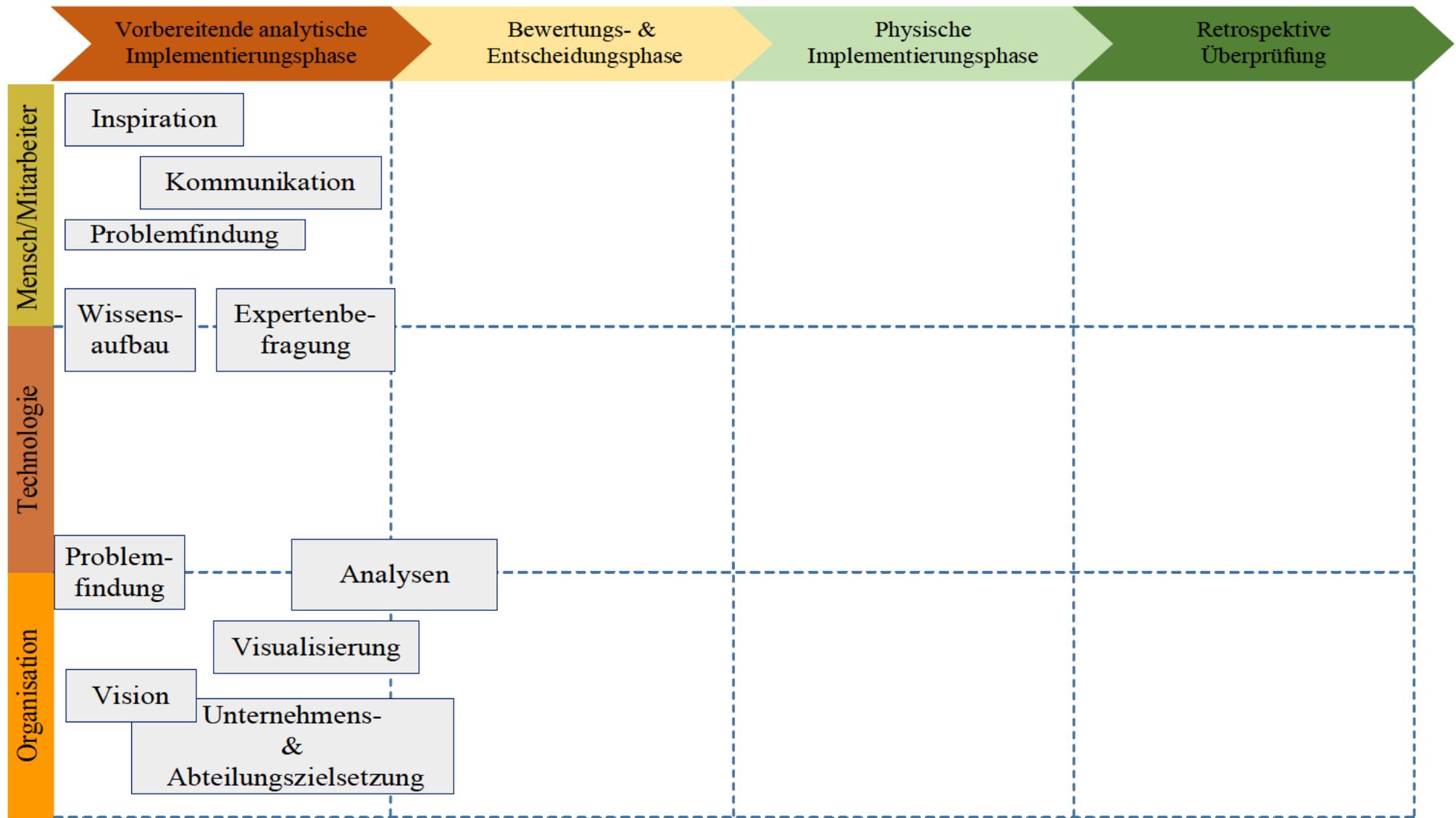


Abbildung 18 Aktionsübersicht Phase 1

5.2.2 Phase 2: Bewertung- und Entscheidungsphase

Die Hauptaufgabe der Industrie 4.0 Bewertungs- und Entscheidungsphase ist, die Summe der Analyseergebnisse auszuwerten, zu bewerten, gegebenenfalls die Informationsdichte zu erweitern um auf Grundlage der Bewertung eine Entscheidung pro oder kontra Industrie 4.0 Transformation zu treffen.

Wie in Abbildung 18 auf Seite 59 zu erkennen, sind bereits die Unternehmensvision, das Unternehmensziel, sowie die Abteilungsziele bekannt und damit auch die jeweiligen zu erreichenden Soll-Zustände. Die Ist-Situation in den einzelnen Handlungsebenen ist analysiert und in die Ergebnisdarstellung eingetragen, ebenso sind Probleme in den einzelnen Abteilungen offengelegt. Der Status, wie die Unternehmenszielsetzung erreicht werden kann, ist jedoch noch nicht bekannt, deshalb muss eine Bewertung erfolgen, welche Stellschrauben verändert werden müssen, um die Implementierung von Industrie 4.0 möglich zu machen. Um als Unternehmen des produzierenden KMU gezielt Veränderungen in Richtung Industrie 4.0 vornehmen zu können, müssen Entscheidungen getroffen werden, welche den größten Nutzen generieren, mit eigenen Ressourcen realisierbar sind, aber nicht zu hohe Kosten generieren. Auch große Unternehmen können sich auf lange Sicht keine Fehlentscheidungen leisten, welche ein Nutzen-Kosten-Verhältnis zu oft nicht einhalten, dennoch zeigen mehrere Umfragen (siehe Kapitel 4.2) dass besonders Unternehmen des KMU das zur Verfügung stehende Projektkapital richtig einsetzen müssen, da diese wirtschaftlich schlechter aufgestellt sind als Großunternehmen. Deshalb muss betrachtet werden bei welchen Abteilungen es am sinnvollsten ist, Veränderungen herbeizuführen oder ob eine flächendeckende Einführung von Industrie 4.0 möglich und wirtschaftlich ist.

Für viele Unternehmen ist die Einführung von Industrie 4.0 ein fast ausschließliches technologisches Themengebiet, dies spiegelt die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführte Umfrage, sowie weitere Quellen wider (Kapitel 4.2). Viele produzierende Unternehmen legen einen verstärkten Fokus auf Bewertungen von Technologieanalyseergebnissen und treffen darauf aufbauend Entscheidungen. Es wird jedoch in Literatur und Forschung betont, dass reine Innovationen in neuartige Technologien keinen ausreichenden Mehrwert verzeichnen und strategisch zu kurzfassen (94, S. 77). „Technologie allein löst nie ein Problem! Sie ist stets nur ein Gestaltungselement im Kontext einer organisatorischen Weiterentwicklung, die neben der technischen Sphäre eines Unternehmens auch die organisationale und soziale Sphäre beeinflusst“ (46, S. 16) In der Bewertungsphase muss deshalb weiter entschieden werden, welche Stellschrauben innerhalb einer Abteilung und damit auch innerhalb eines soziotechnischen Systems verstellt werden müssen⁸. Auch die Acatech-Studie (Kapitel 3.1), sowie die Orientierungshilfe

⁸ Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird nicht auf alle abteilungsgebundenen Spezifika eingegangen. Es kann sich ein soziotechnisches System von Abteilung zu Abteilung stark unterscheiden. Zum Beispiel besteht eine große Divergenz zwischen dem Controlling und der Produktion, deshalb liegt der Schwerpunkt in der vogelperspektivischen Betrachtung aller Abteilungen, wobei die Produktion in dieser wissenschaftlichen Arbeit häufiger als Beispiel genannt wird.

des VMDA (Kapitel 3.3), welche zwar sehr technisch ausgelegt ist, betonen die Relevanz der sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren in Produktionsunternehmen des KMUs.

Der Begriff soziotechnisches System wurde bereits in den 1950er Jahren in London geprägt. „Unter einem soziotechnischen System versteht man eine organisierte Menge von Menschen und Technologien, welche in einer bestimmten Weise strukturiert sind, um ein spezifisches Ergebnis zu produzieren.“ (112, S. 351) Es wurde festgestellt, dass Menschen nicht einfach austauschbar waren, sondern einen sehr wichtigen Beitrag von ökonomischem Erfolg eines Unternehmens leisten (112, S. 351). Diese Definition eines soziotechnischen Systems ist zwar immer noch richtig wurde aber bereits auf den Mensch-Technik-Organisations-Ansatz (MTO-Ansatz) erweitert.

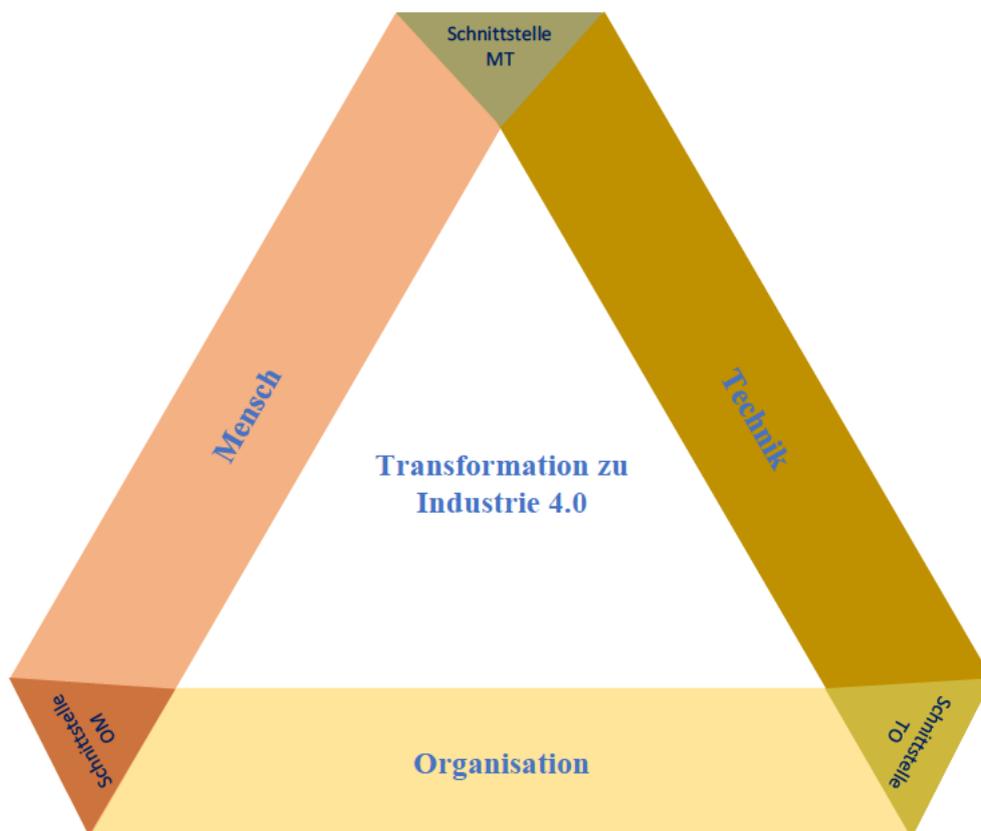


Abbildung 19 soziotechnisches System (Mensch-Organisation-Technik) (In Anlehnung an 113, S. 27, und in Anlehnung an 114, S. 84)

Der in Abbildung 19, in Form eines Dreiecks dargestellte MTO-Ansatz zeigt die Relevanz aller Teilsysteme bei der Transformation zu Industrie 4.0. Weiter soll die Abbildung 19 die im Gesamtsystem gegenseitigen, in Wechselwirkung stehenden sozio-technischen Teilsysteme darstellen. Für die Realisierung von Industrie 4.0 Potenzialen, ist es essenziell wichtig, dass die Teilsysteme „Mensch, Technik und Organisation“ aufeinander abgestimmt berücksichtigt werden. Einseitig optimierende Elementveränderungen der Teilsysteme können zu instabilen Prozessen führen und damit den intendierten Industrie 4.0 Erfolg verringern (94, S. 41) (114, S. 85). Um, unter Berücksichtigung des MTO-Ansatzes, eine Bewertung der vorherigen Analysen des Kapitel 5.2.1 durchzuführen, muss allen Beteiligten bewusst sein, was die Elemente

Mensch, Technik, Organisation, sowie die in Abbildung 19 dargestellten Schnittstellen der einzelnen Elemente bedeuten. Wie bereits zuvor erläutert, ist es von hoher Bedeutung, dass alle beteiligten Mitarbeiter dasselbe Definitionsverständnis haben. Eine Transformation ist ein Prozess eines umfangreichen Wandels von einem Ist zu einem Ziel, das bedeutet, dass es in der Regel die meisten Unternehmensebenen direkt oder indirekt beeinflusst werden und deshalb müssen auch alle Mitarbeiter eingebunden werden und nicht nur eine kleine Gruppe der Führungsebene (78, S. 110).

- **Mensch**

Der Mensch, im soziotechnischen System der Industrie 4.0, auch als Humanfaktor bezeichnet (112, S. 350), gewinnt mehr an Bedeutung und verliert paradoxerweise an Bedeutung in anderen Bereichen. Bei vielen handwerklichen, leicht durchzuführende bzw. durch Technik ersetzbare Tätigkeiten werden Mitarbeiter nicht mehr in großer Anzahl benötigt (94, S. 56). „Besonders betroffen durch Automatisierung: Tätigkeiten mit hohen Anteilen kognitiver und/oder manueller Routine, Beschäftigte mit mittleren und niedrigen Qualifikationen in niedrigen Lohnsegmenten“ (113, S. 54) Dafür werden Mitarbeiter immer wichtiger als Entscheidungsträger, mit einer erweiterten Entscheidungskompetenz folgen neue, bzw. andere Tätigkeiten und damit auch meistens erweiterte Qualifikationsanforderungen. Des Weiteren sind andere Kompetenzen zum Beispiel im Bereich der IT von Bedeutung. Dies hat auch starke Auswirkungen auf die Führung der Handlungsebene und deren Umgang mit neuen oder neu zu schaffenden Kompetenzprofilen der Mitarbeiter. Vor einem gewünschten und erforderlichen Wandel der Qualifikationsprofile der Mitarbeiter und vor der operativen Ausgestaltung, sind Führungskräfte bereits gefordert, eine andere Denkweise einzunehmen, damit eine partizipative Arbeitsgestaltung im Rahmen der digitalen Transformation zur Industrie 4.0 gelingen kann. Somit kann festgestellt werden, dass das Teilsystem Mensch im soziotechnischen System im Wandel ist. Führung und Qualifikation sind dominierende Elemente, wobei der demografische und soziale Wandel⁹ an Relevanz zu nehmen wird (114, S. 86) (113, S. 26) (46, S. 20).

- **Technik**

Der Begriff „Technik“ bei der Transformation zu Industrie 4.0, scheint für viele Unternehmen des KMUs durch eine marktverfügbare Technologiekenntnis erklärbar. Es ist aber nicht nur die Kenntnis über vorhandene Technologien, welches trotzdem ein durchaus wichtiges Themenfeld ist (siehe Anmerkung am Ende *Technik*), sondern die Kenntnis über die Eignung einer Technologie. Einer der bedeutendsten Faktoren zur Auswahl von Technologien in Unternehmen, scheint der Investitionsaufwand zu sein, dies spiegelt auch die Umfrageergebnisse im Kapitel 4.2 (Frage 42) wieder, im Kontext eines soziotechnischen Systems ist dies aber nicht der wichtigste Faktor. Die Eignung einer Technologie definiert sich unter anderem über die Eingliederung in die Schnittstellen Mensch-Technik und Technik-Organisation. „Following the reasoning of the socio-technical systems approach the consideration of technology characteristics is highly relevant in the prediction of technology acceptance“ (115, S. 275) Die Mitarbeiterakzeptanz von neuen Technologien ist ausschlaggebend für dessen Erfolg, ebenso die Integration in die gegebenen organisatorischen Strukturen. Deshalb ist die Einführung technologischer

⁹ Demografischer Wandel beschrieben im Kapitel 3.6

Neuerrungen der Industrie 4.0 eine komplexe Gestaltungsaufgabe, welche systemübergreifenden Einfluss hat (46, S. 16).

Anmerkung Technologiekenntnis:

Eine marktverfügbare Technologiekenntnis zu besitzen ist essenziell und befähigt ein Unternehmen des produzierenden KMUs eine deutliche effektivere Entscheidung zutreffen, bei der Auswahl der gewünschten Technologien für die Erfüllung der Zielsetzung. Das zählt für Technologien, wie zum Beispiel Produktionsmaschinen, Druckanlagen, Pressen, 3D-Drucker, autonome Flurförderfahrzeuge und vieles mehr, aber auch für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), ebenso für die Auswahl möglicher Technologiepartner oder Anbieter. Da die Technologieentwicklung zügig voran schreitet, ist es ebenso von hoher Bedeutung, sich wiederkehrend über die neuesten Technologietrends bewusst zu werden. Des Weiteren müssen sich die Entscheidungsträger vor dem Einsatz, bzw. bereits vor dem Kauf neuer Technologien darüber bewusst sein, ob die gewählte Technologie die momentanen, aber auch die zukünftigen Herausforderungen und Anforderungen erfüllen kann¹⁰. Dafür ist die Anwendung von Technologieanalysen, Technologieroadmapping, Technologiemonitoring, strategische Technologieentscheidungen oder anders genannten Methoden ratsam. Besonders bei der Erstimplementierung von Industrie 4.0 Lösungen muss ein solches Verfahren angewandt werden, damit sich Unternehmen des KMU bei Investition sicherer sein können. Auch hier eignet sich, je nach Projektfinanzierung und die darauf resultierenden Möglichkeiten, eine Zusammenarbeit mit externen Unternehmen.

- **Organisation**

Bei der Betrachtung der Organisation im Zusammenhang mit dem soziotechnischen MTO-Ansatzes sollte zwischen der internen und externen Organisationsebene unterschieden werden, auch wenn es in einigen Fällen Überschneidungen zwischen interner und externer Organisation gibt. So kann unter anderem die Schnittstelle der Teilsysteme Mensch und Organisation (MO) innerbetrieblichen Herausforderungen gegenüberstehen, wie zum Beispiel Arbeitszeitmodellen, Qualifizierungsmaßnahmen, Arbeitsorganisation, Home Office. Diese Beispiele sind Veränderungen, welche sich durch verstärkt digitale Arbeit der Industrie 4.0 ergeben können und sind Beispiele für innerbetriebliche Herausforderungen der Organisation von Arbeitsweisen und -kulturen. Ebenso können sich Strukturen zwischen der Schnittstelle Technik-Organisation (TO) intern verändern, zum Beispiel durch den Kauf neuer Technologien, aber auch extern zum Beispiel durch die Veränderung der Lieferkette. Veränderung der Lieferkette eines Unternehmens kann direkten Einfluss auf die Organisation haben und damit auch auf die Schnittstellen TO und MO (113, S. 31) (114, S. 123).

Ist das Bewusstsein des MTO-Ansatzes bei den Entscheidungsträgern und den beteiligten Mitarbeitern im Unternehmen gefestigt, das heißt das Verständnis der sich gegenseitig beeinflussenden Teilsysteme Mensch-Technik-Organisation bekannt, sollte damit dem Unternehmen auch bewusst sein, dass das ausschließliche Eingliedern einer neuen Produktionsmaschine in die Herstellung nicht ausreichend den Industrie 4.0 Umsetzungsgrad steigert und sich ohne die

¹⁰ Am Ende des Kapitels 5.2.2 werden Literaturhinweise bezüglich Technologieanalyse und deren Anwendung gegeben.

Betrachtung weiterer Teilsysteme der intendierte positive Effekt nicht so stark auswirken würde.

Weiter muss überprüft werden, ob ein unternehmensübergreifender Industrie 4.0 Roll-Out zielführend ist oder die Durchführung von Pilotprojekten einen besseren Kosten-Nutzen Faktor aufweist. Deshalb muss unter anderem festgestellt werden, welche Abteilungen und welche Prozesse eine hohe Einflussnahme bzw. Relevanz bei der Industrie 4.0 Transformation ausüben würde, deshalb sollten die Abteilungen kategorisiert werden, dafür eignet sich die ABC-Analyse.

- **ABC-Analyse**

„Die ABC-Methode stellt ein Instrument zur Entscheidungsfindung dar und ihr Ziel ist die Erstellung einer Unternehmensdiagnose [...] Sie trifft eine Unterscheidung zwischen wesentlichen und unwesentlichen Faktoren [...]“ (86, S. 291–293) Da die Abteilungsspezifische-Ist-Situation bereits analysiert wurde, können die Abteilungen, je nach Zielsetzung, eingeteilt werden. Die nicht komplizierte und schnell umsetzbare ABC-Methode lässt sich auch in anderen Situationen und bei anderen Fragestellungen oder Zielen anwenden, zusätzlich ist die ABC-Analyse in der Regel mit internen Ressourcen durchführbar (86, S. 292) (79, S. 22) (110, S. 489).

- **Kategorie A**

Die Kategorie A ist die bedeutsamste Einteilungsstufe, in welcher nur die Abteilung eingeteilt werden sollten, welche den größten Nutzen bei einer digitalen Transformation zu Industrie 4.0 liefern könnten.

- **Kategorie B**

In die Kategorie B sollten Abteilungen mit einer mittleren Bedeutung oder Relevanz für die Einführung von Industrie 4.0 eingeteilt werden. Weiter könnten zum Beispiel auch Abteilungen, welche für eine optimale Funktionsweise der Kategorie A Abteilungen notwendig sind, in die Kategorie B eingeteilt werden

- **Kategorie C**

Abteilungen der Kategorie C sollten einen nicht so bedeutsamen Anteil oder eine nicht so starke Beeinflussung auf die digitale Transformation ausüben können .

Durch die Kategorisierung die einzelnen Abteilungen in der ABC Form, wurde ein Überblick darüber geschaffen, welche Abteilungen einen besonders großen Einfluss bzw. eine geringere Relevanz bei der digitalen Transformation hin zur Industrie 4.0 ausüben würden. Weiter kann nach der Bewertungsbetrachtung mit der ABC-Analyse die Farbskala der einzelnen Zustandskarten (Abbildung 17) ausgewertet werden und so nachträglich bei der ABC-Analyse ergänzt werden. Wichtig ist jedoch, dass die Betrachtung der Einteilung nach Farbskala nicht ausreichend ist, da diese nur einen Überblick über das abteilungsspezifische Ist-zu-Soll wiedergeben, bei der Entscheidungsfindung sollten die Abteilungen jedoch vogelperspektivisch betrachtet werden und das Unternehmensziel im Fokus der Betrachtung stehen.

An dieser Stelle des 4 Phasen Implementierungsmodells sollte das Unternehmen zum Teil abschätzen können, ob die nächsten Schritte zur Phase 3: *der physischen Implementierung* sinnvoll sind oder nicht.

- Beispiel 1: Die Analyseergebnisse weisen die Tendenz auf, dass bei der Einführung von Industrie 4.0 in den meisten Abteilungen eine zu große Veränderung, auch unter der Berücksichtigung des MTO-Ansatzes, durchgeführt werden müsste. Dies hätte zur Folge, dass statt der Einführung von Industrie 4.0, das Unternehmen zuvor andere Veränderungen vornehmen muss und die Unternehmensziele wiederholt betrachtet werden sollten.
- Beispiel 2: Die Analysen weisen die Tendenz auf, dass das Unternehmen die technologische und organisatorische Neuerung, sowie den Wandel der Führungs- und Mitarbeiterstrukturen bewältigen kann und entscheidet sich für weitere Analysen, welche den Entscheidungsprozess finalisieren.

Das Ergebnis des Beispiels 2, welches im Folgenden als gegeben angenommen wird, bedeutet nicht, dass das Unternehmen bereits in der Lage ist, eine wirtschaftliche Aussage darüber zu treffen, wie die Einführung von Industrie 4.0 gehandhabt werden sollte und ob die Implementierung in einem positiven Kosten-Nutzen Verhältnis steht. Vielmehr trifft das Management die Entscheidung, dass weitere Bewertungsanalysen durchgeführt werden, welche den Weg zu der Phase 3: *der physischen Implementierung* vorbereiten soll. Wobei der intendierte Nutzen schon bekannt sein sollte, da versucht wird durch die Implementierung von Industrie 4.0 idealerweise die Unternehmenszielsetzung komplett zu erfüllen. Deshalb sollten sich Unternehmen an diesem Punkt der Implementierungsstrategie bereits mit neuen Technologien beschäftigt haben, welche für die Umsetzung der Unternehmensziele benötigt werden. Ebenso sollte eine Anforderungsdefinition an die technische Lösung geschrieben werden. Eine Anforderungsdefinition für die technologische Neuerung sollte, wie bei der Technologieanmerkung beim MTO-Ansatz bereits erläutert, das momentane Ziele, aber auch zukünftige Herausforderungen technisch berücksichtigen (79, S. 247–248). Das Durchführen von Technologieanalysen, welche Trends berücksichtigen und neue Technologien identifizieren, führt dazu, dass eine Technologieentscheidung zuverlässiger und besser vertretbar getroffen werden kann¹¹. Auch bei diesem Projektschritt kann externe Unterstützung in Anspruch genommen werden, besonders wenn die eigenen Analysen nicht zielführend sind sollte Unterstützung über Beratungsfirmen in Anspruch genommen werden. Auch Best Practice Beispiele bei Partnern, Lieferanten oder anderen Kooperationen, sowie bei Mitbewerbern sollten betrachtet werden.

Weiter ist es für das Unternehmen von hoher Wichtigkeit, vor dem Beginn der Phase 3 ein valides Wissen über den Qualifizierungsstand der eigenen Mitarbeiter zu haben. Gerade in Bezug auf zukünftige Qualifizierungsfelder, welche bei einem Industrie 4.0 Umfeld notwendig sind, sollte vorher bekannt sein, in welchen Bereichen Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. In der eigenen durchgeführten Umfragen schätzten die Unternehmensvertreter bei der Frage nach der Qualifikation für zukünftige Herausforderungen, die Mitarbeiter-

¹¹ Wie bereits bei der Zielsetzung (Kapitel 1.1) aufgeführt, liegt die technologische Transformation nicht im Fokus dieser Masterarbeit, weshalb auf eine ausführliche Darstellung und Erläuterung der Durchführung einer Technologieanalyse verzichtet und als gegeben angenommen wird. Weiter sind am Ende dieses Kapitels 5.2.2 ausführliche Literaturvorschläge für die Vertiefung gegeben.

qualifikation in der Summe mit nicht ausreichen ein (Kapitel 4.2 Frage 58). Dies zeigt unter anderem, wie wichtig es ist, im Vorfeld einer geplanten Transformation Qualifikationsanalysen durchzuführen. Mit dem Begriff Mitarbeiter werden nicht nur Mitarbeiter und Angestellte der Handlungsebene beschrieben, sondern auch Führungskräfte, welche bei der Einführung von Industrie 4.0 ebenso weitere Qualifikation erlangen müssen.

„Qualifikation meint die Gesamtheit der Voraussetzungen und Kompetenzen einer Person zur erfolgreichen Bewältigung der Anforderungen von Arbeitsaufgaben. Hauptmerkmale sind in der Regel fachliche Kenntnisse, Handlungskompetenzen und Fähigkeiten. Neben den entsprechenden fachlichen Qualifikationen gewinnen soziale und methodische Kompetenzen für die effiziente Zusammenarbeit aller im Unternehmen weiter an Bedeutung.“ (116, S. 71) Die Qualifikationsbedarfe sind zum einen vom Produktionsumfeld (Produkt und Herstellungsart) des Unternehmens abhängig, bzw. vom soziotechnischen System, in welchen der Mitarbeiter angestellt ist und zum anderen von Unternehmensziel. Denn an den Unternehmenszielen sollten sich die Qualifikationsanforderungen zusätzlich orientieren. Bevor eine Qualifikationsanalyse der Mitarbeiter gemacht werden kann, muss ein Unternehmen, welches eine so starke strukturelle und organisatorische Veränderung wie eine digitale Transformation durchführen will, sicher sein, was geschult werden muss. In Unternehmen des KMUs werden jedoch häufig die Bedarfe nur situativ oder intuitiv dokumentiert und kommen meist nur bei Problemen im Tagesgeschäft auf. Dadurch ist die Bedarfsanalyse nicht systematisch und betrachtet keine künftigen Entwicklungen (116, S. 73–74). Doch besonders für die Zukunftsfähigkeit von Unternehmen ist das Erfassen von Trends und Marktentwicklungen wichtig. Möglichkeiten sich über Entwicklungen und Trends im eigenen Handlungsbereich zu erkundigen sind zum Beispiel, laut dem Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (ifaa), folgende:

- Netzwerke und Kontakte zu Hochschulen und Universitäten
- Teilnahmen an entsprechenden Veranstaltungen von Wissenschaft, Industrie und Forschung, um über aktuelle Entwicklungen und Trends informiert zu sein,
- Fachpresse
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsorganen, u. a. auch als Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch
- Vergabe von studentischen Abschlussarbeiten, um aus Trends und Entwicklungen entsprechende Lösungen abzuleiten (116, S. 74).

