



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN**

Diplomarbeit

Entwicklung eines Orientierungsmodells zur Implementierung von Industrie 4.0 in KMUs

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihh

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Projektass. Dipl.-Ing. Andreas Schumacher

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Mario Welte

1125998 (066 482)

Bifangstraße 70B

6830 Rankweil

Wien, im Oktober 2016

Mario Welte



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

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

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

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

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

Wien, im Oktober 2016

Mario Welte

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit tatkräftig unterstützt und immer wieder motiviert haben.

Ein besonderer Dank gilt dem Institut für Managementwissenschaften für die Bereitstellung des überaus interessanten Themas zum Verfassen der Diplomarbeit. Insbesondere der intensiven Begleitung und den zahlreichen Anregungen und Hilfestellungen durch meinen Betreuer Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Andreas Schumacher habe ich es zu verdanken, dass meine Gedanken stets auf dem richtigen Pfad blieben und so zum Gelingen dieses Werkes beitrugen.

Weiters gilt mein Dank all den Freunden und Studienkollegen, welche mir über all die Jahre ein stabiles und tolles Umfeld neben dem Studienalltag boten und einen solch unvergesslichen Lebensabschnitt erst ermöglicht haben.

Zum Schluss möchte ich den größten Dank meiner Familie – meinen Eltern Renate und Rudi, sowie meinem Bruder Tobias – aussprechen, welche die Basis für das Absolvieren und Gelingen einer solchen Ausbildung gelegt und mir über all die Jahre jede nur erdenkliche Freiheit gegeben und mir nicht zuletzt durch die umfassende finanzielle Unterstützung eine sorgenfreie und tolle Studienzeit ermöglicht haben.

Kurzfassung

Der Großteil der bisherigen Konzepte und wissenschaftlichen Ausarbeitungen rund um das Thema Industrie 4.0 sind überwiegend auf die ganzheitliche Implementierung von Industrie 4.0 ausgelegt und zielen dadurch vor allem auf sehr große Unternehmen. Die Unternehmenslandschaft in Europa ist hingegen geprägt von vielen kleinen und mittleren Unternehmen, für die eine umfassende Implementierung von Industrie 4.0 wegen einer Vielzahl an Gründen noch nicht realisierbar erscheint. Um den Anschluss an die großen Unternehmen nicht zu verlieren, sollten daher neue Produktionsansätze zumindest in einem beschränkten Umfang eingesetzt werden, wofür allerdings bis jetzt nur sehr wenig wissenschaftliche Literatur für eine entsprechende Hilfestellung zur Verfügung steht. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, dieser wissenschaftlichen Lücke zu begegnen und ein kompaktes Set an Erfolgsfaktoren auszuarbeiten, welches für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs in einem beschränkten Umfang von entscheidender Bedeutung ist und die relevantesten Themenbereiche hervorhebt.

Für eine fundierte Ausarbeitung werden hierzu theoretische Einstiegskapitel sowohl über die gängigen Konzepte und Technologien von Industrie 4.0, als auch über Begriffsdefinitionen zu Unternehmensgrößen ausgearbeitet. Anschließend werden systematisch Unterschiede zwischen Großunternehmen/Konzernen und KMUs eruiert, die im Zusammenhang mit Industrie 4.0 als wichtig erscheinen. Diese werden basierend auf dem Reifegradmodell nach Schumacher 9 Dimensionen zugeteilt und sowohl textuell, als auch in einer abstrahierten Form tabellarisch beschrieben. Auf Grundlage dieser gefundenen Unterscheidungsmerkmale werden die Original-Attribute des Reifegradmodells hinsichtlich einer hohen Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs bewertet, reduziert und genau beschrieben. Durch diese systematische Vorgehensweise ergibt sich ein reduziertes Set an Attributen, welches in einem empirischen Teil durch eine Expertenbefragung bestätigt, bzw. weiter präzisiert wird.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein Set aus 26 Erfolgsfaktoren, welches an Entscheidungsträger von mittelständischen Unternehmen gerichtet und für die Einführung von Industrie 4.0 in einem kleineren Rahmen von ausschlaggebender Bedeutung ist. Dabei sind die angeführten Erfolgsfaktoren als Orientierungshilfe zu verstehen, die bei der Priorisierung und Auswahl von entsprechenden Projektthemen unterstützend wirken sollen.

Abstract

Up to now the majority of publications regarding Cyber-Physical Systems (CPS) are designed for a holistic implementation of CPS technology and are therefore meant for large scale enterprises. However, the corporate landscape in Europe is characterized by lots of small and medium sized enterprises which cannot implement new CPS technology in a widespread scope due to a lot of different reasons. In order not to lose their position towards large scale enterprises, those SMEs should implement new approaches in production technology at least in a reduced scope. Nevertheless, the problem is that for an appropriate assistance hardly any scientific papers exist. The goal of this thesis therefore is to encounter this scientific gap and to elaborate a solid set out of key success factors, which is essential to implement new CPS technology in a reduced scope in SMEs and which emphasizes the most important topic areas when dealing with such introduction projects.

For this purpose, theoretical introductory chapters about the concepts and technologies regarding CPS and about definitions in the context of enterprise sizes will be elaborated. Afterwards important differences with a connection to CPS between large and small to medium-sized enterprises will be systematically developed and organized in 9 dimensions based on the maturity model of Schumacher. To make these distinguishing characteristics accessible, they will first be described textual and afterwards summarized in a table in an abstracted form. Based on these differences, the original attributes of the Reifegradmodell will be evaluated whether they have high priority to implement new CPS technologies in SMEs or they have not. This systematic procedure results in a reduced set of attributes, which will be described precisely and then evaluated or specified even more through an expert survey.