Um den aktuellen Qualifikationsbedarf (das erforderliche Soll) zu klären, eignen sich:

- Reflexionsworkshop → Mitarbeiter und Teamleiter/Meister der Handlungsebene besprechen und erarbeiten den Qualifizierungsbedarf.
 - Wichtig! Es wird nicht bewertet, weiterer Vorteil, es werden eventuell Ängste von Mitarbeitern bezüglich Arbeitsveränderungen oder Arbeitsplatzverlust offengelegt, auf welche zu einem späteren Zeitpunkt eingegangen werden kann.
- Workshop zwischen Projektverantwortlichen und Führungskräften der jeweiligen Abteilungen. Projektverantwortliche hatten im Laufe der Transformation schon mit unterschiedlichen Personen zu tun und haben eventuell brauchbare Informationen.
- Best Practice Beispiele sammeln: Mit Mitbewerbern, Partnern, Lieferanten, Bildungseinrichtungen sprechen, diese nach notwendigen Qualifikationsbedarfen fragen.

- Implementierungstechnologiehersteller, Lieferant und weiter nach Qualifikationsbedarfe befragen. (117, S. 103) (116, S. 76–77)

Damit sollte dem Unternehmen die Qualifizierungsbedarfe für die Implementierung, sowie zukünftige Qualifizierungsfelder bewusst sein. Darauffolgend sollte eine Qualifikationsanalyse der Mitarbeiter durchgeführt werden. Ein Unternehmen muss sich an dieser Stelle entscheiden, ob nur die Mitarbeiter der Abteilungen, welche nach der vorher beschriebenen ABC-Methode mit A und B bewertet wurden, analysiert oder ob die Qualifizierung aller Mitarbeiter überprüft werden soll.

Eine objektive Betrachtung durch Dritte, zum Beispiel durch eine Kooperation mit Firmen welche sich auf Qualifizierungsmaßnahmen spezialisiert haben, kann sinnvoll sein. Ein weiterer Vorteil an einer externen Betrachtung wäre, dass Führungskräfte genauso objektiv bewertet werden, wie Mitarbeiter der Handlungsebene, welches zu einer größeren Akzeptanz führen kann. Besonders bei der späteren Durchführung der Qualifizierungsmaßnahmen sind extern geführte Schulungen ratsam (78, S. 28). Es gibt aber auch Möglichkeiten eine Mitarbeiterqualifikationsanalyse intern durchzuführen, eine häufig verwendete Methode ist die Erstellung einer Qualifikationsmatrix (78, S. 27) (116, S. 75).

Die Herausforderung bei der Qualifikationsmatrixmethode ist die Erfassung der vorhandenen Kompetenzen der Mitarbeiter. Für die Erfassung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten¹²:

- Die Mitarbeiter können direkt eingebunden werden, zum Beispiel durch Einzelgespräche.
 - Auch hier muss darauf geachtet werden, dass die Gespräche nicht der negativen Bewertung dienen. Mitarbeiter dürfen nicht das Gefühl entwickelt einen Nachteil zu haben, weil sie Qualifizierungsnotwendigkeiten offen legen. Aus solchen 1 zu 1 Gesprächen können zum Beispiel auch arbeitsgebundene Interessen des Mitarbeiters in Erfahrung gebracht werden. Eventuell haben Mitarbeiter bereits eine intrinsische Motivation¹³ für ein bestimmtes Qualifikationsgebiet der Industrie 4.0. Die Schulung solcher Mitarbeiter kann sich positiv auf die Akzeptanz solcher Maßnahmen auswirken (118, S. 297) (116, S. 76).
- Einsicht in Bildungsqualifikationen der Mitarbeiter (Aus- oder Weiterbildung, Studium)
- Schulungssoftware nutzen, welche die Erstellung einer Qualifikationsmatrix vereinfachen. Weiter haben viele Programme bereits fertige Fragebögen enthalten, mit welchen die überfachlichen Kompetenzen (Soft Skills) abgefragt werden können. Zusätzlich wird die Organisation der notwendigen und abgeschlossenen Schulung der Mitarbeiter vereinfacht. Ein weiterer Vorteil von Schulungssoftware digitaler Anbieter ist, dass die Schulungen häufig auch auf mobilen Endgeräten wie zum Beispiel Tablets durchgeführt werden können.

¹² Die Zustimmung aller Stakeholder (z.B. Betriebsrat) wird als gegeben angenommen.

¹³ Intrinsische Motivation, Erklärung siehe Kapitel 5.2.1

Tabelle 5 Fachliche & Überfachliche Kompetenzen (Soft & Hardskills) (in Anlehnung an 78, S. 26, und 119, S. 31)

Beispiele für überfachliche Kompetenzen (Soft Skills)	
Prozess-Knowhow (Ganzheitliches Denken)	Abstraktionsvermögen
Belastbarkeit / Stressbewältigung	Kreativität
Entscheidungsfähigkeit	Planungskompetenz
Anpassungsfähigkeit	Problemlösungsfähigkeit
Führungskompetenzen	Soziale-/Emotionale Intelligenz
Kommunikationsfähigkeit	Teamorientierung
Selbsorganisation	Fachübergreifenden Engagement/ Inter- und Transdisziplinärität
Beispiele für Fachliche Kompetenzen (Hard Skills)	
Unternehmensspezifisch	Industrie 4.0 spezifisch
Zerspanungsmechanik	EDV/IKT-Kompetenzen
Messtechnik	Fachspezifische Sprachkenntnisse
Einkauf	Netzwerk-/ Übertragungstechnik
De- & Montage	Kombinierte Mechanik-, Elektronik-, IT-Kenntnisse
Logistik	Programmierkenntnisse
...	...

- Einen eigenen, unternehmensspezifischen Fragebogen entwickeln zu fachlichen- und überfachlichen Kompetenzanforderungen, auch als Hard- & Soft Skills benannt (116, S. 77).
 - Gerade die fachlichen Kompetenzen können mit eigenen erstellten Fragebögen gut analysiert werden, da diese auch direkt von den nächst höheren Vorgesetzten gut bewertbar sind. Die überfachlichen Kompetenzen (Soft Skills) sind deutlich komplexer und erfordern Erfahrung, weshalb eine Kombination aus Workshop, geführt von einem Mentor und Fragebogen ratsam ist.

Die in Tabelle 5 dargestellten überfachliche und fachliche Kompetenzen sind Beispiele, welche bei einer digitalen Transformation hin zur Industrie 4.0 von Interesse des Unternehmens sein könnten. Die unternehmensspezifischen Kenntnisse sollten dabei nicht vergessen werden, denn solche Qualifikationen können ebenso zu Prozessverbesserungen innerhalb einer digitaleren Produktion führen. Sind die Qualifikationsdaten gesammelt, sollte das Unternehmen diese in die oben bereits erwähnte Qualifikationsmatrix überführen.

Unternehmensspezifische fachliche Kompetenzen (Hard Skills)					
Name	Zerspanungsmechanik Drehen, Fräsen	CNC Programmierung	Messtechnik	Demontage & Montage- kenntnisse	Logistik
Beispiel					
...					
Industrie 4.0 fachliche Kompetenzen (Hard Skills)					
Name	EDV/IKT- Kompetenzen	fachspezifische Sprachkenntnisse	Technologie- kenntnisse	Programmier- kenntnisse	Kombinierte Mechanik-, Elektronik-, IT-Kenntnisse
Beispiel	S	3	4	S	2/S
Beispiel	3	3	2/S	5	4
Beispiel	3	S	3	3	3
Beispiel	1/S	5	4	2/S	4
...					
Beispiele überfachliche Kompetenzen (Soft Skills)					
Name	Prozess Know-How	Entscheidungs fähigkeit	Teamfähigkeit	Selbs- organisation	Planungs- kompetenz
Beispiel					
...					

Legende:

1-5 Wissensstufen -> 1 gar nicht vorhanden - 5 vollständig vorhanden

S = Schulung/ Fortbildung erforderlich

Abbildung 20 Schematisch dargestellte Qualifikationsmatrix

So wie in Abbildung 20 dargestellt, könnte eine Qualifikationsmatrix benutzt werden, um den analysierten Ist-Qualifikationsstand der Mitarbeiter übersichtlich darzustellen. Durch eine solche Analyse und durch eine saubere Aufbereitung der Daten kann der Schulungs- bzw. Fortbildungsbedarf abgeschätzt werden und damit einhergehend zukünftig anfallende Kosten. Gerade im Bereich Weiterbildung sollten Unternehmen des produzierenden KMU die finanziellen Fördermöglichkeiten des Bundes beachten. So gibt es Zuschüsse zu den Lehrgangskosten, abhängig von der Anzahl der Mitarbeiter des Unternehmens und Zuschüsse zum Arbeitsentgelt während der Weiterbildung von der Bundesagentur für Arbeit (120). Des Weiteren gibt es wiederholt finanzielle Förderungen im Bereich Industrie 4.0 oder anderen Digitalisierungsbereiche durch andere Ministerien des Bundes, auf die sich Unternehmen bewerben können, deshalb ist

es immer sinnvoll zu überprüfen ob gewissen Förderungen nicht auch für das eigene Unternehmen geeignet sind.

Eine sehr entscheidende Bewertungsanalyse ist die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Damit sind Unternehmen in der Lage, die Wirtschaftlichkeit einer schrittweisen Einführung oder einer unternehmensweiten Transformation zu Industrie 4.0 unter den eigenen gegebenen Bedingungen zu überprüfen. Unter den befragten Unternehmen wurde das häufig unbekannte Kosten-Nutzen Verhältnis als deutliche Herausforderung empfunden (Kapitel 4.2 Frage 74). Die Einschätzung der Bewertungsanalyse als Herausforderung ist nicht unbegründet, da die genaue Analyse von anfallenden Kosten nur mit einer sehr hohen und validen Informations- bzw. Datenmenge durchgeführt werden kann. „Der Prozess der Kostenanalyse beinhaltet die Überprüfung und Auswertung von Kosteninformationen aller in einem Unternehmen durchgeführten Projekte. Als Grundlage dienen Angebote, Kostenberichte sowie die Ergebnisse vorgenommener Nachkalkulationen.“ (96, S. 391). Besonders in Bezug auf Industrie 4.0 Projekte im KMU sind diese Daten gar nicht oder nicht ausreichend vorhanden und dementsprechend ist es nicht möglich, eine vollumfängliche Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Dies führt dazu, dass die Kosten geschätzt werden müssen, wichtig dabei ist zu beachten, dass die anfallenden Kosten nicht geraten werden, sondern unter Anwendung von Methodik geschätzt werden und damit die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Schätzung deutlich steigt (96, S. 378). In dem Buch „A Guide to the Project Management Body of Knowledge“ des Project Management Institute werden verschiedene Methoden zum Schätzen von anfallenden Kosten vorgestellt (121, S. 200) unter anderem eine Methode, bei welcher drei Arten von Kosten in einer Rechnung verarbeitet werden.

Three-Point Estimating (Dreipunkt Ermittlungsmethode)

- Most likely → Wahrscheinliche Kosten (K_w)
- Optimistic → Optimistische Kostenschätzung (K_o)
- Pessimistic → Pessimistische Kostenschätzung (K_p)

Dies führt zu der Formel: $K_{mittel} = K_m = \frac{K_o + 4(K_w) + K_p}{6}$ (121, S. 205–206)

Der größte Faktor sind die wahrscheinlich auftretenden Kosten (K_w), diese sollten dementsprechend so gut es geht mit den notwendigen Informationen ermittelt werden. „Cost estimates are a prediction that is based on the information known at a given point in time.“ (121, S. 221) Wie bereits beschrieben ist die Datenlage von Industrie 4.0 Implementierungsprojekten im KMU relativ schlecht, welches unter anderem durch die eigen durchgeführten Umfrage, sowie weiteren Studien bestätigt wird (Kapitel 4.2). Jedoch sollte ein Unternehmen durch die Analysen, welche bis zu diesem Zeitpunkt der Implementierungsphasen durchgeführt wurden, bereits einige wahrscheinlich auftretende Kosten verlässlich benennen können. Auch Erfahrungswerte von Hochschulen aus Forschungsprojekten, Kooperationspartnern oder Mitbewerbern können Informationen zu wahrscheinlich auftretenden Kosten liefern. Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung kann als eine Art „Projekt-Gate“ angesehen werden, denn wenn das Ergebnis der Kostenschätzung zu hoch ausfällt und damit aufzeigt, dass die Implementierung neuer oder erste Industrie 4.0 Maßnahmen nicht in einem wirtschaftlich vertretbaren Kosten-Nutzenverhältnis steht, wird das Vorhaben nicht weiter fokussiert und ein Unternehmen müsste sich mit Alternativen auseinandersetzen.

Weiter sollten bei einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nicht nur eine Implementierungsvariante überprüft werden. Es könnten mit den bereits gesammelten Informationen/Daten zum Beispiel zwei Implementierungsvarianten (unternehmensweiter Rollout oder Pilotprojekteinführung) betrachtet werden, außer vorherige Analysen haben bereits aufgezeigt, dass ein bestimmter Implementierungsweg deutlich sinnvoller ist als der andere. Da die Auswahl nach einem Einführungsverfahren sehr stark von unterschiedlichen Faktoren abhängig ist, wie zum Beispiel von den Unternehmenszielen, der Kapitalkraft des Unternehmens, der Struktur und Organisation der einzelnen Abteilungen, dem bereits vorhanden Zusammenwirken zwischen Mensch-Organisation-Technik im soziotechnischem System, dem Qualifikationsniveau der Mitarbeiter, dem technologischem Stand des Unternehmens, kann die Entscheidung im Rahmen dieser Implementierungsstrategie nicht vollumfänglich getroffen werden. Die Entscheidung muss ein Unternehmen unter Abwägung der eigenen analysierten Unternehmenssituation, sowie Vor- und Nachteile beider Varianten treffen, deshalb werden im Folgenden jeweils Vor-, sowie Nachteile beider Einführungsverfahren übersichtlich zusammengefasst. Dadurch soll dem Leser zusätzlich weitere Information gegeben werden, um diesbezüglich eine Entscheidungshilfe zu geben.

Beispiele von Vorteile der Implementierungsvariante Pilotprojekt	Beispiele von Vorteilen der Implementierungsvariante unternehmensweiter Rollout
<ul style="list-style-type: none">• Kostengünstiger• Trotz geringerer Personalstärke durchführbar• Erfahrung aufbauen, erste Versuche• Ermöglicht das Erarbeiten von Standards• Change of Mindset Belegschaft kann vom Nutzen der Industrie 4.0 überzeugt werden• Pilotprojekte können Rückschlüsse auf die Richtigkeit der Unternehmensvision / Zielsetzung geben	<ul style="list-style-type: none">• Eine ganzheitliche Industrie 4.0 Unternehmensperformance schaffen• bessere Koordinationsmöglichkeiten als bei vielen kleinen Projekten• Transformation zum Digitalleader in kürzerer Zeit• Abteilungslösungen werden von unternehmensweiten Systemen abgelöst
Beispiele von Nachteilen der Implementierungsvariante Pilotprojekt	Beispiele von Nachteilen der Implementierungsvariante Pilotprojekt
<ul style="list-style-type: none">• Keine ganzheitliche Umsetzung, mehr Schnittstellen vorhanden• Hohe Erwartungshaltung• verleitet zum geringeren strategisch wichtigen agieren (Beratung von Außen wird abgelehnt, obwohl notwendig)	<ul style="list-style-type: none">• Sehr hohe Kosten-, Personal und Ressourcenbelastung• Erfahrungsgewinn während des Durchführen, Fehler werden häufig erst später entdeckt• Viel Beratung von externen Firmen notwendig• Personal ist schwerer zu Überzeugen, da langanhaltender Changeprozess

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird die Einführungsvariante - *Pilotprojekt* gewählt. Zum einen entspricht die Projektwahl eher den Umfrageergebnissen der eigens durchgeführten Umfrage, da viele abgefragten Faktoren nicht für die Readiness des KMUs in breiter

Masse sprechen, diese Einschätzung wird durch weitere Umfragen und Studien bestätigt (Kapitel 4.2). Zum anderen fehlen, ebenso durch Umfragen und Studien bestätigt (Kapitel 4.2), vielen KMUs eine ausreichende Kapitalkraft, um eine digitale Transformation hin zur unternehmensweiten Implementierung von Industrie 4.0 durchzuführen und weiter sind die Personalressourcen häufig nicht ausreichend, um einen so großen, vollumfänglichen Wandel eigenständig durchzuführen. Deshalb scheint die pilotprojekttechnische Einführung die realistische Einführungsvariante für Unternehmen des produzierenden KMU zu sein. „Bei der Umsetzung des ersten Pilotprojekts sollte darauf geachtet werden, dass ein Projekt ausgewählt wird, bei dem schnell erste sichtbare Erfolge zu erwarten sind. Diese können Mitarbeitern, aber auch Kunden und Partnerunternehmen präsentiert werden, wodurch die Motivation für die Umsetzung weiterer Vorhaben steigen kann.“ (46, S. 19) Weiter wird, nach einem erfolgreichen Abschluss von Pilotprojekten, ein Aufbruch zu weiteren Projekten begonnen, weshalb diese Art der Projekte auch als Leuchtturmprojekte oder Wandelprojekte bezeichnet werden können.

Zusätzliche Literaturhinweise für die weitere Vertiefung:

Mitarbeiterqualifizierung:

- *Industrie 4.0 für die Praxis – Praxisbeispiel Firma Topstar – Systematische Aufnahme und Auswertung von Kompetenzen /Aus- und Weiterbildung (104, S. 281–292)*
- *Arbeit 4.0 im Mittelstand – Kapitel 5.2 Analyse von Mitarbeiteranforderungen (46, S. 76–87)*

Technologieanalyse

- *Methode zur Technologiebewertung (Dissertation) (122)*
- *Tech.Roadmapping – Methoden/Technologiemanagement (Disseration) (123)*
- *Suchfeldbestimmung – Identifikation relevanter Technologien (124, S. 62–63)*
- *Technologiemonitoring – identifizieren, beobachten und Bewerten (125)*
- *Strategiewerkzeuge aus der Praxis – Megatrend- und Tech.analyse (126, S. 32–36)*
- *Frühe Phase des Innovationsprozesses – Methoden der Identifikation (127, S. 32–45)*
- *Gartner – Regelmäßige Betrachtung neuer Technologien (64)*

Wirtschaftsanalyse Kosten-Nutzen

- *Project Fastlane Band2 – Methoden – Wirtschaftlichkeit und Nutzen (128, S. 10)*
- *Qualitätsmanagement für Dienstleistungen – Schwerpunkt Qualitätsmanagement, aber umfangreiche Kosten-Nutzen Analyse (129, S. 623–633)*
- *A Guide to the Project Management Body of Knowledge – viele Methoden Kosten Management (121, S. 193–225)*

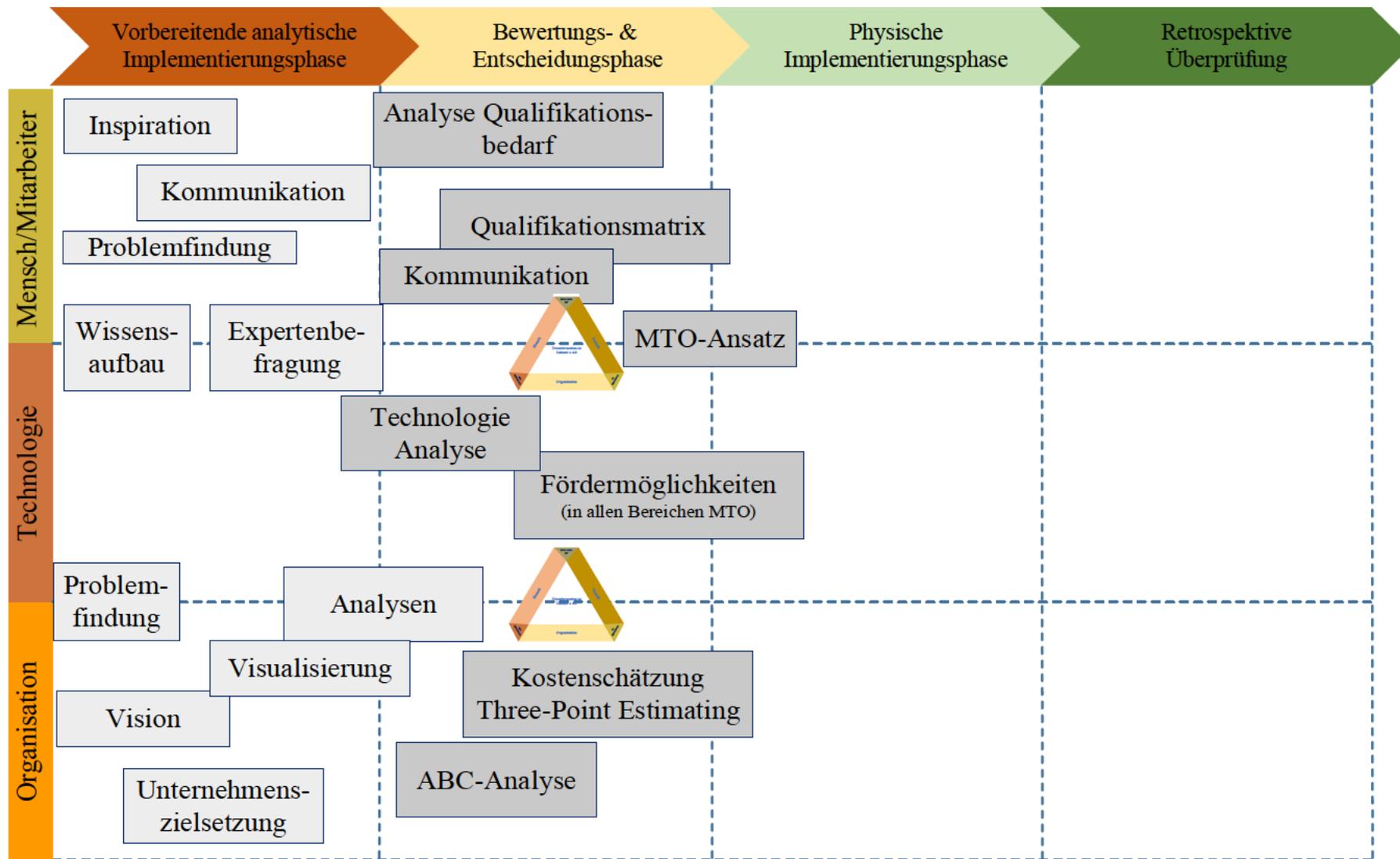


Abbildung 21 Aktionsübersicht Phase 2 Bewertungs- und Entscheidungsphase

5.2.3 Phase 3: Physische Industrie 4.0 Implementierungsphase

In der Phase 3 wird der Projektprozess bis zur physischen Implementierung, sowie die Implementierung des Industrie 4.0 Pilotprojektes selbst beschrieben, jedoch wird dabei im Folgenden nicht spezifisch eine technologische Neuerung, oder die Einführung einer neuen Software betrachtet, sondern es wird der Projektprozess, Aufbau und Wandel erläutert und dargestellt.

Wie in Abbildung 21 auf Seite 73 zu sehen, wurde in den vorherigen zwei Implementierungsphasen die Unternehmensvision, das Unternehmensziel, die Abteilungsziele, sowie die zu erreichenden Soll-Zustände herausgearbeitet. Weiter wurde die Ist-Situation in den einzelnen Handlungsebenen analysiert, sowie die Herausforderungen in den einzelnen Abteilungen. Zusätzlich wurden die Abteilungen nach Einfluss und Relevanz kategorisiert, dies unter Berücksichtigung des MTO-Ansatzes. Außerdem sollte ein Unternehmen, beginnend mit der Phase 2, bereits eine Technologieanalyse durchgeführt haben und darauffolgend Qualifikationsbedarfe, sowie den momentanen Qualifikationsstand der Mitarbeiter bestimmen. Durch die Implementierungsphase 1 und 2 wurde auf Basis der durchgeführten Analysen Informationen/Daten gesammelt, welche theoretische, zukünftige Industrie 4.0 Maßnahme im Unternehmen so weit detaillieren, dass eine Umsetzung eines Pilotprojektes realisierbar ist und einen sehr wahrscheinlichen Mehrwert zur Unternehmenszielerfüllung ergibt.



Abbildung 22 Projektmanagementphasen nach DIN69901 (in Anlehnung an 130, S. 176)

Die physische Implementierung eines Industrie 4.0 Pilotprojektes zu einem Projekt ohne Industrie 4.0 Bezug ist nicht diametral anders. In Abbildung 22 sind Projektmanagementphasen dargestellt, welche auch bei Industrie 4.0 Projekten durchgeführt werden. Zusätzlich werden viele Projekttools und Methoden bei der Umsetzung eines digitalen Pilotprojektes ebenso genutzt wie bei anderen Projekten und dadurch wird in dieser wissenschaftlichen Arbeit angenommen, dass den meisten Unternehmen des produzierenden KMUs viele Vorgehensweisen bekannt sind. Unter Berücksichtigung dieser Annahme werden im Folgenden verschiedene Methoden des Projektmanagement nur schematisch bzw. im Ansatz dargestellt, damit der Leser sich ein Bild von einigen Projektmanagementmethoden und Projekttools machen kann¹⁴. Wiederum Arbeitsweisen, welche bei Industrie 4.0 häufig angewandt werden und als wichtig erarbeitet wurden, werden genauer beschrieben und zum Teil dargestellt.

¹⁴ Für die weitere Vertiefung werden Literaturhinweise am Ende des Kapitels 5.2.3 gegeben.

Die Projekt Initialisierung sowie die Projekt Definition, wie in Abbildung 22 dargestellt, sind bereits an diesem Punkt der Implementierungsphase abgearbeitet, denn bei der Projektmanagementphase „*Definition*“ wird in der Regel die Machbarkeit bewertet und die Projektziele definiert (130, S. 176). Da jedes Projekt¹⁵ unterschiedlich groß und komplex ist, die Kapitalverfügbarkeit jeweils eine andere sein kann, andere Stakeholder involviert sind, unterschiedliche interne und externe Voraussetzungen herrschen, die Verfügbarkeit und das Know-how der Projektteilnehmer von Projekt zu Projekt unterschiedlich sein kann gibt dementsprechend auch eine große Varianz an zugeschnittenen Methoden, um die unterschiedlichen Projektphasen zu bearbeiten. Es gibt jedoch ein Mindeststandard an Projektphasen, welche bei jedem Projekt durchgeführt werden sollten und zwar die Planung, bzw. Steuerung von:

- Pflichten/Lasten
- Zeit/Arbeitspakete/ Projektstruktur
- Ressourcen
- Risiken & Gegenmaßnahmen (130, S. 176)

Lasten- und Pflichtenheft

Zur effizienten und erfolgreichen Durchführung eines Projektes ist sorgfältige Planung unabdingbar. „Darüber hinaus sollten Projekte in Organisationen nach einheitlichen Prinzipien geplant, durchgeführt und gesteuert, zentral erfasst und verwaltet werden, um ein höchstmögliches Maß an Effektivität und Effizienz in der Projektarbeit zu schaffen.“ (86, S. 191) Zusätzlich sollte kurz vor Projektstart ein Lastenheft erstellt werden, auch wenn viele Projekte ohne Lastenheft starten ist dies nicht ratsam (54, S. 87) denn "Ein Lastenheft beschreibt aus Sicht des Auftraggebers die Gesamtheit der Forderungen an die Lieferungen und Leistungen eines Projekts." (54, S. 87). Besonders bei einem Pilotprojekt welches auch eine Art „Leuchtturm“, eine Art „Zeichen“ darstellen soll, wäre es fatal, wenn bestimmte erwartete Leistungen ausbleiben, weil diese vorher nicht ausreichend formuliert wurden. Die Forderungen sollten eingeteilt werden in

- **Kritisch:** Sollte etwas ein Anbieter oder Lieferant eine als kritisch bewertete Funktion nicht realisieren können, kann keine Zusammenarbeit zustande kommen.
- **Gefordert:** Anforderung ist wichtig und sollte erfüllt werden.
- **Optional:** Anforderungen welche vorstellbar wichtiger werden könnten, vorherige Analysen jedoch keine eindeutige Tendenz gezeigt haben. (130, S. 239)

Ein mögliches Risiko welches bei der Erstellung eines Lastenheftes entstehen kann, ist die Wahl, suboptimaler prozentualer Verteilungen von kritischen, geforderten und optionalen Anforderungen. Das kann unterschiedliche Gründe haben, aber ein häufiger Grund ist, wenn die Erstellung von internen, unerfahrenen Mitarbeitern übernommen wird und dadurch ein viel zu großes Lastenheft entsteht, mit zu vielen Anforderungen aus Angst etwas zu vergessen. Dies kann zum Abspringen von Lieferanten führen oder zu viel zu hohen Kosten, da zu viele Anforderungen als kritisch betrachtet werden (130, S. 242). Eine anwendungserprobte Verteilung von Anforderungen ist, 10 % kritische, 70 % geforderte Anforderungen und 20 % optionale (130, S. 240). Die Erstellung eines Lastenheftes erfordert bereits eine Vielzahl an Informationen,

¹⁵ Kenntnisse darüber was ein Projekt ist, wird als bekannt angenommen, weiter wird auch darauf verzichtet Entstehungsbezug von Methoden zu erläutern.

welche nach der Bearbeitung der Phase 1 und 2 der Einführungsstrategie vorhanden sind. Darauf folgt meist das Pflichtenheft zwischen Auftraggeber (Unternehmen) und Auftragnehmer verhandelt. „Das Pflichtenheft beschreibt aus Sicht des Auftragnehmers Art und Umfang der Lieferungen und Leistungen, zu denen er sich verpflichtet.“ (54, S. 88)

Zeit/Arbeitspakete

Nachdem die Anforderungen ausgearbeitet wurden, muss die physische Implementierung genauer betrachtet werden, das heißt, es sollte zum Beispiel eine Zeitschätzung erfolgen, welche die Dauer des Implementierungspilotprojektes erfasst, ebenso wie eine zeitspezifische Bestimmung der Arbeitspakete. Für eine solche Aufwandsbestimmung eignet sich unter anderem auch die im Kapitel 5.2.2 vorgestellte „Three-Point Estimating“ (Dreipunkt Ermittlungsmethode). Je mehr Erfahrung die Projektmitarbeiter haben, desto besser werden die Schätzungen. Zusätzlich werden viele Arbeitspakete zeitlich eingeschätzt, ohne Industrie 4.0 Bezug, weshalb eventuell schon ein größerer Erfahrungsstand oder vielleicht sogar Daten vorhanden sind, auch dadurch würde die Schätzung genauer werden (54, S. 189–190). Zusätzlich dürfen bei einer Einführung eines Pilotprojektes Faktoren, wie zum Beispiel Betriebsurlaub und saisonale Veränderung der Betriebsabläufe, unternehmensspezifische oder auch regionale und weitere Faktoren bei einer Zeitschätzung nicht vernachlässigt oder gar vergessen werden (130, S. 247–248). Zeitgleich zur Abschätzung der Zeit, erfolgt eine grobe Einschätzung der Arbeitspakete, dies lässt sich gut mit Hilfe eines Aktionsplans erarbeiten. Diese „[...] zwingen die Verantwortlichen über die Aufgaben, die zum Erreichen gewisser Hauptziele notwendig sind, im Vorfeld nachzudenken und alle Möglichkeiten abzuwägen, bzw. diese festzuhalten.“ (86, S. 189)

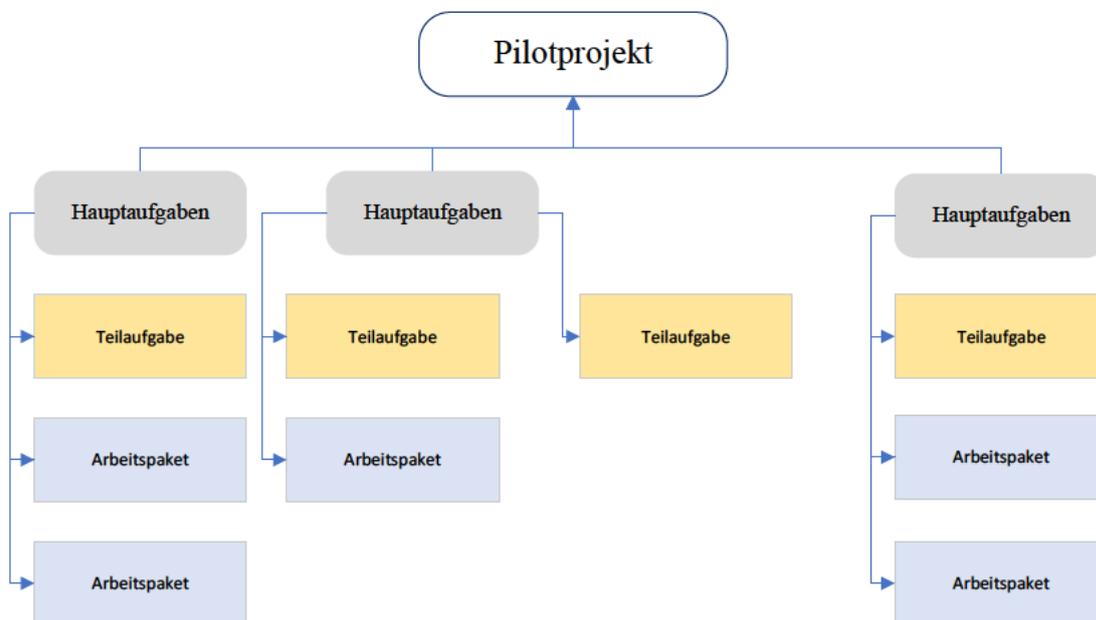


Abbildung 23 Schematische Darstellung Projektstrukturplan (PSP) (In Anlehnung an 92, S. 142)

Zur visuellen Darstellung der Arbeitspakete eignet sich ein Projektstrukturplan (PSP) wie in Abbildung 23 schematisch dargestellt. Vorteil an dem PSP ist, dass sich ein Projekt mit vielen Haupt- bzw. Teilaufgaben übersichtlich in einzelne Arbeitspakete aufteilen lässt.

Ressourcenplanung

Mit einer Ressourcenplanung wird versucht, Engpässen von personellen, finanziellen und materiellen Ressourcen vorzubeugen und wenn notwendig Gegenmaßnahmen zu planen, damit diese Engpässe während einer Pilotprojektdurchführung nicht auftreten. Viele Daten können hierfür bereits auf den ersten beiden Implementierungsphasen genutzt werden. Des Weiteren sollten Best Practice Beispiele aus einem ähnlichen wirtschaftlichen, geschäftlichen Umfeld gesucht werden. Gespräche mit dem Hersteller/Anbieter sollten dann zusätzlich noch geführt werden, wenn sich aus den Gesprächen aus Kapitel 5.2.2 nicht bereits ausreichend viele Informationen ergeben haben. Hersteller haben häufig eine gute Vorstellung, wie viele Ressourcen bei einer Implementierung benötigt werden. Bei der Ermittlung der Kosten, zum Beispiel für Sachmittel oder externe Maschinen sollten Angebote eingeholt werden und in die Ressourcenplanung übernommen werden. Hinzukommend ist der Erfahrungshintergrund der Mitarbeiter mit verantwortlich für die Genauigkeit des Ergebnisses der Ressourcenplanung. Da ein großer Anteil auch nicht Industrie 4.0 spezifische Projektschritte durchgeführt werden muss, hat das Unternehmen eventuell bereits eine gute Informations- bzw. Datenlage, welche ebenso zu einem genaueren Ergebnis führen sollten. Dadurch könnte insbesondere der Personalbedarf und die in direkter Verbindung stehenden Personalkosten, berechnet auf Arbeitstage bzw. auszuführende Stunden, relativ genau ermittelt werden (86, S. 193) (54, S. 350–352)

Nach der Erfassung der Arbeitspakete, der wahrscheinlich benötigten Zeit und einer Ressourcenplanung sollten alle Haupt-, Teil- oder Nebenaktivitäten aus dem PSP in einer zeitlichen Abfolge gegliedert und noch mal geordnet visuell dargestellt werden. Zur Planung und visuellen Darstellung eignet sich das als Gantt-Chart bezeichnete Unterstützungsinstrument.

Aufgaben Beschreibung	Verantwortlicher	Fortschritt		Start	Ende	Monat					
						Anzahl der Tage	J	F	M	A	...
Aktivität 1	...	%	●	dd.mm.yy	dd.mm.yy	...	■				
Aktivität 2	...	%	●	dd.mm.yy	dd.mm.yy	...		■	■		
Aktivität 3	...	%	●	dd.mm.yy	dd.mm.yy	...		■		■	
Aktivität 4	...	%	●	dd.mm.yy	dd.mm.yy	...				■	
Aktivität 5	...	%	●	dd.mm.yy	dd.mm.yy	...				■	■
...					

Abbildung 24 Schematisch dargestelltes Gantt-Chart (in Anlehnung an 92, S. 146)

Abbildung 24 zeigt das Benutzungsprinzip eines Gantt-Charts, welches verwendet wird, konkrete Arbeitsaktivitäten und deren zeitlichen Abfolge darzustellen. Außerdem kann über Gantt-Charts die Interdependenzen zwischen den einzelnen Aktivitäten visuell dargestellt werden. Ein Gantt-Chart muss jedoch „lebendig“ sein und kontinuierlich aktualisiert werden. Sollte durch das Ergebnis andere Analysen, wie zum Beispiel die als nächstes erforderliche Betrachtung der Risiken, eine Veränderung am Projektablauf notwendig sein muss das im Gantt-Chart ergänzt werden. Dadurch ist allen Beteiligten, sowie anderen Stakeholdern der aktuelle Stand und eventuelle Verzögerungen einzelne Tätigkeiten übersichtlich dargestellt (86, S. 193–196) (92, S. 144–147) (54, S. 193).

Risiken & Gegenmaßnahmen

Das Risikomanagement zu Beginn eines Projektes ist dringend notwendig, denn nicht zuvor kalkulierte Risiken beeinflussen ein Projekt meist negativ in Form von Zeit, Kosten oder auch Qualität. Durch das vorherige Betrachten von möglichen Risiken, wird zum einen die Wahrscheinlichkeit des Eintretens verringert und zum anderen können Vorkehrungen geschaffen werden, sollten entsprechende Herausforderungen auftreten. Nicht jedes Risiko hat eine gleichstarke Auswirkung auf ein Projekt, weshalb Risiken kategorisiert werden sollten. Um die möglichen Risiken zu analysieren und zu kategorisieren kann die grafische Risikoanalyse angewandt werden, welche einen aus der SWOT-Analyse bekannten Vierfelder-Matrixaufbau hat. Die Risikofaktoren können zum Beispiel im Rahmen eines Workshops mit dem Projektteam analysiert werden. Umso größer die Projekterfahrung der Teammitglieder ist, desto spezifischer und genauer sind auch die Risikoanalysen. Weiter sollte auch bei einer Risikoanalyse auf eine Divergenz der Projektteammitglieder geachtet werden, da so mögliche Risiken besser analysiert werden. Denn Ziel dieser Methode ist es nicht nur die Erfahrung von vorherigen Projekten zu duplizieren, sondern bei jedem neuen Projekt, die Risiken neu zu betrachten (92, S. 148–149).

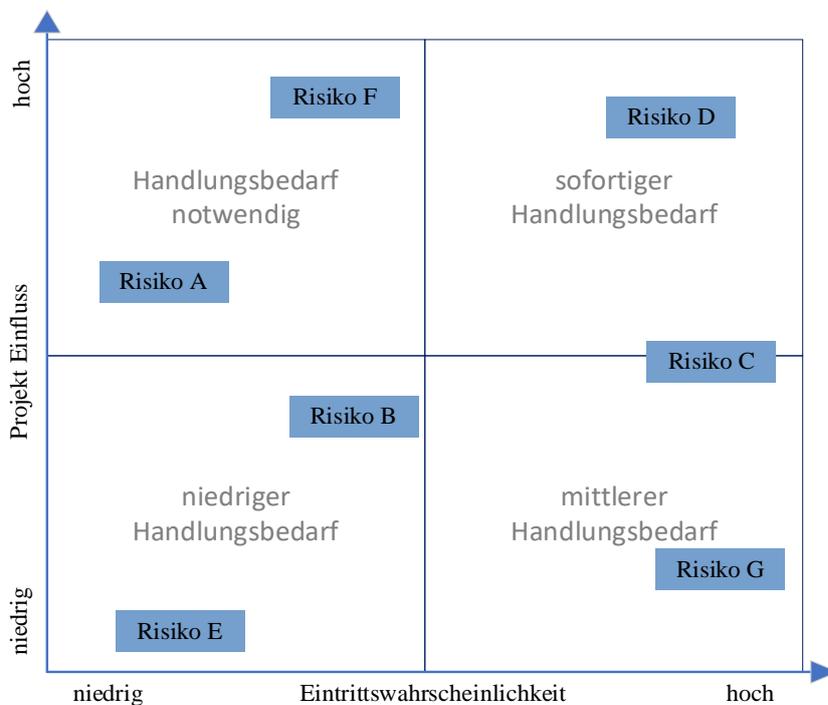


Abbildung 25 grafische Risikoanalyse (in Anlehnung an 92, S. 149)

Wie in Abbildung 25 zu erkennen, beschreibt die x-Achse die Eintrittswahrscheinlichkeit und die y-Achse den möglichen Einfluss auf das Industrie 4.0 Pilotprojekt. In Abhängigkeit der Eintrittswahrscheinlichkeit und in wie weit das mögliche Risiko Einfluss nehmen würde muss gehandelt oder abgewartet werden. Die Methode der grafisches Risikoanalyse stellt eine einfache, schnell durchzuführende und visuelle Methode dar, jedoch ist eine Einteilung in eine Matrix immer auch ein wenig ungenau, weshalb die grafische Risikoanalyse noch mit weiteren Methoden, wie zum Beispiel der Quantitativen Risikoanalyse verbunden werden kann. Bei dieser Methode wird das Risiko mit einer errechneter Risikokennzahl verbunden, wodurch eine bessere Zuordnung möglich ist. Nach der Erfassung, sollten alle ermittelten Projektrisiken in einen Risikoaktionsplan überführt werden, welcher übersichtlich und für alle Projektmitglieder

verständlich ist (92, S. 148–155). Viele Analysen oder Betrachtungen überschneiden sich, zum Beispiel kann bei der Risikoanalyse herauskommen, dass es an einem bestimmten Zeitpunkt zu einer Konfliktsituation aufgrund von Ressourcenknappheit kommen kann. Dies muss dann bei der Ressourcenplanung ergänzt werden und ebenso im Gantt-Chart (Abbildung 24), sollte es Auswirkungen auf die Abarbeitungsreihenfolge oder auf die Bearbeitungszeit der einzelnen Aktivitäten haben.

Wichtig zu beachten ist, dass das Betrachten verschiedener Faktoren bzw. das Analysieren eines Zeitaufwandes von Arbeitspaketen, Ressourcen oder eventuell auftretende Risiken keine Analysen der Situationsbewertung sind. Es wird nicht mehr für eine zukünftige Entscheidung eine Informationsbasis geschaffen, auf welcher sich ein Unternehmen entscheidet, sondern die Entscheidung der physischen Implementierung eines Industrie 4.0 Pilotprojektes wurde bereits getroffen und die Implementierungsanalysen sollen eine Möglichkeit schaffen, wie dieses Pilotprojekt am kostengünstigsten und ressourcenschonendsten umzusetzen ist.

Alle Analysen sollten mithilfe von Softwareunterstützung durchgeführt werden, dazu gibt es verschiedene Projektmanagement-Software (PM-SW). PM-SW können immer häufiger auch in andere Systeme eingebunden werden, jedoch ist eine Software welche hauptsächlich für das Projektmanagement vorteilhaft ist eventuell für Unternehmen des produzierenden KMU nicht wirtschaftlich, da die Durchführung und Steuerung von Projekten meist nicht zum Kerngeschäft gehört. Deshalb ist die Unterstützung durch allgemeine Office-Lösungen wahrscheinlich am sinnvollsten. „Zentrale Tools dafür sind Datenbank- und Tabellenkalkulationssoftware. Sie eignen sich besonders für Checklisten, Termin- und Kostenplanungen etc. Weitere Aspekte des Projektmanagements können durch Textverarbeitungs- und Präsentationssoftware abgedeckt werden.“ (96, S. 646) Die Entscheidung zur Verwendung von Tabellenkalkulationssoftware bringt verschiedene Vor- und Nachteile.

Tabelle 6 Vor- Nachteile der Nutzung von Tabellenkalkulationssoftware (96, S. 647)

Vorteile

- meistens keine Neuanschaffung von Software
- keine umfangreiche Schulung erforderlich
- es können sehr einfach, aber auch komplizierte Anwenderlösungen geschaffen werden → hoch individuell
- Daten können von vielen anderen IT-Programmen gelesen werden
- Viele Tools oder Templates bereits entwickelt und verfügbar

Nachteile

- eigene Toolentwicklung ist mit hoher Pflege der Daten verbunden
- grafische Einschränkungen - negativ für Übersichtlichkeit
- grafische Einschränkungen – negativ für Übersichtlichkeit

Die erläuterten Projektphasen stellen, wie bereits erwähnt, ein Mindestmaß da welches in Abhängigkeit des Projektes deutlich erweitert werden kann. Auch bei einem Industrie 4.0 Projekt sollten die zuvor erläuterten Projektphasen bearbeitet werden. Es sollte jedoch gerade bei der

Bearbeitung erster Industrie 4.0 Maßnahmen bei einigen zusätzlichen Tätigkeiten besondere Sorgfalt, eine erweiterte oder andere Herangehensweise beachtet werden. Bei der Implementierung von Industrie 4.0 in Form eines Pilotprojektes reicht es nicht aus, Projektphasen rein methodisch abzuarbeiten.

Projektdokumentation

Ein Beispiel für die besondere Sorgfalt bei der Handhabung bzw. Organisation von Industrie 4.0 Pilotprojekten im produzierenden KMU ist unter anderem die Projektdokumentation. Diese wird häufig auf das Ausfüllen von Boards, Charts oder das Schreiben eines Status- oder Abschlussberichtes reduziert und auf eine ausführlichere Dokumentation wird verzichtet. Besonders wenn es sich eventuell immer um dieselben Mitarbeiter handelt, welche Projekte im Unternehmen umsetzen (86, S. 211). Dokumentation wird häufig mit langweiliger administrativer Arbeit verbunden, aber in so einem Projektfall, wie einem Pilotprojekt muss die Notwendigkeit der Projektdokumentation richtig verstanden werden. Wichtig bei Pilotprojekten ist, dass alle relevanten Informationen dokumentiert werden, denn die gesammelten Erfahrungen in allen Umsetzungsbereichen des Projektes, sollten für weitere Industrie 4.0 Projekte genutzt werden. Erfolgreiche Pilotprojekte sind, wie im Kapitel 5.2.2 bereits betont, Projekte, welche einen Wandel einleiten und deshalb muss so viel wie möglich aus den ersten Projekten gelernt werden und für weitere Projekte nutzbar dokumentiert werden. Die gewünschte Lernkurve aus Pilotprojekten wird zum Beispiel auch von PwC im Kapitel 3.2 als sehr notwendig betont (35). Schätzungen zufolge sind vor Zukunftsprojekten

- 85 % von Informationen unstrukturiert
- 30 % der Arbeitszeit entfallen auf die Suche nach den richtigen Informationen
- 20 % Arbeitszeit geht nur für die Handhabung von Papierdokumenten verloren (96, S. 457)

Deshalb sollten sich Unternehmen schon in den frühen Phasen eines Pilotprojektes darüber Klarheit verschaffen, wo und wie Dokumente gespeichert werden und ob es die Möglichkeit des mobilen Zugriffs gibt, ohne dass Papier ausgedruckt oder abgeheftet werden muss (96, S. 458). Cloudanbindung, mobile IT-Geräte wie z.B. Tablets oder Ähnliches sollte in Betracht gezogen werden, auch wenn bei vielen Unternehmen des KMUs eine gewisse Unsicherheit vor Daten in Cloudsystemen herrscht (Kapitel 4.2). Des Weiteren sollten Dokumente nachvollziehbar und einheitlich benannt werden, wie zum Beispiel in der Abbildung 26. Durch die digitale Erstellung eines Dokumentationsbaumes mit eindeutigen Bezeichnungen, ist eine Identifikation der Dokumente gegeben. Wichtig beim Dokumentenmanagement ist auch die Bestimmung der Verantwortlichkeiten.

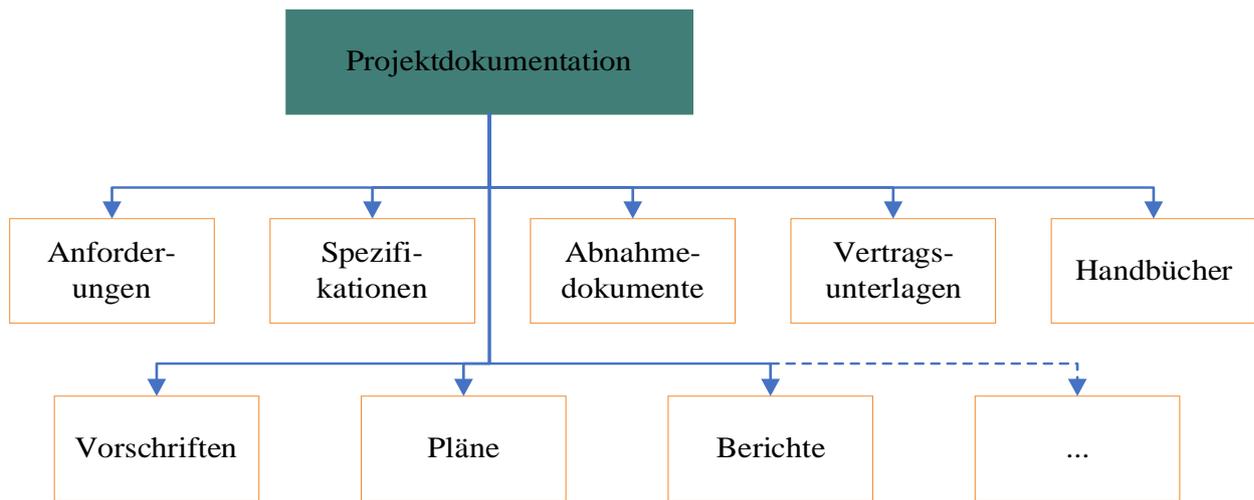


Abbildung 26 möglicher Aufbau eines Dokumentationsbaum (in Anlehnung an 96, S. 461)

Personelle Verantwortlichkeit/ Team Zusammenstellung

Die Frage der personellen Verantwortlichkeiten ist in jedem Projekt wichtig, bei einem Pilotprojekt, welches die erste Einführung von Industrie 4.0 unter dem MTO-Ansatz in einem Unternehmen darstellt, hat es eine besondere Relevanz. So war die Auswahl verschiedener Teams in der Implementierungsphase 1 und der Phase 2 bereits wichtig, jedoch wurde zu dem Zeitpunkt Entscheidungen aus dem oberen Management getroffen, Analysen auf der jeweiligen Handlungsebene und den jeweiligen Abteilungen durchgeführt, weshalb zu diesem Zeitpunkt noch viele Personen im Unternehmen an dem gesamten Implementierungsvorgang beteiligt waren. Zu diesem Zeitpunkt sollte sich die methodische Umsetzung des Pilotprojektes auf ein Projektteam beschränken. Weiter muss sich das Unternehmen entscheiden ob es ein solches Pilotprojekt mit agilen Projektmanagementmethoden bearbeitet oder darauf verzichtet. Ist das Unternehmen mit der Handhabung der im Kapitel 3.6 beschriebenen agilen Methode Scrum vertraut und hat auch Projektumsetzungserfahrung, sollte bei einem solchen Projekt weiterhin eine agile Methode angewendet werden. Die eigens durchgeführte Umfrage hat jedoch ergeben, dass über 90% der befragten Unternehmen nicht die agile Projektmethode Scrum anwenden und weit über die Hälfte empfinden agile Methoden als weniger wichtig oder sogar unwichtig (Kapitel 4.2). Aufgrund der niedrigen Verdichtungsrate in Unternehmen des produzierenden KMU wird die agile Projektmethode Scrum zu diesem Zeitpunkt der Implementierungsphase nicht weiter betrachtet¹⁶. Von hoher Bedeutung ist bei einem Industrie 4.0 Pilotprojekt die Zusammensetzung des Teams und die Projektleitung, denn diese haben zum einen direkten Einfluss auf den Projekterfolg, aber auch zum anderen auf die sehr relevante Akzeptanz des Projektes im Unternehmen.

„Im Projektmanagement mit seinen ingenieurs- und betriebswirtschaftlichen Wurzeln stellt das Managen und Koordinieren von Abläufen und Ressourcen den Kern der Führung in Projekten dar. Vorgänge und Termine sind zu planen und umzusetzen, Personal und Finanzmittel zu koordinieren, der Informations- und Kommunikationsfluss zu steuern, der Projektfortschritt zu kontrollieren und vieles mehr.“ (131, S. 6) Um diese Aufgaben organisatorisch umzusetzen, benötigt der Projektleiter ausreichende Befugnisse, was mit dem Vertrauen der Führungsebene

¹⁶ Am Ende des Kapitel 5.2.3 werden für die weitere Vertiefung Literaturhinweise gegeben

einhergehen muss. Entscheidungen des Projektleiter dürfen nicht vom Management konstant torpediert und infrage gestellt werden. Besonders in hierarchisch geführten Unternehmen muss auf diese Distanz geachtet werden, da sonst viel „Unruhe“ ins Projekt, aber auch in die Belegschaft gebracht wird (96, S. 138) (130, S. 260). Weiter muss ein Projektleiter ein großes Skillset aufweisen, also eine Bandbreite an unterschiedlichen Fähigkeiten um die oben benannten Aufgaben zu koordinieren. Ein Projektleiter sollte

- Sachkenntnis
- ein analytisches Verständnis
- belastbar sein
- sich und das Team nach außen vertreten
- Koordinationsfähigkeit besitzen

Die Fähigkeiten würden besonders bei der Erfüllung der Planung, Koordination, der Risikobetrachtung hilfreich sein, aber das alleine würde das Projekt nicht zum Erfolg führen. Kenntnisse und Kompetenzen auf rein technischer und intellektueller Ebene sind nicht ausreichend um ein Pilotprojekt erfolgreich zu leiten. Projektleiter sollten überzeugend und dabei charismatisch sein, besonders über Softskills wie

- Kommunikationsfähigkeit
- Kreativität/Flexibilität
- Empathie
- Kritikfähigkeit

sollte ein Projektleiter verfügen. Zusätzlich kommen veränderte Ansprüche der jüngeren Generation, Elternzeit, Homeoffice, Sabbatical, Work-Life-Balance und das Gefühl einer sinnstiftenden Tätigkeit sind nicht nur Buzzwords (132, S. 100–117). Ein Projektleiter muss auch auf diese Bedürfnisse eingehen können und mit jungen Mitarbeitern empathisch sprechen und eventuelle Probleme nicht abtuen. Private Probleme der Mitarbeiter, egal welchen Alters, wirken sich auch immer auf die Arbeitsleistung aus, deshalb sollte und will ein Projektleiter eine Möglichkeit finden mit seinen Teamkollegen zu sprechen. Da viele Unternehmen des KMUs vom Fachkräftemangel betroffen sind (Kapitel 3.6), ist vielleicht nicht immer der ideale Projektleiter zu finden, es muss aber bei dem zur Verfügung stehenden Mitarbeitern auf eine Balance zwischen Hard- und Softskills geachtet werden. Zusätzlich sollte der gewählte Projektmanager die Firma und die Mitarbeiter kennen, denn als Projektleiter sollte dieser zumindest ein Mitspracherecht bei der Zusammensetzung des Projektteams haben, im Idealfall soll der Projektleiter die Mitarbeiter sogar vollständig aussuchen können (86, S. 206–209) (131, S. 8) (96, S. 140) (130, S. 260–261).

Die Auswahl des Projektteams ist ebenso so maßgeblich für einen Projekterfolg wie die personelle Besetzung des Projektleiters. Es sollten Projektmitarbeiter im Unternehmen gesucht werden, die zum einen die fachlichen Kompetenzen mitbringen, welche über die bereits definierte Zielsetzung bestimmt werden und zum anderen auch ein hohes Maß an zwischenmenschlicher Intelligenz besitzen (86, S. 209–210). Die soziale Dimension ist von hoher Bedeutung, da alle Mitglieder teamfähig sein müssen. Wie bereits im Kapitel 4.2 erläutert ist es für viele Unternehmen der produzierenden KMU eine große Herausforderung das notwendige Fachpersonal zu finden. Selbst wenn diese im Unternehmen vorhanden sind, fällt es vielen Unternehmen des

KMU schwer, diese Mitarbeiter zu 100% vom Tagesgeschäft zu befreien und nur für das Pilotprojekt arbeiten zu lassen. Es sollte einem Unternehmen bewusst sein, dass bei einem Industrie 4.0 Pilotprojekt ein Team mehr erfüllen muss als nur das einfache Abarbeiten von Methoden. Bei einem Pilotprojekt, welches den Startpunkt für eine digitale Transformation einleiten soll, muss das Team ausreichend für das Projekt und dessen Erfolg arbeiten können und nicht parallel noch das Tagesgeschäft betreuen (Kapitel 4.2 unter anderem Frage 74). Da ein Industrie 4.0 Pilotprojekt interdisziplinäre Aufgabestellungen beinhaltet, sollte das Team dementsprechend auch aus unterschiedlichen Mitarbeitern verschiedener Abteilungen bestehen. Die Diversität in einem Team kann zu einer größeren Divergenz an Problemlösungsvorschlägen führen, trotzdem sollte auf eine maßhaltige Anzahl an Teammitgliedern geachtet werden (96, S. 145–147).

Keyuser / Sponsor

Eine Besonderheit bei Digitalisierungsprojekten, besonders bei Pilotprojekten, sind die Rollen des Sponsors und des Keyusers. Der Sponsor ist eine Person aus der Geschäftsführung, denn besonders bei Pilotprojekten muss gezeigt werden, dass auch die Geschäftsführung uneingeschränkt hinter dem Projekt steht. Der Sponsor soll aber nicht ausschließlich ein Symbol-Charakter haben, sondern auch reaktiv unterstützen. Reaktiv unterstützen bedeutet, dass der Sponsor dem Projektleiter mit Rat und Tat zur Seite steht, wenn dieser das möchte. Weiter sollte der Sponsor nicht in der Rolle des Geschäftsführers auftreten und dadurch unnahbar wirken, sondern als Ansprechpartner dienen. Wichtig ist jedoch, dass der Sponsor nur dann hilft oder handelt, wenn dieser auch danach gefragt wird. Die Rolle des Sponsor ist eine wünschenswerte, jedoch nicht zwangsweise erforderliche Rolle und auch stark abhängig von den Möglichkeiten und den Strukturen des Unternehmens (Ideengebend 96, S. 255–256). Dies im Gegensatz zur Rolle des **Keyusers**, die in einem Pilotprojekt existieren sollte. Die Partizipation der Mitarbeiter in der Abteilung in welcher das Pilotprojekt umgesetzt wird, sollte einer der Schwerpunkte der digitalen Transformation sein. Mitarbeiter erkennen Potenziale meist als Erstes, noch bevor die Implementierung komplett durchgeführt wurde. Doch durch fehlende Kommunikationskanäle werden zum Teil gute Ideen nicht weitergegeben. In der eigens durchgeführten Umfrage haben zwar 90% der Befragten angegeben, dass eine Art KVP-Prozess im Unternehmen vorhanden ist, jedoch werden solche Kanäle häufig erst nach einer Implementierung genutzt.

Der Keyuser sollte selbst ein gute Fachkenntnis besitzen, kommunikationsstark sein und einen guten Rückhalt in der Belegschaft haben. Er sollte dafür sorgen, dass Vorschläge, Anregungen oder auch Bedenken und Kritik an die Entscheidungsträger des Projektes in Form von konkreten Vorschläge oder Potenzialen geäußert werden. „Dies führt unter anderem auch zu dem positiven Effekt, dass die Mitarbeiter den Eindruck bekommen, am Prozess mitgewirkt zu haben. Selbst, wenn deren Idee nicht aufgegriffen wird, so wurden sie gefragt, und dies ist gerade für das Betriebsklima und die spätere Akzeptanz der jeweiligen Lösungen sehr hilfreich.“ (81, S. 161) Zusätzlich nimmt der Keyuser an wichtigen Meetings oder Entscheidungstreffen teil und kommuniziert in Absprache mit dem Projektleiter die Ergebnisse an die Belegschaft (81, S. 185).

Physische Implementierung/Kommunikation

Der Keyuser übernimmt mit seiner Tätigkeitsfunktion eine bedeutungsvolle Aufgabe und ist Teil eines Schwerpunktes der physischen Implementierungsphase und zwar der Kommunikation. Die eigens durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass Mitarbeiter bei den befragten Unternehmen häufig bei Industrie 4.0 Entscheidungen nicht ausreichend eingebunden werden (Kapitel 4.2). Diese Herangehensweise deckt sich in keiner Form mit der in der Literatur oder wissenschaftlichen Erkenntnissen herausgearbeiteten Notwendigkeit einer solchen Einbindung. Ganz im Gegenteil es wird davor gewarnt Mitarbeiter nicht in Prozesse zu integrieren (133, S. 61) (86, S. 222). Weiter noch gehen die Warnungen in die Richtung, dass nicht eingebundene Mitarbeiter unzufrieden werden und als Konsequenz eventuell das Unternehmen verlassen. Dies wird in naher Zukunft aber für viele Unternehmen und besonders für Unternehmen des produzierenden KMU eine Herausforderung werden. Wie im Kapitel 3.6 bereits erläutert, wird der demografische Wandel viele Unternehmen, vor Probleme stellen und deshalb ist eine Einbindung und eine Anerkennung der Wirksamkeit der eigenen Mitarbeiter von hoher Bedeutung für Unternehmen aus dem KMU. Dies darf aber nicht missinterpretiert werden, es bedeutet nicht, dass jedes Detail eines Projektes mit der gesamten Belegschaft oder den Abteilungsmitarbeitern geteilt werden sollte. Der Projektleiter entscheidet mithilfe des Keyusers was nach außen getragen wird und wie diese Informationen verbreitet werden (54, S. 320). Deshalb ist die Rolle des Keyusers ein wichtiger Bestandteil eines Industrie 4.0 Pilotprojektes. Kommunikation darf aber nicht durch eine Person im Unternehmen vorangetrieben werden, es muss unternehmensweit gelebt werden.

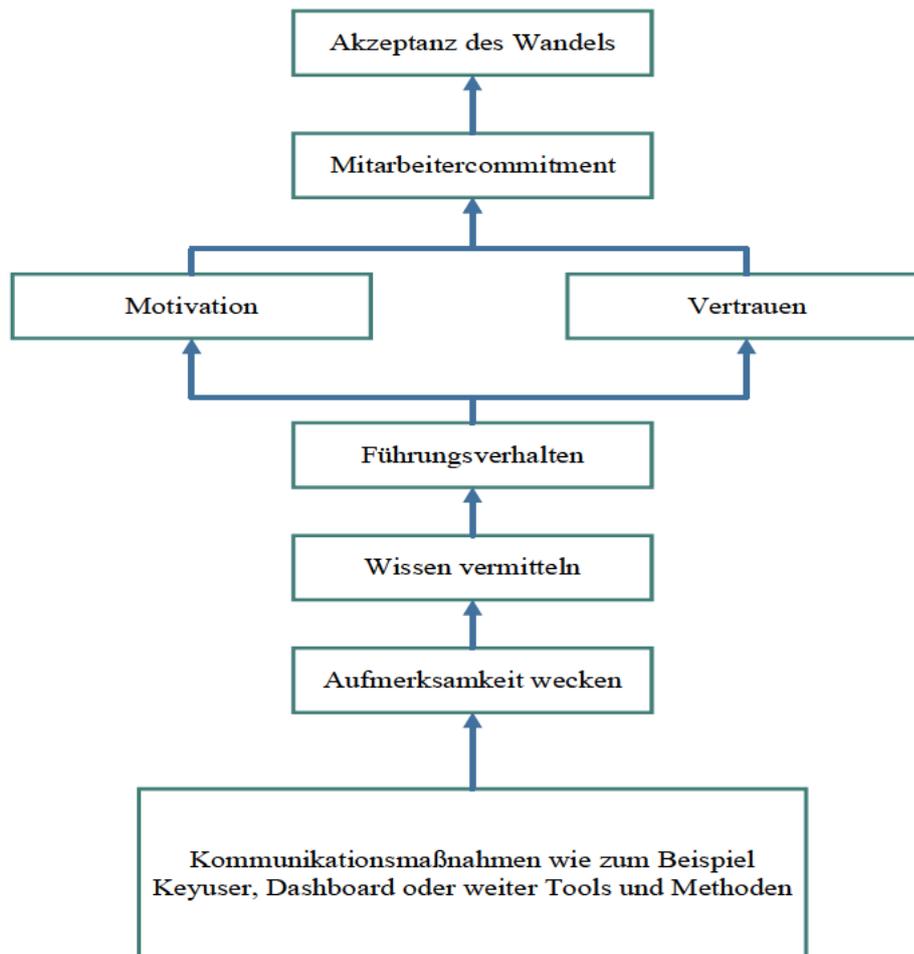


Abbildung 27 Schematische Darstellung des Kommunikationswandel (in Anlehnung an 106, S. 103)

In der Abbildung 27 ist der erwünschte Kommunikationswandel im Zuge der digitalen Transformation hin zur Industrie 4.0 schematisch dargestellt. Diese Darstellung zeigt auch, dass durch eine erweiterte Kommunikation mit den Mitarbeitern positive Effekte wie z.B. Vertrauen, Motivation und Mitarbeitercommitment fördert, dies wiederum fördert die Demografiefestigkeit eines Unternehmens (46, S. 60–61).

„Oft wird der Fehler begangen, die geplanten Veränderungen ausführlich darzustellen, ohne die Gründe für den Wandel und die mit den Veränderungen verbundenen Erwartungen zu kommunizieren. Die aktuelle Situation des Unternehmens muss klar benannt und neu gedeutet werden. Dies ist wichtig, um die Veränderungen zu legitimieren und die erwarteten Vorteile für die Mitarbeiter spürbar zu machen.“ (133, S. 55) Zum Zeitpunkt des aktiven Starts des Pilotprojektes eignet sich für die Kommunikation und Einbindung der Mitarbeiter zum Beispiel ein Kick-off-Meeting. Mit dem Kickoff-Meeting soll bewirkt werden, dass

- die Erwartungshaltung ans Projekt noch einmal offen kommuniziert wird
- Gründe und Vorteile der Veränderung
- Alle Teilnehmer sollen abgeholt werden
- Vorstellen der Verantwortlichkeiten, Projektleiter, Keyuser, Projektteam, wenn Anwesend vielleicht sogar z.B. der Maschinen- oder/und Softwareanbieter vorstellen
- Oberes Management bekräftigt nochmal die Verbundenheit mit dem Pilotprojekt

- Nächste Schritte direkt aufzeigen (130, S. 460–464) (86, S. 224–225)#

Kommunikation - Visualisierung

Die Kommunikation der nächsten bzw. aktuellen Arbeitspakete lassen sich über Dashboards realisieren, welche vom Keyuser gepflegt werden.

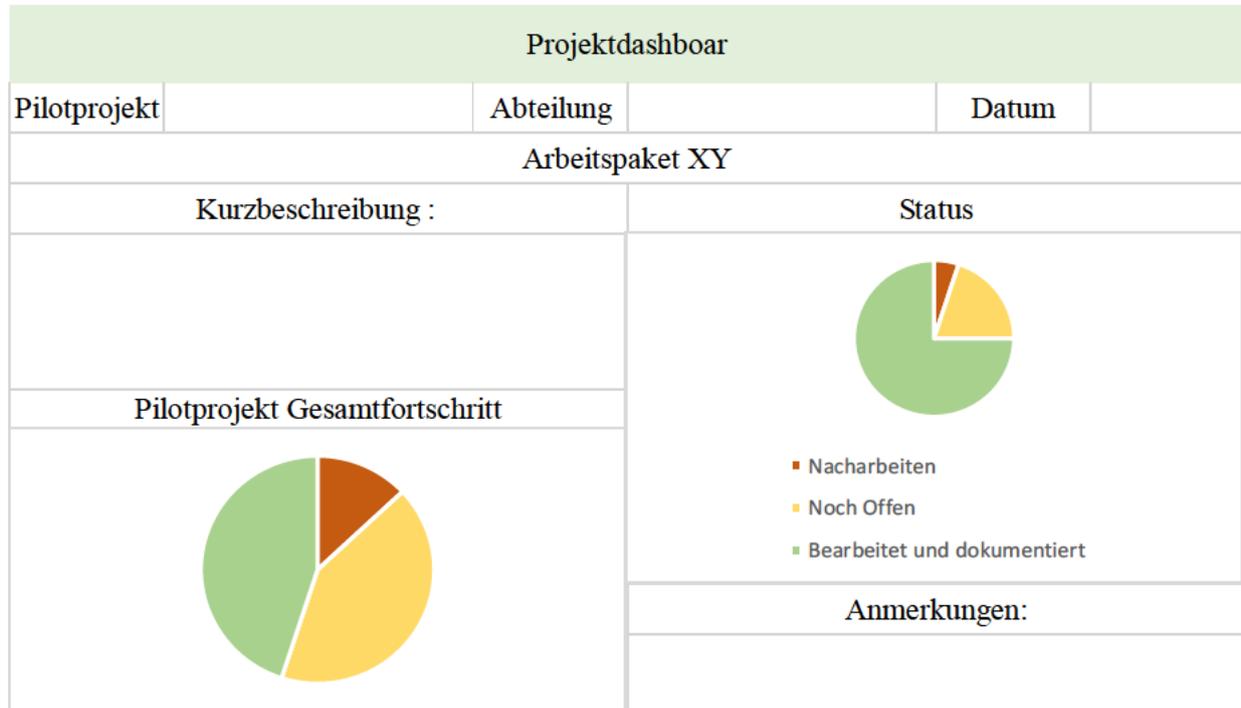


Abbildung 28 Schematische Darstellung eines Projektdashboards [eigene Darstellung]

Dashboards, wie Abbildung 28 dargestellt, können leicht erstellt und dienen der Übersicht, es sollen keine projektkritischen Informationen geteilt werden sondern ein anschaulicher Überblick über den Projektstatus vermitteln werden.

Aber nicht nur nach außen sollte die Kommunikation mithilfe von Tools steigen, sondern auch intern beim Projektteam. Selbst wenn Unternehmen des produzierenden KMUs nicht die Möglichkeit haben, agile Methoden wie Scrum oder Kanban vollständig umsetzen, können diese trotzdem Methodenfragmente nutzen, wie zum Beispiel das Kanban-Board.

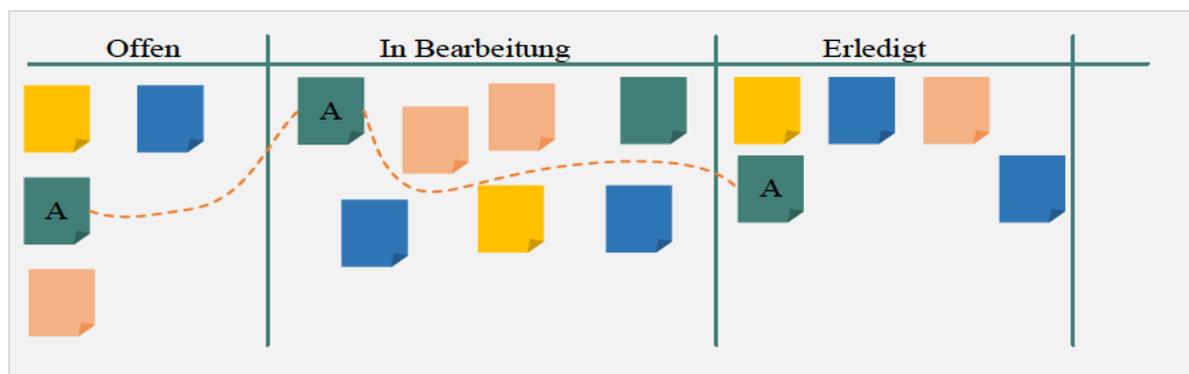


Abbildung 29 Schematische Darstellung eines Kanban-Boards (in Anlehnung an 134)

Das in Abbildung 29 dargestellte Kanban-Board zeigt das Anwendungsprinzip. Es werden meist kleine Arbeitspakete auf Karten geschrieben, dann bei *Offen* abgelegt und sollte ein Projektmitarbeiter sich dieses Arbeitspaket annehmen, geht die Karte von *Offen* zu *In Bearbeitung*, ist das Arbeitspaket abgearbeitet wird es bei *Erledigt* einsortiert. Für diese Art Board gibt es sehr viele digitale Angebote wie Trello oder Asana (134). Die Organisation des Boards sollte durch das Projektteam durchgeführt werden, wobei der Projektleiter die Übersicht behalten muss. In Kombination mit dem Kanban-Board ist ein morgentliches Jour-Fix zu empfehlen. Ein kurzes Meeting in welchen die *Offenen* bzw. die *In Bearbeitung* befindlichen Arbeitspakete besprochen werden(83, S. 63). Dieses Board muss nicht in Widerspruch zu einem Gantt-Chart stehen, beide können parallel zueinander existieren. Das Kanban-Board kann auch nur Fragmente ganzer Arbeitspakete enthalten und erst, wenn zum Beispiel alle grünen Karten bei erledigt einsortiert sind, ist das komplette Arbeitspaket abgearbeitet und dieser Vorgang wird dann im Gantt-Chart vermerkt. Zusätzlich könnte das Joar-Fix um diesen Themenpunkt erweitert werden und das fertige Arbeitspaket besprochen werden, ähnlich wie die Reflexion bei der Scrum Methode (83, S. 203). Vorteile von Teilarbeitspaketen sind, dass diese motivierend wirken und es ist ersichtlich dass Erfolge erbracht werden, welche wiederum durch den Keyuser nach außen kommuniziert werden können.

Mitarbeiterqualifikation

Ein weiterer Schwerpunkt der physischen Implementierung ist die Mitarbeiterqualifikation. Qualifikationsmaßnahmen sollten feste Arbeitspakete des Pilotprojektes sein. Das Projektteam darf die physische Implementierungsphase nicht als reines Beschaffungsprojekt ansehen, sondern als ein Projekt, welches neben der Beschaffung ein funktionsfähiges Umfeld schafft, denn dies entspricht dem Mensch-Technik-Organisation-Ansatz und ist zwingend erforderlich. Der Einsatz Industrie 4.0 Technologie, eingebunden im MTO-Ansatz, führt meistens zu einem gesteigerten Bedarf an Mitarbeiterqualifizierung. Wie im Kapitel 5.2.2 dargestellt, sollte das Unternehmen bereits den Qualifizierungsbedarf und die Qualifizierungsfelder analysiert haben. Die Unternehmensführung muss zusätzlich verstehen, dass Führungskräfte ebenso an Fortbildungen teilnehmen müssen, denn neben fachlichen Kompetenzen der Handlungsebenen, wachsen auch die Anforderungen an Kooperation- und Kommunikationsfähigkeiten sowie Selbstständigkeit und Planungskompetenzen (46, S. 22). Jedoch ist dabei zu beachten, das Soft Skills, die meistens den Sozialen oder Personalen Kompetenzen zugerechnet werden, schwer veränderbar sind.

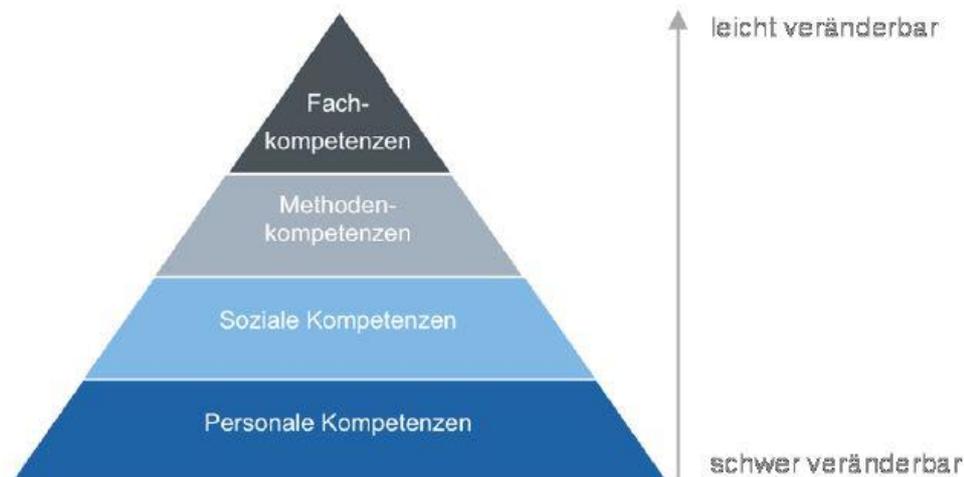


Abbildung 30 Kienbaum-Kompetenz-Pyramide (119, S. 31)

Dieser Zusammenhang wird, wie in der Abbildung 30 dargestellt, in der Kienbaum-Kompetenz-Pyramide deutlich. „Die sozialen Kompetenzen befinden sich in der Pyramidenmitte und fußen auf den personalen Kompetenzen. Die personale Kompetenz stellt quasi eine Voraussetzung für die Güte der zwischenmenschlichen Beziehungen dar. [...] Gängige Lehrmethoden im Sinne einer Wissensvermittlung sind zum Training sozialer Kompetenzen nicht ausreichend, da deutlich stärker interveniert werden muss, etwa durch hoch interaktive Verhaltenstrainings, individuelle Einzeltrainings oder Coaching-Maßnahmen[...]“ (119, S. 32) Dies ist auch der Grund warum es einen Wechsel bei der Auswahl des Führungspersonals gibt, Fachkompetenzen stehen häufig nicht mehr an wichtigster Stelle. Fachkompetenzen sind laut der Kienbaum-Kompetenz-Pyramide deutlich leichter veränderbar, weshalb diese mithilfe von zielgerichteten Schulungen schnell vermittelbar ist und damit Mitarbeitern selbst bei neu erlernten eine Sicherheit geben kann.

8 Phasen der Transformation



Abbildung 31 8 Phasen der Transformation (135, S. 42)

Der in Abbildung 31 dargestellte Verlauf der 8 Phasen der Transformation, entspricht einer häufigen auftretenden emotionalen Reaktionen bei Menschen auf starke Veränderungen. Die

Ausprägung ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich, aber bei den meisten Menschen ist ein ähnliches Muster zu erkennen. Besonders gravierend tritt dieses Muster auf, wenn zum Beispiel Mitarbeiter eine Tätigkeit komplett verinnerlicht haben und diese jetzt verändert werden soll, oder eventuell der Mitarbeiter etwas ganz Neues lernen soll (135, S. 42–44).

1. Status quo: Sicherheit aus gewohnten Handlungsmuster ist tief verankert

2. Schock: Das Unbekannte löst Stress und Unwohlsein hervor.

3. Ablehnung: Das Neue wird abgelehnt oder als schlecht dargestellt, damit das Selbstwertgefühl wieder aus dem Schockgefühl kommt.

4. Rationale Einsicht: Die Notwendigkeit wird langsam erkannt, eigene Handlungsstrategien helfen nicht.

5. Emotionale Akzeptanz: Selbst Teil der neuen Lösung werden.

6. Ausprobieren: Einreizvolles Ziel animiert zum Ausprobieren.

7. Erkenntnis: Durch Ausprobieren kommt das Wissen

8. Intergration: Verhaltensweisen werden durch Wiederholen zur Routine, Gelassenheit steigt, sowie das Selbstwertgefühl

Die Abbildung 31 zeigt anschaulich ein bekanntes Verhaltensmuster auf, wie es bei einem digitalen Pilotprojekt so nicht auftauchen sollte. Des Weiteren zeigt die Abbildung 31 die Relevanz und Korrelation zwischen Kommunikation und Qualifikation bei einer digitalen Transformation. Denn die Phasen 1 bis 4 der Abbildung 31 sollten durch Kommunikation nicht in der Ausprägung auftreten, der Keyuser sorgt zum Beispiel dafür, dass die Ablehnungsphase deutlich geringer und kürzer ausfällt. Bei der physischen Industrie 4.0 Implementierung in der Handlungsebene ist es besonders wichtig, so rechtzeitig mit Schulungen und Weiterbildung zu starten, dass die Mitarbeiter nicht erst eine Vorstellung von dem nötigen Wissen erlangen, wenn die ersten Technikfunktionstests durchgeführt werden. Dies führt zu einem dazu, dass die Ablehnung vor dem Neuen verringert wird, denn das Neue wird durch Schulung zum Bekannten und damit akzeptierter. Und zum anderen verkürzt sich die Zeit bis zum Verwenden des vollen Potenzials der Industrie 4.0 technologischen Neuerung. Das bedeutet, dass der Verlauf der Phasen 5 bis 8 der Abbildung 31, durch ausreichende, zielführende und rechtzeitige Qualifikation der Mitarbeiter beschleunigt werden kann.

Eine relativ große Problematik besteht in der versuchten Eigenqualifizierung der Mitarbeiter, unternehmensspezifische Schulungen und Fortbildungen können auch intern durchgeführt werden, falls in dem Unternehmen das fachlich qualifizierte Personal vorhanden ist. Es gibt jedoch sehr viele Tätigkeitsbereiche, welche von externen Partnern geschult werden sollten. Lieferanten bieten häufig selbst solche Leistungen an oder können die nötigen Kontakte vermitteln. „Der Aspekt der Weiterbildung wird im Zuge von Industrie 4.0 einen zunehmend höheren Stellenwert einnehmen. Betroffen sind hiervon aber nicht nur langjährige Beschäftigte, sondern auch Berufseinsteiger, denn nur eine Ausbildung allein reicht nicht aus, um den immer weiter steigenden Anforderungen gerecht zu werden. Auch im Hinblick auf den demografischen Wandel müssen langjährige Beschäftigte effektiv in die zukünftigen Umstrukturierungen integriert werden, um ihr Potenzial an Erfahrungswissen wertschöpfend nutzen zu können. Hierfür müssen den Mitarbeitern betriebliche und überbetriebliche Möglichkeiten geboten werden, sich unabhängig von Alter und Qualifikation gezielt weiterbilden zu können und damit eine nachhaltige Beschäftigungsfähigkeit zu ermöglichen.“ (136, S. 250–251) Der Unternehmensführung

muss ebenso bewusst sein, dass Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen wiederkehrend durchgeführt werden müssen. Es darf nicht der Fehler gemacht werden, dass für das Industrie 4.0 Pilotprojekt viel unternommen und investiert wird und danach solche Investitionen gestoppt werden und das Unternehmen verfällt in alte Organisationsstrukturen. Wie bereits im Kapitel 5.2.2 dargestellt, besteht die Möglichkeit für die meisten Unternehmen des KMU die Möglichkeit bei der Thematik der Mitarbeiterqualifikation Fördermittel zu beantragen. Dieses Wissen sollte unbedingt genutzt werden, da damit eines der größten Hemmnisse, nämlich die Finanzierung von Qualifizierungsmaßnahmen, gelöst werden kann.

Der Prozess der Beschaffung und Logistik der Industrie 4.0 Technologie¹⁷ wird im Folgenden als bekannt angenommen. Der Prozess der baulichen Maßnahmen, welches ebenso wie die Beschaffung ein Teil der physische Implementierungsphase ist, aber sehr spezifisch ist und dadurch spezifische Lösungen erfordert, wird ebenso dieser wissenschaftlichen Betrachtung nicht genauer erläutert.

Testphase

Ist die angeschaffte Industrie 4.0 technologische Neuerung angekommen/installiert und aufgebaut, ist das Pilotprojekt noch nicht abgeschlossen. Es sollten Testverfahren mit allen relevanten Mitarbeitern durchgeführt werden. Dies sollte nicht nur einen oder gar einen halben Tag dauern, die Testphase der physischen Implementierungsphase muss soweit ausgereift sein, dass sich das Projektteam und die Handlungsebene ein valides Bild über die vorhandenen Funktionen machen kann und ob die Integration mit anderen Systemen erfolgreich war.

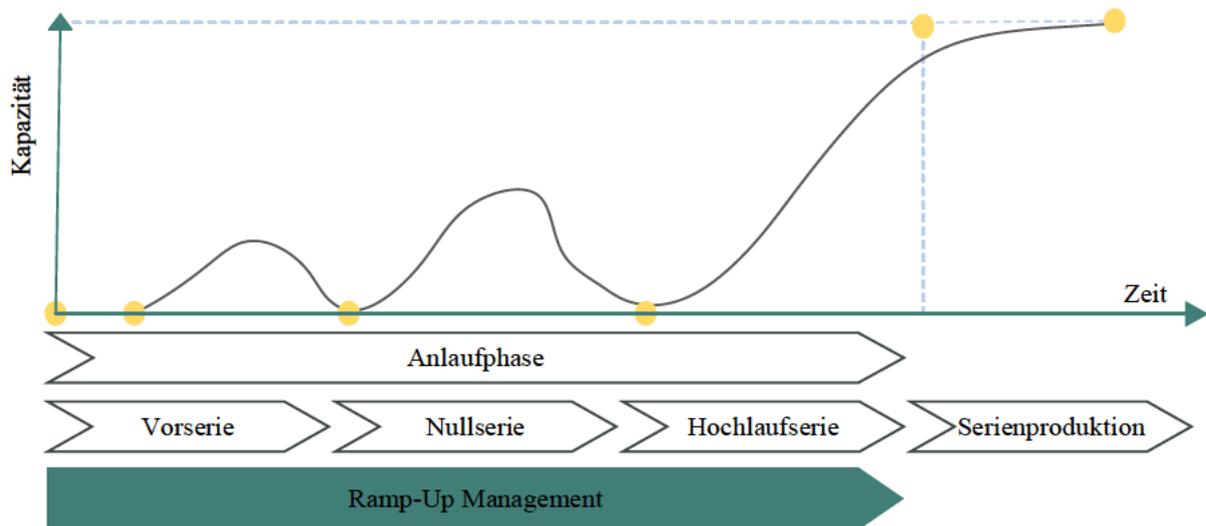


Abbildung 32 Anlaufphasen bis zur Serienproduktion (in Anlehnung an 137)

¹⁷ Bei einem angenommenen Beispiel einer produktionsrelevanten Industrie 4.0 Technologie, wie zum Beispiel einer Produktionsmaschine, einer Montageinsel oder auch einer Logistik relevanten Neuerung mit Kontakt in die Produktion.

Die Abbildung 32 zeigt einen häufig auftretenden Verlauf¹⁸ einer Anlaufphase einer neu ausgerichteten Produktion oder eines Produktionsabschnittes. In der Vorserie werden erste Versuche gefahren aber noch nicht direkt auf die Produktionskennzahlen geachtet, dies wird häufig in Anwesenheit des Lieferanten gemacht. Bei der Nullserie sollte das Produkt unter Produktionsbedingungen gefertigt werden und vorher definierte Key Performance Indicators (KPIs) erfüllen (96, S. 365). Die KPIs werden häufig von der Geschäftsführung, Controlling oder einer anderen Abteilung bestimmt. Deshalb sollte das Projektteam immer vorher die geforderten KPIs überprüfen und kontrollieren, ob diese realistisch und erfüllbar sind. Die Hochlaufserie ist die letzte Phase vor der kompletten Inbetriebnahme und in dieser Phase sollten eigentlich nur noch Feinjustierungen vorgenommen werden (137). Mit dem Ramp-up Management wird versucht die Anlaufdauer und die Anlaufkosten zu reduzieren. Da ein Pilotprojekt unter besonderer Beobachtung steht, sollte das Projektteam besonders in dieser Phase der Implementierung noch einmal die richtigen Stellschrauben einstellen. Auch hierbei sollte auf Kommunikation in Verbindung mit Visualisierung geachtet werden. Des Weiteren muss das Projektteam in dieser Phase weiterhin transparent kommunizieren und auch Rückschritte in der Anlaufphase offen bekanntgeben.

Datenverlust/Datenverfügbarkeit

Je digitaler die Produktion wird, umso wichtiger werden die Themen Datenverlust und Datenverfügbarkeit. In der eigens durchgeführten Umfrage wurde das Datenmanagement als Herausforderung benannt, sowie die Sorge der Cloudservicenutzung betont, diese beiden Eindrücke werden durch weitere Studien bestätigt (Kapitel 4.2). Obwohl oder gerade weil diese Themen als Herausforderung angesehen werden, sollten sich Unternehmen des produzierenden KMUs rechtzeitig damit beschäftigen, denn die Datenmengen steigen mit zunehmender Digitalisierung an. Um Datenverluste zu vermeiden, müssen Backups durchgeführt werden, diese könnten nach festgelegten Zeitintervallen durchgeführt werden, an festen Tagen zum Beispiel auf einen Sonntag in der Nacht, um eventuelle Produktionsstörungen zu vermeiden. Datensicherungen können auch über interne Server oder über Cloud-Services durchgeführt werden (138, S. 143–144). „Die Datensicherung sollte mindestens alle Daten umfassen, die nicht ohne Weiteres aus anderen Daten wieder gewonnen werden können oder deren Erstellung viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Dazu zählen:

- Betriebssysteme und Firmware,
- Konfigurationen (z. B. Switches, Firewalls etc.)
- Anwendungsprogramme
- Datenbanken, Produktionsdaten, sonstige Daten “ (138, S. 144)

Es gibt noch sehr viele spezifische Arbeitspakete, die im Rahmen einer wirtschaftlichen und erweiterten Implementierungsbetrachtung berücksichtigt werden sollten. Besonders im IT-Bereich sollten weitere Arbeitspakete betrachtet werden, wie zum Beispiel Datensicherheit, Cloudbindungen, digitale Services und weitere Aspekte. Diese Themengebiete scheinen aber die vielen Unternehmen des KMU zu überfordern, zu diesem Ergebnis kommen viele Studien und Umfragen (Kapitel 4.2). Deshalb wäre es ratsam bei so wichtigen Themen, bei welchen die

¹⁸ Die Linienführung ist für Darstellungszwecke idealisiert, ansonsten wäre die Linie unruhiger und hätte mehr Ausschläge nach oben oder unten.

interne Expertise fehlt und es für das Unternehmen eine sehr große Herausforderung darstellt diese interne Expertise aufzubauen, Kooperationen mit externen Beratern/Firmen einzugehen.

Zusätzliche Literaturhinweise für die weitere Vertiefung:

Kommunikation

- *Toolbox Kommunikationsmanagement – sehr viele verschiedene, verständlich erklärte Tools (106)*

Qualifikation

- *Agiles Lernen im Unternehmen - viele Beispiel wie Qualifizierungsmaßnahmen umgesetzt werden könnten (139)*

Agile Projektmethoden

- *Digitales Produktmanagement – besondere Betrachtung Product Owner und Scrum Master (140, S. 157–168)*
- *Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten – Erklärung der Methode (53, S. 334–347)*

Projektmanagement

- *Projektmanagement – Theorie und Praxis aus einer Hand – über 900 Seiten Projektmanagement bezogener Inhalt (96)*
- *Projektmanagement für Ingenieure – gute Definitionen und viele Methoden (54)*

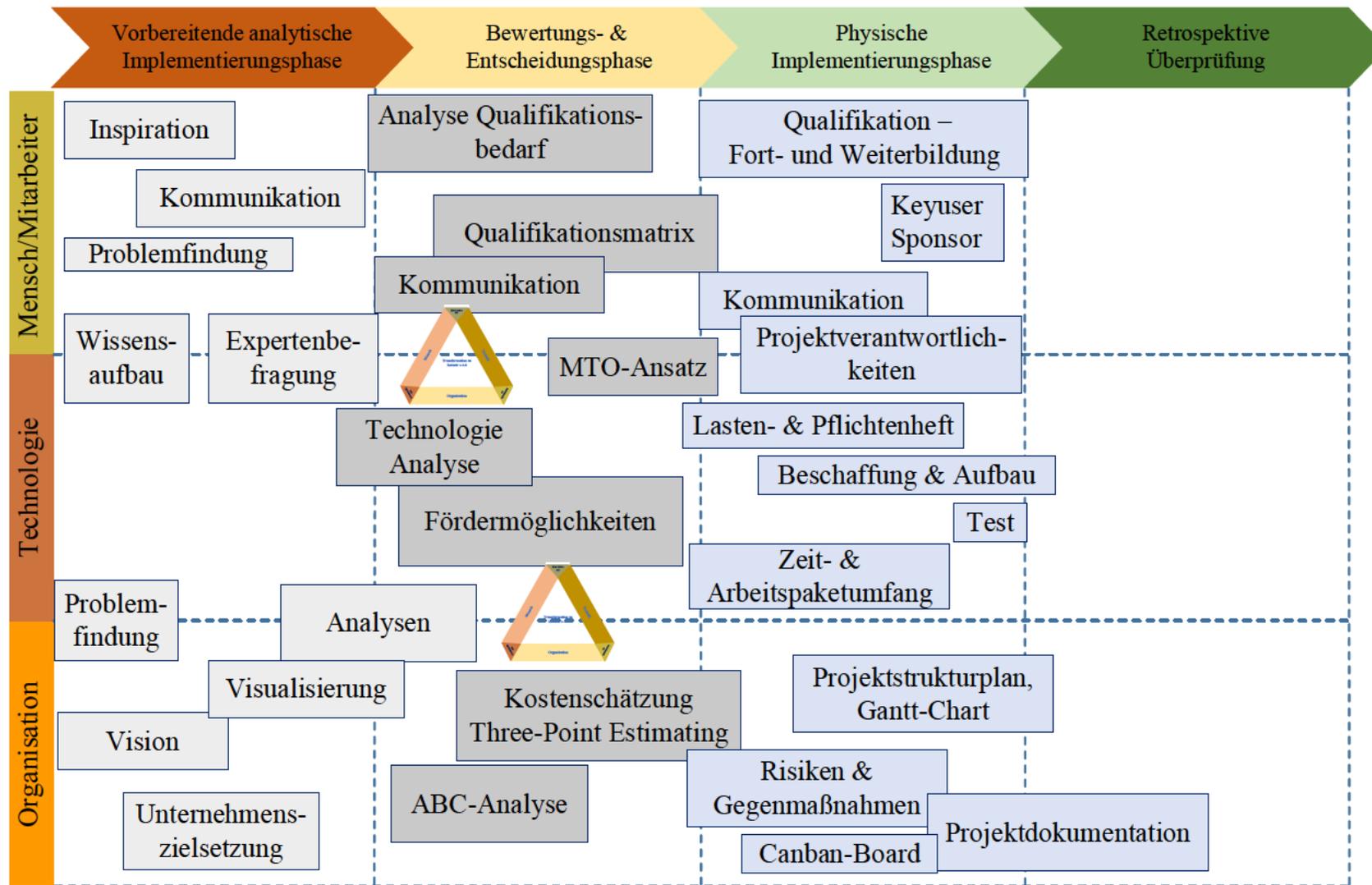


Abbildung 33 Aktionsübersicht: Phase3 Physische Implementierung

5.2.4 Phase 4: Retrospektive Überprüfung der Implementierung

Wie bereits im Kapitel 5.2 erklärt wird die Phase 4: *Die Retrospektive Überprüfung der Implementierung* in einiger Literatur als Teil der Phase 3 betrachtet. Dies stellt grundsätzlich keine Veränderung der Durchführung dar, jedoch soll im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit die Bedeutung dieser Phase 4 betont werden und wird dadurch einzeln betrachtet.

Der Projektleiter und das Projektteam übernehmen die retrospektive Überprüfung, wobei in Abhängigkeit des Aufwands und der vorherigen Projektteamstärke nicht alle Mitglieder bei der Überprüfung involviert werden müssen. Bei der Entscheidung der Teilnahme sollte die fachliche Qualifikation entscheidend sein.

Die Idee und der Aufbau der retrospektiven Überprüfung sind ähnlich wie bei der agilen Projektmethode Scrum, bei welcher regelmäßig Reflexionen der einzelnen Sprints durchgeführt werden. Auch bei der Phase 4 soll eine retrospektive Überprüfung der Implementierung durchgeführt werden, des Gesamtprojektes aber auch einzelner Arbeitspakete.

Je genauer die Projektdokumentation durchgeführt wurde, desto einfacher ist die retrospektive Überprüfung der Dokumentation des Pilotprojektes. Es ist deshalb wichtig die Dokumentation noch einmal zu betrachten, da diese wichtige Informationen für weitere Projekte enthalten und dadurch so aufgearbeitet werden sollte, dass diese Informationen bei weiteren Industrie 4.0 Projekten genutzt werden können. Sollte die Projektdokumentation nicht schon komplett digital aufgearbeitet sein, sollte es spätestens zu diesem Zeitpunkt geschehen.

Weiter sollte das Projektteam mit dem *Best Practices* Ansatz alle wichtigen Abschnitte des Pilotprojektes retrospektiv überprüfen. Das bedeutet, dass die Projektmitglieder die einzelnen Vorgehensweisen, Methoden und Analysen die während des Pilotprojektes durchgeführt wurden betrachten und darüber diskutieren

- Was ist gut gelaufen?
- Was ist schlecht gelaufen?
- Was könnte verbessert werden? (83, S. 204)

Danach sollte die Ergebnisse dokumentiert werden, wenn möglich visualisiert und eineindeutig benannt werden, damit es möglich ist bei einem nächsten Projekt aus den Best Practices zu lernen. Ist das Ergebnis der Best Practice Betrachtung überwiegend negativ, sollte es trotzdem so aufgearbeitet werden, um dieses Wissen bei einem nächsten Projekt nutzen zu können (35). Nach dem Prinzip des *lesson learned* (deutsch: Lektion gelernt) sollten zusätzlich auch die Gründe für Erfolge und Misserfolge analysiert werden. Das bedeutet, wenn z.B. der intendierte Nutzen des Pilotprojektes nicht so ausfällt wie erwartet, muss das Unternehmen in der Lage sein, genau zu bestimmen, wo die Herausforderungen oder die Fehler des Projektes lagen um diese Fehler nicht zu wiederholen, sondern aus ihnen zu lernen. Für die Bestimmung der Zielverfehlung eignen sich unter anderem Problemerkennungsanalysen, wie diese im Kapitel 5.2.1 bereits erläutert wurden (141, S. 255).

Zusätzlich sollte das Projektteam noch eine Projektnachkalkulation durchführen. Es sollte retrospektivisch verschiedene Aspekte betrachtet werden, wie zum Beispiel:

- Der vorher geschätzte Kostenaufwand (Kapitel 5.2.2) Ist-Soll Vergleich
- Eventuell aufgetretene Mehrleistungen
- Abweichungen
- Begründungen der Kostenabweichungen vom Soll

Die analysierten Daten der Nachkalkulation liefern wichtige Informationen für die Kostenschätzung weiterer Industrie 4.0 Projekte. Denn der Umstand der fehlenden Informationen und Daten von Industrie 4.0 Projekte in Unternehmen des KMU (Kapitel 5.2.2), kann durch die Erfassung aller relevanter aktueller Daten und Informationen von Projekt zu Projekt verändert werden.

Die Phase 4: *Die Retrospektive Überprüfung der Implementierung* ist gerade deshalb so wichtig, um eine bessere Daten und Informationsdichte zu bekommen. Zusätzlich sammelt das eigene Team noch mehr Erfahrung und darüber hinaus können positive Sachverhalte des Pilotprojektes herausgearbeitet und der Führungsebene , sowie in Zusammenarbeit mit dem Keyuser der Belegschaft präsentiert werden.

6 Leitfaden – Anwendung an einem theoretischen Beispiel?

In diesem Kapitel wird anfänglich erklärt wie es zu der Idee des folgenden Beispiels kam, darauf folgend wie dieses Beispiel theoretisch mithilfe einer Leitfaden-Checkliste bearbeitet werden kann. Weiterhin wird erläutert, welchen Einfluss eine Verwendung auf die Arbeitsorganisation, Agilität und eventuell auch auf die Mitarbeiterqualifizierung haben kann.

6.1 Theoretisches Praxisbeispiel

In Form eines Telefonats wurde der Verfasser dieser Masterarbeit von einem Unternehmensvertreter, welcher zuvor an der durchgeführten Befragung (beschrieben im Kapitel 4) teilgenommen hatte, nach einer Einschätzung zu einer Problematik in der Produktion des Unternehmens befragt (142). Ferner wurde ist eine theoretische Herangehensweise zur Lösung der konkreten Herausforderungen besprochen. Dafür wurde eine, unter der Berücksichtigung der wissenschaftlichen Erkenntnisse der vorherigen Kapitel, Leitfaden-Checkliste entwickelt¹⁹.

Beschreibung der Problematik

Das Unternehmen ist dem Handwerk zuzuordnen und im Bereich der Medientechnologie Druck tätig. Des Weiteren kann das Unternehmen dem produzierenden KMU zugeordnet werden, da quantitative wie auch qualitative KMU Merkmale erfüllt werden (Kapitel 2.1).

Die Problemstellung des Unternehmens lässt sich unter Berücksichtigung des Lean Management beschreiben. Das Lean Management unterscheidet Tätigkeiten in wertschöpfende und nicht wertschöpfende Tätigkeiten bzw. die letzteren Tätigkeiten werden auch als Verschwendung bezeichnet (65, S. 26–27). Die produktionstechnische Herausforderung besteht in dem beschriebenen Unternehmen darin, dass die bereits zu geringe Anzahl an Produktionsmitarbeitern häufig nicht wertschöpfende Tätigkeiten ausführen müssen, wie zum Beispiel

- Transport
- Wartezeit
- Überflüssige Bewegung

Wobei die beiden letzteren Verschwendungsarten *Wartezeit* und *überflüssige Bewegung* deutlich geringer auftreten, als die nicht wertschöpfende Tätigkeit *Transport* (143). „Das Bewegen von Gütern beschreibt einen Standortwechsel, dabei findet aber kein Wertzuwachs statt. Transporte zählen somit zu Verschwendungen. Transporte ergeben sich aufgrund von getrennten Prozessen. Der Transport in und von einem Lager ist nicht wertschöpfend, ebenso wie Leerfahrten ohne Material oder ohne Leergut.“ (65, S. 29) Im Detail besteht die Problematik darin, dass das Fachpersonal zeitlich eingebunden ist, um fertig gedrucktes Material in eine räumlich getrennte, weitere Abteilung, der sogenannten Weiterverarbeitung/Veredelung, zu bringen.

¹⁹ Durch das Gespräch mit dem Unternehmensvertreter ist der Gedanke entstanden, die Anwendung der entwickelten Leitfaden-Checkliste an einem fiktiven Beispiel zu erläutern.

Durch die Verwendung von Bodenmarkierungen, im Rahmen einer Lean-Aktion, sind die Gegebenheiten verbessert worden, jedoch nimmt der Transport des fertigen Materials, be- und entladen einbezogen, den Hauptteil der Verschwendung ein. Eine Beseitigung dieser Problematik durch das Zusammenlegen der Abteilungen ist nicht möglich. Zur Minimierung dieser Verschwendungsart ist der Gedanke einer Implementierung einer Industrie 4.0 technologischen Neuerung entstanden und soll nun unter Verwendung einer entworfenen Leitfaden-Checkliste (Anhang 7), theoretisch betrachtet und eine mögliche Implementierung analysiert werden.

6.2 Beispielhafte Anwendung der Leitfaden-Checkliste

Eine Unternehmensvision, sowie auch das Unternehmensziel sind nicht bekannt und höchstwahrscheinlich nur teilweise vorhanden. Die Abteilungsziele sind bekannt und setzen sich aus

- Produktionseffektivität, Qualitätserfüllung, null Betriebsunfällen für das Jahr 2023

zusammen. Damit ist das Soll bei dem durchzuführenden Ist-Soll Abgleich bereits geklärt. Wie bei der Leitfaden-Checkliste Anhang 8 auf Seite 145 zu erkennen, sollte die Ist-Situation sowie eine Problemanalyse durchgeführt werden. Durch ein Meeting zwischen den Mitarbeitern der Handlungsebene und der Produktionsleitung, konnte schnell analysiert werden, dass der Transport des fertigen bedruckten Materials zu kurzen Stillständen an den Maschinen führt. Weiter wurde im Rahmen des Meetings erörtert, warum es zu Stillständen an den Maschinen kommt. Ergebnis ist, dass keine ausreichenden Pufferflächen an den Maschinen vorhanden sind, deshalb kann das Material nicht zwischen gelagert und muss in Intervallen abtransportiert werden. Besonders ist dies im Weihnachtsgeschäft spürbar – viele Aufträge, geringe Stückzahlen pro Auftrag, kritische Personaldecke. Ein weiteres Ergebnis der Problemanalyse war, dass es zu einem Betriebsunfall während der Bedienung eines Hubwagens kam. Die Erkenntnisse wurden während des Meetings in einem Ursachen-Wirkungs-Diagramm visualisiert.

Der Leitfaden-Checkliste, dargestellt im Anhang 9 auf Seite 146, folgend wurde im nächsten Schritt eine Technologieanalyse durchgeführt. Der Produktionsleiter fand, unter Anwendung des „Best-Practice-Ansatz“, ein Unternehmen in Süddeutschland, welches fahrerlose Transportsysteme für den Ab- und Weitertransport verwendet. Nach einem intensiven Austausch wurde eine solche Variante als eine mögliche Technologie von Produktionsleiter eingestuft. Im Zuge der Kontaktaufnahme mit einigen Anbietern solcher Technologien, konnten bereits einige Qualifikationsanforderungen erfragt werden. Bei einem weiteren Meeting wurde der Technologievorschlag vorgestellt und die Mitarbeiter wurden gefragt, was diese zum einen darüber denken (Feedback) und zum anderen, welche Qualifikation sie ihrer eigenen Meinung nach besitzen müssten, um diese Technologie zu „bedienen“. Besonders die älteren Mitarbeiter äußerten ihren Unmut über eine solche Technologie, wohingegen ein jüngerer Mitarbeiter überdurchschnittlich großes Interesse zeigte und ebenso erwähnte, dass dies auch seinem privaten Interesse entsprechen würde. Dieses intrinsische Interesse an dem Themengebiet, zusätzlich das Fachwissen würden einen solchen Mitarbeiter zu einem guten Projektmitglied machen, wenn nicht sogar zum Keyuser, dargestellt in der Leitfaden-Checkliste im Anhang 10 auf Seite 147. Zuvor hat sich jedoch der Produktionsleiter die weiteren Qualifikationen seiner Mitarbeiter analysiert und in einer Qualifikationsmatrix dargestellt. Nicht nur die eher fehlende Qualifikation der Mitarbeiter in diesem Bereich, sondern auch die hohen Anschaffungs- und zusätzlich

anfallenden Kosten eines solchen Technologischen Systems, welche durch eine Kostenschätzung ermittelt wurden, führen zu dem Ergebnis, dass eine Implementierung nicht wirtschaftlich wäre. Eine bauliche Maßnahme zur Schaffung weiterer Pufferflächen wäre in diesem Beispiel wirtschaftlicher.

So oder so ähnlich könnte die Leitfaden-Checkliste den Leser durch ein eventuell zukünftiges Industrie 4.0 Projekt führen. Wäre die Kostenschätzung anders ausgefallen, würden weitere Schritte der Durchführung, dargestellt im Anhang 11 und Anhang 12, folgen, unter anderem die zuvor erwähnte Bestimmung des Keyusers, welche eine zentrale Rolle der gewandelten Unternehmenskommunikation übernehmen würde.

6.2.1 Welchen Einfluss hat die Leitfaden-Checkliste auf die Arbeitsorganisation, die Agilität und eventuell auch auf die Mitarbeiter Qualifizierung?

Wie im Kapitel 3 bereits festgestellt, geben fast alle Einführungsmodelle, Readinesstests oder Reifegradmodelle Impulse für eine Veränderung hin zur Industrie 4.0. Die eigen entwickelte Leitfaden-Checkliste gibt dem Leser zwar ebenso eine Vielzahl an Impulsen, jedoch wurde, unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der eigen durchgeführten Umfrage, Literatur, wissenschaftlichen Arbeiten und Studien, bei der Erstellung darauf geachtet, dem Anwender auch eine Methodenauswahl aufzuzeigen. Weiter sind die Methoden in der Verwendung offen gehalten, dadurch ist eine Flexibilität bei der Anwendung gegeben. So kann z.B. die Bestimmung der Arbeitspakete, dargestellt im Anhang 10, durch agile Methoden wie Scrum oder Kanban erfolgen, jedoch auch in der Form der „herkömmlichen“ Projektmethoden und visualisiert in Form eines Gantt-Charts. Diese Freiheiten der Anwendung berücksichtigt die Leitfaden-Checkliste um den Anwender nicht einzuschränken und trotzdem gleichzeitig ein Fahrplan aufzuzeigen, welcher eine zügige und umfängliche Einführung von ersten Industrie 4.0 Projekten ermöglicht.

Ebenso sollen Unternehmen ermutigt werden, den häufig, fokussierten Blick auf technologische Neuerungen zu erweitern und den Mensch-Technik-Organisations-Ansatz ebenso ins Blickfeld zu rücken. Damit wird die Notwendigkeit der Veränderung der Arbeitsorganisation begünstigt. So wird der Fokus des Faktors *Mensch* mit der Anwendung der Leitfaden-Checkliste mehr ins Zentrum gerückt. Nicht nur die Einbindung der Mitarbeiter in Projektentscheidungen übt einen Effekt bei der Herangehensweise neuer Herausforderungen aus, sondern auch eine gelebte aktive Kommunikation wird einen Effekt auf die Demografie Festigkeit (Kapitel 3.6) eines Unternehmens haben. Zum einen wird Fachpersonal durch Wertschätzung gebunden und zum anderen wird die Meinung älterer Kollegen, zum Beispiel in der Produktion, zu einem auch ergonomisch ausgerichteten Wandel führen können.

Durch eine gelebte Kommunikation, unter anderem mit dem Einsatz einer zusätzlichen Projektrolle wie dem Keyuser, kann das Potenzial einer intrinsischen Motivation von Mitarbeitern genutzt werden. Mitarbeiter werden zur aktiven Beteiligung, welches zum einen Veränderungsängste mindert und zum anderen eine emotionale Akzeptanz neuer Umstände fördert (Abbildung 31 auf Seite 88). Bei der Verwendung der Leitfaden-Checkliste wird das eigene Personal gestärkt, besonders durch die Einbindung, aber auch aufgrund der abgefragten Qualifikationen, womit eine iterative Betrachtung und Erstellung von Qualifikationsmatrizen begünstigt wird. Das Vergegenwärtigen von eventuellen Qualifikationsdefiziten wird höchstwahrscheinlich zu

einer längerfristigen Förderung der Mitarbeiter und damit auch zu einer erweiterten Qualifikation der Mitarbeiter führen.

Es lässt sich damit feststellen, dass die Leitfaden-Checkliste eine Handlungsrichtung vorgibt, dabei aber die Agilität des Unternehmens nicht beeinträchtigt. Im Gegenteil wird sogar die Kommunikationsfähigkeit im Unternehmen gefördert, sowie die Demografiefestigkeit des Unternehmens gestärkt. Unter Betrachtung des MTO-Ansatzes wird es durch die Verwendung der Leitfaden-Checkliste auch zu einem Wandel der Qualifikation der Mitarbeiter, sowie einen organisatorischen Wandel geben.

7 Zusammenfassung und Fazit

Das Bewusstsein von Industrie 4.0 im produzierenden Unternehmen des KMUs muss nicht erst geweckt werden, das Wissen über die vielen Vorteile einer Industrie 4.0 Produktion ist den Unternehmen bekannt, dies spiegelt auch die eigen durchgeführte Umfrage wider. Jedoch darf nicht die Komplexität einer solchen Implementierung – auch wenn es sich dabei um ein Pilotprojekt handelt - unterschätzt werden. Dies liegt zum einen in der technischen Herausforderung, aber auch im gleichen Maße in den nicht-technischen Faktoren, welche im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich des Mensch-Technik-Organisation-Ansatzes ausführlich erläutert wurden.

Aufbauend aus den Erkenntnissen der vorliegenden wissenschaftlichen Betrachtung wurde eine Leitfaden-Checkliste entwickelt und anwendbar zusammengefasst. Die technischen als auch die organisatorischen Herausforderungen, wie beispielsweise ein veränderter Anspruch von Führung und Qualifikation, einer solchen Implementierung wurden berücksichtigt. Der Leitfaden stellt aus Sicht des Verfassers eine Zusammenfassung der Bereich dar, die im Rahmen einer Industrie 4.0 Implementierung berücksichtigt werden sollten. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass dieser Leitfaden aufgrund der spezifischen Situation der unterschiedlichen Unternehmen eher eine Art Handlungs- bzw. Orientierungshilfe darstellt. Durch die Vielzahl enthaltender Methodenbeispiele und Hinweise ist es jedoch das Ziel des Verfassers, dem Anwender eine pragmatische Herangehensweise an die unterschiedlichen Aufgabenbereiche einer Implementierung von Industrie 4.0 zu geben. Dies gilt insbesondere und findet Berücksichtigung auch hinsichtlich der nicht-technischen Aspekte solcher Projekte. Die Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit konnte im Umfang dieser vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit nicht endgültig geklärt und sollte bei einer weiteren Forschungsarbeit untersucht werden.

Abschließend bleibt festzustellen, dass durch die Verschiedenartigkeit von Industrie 4.0 Projekten ein allumfassender, detaillierte Leitfaden nicht realistisch ist, aber es muss gleichzeitig betont werden, dass bestimmte Hindernisfaktoren im KMU vorherrschend sind, welche mithilfe solcher Checklisten, Leitfäden oder Orientierungshilfen reduziert, wenn nicht sogar überwunden werden können. Außerdem fördert das bewusste Benutzen solcher einer Leitfaden-Checkliste die Sensibilisierung für die Kernelemente erfolgreiche Einführungsstrategien.

Literaturverzeichnis

Literatur

- [1] BECKER, W., P. ULRICH und T. BOTZKOWSKI. **Finanzierung im Mittelstand**. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015. Management und Controlling im Mittelstand. ISBN 978-3-658-06566-9.
- [2] HITCHENS, D.M.W.N., M. TRAINOR, J. CLAUSEN, S. THANKAPPAN und B. MARCHI. **Small and Medium Sized Companies in Europe**. Berlin, Heidelberg . s.l.: Springer Berlin Heidelberg. **Environmental Performance, Competitiveness and Management: International EU Case Studies**, 2003. Springer eBook Collection. ISBN 978-3-642-07275-8.
- [3] IHLAU, S. und H. DUSCHA. **Besonderheiten bei der Bewertung von KMU**. 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Planungsplausibilisierung, Steuern, Kapitalisierung**, 2019. ISBN 978-3-658-18674-6.
- [4] KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU. **Merkblatt KMU.Definition**, Allgemeine Erläuterungen zur Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren, (600 000 0196), 2016. Verfügbar unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000000196_M_F_KMU-Definition.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000000196_M_F_KMU-Definition.pdf)
- [5] FILIPPIS, F. de. **Währungsrisikomanagement in kleinen und mittleren Unternehmen**, 2010. ISBN 978-3-8349-2544-2.
- [6] EWERS, D. „**Digital Jetzt**“– **Neue Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands** [online], 2022. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html>
- [7] BECKER, W., M. STAFFEL und P. ULRICH. **Mittelstand und Mittelstandsforschung**. Bamberg: Deloitte.Mittelstandsinst. an der Univ. Bamberg, 2008. Bamberger betriebswirtschaftliche Beiträge. 153. ISBN 3-931810-67-4.
- [8] STATISTISCHES BUNDESAMT. **Beschäftigungsanteile nach Unternehmensgrößenklassen 2019** [online], 2019. 12 August 2019 [Zugriff am: 14. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/aktuell-beschaeftigte.html;jsessionid=1FBB367D9041F588B4B15614155EDAD4.live731>
- [9] STATISTA. **Verteilung der Beschäftigten in Unternehmen nach Unternehmensgröße | Statista** [online]. 14 März 2022 [Zugriff am: 14. März 2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/731911/umfrage/verteilung-der-beschaeftigten-in-unternehmen-in-deutschland-nach-unternehmensgroesse/>
- [10] **Zahlen und Fakten rund um den deutschen Mittelstand** [online]. 15 März 2022 [Zugriff am: 15. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.bvmw.de/themen/mittelstand/zahlen-fakten/>
- [11] STATISTA. **Verteilung des Umsatzes der Unternehmen nach Unternehmensgröße | Statista** [online]. 15 März 2022 [Zugriff am: 15. März 2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/731913/umfrage/verteilung-des-umsatzes-der-unternehmen-in-deutschland-nach-unternehmensgroesse/>

- [12] STATISTISCHES BUNDESAMT. **Kleine und mittlere Unternehmen erzielen rund 78 % des Umsatzes im Bau- und Gastgewerbe** [online]. 9 Juli 2021 [Zugriff am: 15. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/aktuell-umsatz.html>
- [13] PITTROF, M. **Die Bedeutung der Unternehmenskultur als Erfolgsfaktor für Hidden Champions**, Zugl.: Lahr, Wiss. Hochsch., Diplomarbeit. Wiesbaden: Gabler, 2011. Gabler Researach. ISBN 978-3-8349-2853-5.
- [14] TRIEBELHORN, MARINA, VIIA1. **mittelstandische-unternehmen-in-der-corona-pandemie-zahlen-und-fakten-zu-den-deutschen-kmu** [online]. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/mittelstandische-unternehmen-in-der-corona-pandemie-zahlen-und-fakten-zu-den-deutschen-kmu.pdf?__blob=publicationFile&v=44
- [15] SCHWARTZ, M. und GERSTENBERGER JULIANE. **Corona-Krise im Mittelstand: Rückkehr zu voller Wirtschaftsaktivität in weiter Ferne, aber Lockerungen entspannen Liquidität**. In: M. DINKELMANN, (Hrsg.). Dissertation. *KfW Research Fokus Volkswirtschaft // Methode zur Unterstützung der Mitarbeiterpartizipation im Change Management der variantenreichen Serienproduktion durch Lernfabriken*, 2016, S. 1-6. ISBN 978-3-8396-1113-5.
- [16] LEIFELS, A. **Weiterbildung bricht in der Krise ein - Bedarf an Digitalkompetenzen wächst**. In: M. DINKELMANN, (Hrsg.). Dissertation. *KfW Research Fokus Volkswirtschaft // Methode zur Unterstützung der Mitarbeiterpartizipation im Change Management der variantenreichen Serienproduktion durch Lernfabriken*, 2016, S. 1-5. ISBN 978-3-8396-1113-5.
- [17] HAHN, H.-W. und L. GALL (Hrsg.). **Die industrielle Revolution in Deutschland**. 3., durchges. und um einen Nachtr. erw. Aufl. München: Oldenbourg, 2011. Enzyklopädie deutscher Geschichte / hrsg. von Lothar Gall. Bd. 49. ISBN 978-3-486-59831-5.
- [18] HAHN, B. (Hrsg.). **Technology in the Industrial Revolution**. Cambridge . New York . Port Melbourne: Cambridge University Press, 2020. New approaches to the history of science and medicine. ISBN 978-1-316-63746-3.
- [19] HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT BERLIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG und FACHTAGUNG: "BERLINER INDUSTRIE 4.0 - GRUNDLAGEN UND ANWENDUNGEN". **Industrie 4.0 - Grundlagen und Anwendungen**. Berlin . Wien . Zürich: Beuth Verlag GmbH. **Branchentreff der Berliner Wissenschaft und Industrie**, 2015. ISBN 978-3-410-25780-8.
- [20] SPRINGER-VERLAG GMBH. **Management in der Produktion**. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg, 2020. Lehrbuch. 1. ISBN 978-3-662-44537-2.
- [21] BÖHNISCH, L., W. SCHRÖER, H. ARNOLD, W. SCHEFOLD, H. KEUPP und W. LORENZ. **Sozialpolitik und Soziale Arbeit**. Weinheim . Basel: Beltz Juventa. **Eine Einführung**, 2012. ISBN 978-3-7799-5015-8.
- [22] MOHL, E. **Veränderte Kompetenzbereiche durch Industrie 4.0 in der Ausbildung von Techniker*innen an Höheren Technischen Lehranstalten in Österreich**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS, 2022. Springer eBook Collection. ISBN 978-3-658-36350-5.

- [23] STEINHOFF CHRISTINE WD2. **Aktueller Begriff Industrie 4.0** [online]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/474528/cae2bfac57f1bf797c8a6e13394b5e70/industrie-4-0-data.pdf>
- [24] FLYNN, K. **Industrie-Computer-I/O für die Industrie 4.0** [online]. In: *OnLogic*, 29. September 2020 [Zugriff am: 23. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/de/industrie-computer-i-o-fur-die-industrie-4-0/#post/0>
- [25] BECKER, W., P. ULRICH und T. BOTZKOWSKI. **Industrie 4.0 im Mittelstand**. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Best Practices und Implikationen für KMU**, 2017. Management und Controlling im Mittelstand. ISBN 978-3-658-15655-8.
- [26] HIGHTECH-STRATEGIE 2020 FÜR DEUTSCHLAND. **1702691.fm** [online]. Verfügbar unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/17/026/1702691.pdf>
- [27] **Digital_TransformationStudie14-10-15.indd** [online]. Verfügbar unter: https://fim-rc.de/wp-content/uploads/2020/02/Fraunhofer-Studie_Digitale-Transformation.pdf
- [28] BITKOM, VDMA und ZVEI. **Umsetzungsstrategie Industrie 4.0** [online]. Verfügbar unter: https://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Industrie_4.0/2015-04-10_Umsetzungsstrategie_Industrie_4.0_Plattform_Industrie_4.0.pdf
- [29] SCHUMACHER, A., S. EROL und W. SIHN. **A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises**. In: *Procedia CIRP* **52**, 2016, 161-166. ISSN 22128271 [Zugriff am: 28. März 2022]. DOI 10.1016/j.procir.2016.07.040
- [30] TABRIZI BEHNAM, LAM ED, GIRARD KIRK, IRVIN VERNON. **Digital Transformation Is Not About Technology** [online]. *Harvard Business Review*, 2019. 7 Oktober 2019 [Zugriff am: 29. März 2022]. Verfügbar unter: <https://hbr.org/2019/03/digital-transformation-is-not-about-technology>
- [31] OSTROWSKI ANASTASIA, SCHUMACHER SIMON, POKORNI, BASTIAN. **Participatory Design for Digital Transformation of Manufacturing Enterprises** [online]. In: *MIT Work of the Future Working*, 2020, Nr. 06. Verfügbar unter: <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2020/12/2020-Working-Paper-Ostrowski-Pokorni-Schumacher.pdf>
- [32] KAGERMANN HENNING, WAHLSTER WOLFGANG, HELBIG, JOHANNES. **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0**, Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. **Abschlussbericht der Arbeitskreises Industrie 4.0**, April 2013.
- [33] SCHUH GÜNTHER, ANDERL REINER, DUMITRESCU ROMAN, KRÜGER ANTONIO, TEN HOMPEL MICHAEL. **Industrie 4.0 Maturity Index**, Update 2020. **Die digitale Transformation von Unternehmen**, 2020.
- [34] GÖLZER, P. **Big Data in Industrie 4.0 – Eine strukturierte Aufarbeitung von Anforderungen, Anwendungsfällen und deren Umsetzung**. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, Dissertation, 4. Oktober 2016.
- [35] R. GEISSBAUER, J. VEDSO, S, SCHRAUF. **industry-4-0-building-your-digital-enterprise** [online]. **2016 Global Industry 4.0 Survey**, 2016, 1-36. Verfügbar unter: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/industry-4-0-building-your-digital-enterprise.pdf>
- [36] **Leitfaden Industrie 4.0**. Frankfurt am Main: VDMA-Verl. **Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand**, 2015. ISBN 978-3-8163-0677-1.

- [37] SPRINGER-VERLAG GMBH. **Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0**. Berlin . Heidelberg: Springer Gabler. **Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis**, 2016. ISBN 978-3-662-48504-0.
- [38] IMPULS, IW KÖLN CONSULT GMBH, RWTH AACHEN. **Industrie 4.0-Readiness Online-Selbst-Check für Unternehmen** [online]. 10 Mai 2022 [Zugriff am: 10. Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://www.industrie40-readiness.de/>
- [39] LICHTBLAU K., S.V., BERTENRATH R., BLUM M., M. BLEIDER, MILLACK A., SCHMITT K., SCHMITZ E. und SCHRÖTER M. **IMPULS** [online]. **Industrie 4.0-Readiness**, Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik, 2015. Verfügbar unter: <http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875835/Industrie+4.0+Readiness+IMPULS+Studie+Oktober+2015.pdf/447a6187-9759-4f25-b186-b0f5eac69974>
- [40] HOCHSCHULE NEU-ULM UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES. **Umfrage Reifegradanalyse** [online]. 10 Mai 2022 [Zugriff am: 10. Mai 2022]. Verfügbar unter: <http://reifegradanalyse.hs-neu-ulm.de/questions.php#firstPage>
- [41] A. ULLRICH, G. VLADOVA, C THIM, N. GRONAU. **Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0** [online], 2015 [Zugriff am: 12.07.22]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1365/s40702-015-0167-8.pdf>
- [42] MICHAEL SCHENK, TINA HAASE, DIRK BERNDT und EVELYN FISCHER. **Adaptive Assistenzsysteme als Antwort auf komplexe Produktionsprozesse und heterogene Belegschaften**. In: D. SPATH und B. SPANNER-ULMER, (Hrsg.). *Digitale Transformation - gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten*. Berlin: Gito Verlag, 2019, S. 107-125.
- [43] STATISTISCHES BUNDESAMT. **Demografischer Wandel in Deutschland: Ursachen und Folgen** [online]. **Mitten im demografischen Wandel**. 1 August 2019 [Zugriff am: 12. Juli 2022]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/_inhalt.html
- [44] STATISTISCHES BUNDESAMT. **Bevölkerungspyramide: Altersstruktur Deutschlands von 1950 - 2060** [online]. **koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland**, 2021. 17 Januar 2022 [Zugriff am: 14. Juli 2022]. Verfügbar unter: <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2032&g>
- [45] STATISTISCHES BUNDESAMT. **Anteil von Menschen im Rentenalter, die erwerbstätig sind, hat sich binnen 10 Jahren verdoppelt** [online]. **Pressemitteilung Nr. N 041 vom 24. Juni 2021**, 2021. 24 Juni 2021 [Zugriff am: 12. Juli 2022]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21_N041_12.html
- [46] SPRINGER-VERLAG GMBH. **Arbeit 4.0 im Mittelstand**. Berlin . Heidelberg: Springer Gabler. **Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU**, 2019. ISBN 978-3-662-59473-5.
- [47] **Innovation und Beteiligung in der betrieblichen Praxis**. Wiesbaden: Gabler. **Strategien, Modelle und Erfahrungen in der Umsetzung von Innovationsprojekten**, 2010. Gabler Research. ISBN 978-3-8349-2306-6.
- [48] S. HELPER, E. REYNOLDS, D. TRAFICONTE, A. SINGH. **Technology, Skills, and Digital Innovation at Large Manufacturing Firms**. MIT Work of the Future: Massachusetts Institute of Technology, RESEARCH BRIEF, Januar 2021.

- [49] K KOCK. **Arbeit erforschen und gestalten**. Evinger Platz 17: Technischen Universität Dortmund, Zentrale Wissenschaftliche Einrichtung der Technischen Universität Dortmund. **Ein Querschnitt durch die Arbeitsforschung in der Sozialforschungsstelle Dortmund**, Beiträge aus der Forschung, 2019.
- [50] JAFARI, M., P. AKHAVAN, R. HESAMAMIRI und A. BOUROUNI. **A new management approach to knowledge-creating strategic decision-making in organisations**. In: *International Journal of Management and Enterprise Development* **10**, 2011, Nr. 4, 291. ISSN 1468-4330 [Zugriff am: 15. Juli 2022]. DOI 10.1504/IJMED.2011.042048
- [51] BAUMANN-HABERSACK, F. und A. von SCHLIPPE. **Mit neuer Autorität in Führung**. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler. **Die Führungshaltung für das 21. Jahrhundert**, 2017. ISBN 978-3-658-16497-3.
- [52] HANSER, E. **Agile Prozesse: von XP über Scrum bis MAP**. Berlin . Heidelberg: Springer, 2010. eXamen.press. ISBN 978-3-642-12312-2.
- [53] J.K. ZINK. **Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten**. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. VDI-Buch Ser. ISBN 978-3-662-44701-7.
- [54] JAKOBY, W. **Projektmanagement für Ingenieure**. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Vieweg. **Ein praxisnahes Lehrbuch für den systematischen Projekterfolg**, 2021. Lehrbuch. ISBN 978-3-658-32790-3.
- [55] GOLL, J. und D. HOMMEL. **Mit Scrum zum gewünschten System**. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. ISBN 978-3-658-10720-8.
- [56] GLÄSER, J. und G. LAUDEL. **Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen**. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag, 2010. Lehrbuch. ISBN 978 3 531 17238 5.
- [57] BOGNER, K. und U. LANDROCK. **Antworttendenzen in standardisierten Umfragen: SDM-Survey Guidelines (GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences)**, 2015.
- [58] S. OMATU, J. M. CORCHADO. **ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal**. Japan, Spain: Ediciones Universidad Salamanca, Osaka Institute of Technology, University of Salamanca, 2020.
- [59] V.HELLGE. **Readiness-Check Digitalisierung [online]. Ergebnisse Mai 2022**, Kaiserslautern, den 04.05.22. In: *Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern*. Verfügbar unter: https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/wp-content/uploads/2022/05/RC_MDZKL_Kurzbericht_Mai2022.pdf
- [60] UNIVERSITÄT LEIPZIG. **Elemente des Wissensmanagements in Innovationsprozessen in KMU**. Universität Leipzig, Institut für Finanzen, Finanzwissenschaft, Arbeitspapier, Juni 2000.
- [61] M.-C. RISCHÉ, F. SCHLITTE, H. VÖLPE. **Industrie 4.0 – Potenziale am Standort Hamburg [online]. Studie im Auftrag der Handelskammer Hamburg**. Verfügbar unter: https://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi/Publikationen/Studien/HWWI-Studie_Industrie_4.0.pdf
- [62] J. ANGENENDT, A.S KLADROBA, J. LATZKO,T. NGUYEN, J. SCHMITT, G. STENKE. **Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft [online]. ANALYSEN 2021**, Forschung und Entwicklung, 2021 [Zugriff am: 26. Oktober 2022]. Verfügbar unter: https://www.stifterverband.org/arendi-analysen_2021
- [63] INSTITUT FÜR MITTELSTANDSFORSCHUNG BONN. **Forschung und Entwicklung (FuE) im Jahr 2019 [online]**, 2019. 26 Oktober 2022 [Zugriff am: 26. Oktober

- 2022]. Verfügbar unter: <https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-einzelnen/forschung-und-entwicklung-fue>
- [64] GARTNER. **Top Trends In The Gartner Hype Cycle For Emerging Technologies 2017** [online], 2017. 27 Oktober 2022 [Zugriff am: 27. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017>
- [65] BERTAGNOLLI, F. **Lean Management**. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie**, 2020. MOREMEDIA. ISBN 978-3-658-31239-8.
- [66] WILLE, T. **Lean Thinking in produzierenden Unternehmen**, Dissertation, 2015. ISBN 978-3-658-16171-2.
- [67] IDG BUSINESS MEDIA GMBH. **Studie Industrie 4.0 2017** [online], 2017 [Zugriff am: 26.10.22]. Verfügbar unter: <https://www.lufthansa-industry-solutions.com/de-de/studien/idg-studie-industrie-40-2017>
- [68] DEMARY, V., B. ENGELS, K.-H. RÖHL und C. RUSCHE. **Digitalisierung und Mittelstand**. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH. **Eine Metastudie**, 2016. IW-Analysen. Nr. 109. ISBN 978-3-602-14971-1.
- [69] BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT. **Coronavirus-Pandemie: Was geschah wann? [online]. Chronik aller Entwicklungen im Kampf gegen COVID-19 (Coronavirus SARS-CoV-2) und der dazugehörigen Maßnahmen des Bundesgesundheitsministeriums**. 1 November 2022 [Zugriff am: 1. November 2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>
- [70] R. FLAKE, S. SEYDA, D.WERNER. **Weiterbildung während der Corona-Pandemie [online]**, Juni 2020. Verfügbar unter: https://www.total-e-quality.de/media/uploads/weiterbildung_waehrend_corona-pandemie.pdf
- [71] B. ROHLEDER. **Industrie 4.0 - so digital sind Deutschlands Fabriken [online]. 7.April 2021**. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-04/bitkom-charts-industrie-4.0-07-04-2021_final.pdf
- [72] R. DEWENTER, B.K. **Hemmnisse der digitalen Transformation bei KMU [online]**. In: *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 2. Dezember 2021, 304-326 [Zugriff am: 1. November 2022]. Verfügbar unter: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/zfwp-2021-2060/html>
- [73] C. LEYH und K. BLEY. **Digitalisierung: Chance oder Risiko für den deutschen Mittelstand? – Eine Studie ausgewählter Unternehmen**. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* **53**, 2016, Nr. 1, 29-41. ISSN 1436-3011 [Zugriff am: 1. November 2022]. DOI 10.1365/s40702-015-0197-2
- [74] EYLERS, K. **Auf einen Blick 10 Jahre Industrie 4.0** [online], bitkom-positionspapier, 2021 [Zugriff am: 1. November 2022]. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-08/20210820_bitkom-positionspapier_-10-jahre-industrie-4.0-.pdf
- [75] J. SCHUMACHER. **Wissen ist Trumpf – was der Digitalisierung noch im Wege steht [online]. Ergebnisse der Perfect Production Umfrage in 2017 zur Nutzung von Industrie 4.0-Modellen**, Digitalisierung. In: *productivITy*, 2018, 16-18. Verfügbar unter:

- https://www.brainguide.de/upload/publication/13/2ftmy/aef071f1900db0d69cca568f3fea833a_1525692045.pdf
- [76] FADER, P. **Customer Centricity**. Chicago: Wharton School Press. **Focus on the Right Customers for Strategic Advantage**, 2020. Wharton Executive Essentials. ISBN 978-1-61363-102-7.
- [77] **Iterative-product-development-process.png (1000x570)** [online]. 30 September 2020 [Zugriff am: 28. Juli 2022].
- [78] **Die Digitalisierungshürde lässt sich Meister(n)**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. **Erfolgsfaktoren, Werkzeuge und Beispiele für den Mittelstand**, 2020. ISBN 978-3-662-60366-6.
- [79] **Produktivitätsmanagement 4.0**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. **Praxiserprobte Vorgehensweisen zur Nutzung der Digitalisierung in der Industrie**, 2021. ifaa-Edition. ISBN 978-3-662-61583-6.
- [80] BOTZKOWSKI, T. **Digitale Transformation Von Geschäftsmodellen Im Mittelstand**. Wiesbaden: Gabler. **Theorie, Empirie und Handlungsempfehlungen**, 2017. Unternehmensführung and Controlling Ser. ISBN 978-3-658-20332-0.
- [81] LEESER, D.C. **Digitalisierung in KMU Kompakt**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg. **Compliance und IT-Security**, 2020. IT Kompakt Ser. ISBN 978-3-662-59737-8.
- [82] LIEBRECHT, C. **Entscheidungsunterstützung für den Industrie 4.0-Methodeneinsatz**, Dissertation, 2020. Forschungsberichte aus dem wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Band 233. ISBN 978-3-8440-7451-2.
- [83] KUSTER, J., C. BACHMANN, E. HUBER, M. HUBMANN, R. LIPPMANN, E. SCHNEIDER, P. SCHNEIDER, U. WITSCHI und R. WÜST. **Handbuch Projektmanagement**. 4. Aufl. 2019. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. **Agil – Klassisch – Hybrid**, 2018. ISBN 978-3-662-57877-3.
- [84] **Soziale Motive und soziale Einstellungen**. Göttingen: Hogrefe, 2016. Enzyklopädie der Psychologie / hrsg. von Niels Birbaumer Themenbereich C. Theorie und Forschung Serie 6. Sozialpsychologie. Band 2. ISBN 9783840905643.
- [85] T. BAUERNHANSL, M. TEN HOMPEL, B. VOGEL-HEUSER. **Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik**. Wiesbaden: Springer Vieweg. **Anwendung, Technologien, Migration**, 2014. ISBN 978-3-658-04681-1.
- [86] ANT, M. **Effizientes strategisches Management**. Wiesbaden: Springer Gabler. **Die 10 Phasen einer erfolgreichen Unternehmensentwicklung**, 2018. SpringerLink Bücher. ISBN 978-3-658-21826-3.
- [87] DAHM, M.H. **Strategie und Transformation Im Digitalen Zeitalter**. Wiesbaden: Gabler. **Inspirationen Für Management und Leadership**, 2019. FOM-Edition Ser. ISBN 978-3-658-22031-0.
- [88] F. SCHÜTZ, A. MUSCHNER, R. ULLRICH, A. SCHÄFER. **Fraunhofer_CeRRI-Innovation_Ecosystem_Strategy_Tool** [online]. **Center For Responsible Research and Innovation - CeRRI**, Des Fraunhofer IA0. Verfügbar unter: https://www.cerri.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/cerri/de/Leistungsspektrum/InnovationEcosystemStrategies/Fraunhofer_CeRRI-Innovation_Ecosystem_Strategy_Tool.pdf

- [89] DIETRICH, J.R. und T.H. MEITINGER. **Erfinderhandbuch**. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg. **Innovations- und Patentmanagement für Erfinder, Ingenieure und mittelständische Unternehmen**, 2021. ISBN 978-3-662-62908-6.
- [90] STERNAD, D. **Strategieentwicklung kompakt**. Wiesbaden: Springer Gabler. **Eine praxisorientierte Einführung**, 2015. Essentials. ISBN 978-3-658-10366-8.
- [91] V. HAJAS. **Motivationale Effekte von Unternehmensvisionen**. München: Technischen Universität München, Fakultät TUM School of Management, Dissertation, 15. Juli 2013.
- [92] B. LEYENDECKER, P.P. **Werkzeuge für das Projekt- und Prozessmanagement**. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Klassische und moderne Instrumente für den Management-Alltag**, 2022. ISBN 978-3-658-34723-9.
- [93] GLADEN, W. **Performance Measurement**, Dissertation. 6., überarbeitete Auflage, 2001. Lehrbuch. ISBN 978-3-658-05137-2.
- [94] D.T.MATT. **KMU 4.0 - digitale Transformation in kleinen und mittelständischen Unternehmen**. Berlin: Gito Verlag, 2018. Schriftenreihe der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation. ISBN 978-3-95545-267-4.
- [95] HOBEL, B. und S. SCHÜTTE. **GABLER BUSINESS-WISSEN A-Z Projektmanagement**. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 2006. ISBN 978-3-8349-9102-7.
- [96] MADAUSS, B.-J. **Projektmanagement**. 8. Auflage. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg. **Theorie und Praxis aus einer Hand**, 2020. ISBN 978-3-662-59383-7.
- [97] KRAUSE, H.-U. und D. ARORA. **Controlling-Kennzahlen - Key Performance Indicators**. 2., überarb. u. erw. Aufl. München: Oldenbourg. **Zweisprachiges Handbuch Deutsch/Englisch - Bi-lingual Compendium German/English = Key performance indicators : bi-lingual compendium German/English**, 2012. BWL 10-2012. ISBN 9783486596908.
- [98] HOFFMANN, C. **Business Innovation:Das St. Galler Modell**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. Business Innovation Universität St. Gallen. ISBN 978-3-658-07166-0.
- [99] NIEMANN, J., B. REICH und C. STÖHR. **Lean Six Sigma**. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg. **Methoden zur Produktionsoptimierung**, 2021. ISBN 978-3-662-63007-5.
- [100] SABISCH, H. und C. TINTELNOT. **Integriertes Benchmarking**. Berlin, Heidelberg . s.l.: Springer Berlin Heidelberg. **Für Produkte und Produktentwicklungsprozesse**, 1997. Springer eBook Collection Business and Economics. ISBN 978-3-642-63868-8.
- [101] **Strategie und Management produzierender Unternehmen**. 2. Aufl. 2011. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. **Handbuch Produktion und Management 1**, 2010. VDI-Buch. ISBN 978-3-642-14501-8.
- [102] PROJEKTTRÄGER KARLSRUHE und FRAUNHOFER IAO. **IST-Prozesse analysieren** [online]. **Medienbrüche und Schnittstellen im Prozess analysieren** [Zugriff am: 17. November 2022]. Verfügbar unter: https://aktiv-kommunal.de/wp-content/uploads/2019/09/7_2_Medienbrueche_und-Schnittstellen_im_Prozess_analysieren.pdf
- [103] BAUMGARTH, C. **Wirkungen des Co-Brandings**, Zugl.: Siegen, Univ., Habil.-Schr., 2003. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. **Erkenntnisse durch Mastertechnikpluralismus**, 2003. Neue betriebswirtschaftliche Forschung. 314. ISBN 978-3-8244-7896-5.

- [104] SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN. **Industrie 4.0 für die Praxis**. Wiesbaden: Springer Gabler. **Mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps**, 2018. ISBN 978-3-658-21117-2.
- [105] WIKIPEDIA. **Ursache-Wirkungs-Diagramm** [online], 2022. 19 September 2022 [Zugriff am: 20. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ursache-Wirkungs-Diagramm&oldid=226282941>
- [106] ZERFAß, A. und S.C. VOLK. **Toolbox Kommunikationsmanagement**. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Denkwerkzeuge und Methoden für die Steuerung der Unternehmenskommunikation**, 2019. ISBN 978-3-658-24257-2.
- [107] **Handbuch Krisenmanagement**. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS, 2014. Handbuch. ISBN 978-3-658-04292-9.
- [108] LIPPOLD, D. **Die 75 wichtigsten Management- und Beratungstools**. München . Wien: De Gruyter Oldenbourg. **Von der BCG-Matrix zu den agilen Tools**, 2020. De Gruyter Studium. ISBN 9783110696226.
- [109] SCHAWEL, C. und F. BILLING. **Top 100 Management Tools**. 5., überarb. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler. **Das wichtigste Buch eines Managers ; von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung**, 2014. ISBN 978-3-8349-4690-4.
- [110] **Strategien entwickeln und umsetzen**. 2., aktualisierte Aufl. Wien: Linde International. **Speziell für kleine und mittelständische Unternehmen**, 2013. ISBN 978-3-7143-0250-9.
- [111] ANDLER, N. **Tools für Projektmanagement, Workshops und Consulting**. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Erlangen: Publicis. **Kompodium der wichtigsten Techniken und Methoden**, 2015. ISBN 978-3-89578-453-8.
- [112] **Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung**. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg, 2014. ISBN 978-3-662-43815-2.
- [113] P. ITTERMANN, J. NIEHAUS, H.H.-KREINSEN, J. DREGGER und M. TEN HOMPEL. **Social Manufacturing and Logistics**. Dortmund: Technische Universität Dortmund, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche. **Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik**, Soziologisches Arbeitspapier_Nr 47, Oktober 2016.
- [114] B. VON SEE. **Ein Handlungsrahmen für die digitale Transformation in Wertschöpfungsnetzwerken**. Hamburg: Technischen Universität Hamburg, Institut für Produktionsmanagement und -technik, Dissertation, 2019.
- [115] L. MLEKUS, D. BENTLER, A. PARUZEL, A.-L. KATO-BEIDERWIEDEN und G. MAIER. **How to raise technology acceptance: user experience characteristics as technology-inherent determinants**. In: *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)* **51**, 2020, Nr. 3, 273-283. ISSN 2366-6145 [Zugriff am: 8. November 2022]. DOI 10.1007/s11612-020-00529-7
- [116] INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ARBEITSWISSENSCHAFT. **Leistungsfähigkeit im Betrieb**. Berlin . Heidelberg: Springer Vieweg. **Kompodium für den Betriebspraktiker zur Bewältigung des demografischen Wandels**, 2015. ifaa-Edition. ISBN 978-3-662-43397-3.
- [117] T. WERNER. **Erstellen ganzheitlicher Konzepte für die Mitarbeiterqualifizierung am Beispiel der Fertigungsmesstechnik**. Erlagen: Universität Erlangen-Nürnberg, Der Technischen Fakultät, Dissertation.

- [118] **Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe.** Wiesbaden: Springer Gabler. **Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen**, 2016. ISBN 978-3-658-08164-5.
- [119] MOSER, M. **Bedeutung von Soft Skills in einer sich wandelnden Unternehmenswelt.** Wiesbaden: Springer Gabler. **Eine Studie zu dem besonderen Stellenwert von Kompetenzen im Personalmanagement**, 2018. Research. ISBN 978-3-658-22272-7.
- [120] BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT. **Förderung von Weiterbildung | Bundesagentur für Arbeit** [online]. 23 November 2022 [Zugriff am: 23. November 2022]. Verfügbar unter: <https://www.arbeitsagentur.de/unternehmen/finanziell/foerderung-von-weiterbildung>
- [121] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)-Fifth Edition (ENGLISH).** 5th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2012. ISBN 978-1-935589-67-9.
- [122] KRÖLL, M. **Methode zur Technologiebewertung für eine ergebnisorientierte Produktentwicklung**, Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2007. Heimsheim: Jost-Jetter-Verl., 2007. IPA-IAO Forschung und Praxis. 468. ISBN 978-3-939890-26-3.
- [123] ABELE, T. **Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements**, Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2006. Heimsheim: Jost-Jetter, 2006. IPA-IAO-Forschung und -Praxis. Nr. 441. ISBN 3-936947-94-5.
- [124] C.LANG-KOETZ. **Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung.** Wiesbaden: Springer Gabler. **Methoden und Prozesse in den frühen Phasen des Innovationsprozesses**, 2013. FOM-Edition. ISBN 978-3-658-02183-2.
- [125] S. SCHIMPF und C.LANG-KOETZ. **Technologiemonitoring.** Stuttgart: Fraunhofer-Verl. **Technologien identifizieren, beobachten und bewerten**, 2010. ISBN 978-3-8396-0174-7.
- [126] KAUFMANN, T. **Strategiewerkzeuge aus der Praxis.** Berlin . Heidelberg: Springer Gabler. **Analyse und Beurteilung der strategischen Ausgangslage**, 2021. ISBN 978-3-662-63104-1.
- [127] S. SCHIMPF, D. HEUBACH und S. RUMMEL. **Die frühe Phase des Innovationsprozesses.** Wiesbaden: Springer Gabler. **Neue, praxiserprobte Methoden und Ansätze**, 2016. FOM-Edition. ISBN 978-3-658-09721-9.
- [128] K. RAUER. **PROJECT-FASTLANE Band 2 - KOMPETENZLEVEL C/B: Books ON DEMAND. Erweiterungswissen Level CB**, 2019. ISBN 9783752868654.
- [129] BRUHN, M. **Qualitätsmanagement für Dienstleistungen.** 11., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin . Heidelberg: Springer Gabler. **Handbuch für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement : Grundlagen - Konzepte - Methoden**, 2019. ISBN 978-3-662-59646-3.
- [130] GROß, C. und R. PFENNIG. **Digitalisierung in Industrie, Handel und Logistik.** 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Leitfaden von der Prozessanalyse bis zur Einsatzoptimierung**, 2019. ISBN 978-3-658-26094-1.
- [131] WASTIAN, M., I. BRAUMANDL und S. WEISWEILER. **Führung und Mikropolitik in Projekten.** Wiesbaden: Springer Gabler. **Der psychologische Faktor im Projektmanagement**, 2015. Essentials. ISBN 978-3-658-10320-0.

- [132] SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN. **Generationen-Management**. 2. Auflage. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Konzepte, Instrumente, Good-Practice-Ansätze**, 2021. ISBN 978-3-658-34786-4.
- [133] DINKELMANN, M. (Hrsg.), Dissertation. **KfW Research Fokus Volkswirtschaft // Methode zur Unterstützung der Mitarbeiterpartizipation im Change Management der variantenreichen Serienproduktion durch Lernfabriken**, 2016. Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung. Band 59. ISBN 978-3-8396-1113-5.
- [134] **Kanban [online]**. **Mittelstand 4.0**, Kompetenzzentrum Usability. In: *Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Usability*. Verfügbar unter: <https://www.kompetenzzentrum-usability.digital/kos/WNetz?art=File.download&id=487&name=Kanban.pdf>
- [135] KOSTKA, C. **Change Management**. München: Hanser. **Das Praxisbuch für Führungskräfte**, 2016. Hanser eLibrary. ISBN 978-3-446-44859-9.
- [136] **Industrie 4.0**. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern**, 2017. ISBN 978-3-658-15556-8.
- [137] P.KLINK, S.SARDESAI, J.GEHRING und M.D. GÖRTZ. **Whitepaper: Fast Ramp-Up [online]**. **ANLAUFMANAGEMENT NACH DISRUPTIVEN PANDEMISCHEN EREIGNISSEN**, 2020. Verfügbar unter: https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20220/200824_Whitepaper_RampUp.pdf
- [138] **it-sicherheit-fuer-industrie-4-0 [online]**. **Produktion, Produkte, Dienste von morgen im Zeichen globalisierter Wertschöpfungsketten**, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie - Abschlussbericht, 2016. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/it-sicherheit-fuer-industrie-4-0.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [139] **Agiles Lernen im Unternehmen**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021. ISBN 978-3-662-62012-0.
- [140] SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN. **Digitales Produktmanagement**. Wiesbaden . Heidelberg: Springer Gabler. **Methoden - Instrumente - Praxisbeispiele**, 2020. ISBN 978-3-658-30628-1.
- [141] H. MEYER und H. REHER. **Projektmanagement**. Wiesbaden: Springer Gabler. **Von der Definition über die Projektplanung zum erfolgreichen Abschluss**, 2016. Lehrbuch. ISBN 978-3-658-07568-2.
- [142] C. SADEWATER. **Industrie 4.0 Praxis Beispiel im Druckbereich**, Experten Gespräch - Produktionsleiter Druck, 05.10.22.
- [143] GORECKI, P. und P. PAUTSCH. **Lean Management**. 6. Auflage. München: Hanser, 2021. Pocket Power. 59. ISBN 9783446469235.

Anhang/Anhangsverzeichnis

Anhang 1.	Kapitel 3.3.2 Industrie 4.0 Pricewaterhouse Coopers.....	113
Anhang 1.1	PwC Zitat Übersetzung	113
Anhang 2.1	PwC Zitat Übersetzung	113
Anhang 2.	Kapitel 3.3.4 Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 S.M.Merz .	114
Anhang 3.1	Ergebnistabelle C1-Analyse Wettbewerber-Rolle	114
Anhang 4.1	Ergebnistabelle C2-Anlyse Kundenbindungs- und Kundengewinnungsansatzes	115
Anhang 5.1	Ergebnistabelle C3-Analyse Unternehmensprozesse und -produkte	116
Anhang 3.	Kapitel 3.3.5 Industrie 4.0-Readiness Test.....	117
Anhang 6.1	Aufbau Industrie 4.0-Readiness Test Impuls	117
Anhang 7.1	Exemplarische Darstellung Impuls Industrie 4.0-Readiness Check	118
Anhang 8.1	Exemplarische Darstellung der Auswertung des Segments Mitarbeiter	119
Anhang 9.1	Exemplarische Darstellung HNU Readiness Check Frage 8	120
Anhang 4.	Erstellte Umfrage: Umgang des KMU mit Industrie 4.0.....	121
Anhang 10.1	Fragen zum Unternehmen	121
Anhang 11.1	Fragen zur Unternehmensstruktur	123
Anhang 12.1	Fragen zu den Geschäftsprozessen/Digitalisierungsgrad	130
Anhang 13.1	Fragen zur Handhabung von Projekten	133
Anhang 14.1	Fragen zu Kooperationen	136
Anhang 15.1	Fragen zu Mitarbeiter und Mitarbeiterqualifikation.....	137
Anhang 16.1	Fragen zu möglichen Hemmnissen der Einführung von Industrie 4.0.....	140
Anhang 5.	Übersetzung Kapitel 5.2.2 (Zitat (115)).....	143
Anhang 6.	Übersetzung Kapitel 5.2.2 (Zitat (121, S. 221)).....	143
Anhang 7.	Deckblatt Leitfaden-Checkliste (LC) Industrie 4.0 Projekt.....	144
Anhang 8.	LC vorbereitende analytische Implementierungsphase	145
Anhang 9.	LC Bewertungs- & Entscheidungsphase.....	146

Anhang 10.	LC physische Implementierungsphase Teil I.....	147
Anhang 11.	LC physische Implementierungsphase Teil II.....	148
Anhang 12.	LC Retrospektive Überprüfung der Implementierung	149

Anhang 1. Kapitel 3.3.2 Industrie 4.0 Pricewaterhouse Coopers

Anhang 1.1 PwC Zitat Übersetzung

“Remember to develop strategies for attracting people and improving processes as well as for implementing new technologies. Your success with Industry 4.0 will depend on skills and knowledge. Your biggest constraints may well be your ability to recruit the people needed to put digitisation into place.” (3 Seite 15)

Eigene Übersetzung:

Denken Sie daran, Strategien zur Gewinnung von Mitarbeitern und zur Verbesserung von Prozessen, sowie zur Implementierung neuer Technologien zu entwickeln. Der Erfolg von Industrie 4.0 hängt von der Fähigkeiten und Kenntnissen der Mitarbeiter ab. Ihr größtes Hindernis könnte möglicherweise Ihre nicht ausreichende Fähigkeit sein, erforderliche Personen zu rekrutieren.

Anhang 2.1 PwC Zitat Übersetzung

“Real breakthroughs in performance happen when you actively understand consumer behaviour and can orchestrate your company’s role within the future ecosystem of partners, suppliers and customers” (3 Seite 15)

Eigene Übersetzung:

Echte Leistungsdurchbrüche können erreicht werden, wenn das Verbraucherverhalten aktiv verstanden wird und sich die Rolle des Unternehmens in das Ökosystem von Partnern, Lieferanten und Kunden komplett einbindet.

Anhang 2. Kapitel 3.3.4 Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 S.M.Merz

Anhang 3.1 Ergebnistabelle C1-Analyse Wettbewerber-Rolle

Anhang 3.1 Ergebnistabelle C1-Analyse (37, S. 97)

Analyse der Wettbewerber-Rolle (C1-Analyse)				
Industrie 4.0 Wettbewerber-Rolle	Name des 1. Wettbewerbers - Segmentbezeichnung	Name des 2. Wettbewerbers - Segmentbezeichnung	Name des 3. Wettbewerbers - Segmentbezeichnung	Welche Wettbewerberrolle ist für das Unternehmen selbst am geeignetsten?
Pionier	Ja/Nein - Begründung	...	...	? Begründung
Imitator	Ja/Nein - Begründung	...	...	? Begründung
Nischer	Ja/Nein - Begründung	...	...	? Begründung
Kooperator	Ja/Nein - Begründung	...	...	? Begründung
Wie stark berücksichtigt die bestehende Unternehmensstrategie die gewählte Wettbewerber-Rolle Bereits? Begründung:				
Wie hoch ist der Anpassungsbedarf der Geschäftsstrategie hinsichtlich der Wettbewerber-Rolle? Auf einer Skala von 1 = keine Anpassung notwendig bis 10 = komplette Neuausrichtung erforderlich				
Punkte:				
Begründung:				

Anhang/Anhangsverzeichnis

Anhang 4.1 **Ergebnistabelle C2-Analyse Kundenbindungs- und Kundengewinnungsansatzes**

Analyse des Kundenbindungs- und Kundengewinnungsansatzes (C2-Analyse)					
Industrie 4.0 Kundenbindungs- bzw. Gewinnungsansätze (Beispiel)		Vom Kunden gewünscht?	Welche Kombination aus Produkt- und Serviceeigenschaften ist für das Kundensegment 1 ideal?	Vom Kunden gewünscht?	Welche Kombination aus Produkt- und Serviceeigenschaften ist für das Kundensegment 2 ideal?
Sparte 1	Qualität	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
	Funktionalität	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
	Preisreduktion	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
			
Sparte 2	...	...	
Wie stark berücksichtigt die bestehende Unternehmensstrategie die indentifiuierten Kundenbindungs-/Kundengewinnungsansätze bereits? Begründung:					
Wie hoch ist der Anpassungsbedarf der Geschäftsstrategie hinsichtlich der Kundenausrichtung? Auf einer Skala von 1 = keinerlei Anpassung notwendig bis 10 = komplette Neuausrichtung erforderlich					
Punkte:					
Begründung:					

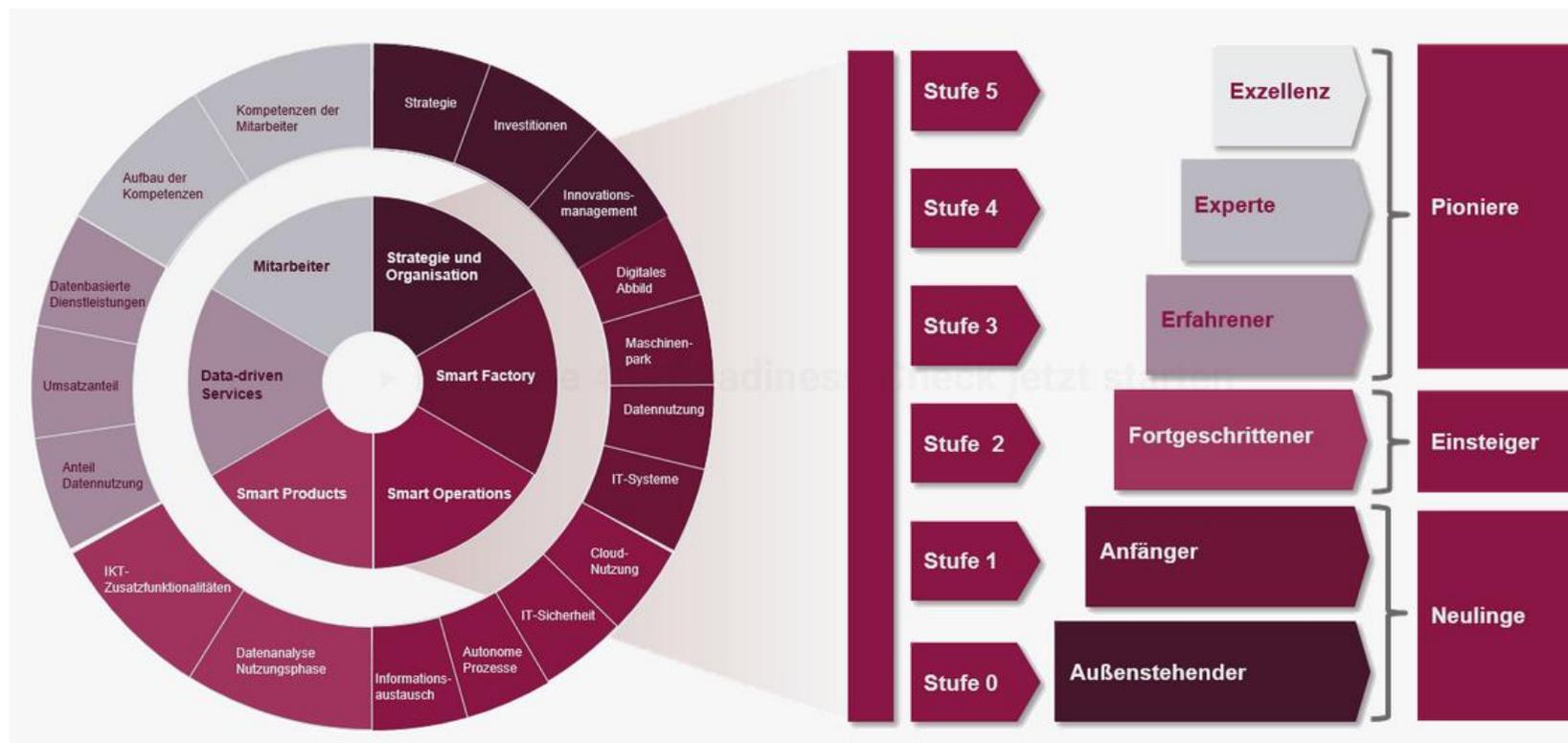
Anhang/Anhangsverzeichnis

Anhang 5.1 **Ergebnistabelle C3-Analyse Unternehmensprozesse und -produkte**

Analyse des Kundenbindungs- und Kundengewinnungsansatzes (C2-Analyse)					
Industrie 4.0 Kundenbindungs- bzw. Gewinnungsansätze (Beispiel)		Vom Kunden gewünscht?	Welche Kombination aus Produkt- und Serviceeigenschaften ist für das Kundensegment 1 ideal?	Vom Kunden gewünscht?	Welche Kombination aus Produkt- und Serviceeigenschaften ist für das Kundensegment 2 ideal?
Sparte 1	Qualität	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
	Funktionalität	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
	Preisreduktion	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung	Ja/Nein	Begründung, wenn ja in welcher Ausprägung
			
Sparte 2	...	...	
Wie stark berücksichtigt die bestehende Unternehmensstrategie die indentifiuierten Kundenbindungs-/Kundengewinnungsansätze bereits? Begründung:					
Wie hoch ist der Anpassungsbedarf der Geschäftsstrategie hinsichtlich der Kundenausrichtung? Auf einer Skala von 1 = keinerlei Anpassung notwendig bis 10 = komplette Neuausrichtung erforderlich					
Punkte:					
Begründung:					

Anhang 3. Kapitel 3.3.5 Industrie 4.0-Readiness Test

Anhang 6.1 Aufbau Industrie 4.0-Readiness Test Impuls



Anhang 6.1 Startseite Impuls Readiness Test, sechs Dimensionen

Anhang 7.1 Exemplarische Darstellung Impuls Industrie 4.0-Readiness Check

23% fertiggestellt



Strategie und Organisation

Nutzen Sie Kennzahlen, um den Umsetzungsstand Ihrer Industrie 4.0-Strategie zu messen?

- Ja, wir haben ein Kennzahlensystem, das wir als gut geeignet einschätzen
- Ja, wir haben ein Kennzahlensystem, das uns etwas Orientierung gibt
- Nein, soweit konkretisiert sind unsere Vorhaben noch nicht

ZURÜCK

FORMULAR VERLASSEN UND LÖSCHEN

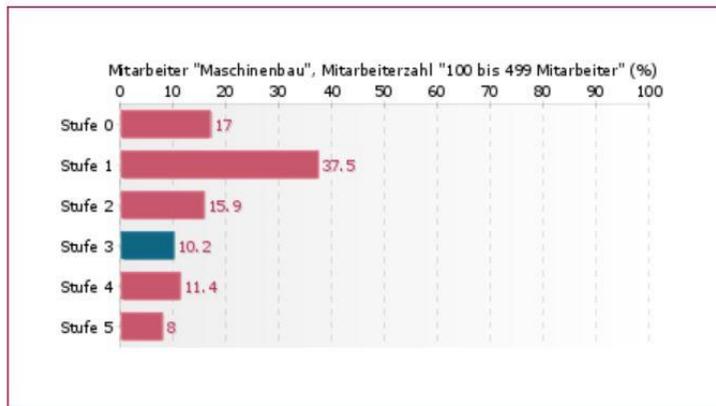
SPÄTER FORTFAHREN

WEITER

Anhang 7.1 Exemplarische Darstellung Impuls, Strategie und Organisation

Anhang 8.1 Exemplarische Darstellung der Auswertung des Segments Mitarbeiter

Mitarbeiter



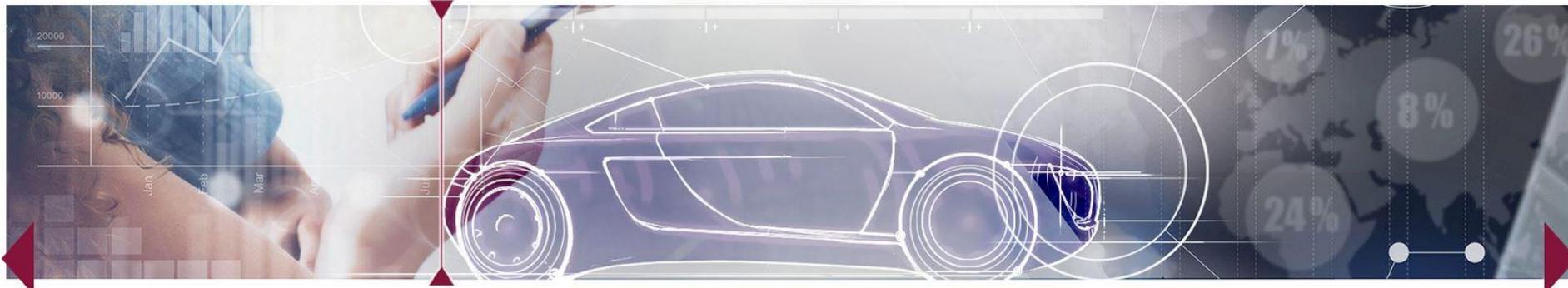
Ihr Unternehmen erreicht im Bereich Mitarbeiter die Stufe 3. In Ihrer Vergleichsgruppe erreichen auch 10,2% der Unternehmen diesen Wert (s. Abbildung).

Um in dieser Dimension Ihre Readiness zu verbessern, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

Ihre Mitarbeiter verfügen in einigen relevanten Bereichen über die notwendigen Kompetenzen, um Industrie 4.0 erfolgreich umzusetzen. Daher ist es wichtig die Kompetenzen in weiteren Bereichen (beispielsweise IT-Infrastruktur, Automatisierungstechnik, Datenanalyse, Daten- und Kommunikationssicherheit, Entwicklung und Anwendung von Assistenzsystemen, Kollaborationssoftware) auszubauen und zu vertiefen.

Anhang 9.1 Exemplarische Darstellung HNU Readiness Check Frage 8

Frage 8



Wie hoch ist der Digitalisierungsgrad Ihrer Produkte?



Reifegrad 5: Produkte sind
vollständig digitalisiert (z.B.
autonomes Fahren)

Anhang 9.1 Exemplarische Darstellung Umfrage HNU Frage 8

Anhang 4. Erstellte Umfrage: Umgang des KMU mit Industrie 4.0

In den Kapitel Anhang 10.1 bis Anhang 16.1 sind alle Fragen der Umfrage der Nummerierung nach dargestellt, vorhandene Verknüpfungen sind nicht berücksichtigt.

Anhang 10.1 Fragen zum Unternehmen

1. Wie viel Umsatz erwirtschaftete Ihr Unternehmen ungefähr im letzten Jahr in Euro? *

- unter 1 Mio.
- 1 Mio. bis 5 Mio.
- 5 Mio. bis 25 Mio.
- 25 Mio. bis 75 Mio.
- 75 Mio. bis 150 Mio.
- 150 Mio. bis 350 Mio.
- 350 Mio. bis 500 Mio.
- über 500 Mio.
- Unbekannt

2. Wie viele Mitarbeiter arbeiten schätzungsweise in Ihrem Unternehmen? *

- Bis 20
- 21 bis 100
- 101 bis 249
- 250 bis 499
- 500 oder mehr
- Unbekannt

3. Ist der Umsatz während der Coronapandemie gesunken? *

- Deutlich
- Mäßig
- Keinen Einfluss
- Leichte Umsatzsteigerung
- Deutliche Umsatzsteigerung
- Unbekannt

4. Berücksichtigen Sie die voranschreitende Digitalisierung in Ihrer Unternehmensstrategie?

*Erklärung: Bitte beantworten Sie diese Frage auch mit Ja, wenn einzelne Industrie 4.0 Pilot- oder Leuchtturmprojekte durchgeführt werden oder diese geplant sind, dies aber noch nicht zu einer Veränderung der Unternehmensstrategie geführt hat. **

- Ja
- Nein

Anhang 11.1 Fragen zur Unternehmensstruktur

5. Ist eine Forschungs- und Entwicklungsabteilung (F&E) in Ihrem Unternehmen vorhanden *

- Ja
- Nein

6. Wie hoch ist der prozentuale Anteil an technologischen Entwicklungen/Verbesserungen mit Industrie 4.0 Bezug in dieser Abteilung *

- 1-5%
- 6-10%
- 11-20%
- 21-30%
- 30%-40%
- 40%->50%
- Gar nicht
- Unbekannt

Anhang/Anhangsverzeichnis

7. Wurde in den letzten Jahren in die Umsetzung von Industrie 4.0 Innovation in dieser Abteilung investiert? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Gar nicht
- Unbekannt

8. Wie soll in den kommenden 3 Jahren in diese Abteilung investiert werden? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Gar nicht
- Unbekannt

9. Ist eine Innovationabteilung (Innovation Hub) in Ihrem Unternehmen vorhanden - *Erklärung: Ein Innovation Hub ist eine Abteilung, in welcher neue, kreative Ideen, neue Strukturen oder ähnliches entwickelt werden. Dabei kann es sich auch um eine Person oder ein kleines Team handeln, ohne das die interne Bezeichnung Innovation Hub sein muss. Es handelt sich dabei um eine interne Zuständigkeit für das Innovationsmanagement.* *

- Ja
- Nein

10. Wie viele Mitarbeiter arbeiten im Innovation Hub? *

- 1-5
- >5-10
- >25-50
- 51 oder mehr
- Unbekannt

Anhang/Anhangsverzeichnis

11. Wie hoch ist der ungefähre Prozentsatz an internen Digitalisierungsprojekten, durchgeführt durch das Innovation Hub? *

- 1-10%
- 11-20%
- 21-30%
- 31-40%
- 40-50%
- 50->60%
- Gar nicht vorhanden
- Unbekannt

12. Wo steht das Innovation Hub im Organigramm oder sind die Teammitglieder in allen Abteilungen verteilt?

Ihre Antwort eingeben

13. In welcher Hierarchieebene ist das Führungsmanagement des Innovation Hub?

Ihre Antwort eingeben

14. Wie wird das Innovation Hub finanziert

- Gesondertes Budget
- Umsatzanteilig
- Aus dem F&E Budget
- unbekannt

15. Wie soll in den kommenden 3 Jahren in diese Abteilung investiert werden? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Gar nicht
- Unbekannt

16. Sollte Ihrer Meinung nach ein Innovation Hub geschaffen werden? *

- Ja
- Nein

17. Sollte das neu geschaffende Innovation Hub einen Fokus auf die Entwicklung von Industrie 4.0 haben? *

- Ja
- Nein

18. Ist eine IT-Abteilung in Ihrem Unternehmen vorhanden? *

- Ja
- Nein

Anhang/Anhangsverzeichnis

19. Wie viele Mitarbeiter arbeiten in der IT-Abteilung? *

- 1-5
- >5-10
- >25-50
- 51 oder mehr
- Unbekannt

20. Wie hoch ist der ungefähre prozentuale Anteil an Industrie 4.0 Projekten die von dieser Abteilung unterstützt werden? *

- 1-20%
- 21-40%
- 41-60%
- 61-80%
- 81-90%
- 91-100%
- Unbekannt

21. Wurde in den letzten Jahren in diese Abteilung investiert ? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Nein
- Unbekannt

22. Wie soll in den kommenden 3 Jahren in diese Abteilung investiert werden? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Gar nicht
- Unbekannt

Anhang/Anhangsverzeichnis

23. Ist die IT-Abteilung selbstständig für die für die Cybersicherheit des Unternehmens zuständig? *

- ja
- nein
- Unbekannt

24. Sollte Ihrer Meinung nach eine interne IT-Abteilung geschaffen werden? *

- Ja
- Nein

25. Sollte bei der neu geschaffende IT-Abteilung der Fokus auf die Entwicklung von Digitalisierung und Industrie 4.0 liegen? *

- Ja
- Nein

26. Ist eine Technikabteilung in Ihrem Unternehmen vorhanden, welche sich nicht nur um Infrastruktur, Instandhaltung und Tagesgeschäft kümmert? *Erklärung: Sollte die Technikabteilung (Name kann unterschiedlich in Ihrem Unternehmen sein) auch weitere Projekte außerhalb von Instandhaltung durchführen, dann bestätigen Sie bitte mit Ja.* *

- Ja
- Nein

Anhang/Anhangsverzeichnis

27. Realisiert die Technikabteilung interne technische Industrie 4.0 Projekte? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Nein
- Unbekannt

28. Wie soll in den kommenden 3 Jahren in diese Abteilung investiert werden? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Gar nicht
- Unbekannt

29. Sollte eine Technikabteilung zusätzlich für die Entwicklung von internen Industrie 4.0 Innovationen zuständig sein? *

- Ja
- Nein

30. Wie groß ist schätzungsweise der prozentuale Anteil des Maschinenparks, welcher Technologien wie Sensorik für Datenanalyse, Internet- bzw. Cloudanbindung, cyberphysikalische Systeme, M2M, oder andere Industrie 4.0 Technologien verwenden kann? Dabei sind auch Maschinen mit einzubeziehen, welche durch Retrofitverfahren dazu in die Lage gebracht werden könnten, neuere Technologien zu verwenden.

*

- 0%
- 1-10%
- >10-25%
- >25-50%
- 51% und mehr
- Unbekannt

Anhang/Anhangsverzeichnis**Anhang 12.1 Fragen zu den Geschäftsprozessen/Digitalisierungsgrad**

31. Wird bei Ihnen das Lean Management angewendet? *Erklärung: Sollte in Ihrem Unternehmen die Verwendung der Lean Managementtools anders bezeichnet werden, aber die Funktionsweise starke Ähnlichkeiten zum Lean Management aufweisen, beantworten Sie diese Frage bitte mit Ja.*

- Ja
- Nein
- Unbekannt

32. In welchen Maße ist das Lean Management im Bereich der Produktion umgesetzt?

- Im hohen Maße umgesetzt
- Im mittleren Maße umgesetzt
- Im geringen Maße umgesetzt
- Nicht umgesetzt
- Unbekannt

33. In welchen Maße ist das Lean Management im gesamten Unternehmen umgesetzt?

- Im hohen Maße umgesetzt
- Im mittleren Maße umgesetzt
- Im geringen Maße umgesetzt
- Nicht umgesetzt
- Unbekannt

34. Ist in Ihrem Unternehmen ein Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) bereits implementiert?

- Ja
- Nein

Anhang/Anhangsverzeichnis

35. In welchen Unternehmensbereichen sollte ihr Unternehmen eine Veränderung im Bereich Digitalisierung/Industrie 4.0 vollziehen? (Mehrfachauswahl möglich) *

- Technologieentwicklung
- Personal
- Kunden (-gewinn, -services,-bestand)
- Organisation
- Prozesse

36. Werden Kennzahlen erfasst um den Industrie 4.0 Reifegrad zu analysieren:

- Ja
- Nein

37. Welche Kennzahlen werden erfasst?

Ihre Antwort eingeben

Anhang/Anhangsverzeichnis

38. Ist ein systemintegrierter Informationsaustausch Abteilungsübergreifend (vertikal integriert) vorhanden?

Beispiel: Abteilung Logistik hat Probleme bei der Warenannahme -> Eingabe ins System -> Produktion/Fertigung wird systemisch informiert -> Fertigung wird angepasst *

	Intern vorhanden	Intern nicht vorhanden	Abteilung nicht vorhanden
Forschung & Entwicklung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Produktion/ Fertigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logistik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Services	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Innovation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

39. Ist ein systemintegrierter Informationsaustausch zu externen Partnern (horizontal integriert) vorhanden?

Beispiel: Der Lieferant wird die Ware nicht rechtzeitig liefern -> Eingabe ins System -> Logistik und Produktion/Fertigung wird systemisch informiert -> Logistik und Fertigung passen Abläufe an. *

	Extern vorhanden	Extern nicht vorhanden	Abteilung nicht vorhande
Forschung & Entwicklung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Produktion/ Fertigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logistik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Services	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Innovation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

40. Bietet Ihr Unternehmen digitale Services an? *Erklärung: Kunden können zum Beispiel über Ihre angebotene Webseite mit Ihnen Kontakt aufnehmen oder online Bestellungen aufgeben. Die Variation an unterschiedlichen Services ist sehr groß, weshalb das genannte Beispiel nur exemplarisch ist. **

- Ja
- Nein

41. Welche digitalen Services werden genutzt oder werden angeboten?

Ihre Antwort eingeben

Anhang 13.1 Fragen zur Handhabung von Projekten

42. Für das Umsetzen von Digitalisierungsprojekten fehlt Ihnen... *

- Budget
- Personalressourcen
- die Erfahrung, wie solche Projekte durchgeführt werden (Methodik)
- die Übersicht über aktuelle Technologien im Bereich Industrie 4.0 und Digitalisierung
- nichts, es werden viele Projekte umgesetzt

43. Werden Projekte von interdisziplinären Teams betreut? *

- Ja
- Nein

44. Nach welchem Kriterium werden diese Teams zusammengestellt? *

Ihre Antwort eingeben

45. In welchen Maße werden Projekte mit agilen Methoden, wie zum Beispiel Scrum, bearbeitet? *

- In hohen Maße
- In mittleren Maße
- In geringen Maße
- Agiles Projektmanagement wird nicht genutzt
- Unbekannt

46. Glauben Sie das eine agile Projektdurchführung wichtig für Digitalisierungsprojekte ist?

*

- Sehr wichtig
- Wichtig
- Weniger wichtig
- Unwichtig

47. Gibt es momentan Industrie 4.0 Projekte in Ihrem Unternehmen? *

- Ja
- Nein
- Unbekannt

48. Werden diese Projekte anders analysiert als herkömmliche Projekte? *

- Ja
- Nein
- Unbekannt

49. Wie werden die Daten aufgenommen und dann analysiert?

Ihre Antwort eingeben

50. Wofür werden diese Daten gesammelt?

Ihre Antwort eingeben

51. Was ist Ihrer Meinung nach an der Herangehensweise bzw. Durchführung zwischen Industrie 4.0 Projekten oder Projekten ohne einen Digitalisierungsbezug unterschiedlich?

Ihre Antwort eingeben

Anhang/Anhangsverzeichnis

Anhang 14.1 Fragen zu Kooperationen

52. Könnten Sie sich vorstellen Digitalisierungskooperationen mit Lieferanten einzugehen?

- Ja
- Nein
- Schon vorhanden

53. Könnten Sie sich vorstellen Digitalisierungskooperationen mit Cloudanbietern einzugehen?

- Ja
- Nein
- Schon vorhanden

54. Könnten Sie sich vorstellen Digitalisierungskooperationen mit externer Unterstützung einzugehen, welche Ihnen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 hilft, wenn Ja welche Hilfe wäre Ihrer Meinung nach sinnvoll.

*

- Workshops
- Personelle Begleitung bei Projekten
- Vermittlungsarbeit zu anderen Unternehmen
- Vermittlung zu Forschungseinrichtung (Wissenschaft)
- Weiterbildung von Mitarbeitern
- Leitfäden
- Checklisten
- Vorträge
- Unterstützung zur Beantragung von Fördermitteln
- Es wird keine externe Hilfe benötigt
- Sonstiges

Anhang 15.1 Fragen zu Mitarbeiter und Mitarbeiterqualifikation

55. Wie ist der ungefähre Altersdurchschnitt in Ihrem Unternehmen?

- 20-35
- 36-40
- 41-50
- 51-60
- unbekannt

56. Wie werden die Mitarbeiter bei der Digitalisierung eingebunden? *

- Sehr Stark
- Stark
- Mittel
- Wenig
- Gar nicht
- Unbekannt

57. Wie schätzen Sie die Qualifizierung Ihrer Mitarbeiter, in Bezug auf Industrie 4.0 ein?

- Sehr gut
- Gut
- Mittel
- Weniger gut
- Nicht vorhanden
- Unbekannt

Anhang/Anhangsverzeichnis

58. Wie schätzen Sie die Qualifikation der Mitarbeiter in Hinblick auf zukünftige Herausforderungen der Industrie 4.0 ein? *

	Sehr gut	ausreichend	Vorhanden aber nicht ausreichend	eher nicht ausreichend	problematisch
Datenanalyse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Datensicherheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automatisierungstechnik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IT-Infrastruktur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Technologische Neuerungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
I4.0 Prozessverständnis (nicht technische Betrachtung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

59. Werden Mitarbeiter durch Lehrgänge zum Thema Industrie 4.0 geschult?

- Ja
 Nein
 Unbekannt

60. Zu welchen Themen werden Mitarbeiter geschult?

Ihre Antwort eingeben

61. Sind Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen in den letzten 2 Jahren verringert worden?

- Ja
- Nein
- Unbekannt

62. Versucht Ihr Unternehmen aktiv neue Mitarbeiter zu anzuwerben, welche die digitale Transformation voranbringen sollen? *

- Ja
- Nein
- Unbekannt

Anhang 16.1 Fragen zu möglichen Hemmnissen der Einführung von Industrie 4.0

63. Ist Ihr Unternehmen, in Bezug auf eine Digitale Transformation, vom Fachkräftemangel betroffen? *

- Ja
- Nein

64. Schätzen Sie den Fachkräftemangel als ein Hemmnis einer Digitalen Transformation ein?

- Ja
- Nein

65. Schätzen Sie eine fehlende Qualifikation der Mitarbeiter als Hemmnis einer Digitalen Transformation ein? *

- Ja
- Nein

66. Empfinden Sie den hohen IT-Aufwand einer Digitalen Transformation als Hemmnis?

- Ja
- Nein

Anhang/Anhangsverzeichnis

67. Empfinden Sie den hohen Datenaufwand einer Digitalen Transformation als Hemmnis?

- Ja
 Nein

68. Empfinden Sie Ihren Unternehmensstandort und die damit verbundene Digitale Infrastruktur als Hemmnis einer Digitalisierung? *

- Ja
 Nein

69. Empfinden Sie die Datensicherheit einer Digitalen Transformation als Hemmnis?

- Ja
 Nein

70. Was könnten Ihrer Meinung nach weitere Hemmnisse einer Digitalisierung sein?

Ihre Antwort eingeben

71. Sehen Sie mehr Chancen oder Risiken in der Industrie 4.0? *

Ihre Antwort eingeben

72. Denken Sie das Themengebiet der Industrie 4.0 ein hauptsächlich technisches Themengebiet ist? *

- Ja
- Nein

73. Welche Themengebiete beinhaltet Industrie 4.0 für Sie noch?

Ihre Antwort eingeben

74. Wo sehen Sie die größte Herausforderung in der Einführung von Industrie 4.0?

Ihre Antwort eingeben

Anhang 5. Übersetzung Kapitel 5.2.2 (Zitat (115))

„Following the reasoning of the socio-technical systems approach the consideration of technology characteristics is highly relevant in the prediction of technology acceptance“ (115, S. 275)

Eigene Übersetzung:

„In Anlehnung an den soziotechnischen Systemansatzes ist die Berücksichtigung von Technikmerkmalen von hoher Relevanz bei der Vorhersage von Technikakzeptanz“

Anhang 6. Übersetzung Kapitel 5.2.2 (Zitat (121, S. 221))

„Cost estimates are a prediction that is based on the information known at a given point in time.“ (121, S. 221)

Eigene Übersetzung:

Die Vorhersage der anfallenden Kosten ist zum großen Teil vom Informationsgehalt abhängig, welcher zu dem Zeitpunkt der Schätzung zur Verfügung stand (121, S. 227).

Anhang 7. Deckblatt Leitfaden-Checkliste (LC) Industrie 4.0 Projekt

Deckblatt Leitfaden-Checkliste Industrie 4.0 Projekte

Vorbereitende analytische Implementierungsphase



1

Ist / Soll Analyse

Einbindung der Mitarbeiter
Expertenbefragung
Problemursachenanalyse
Visualisierung

Hinweis: Analysemethoden sind spezifisch zu wählen

Bewertungs- & Entscheidungsphase



2

MTO-Ansatz

Mensch - Qualifikationsbedarfe
Technik - Technologieanalyse
Organisation - Kostenschätzung

Hinweis: MTO-Schnittstellen beachten

Physische Implementierungsphase



3

Kommunikation
Keyuser

Projektverantwortlichkeiten bestimmen
Arbeitspakete, Aufwand und Kosten
Keyuser bestimmen - Kommunikation und
Visualisierung

Mitarbeiterqualifikation
(Fördermöglichkeiten beachten)

Retrospektive Überprüfung



4

Erfolg/Misserfolg

Kommunikation - Einbindung der Mitarbeiter
Überprüfung des Projekts – Erfolg/Misserfolg

Anhang 8. LC vorbereitende analytische Implementierungsphase

Leitfaden-Checkliste für Industrie 4.0 Projekte			
Vorbereitende analytische Implementierungsphase			
Handlungsfeld			
Ist die Unternehmensvision und sind die Unternehmensziele bekannt?	<i>Bekannt</i>	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<i>Anmerkung</i> Eine gemeinsame Unternehmensvision trägt zu einem WIR-Gefühl bei und gibt Identität. Bekannte Unternehmensziele geben die Richtung der schrittweisen Entwicklung des Unternehmens vor.
Abteilungsziele bestimmt?	<i>Verantwortlichkeit</i> Geschäftsführung und Abteilungsleiter	<i>Entworfen</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<i>Anmerkung</i> Besonders wichtig für das Soll, es ist bekannt wofür eventuelle Veränderung gemacht werden müssen, dies kann zu einer besseren Akzeptanz führen.
Ist-Soll Abgleich	<i>Verantwortlichkeit</i> Team in der Handlungsebene: Häufig Teamleiter & Mitarbeiter	<i>Durchgeführt</i>	<i>Anmerkung</i> Spezifische Analysemethoden können für spezifische Anforderungen hilfreich sein, die folgenden Analysemethoden sind Beispiele und können ergänzt werden. Weiter kann die Kooperation mit externen Partnern sinnvoll sein und sollte ebenso in Betracht gezogen werden.
			<p>Expertenbefragung (Mitarbeiterbefragung) Diese Methode muss verpflichtet durchgeführt werden! Mitarbeiter der Handlungsebene haben am meisten Berührungspunkte mit der Materie</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Wertstromanalyse</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnittstellenanalyse</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> SWOT-Analyse</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Kraftfeldanalyse</p>
Problemursachenanalyse	<i>Verantwortlichkeit</i> Team in der Handlungsebene:	<i>Durchgeführt</i>	<i>Anmerkung</i> Spezifische Analysemethoden können für spezifische Anforderungen hilfreich sein, die folgenden Problemanalysen sind Beispiele und können ergänzt werden.
			<p>Expertenbefragung (Mitarbeiterbefragung) Diese Methode muss verpflichtet durchgeführt werden! Mitarbeiter der Handlungsebene haben am meisten Berührungspunkte mit der Materie</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> 4-Was-Fragen</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> 5-Warum-Fragen</p>
Visualisierung	<i>Verantwortlichkeit</i> Team in der Handlungsebene:	<i>Durchgeführt</i>	<i>Anmerkung</i> Visualisierung hilft dem Verständnis aller und ist ein wichtiger Bestandteil jeder Transformation, Informationsvermittlung fördert die Akzeptanz von Wandel
			<p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ursachen-Wirkungs-Diagramme</p> <p>Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ist-Soll Ergebnis-Darstellung</p>

Anhang/Anhangsverzeichnis

Anhang 9. LC Bewertungs- & Entscheidungsphase

Leitfaden-Checkliste für Industrie 4.0 Projekte			
Bewertungs- und Entscheidungsphase			
Handlungsfeld			
Ist der Mensch-Technik-Organisation-Ansatz bekannt?	<i>Bekannt</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>		<i>Anmerkung</i> Es ist wichtig, in einem Projekt ein gemeinsames Verständnis der Rahmenbedingungen zu haben und welche Ansätze im Zentrum des Handels stehen.
Technologieanalyse	<i>Verantwortlichkeit</i> Technikabteilung mit Unterstützung durch IT-Abteilung	<i>Durchgeführt</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<i>Anmerkung</i> Die Technologieanalyse sollte unter Berücksichtigung der MTO-Ansatzes durchgeführt werden, dabei die Unternehmenszielerfüllung, sowie wichtige zukünftige Produktionstrends beachten.
			Best Practice Ansatz Informationen sollten bei Mitbewerbern, Veranstaltungen, Messen und Kongressen, aber auch im Kontakt mit Forschungseinrichtung und Anbieterfirmen oder Beratern gesammelt werden. Ebenso sollte eine eigen Recherche durchgeführt werden und Literatur zur Informationsbeschaffung genutzt werden.
	Technikabteilung, IT-Abteilung, Teamleiter	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Externe Unterstützung - Beratungsfirmen
Analyse der Qualifikationsanforderungen	<i>Verantwortlichkeit</i> Team in der Handlungsebene: Teamleiter & Projektteam	<i>Durchgeführt</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Best Practice Ansatz / Lesson Learned Informationen sollten bei Mitbewerbern, Veranstaltungen, Messen und Kongressen, aber auch im Kontakt mit Forschungseinrichtung und Anbieterfirmen oder Beratern gesammelt werden. Ebenso sollte eine eigen Recherche durchgeführt werden und Literatur zur Informationsbeschaffung genutzt werden.
	Teamleiter & Meister	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Reflexionsworkshops mit Mitarbeiter der Handlungsebene Wichtig! Es wird nicht bewertet --> Vorteil Mitarbeiter sprechen offen und äußern eventuell sogar Ängste
	Teamleiter & Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Workshop
		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Externe Unterstützung - Beratungsfirmen
Qualifikations- und Kompetenzbestimmung der Mitarbeiter	<i>Verantwortlichkeit</i> Teamleitung Human Resources (wenn vorhanden)	<i>Durchgeführt</i>	<i>Anmerkung</i> Alles Stakeholder beachten, der Betriebsrat (wenn vorhanden) sollte/muss mit eingebunden werden. Mitarbeiterbefragung Diese Methode muss verpflichtend durchgeführt werden! Mitarbeiter möchten sich eventuell in eine Richtung qualifizieren oder haben bereits eine Vorstellung wo die eigene Qualifizierungsbedürfnisse liegen. WICHTIG es darf keine Verurteilung stattfinden!
	Human Resources (HR)	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Einsicht in die Bildungsqualifizierung
		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Beobachtung der Softskills schwer durchzuführen - Führungskraft darf sich nicht vorher schon eine Meinung bilden, sondern muss objektiv beobachten und bewerten!
Visualisierung	<i>Verantwortlichkeit</i> Teamleiter	<i>Durchgeführt</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<i>Anmerkung</i> Qualifikationsmatrix
	<i>Verantwortlichkeit</i> Teamleitung Controlling (wenn vorhanden)	<i>Durchgeführt</i> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<i>Anmerkung</i> Kostenanalyse mithilfe von Daten auf vergleichbaren Projekten
Kostenschätzung	Teamleitung Controlling (wenn vorhanden)	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Three-Point-Estimating $K_{\text{mittel}} = K_m = \frac{K_o + 4(K_w) + K_p}{6}$
		Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	

Anhang 10. LC physische Implementierungsphase Teil I

Leitfaden-Checkliste 4.0 Projekte Physische Implementierungsphase			
Handlungsfeld	Verantwortlichkeit	Durchgeführt	Anmerkung
Personelle Verantwortlichkeiten klären	Geschäftsführung	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<p>Projektleiter bestimmen</p> <p>Der Projektleiter sollte über einen guten Mix aus Hard- & Softskills verfügen - Fachlichekompetenzen sind nicht nur entscheidet für den Erfolg eines Projektes.</p> <p>Besondere Stärken: Analytisches Verständnis, belastbar, Koordinationfähigkeit, aber auch Kommunikationsfähigkeit, Empathie, Kritikfähigkeit</p>
	Projektleiter/Abteilungsleiter	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<p>Projektteam bestimmen</p> <p>Die Bestimmung des Projektteams ist ebenso wichtig. Das Projektteam sollte aus einem interdisziplinären Team bestehen.</p> <p>Besondere Stärken: Fachkenntnis aus den einzelnen Abteilungen, Kommunikationsstark, Teamfähig und Kritikfähig</p>
	Projektleiter/Abteilungsleiter	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<p>Keyuser bestimmen</p> <p>Der Keyuser ist besonders bei Projekten, welche einen großen Wandel bedeuten von hoher Relevanz. Der Keyuser nimmt Informationen aus der Handlungseben auf und vermittelt diese zum Projektteam und anderherum.</p> <p>Der Keyuser sollte in der Abteilung angesehen sein, Kommunikationsstark sein und eine ausgeprägte Fachkenntnis besitzen</p> <p><i>Anmerkung</i></p> <p>Sollte bereits agile Projektmanagementmethoden wie zum Beispiel Scrum angewendet werden, sollte dies nicht verändert werden. Dann müssten die die Rollen Scrum Master und Product Owener bestimmt werden.</p>
Lasten- und Pflichtenheft	Projektteam Controlling und Einkauf wenn nicht schon im Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	<p>Lasten- und Pflichtenheft</p> <p>Eine anwendungserprobte Verteilung von Anforderungen ist, 10 % kritische, 70 % geforderte Anforderungen und 20 % optionale</p>
Ressourcenplanung			<p>Viele Handlungsfelder werden parallel oder iterativ bearbeitet Die meisten Einschätzungen beruhen auf Daten vorheriger Projekte, auf Schätzung durch Erfahrung oder durch die Anwendung von Schätzmethoden wie der Three-Point-Estimating Methode.</p>
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Beurteilung aller Arbeitspakete
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Zeitschätzung (Projekt und Arbeitspakete)
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Personalplanung
	Projektteam Controlling und Einkauf wenn nicht schon im Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Wiederholte Kostenplanung

Anhang 11. LC physische Implementierungsphase Teil II

Leitfaden-Checkliste 4.0 Projekte Physische Implementierungsphase			
Handlungsfeld			
	<i>Verantwortlichkeit</i>	<i>Durchgeführt</i>	<i>Anmerkung</i>
Risiko & Gegenmaßnahmen			Nicht zuvor kalkulierte Risiken beeinflussen ein Projekt meist negativ in Form von Zeit, Kosten oder auch Qualität.
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Workshop zur Beurteilung aller möglichen Risiken
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	grafische Vier-Felder-Analyse
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Quanti- oder Qualitative Risikoanalyse
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Beurteilung von Gegenmaßnahmen
Projektdokumentation			
	Projektteam Controlling	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Verndung eines Dokumentationsbaum
Kommunikation & Visualisierung			
	Keyuser & Projektleiter	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Dashboards
	Projektleiter & Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Projektinternes Canban Board
Mitarbeiterqualifizierung			
	Projektleiter & Extern	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Externe Schulungen
	Projektleiter & Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Interne Schulungen
Ramp-Up-Management			
			Ramp-Up-Management bezogen auf eine Technologie Implementierung
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Vorserie
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Nullserie
			Hochlaufserie
Datenmanagement			
			Je digitaler die Produktion wird, umso wichtiger werden die Themen Datenverlust und Datenverfügbarkeit.
	Projektteam - IT-Abteilung, wenn vorhanden	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Datensicherung intern (Server)
	Projektteam - IT-Abteilung, wenn vorhanden	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Datensicherung extern (Cloud)

Anhang 12. LC Retrospektive Überprüfung der Implementierung

Leitfaden-Checkliste für Industrie 4.0 Projekte Retrospektive Überprüfung der Implementierung				
Handlungsfeld				
Projektdokumentation	<i>Verantwortlichkeit</i>	<i>Entworfen</i>		<i>Anmerkung</i>
	Projektteam	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Je genauer die Projektdokumentation durchgeführt wurde, desto einfacher ist die retrospektive Überprüfung der Dokumentation des Pilotprojektes. Es ist deshalb wichtig die Dokumentation noch einmal zu betrachten, da diese wichtige Informationen für weitere Projekte enthalten
Positiv / Negativ	<i>Verantwortlichkeit</i>	<i>Durchgeführt</i>		<i>Anmerkung</i>
	Projektleiter & Projektteam	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Best Practices Welche Arbeitspakete sind positiv oder negativ verlaufen, welche könnten als Best Practices Beispiele dienen
	Projektleiter & Projektteam	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Lesson learned Gründe für Erfolg und Misserfolg der Arbeitspake betrachten
	Projektteam Controlling und Einkauf wenn nicht schon im Projektteam	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>	Projektnachkalkulation

■