The result of this thesis is a set out of 26 key success factors which are crucial for implementing CPS in a small scale and should be considered by decisions makers of small and medium-sized enterprises. The mentioned attributes should therefore be meant as a support for orientation to prioritize and respectively select the right project themes.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Einführung in die systematische Literaturrecherche.....	5
2.1	Allgemeines zur systematischen Literaturrecherche.....	5
2.2	Vorgehensweise bei einer systematischen Literaturrecherche.....	8
3	Industrie 4.0.....	13
3.1	Literaturrecherche zu Industrie 4.0	13
3.2	Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche	15
3.2.1	Auf dem Weg zu Industrie 4.0 – Historische Entwicklung	15
3.2.2	Der Begriff „Industrie 4.0“	17
3.2.3	Konzepte, Potential und Auswirkungen von Industrie 4.0	19
3.2.4	Voraussetzungen für die Implementierung von Industrie 4.0	23
3.2.5	Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung	24
3.2.6	Bestehende Herausforderungen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 ..	25
3.2.7	Internationale Entwicklungen im Bereich von Industrie 4.0	26
4	Begriffsdefinitionen im Umfeld der Unternehmensdemographie	28
4.1	Literaturrecherche zu Begriffsdefinitionen im Umfeld der Unternehmensdemographie.....	28
4.2	Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche	31
4.2.1	Einleitung zu den Begriffsdefinitionen	31
4.2.2	Der Begriff „KMU“	31
4.2.3	Der Begriff „Mittelstand“	36
4.2.4	Der Begriff „Familienunternehmen“	40
4.2.5	Alternativer Ansatz zur Klassifizierung von Unternehmen.....	40
5	Systematische Entwicklung relevanter Erfolgsfaktoren für die Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs.....	42
5.1	Dimension 1: Strategie	42
5.2	Dimension 2: Leitung	46
5.3	Dimension 3: Produkte	49

5.4	Dimension 4: Kunden	52
5.5	Dimension 5: Geschäftsprozesse	56
5.6	Dimension 6: Kultur	61
5.7	Dimension 7: Mitarbeiter	65
5.8	Dimension 8: Governance	69
5.9	Dimension 9: Technologie	73
5.10	Zusammenfassung der systematischen Entwicklung relevanter Erfolgsfaktoren	78
6	Bewertung und Identifizierung der Erfolgsfaktoren	79
6.1	Definition von Measures zur Bewertung der Erfolgsfaktoren	79
6.2	Erstellung eines Umfragebogens	80
6.3	Statistische Erhebungen zur Expertenbefragung	89
6.4	Detaillerggebnisse der Expertenbefragung	90
6.5	Festlegung von Schwellwerten für die Auswertung der Expertenbefragung	97
6.6	Auswertung der Expertenbefragung	98
6.7	Identifizierung der relevantesten Erfolgsfaktoren für KMUs	103
7	Zusammenfassung und Ausblick	105
8	Literaturverzeichnis	107
9	Abbildungsverzeichnis	111
10	Tabellenverzeichnis	113
11	Abkürzungsverzeichnis	115

1 Einleitung

Ausgangslage, Problemstellung

Durch starke Fortschritte im Bereich der Automatisierungs- sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie befindet sich die Industrie aktuell am Anfang eines großen technologischen Umbruches, welcher besonders im deutschsprachigen Raum als Industrie 4.0 bezeichnet wird. Der Großteil der Publikationen rund um dieses Themengebiet befasst sich allerdings mit der Implementierung von Industrie 4.0 im großen Stil und zielt dadurch hauptsächlich auf Großunternehmen und Konzerne.

Aus unternehmerischer Sicht ist der kommende Umbruch in der Produktion vor allem technologiegetrieben und stellt aufgrund der zu erwartenden Investitionskosten besonders für KMUs eine starke Belastung dar. Dies führt dazu, dass Unternehmen im Mittelstand nur schwer in der Lage sind den aktuellen technologischen Trends Folge zu leisten und laufen dadurch in weiterer Folge Gefahr, den Anschluss und Ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren.

Die Aufgabe dieser Diplomarbeit ist es, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen zwischen Großunternehmen/Konzernen und KMUs, auf Basis des existierenden Reifegradmodells nach Schumacher jene Erfolgsfaktoren systematisch auszuarbeiten, die für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei kleinen und mittleren Unternehmen unerlässlich erscheinen. Diese Vorauswahl sollte anschließend in einem zweiten Schritt von Experten bewertet werden und so als eine solide Orientierungshilfe für Geschäftsführer und relevante Entscheidungsträger mittelständischer Unternehmen bei Projekten im Zusammenhang mit Industrie 4.0 dienen.

Zielsetzung

Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist es, gängige Konzepte im Bereich der Industrie 4.0 zu recherchieren und klarzustellen, was unter dem schwammigen und sehr breit gefassten Begriff Industrie 4.0 alles zu verstehen ist. Zudem sollten die gängigen Begriffsdefinitionen zur Beschreibung und Klassifizierung von Unternehmensgrößen ausgearbeitet und die einzelnen Definitionen voneinander differenziert werden. Aufbauend auf diesem Grundgerüst werden dann systematisch die Unterschiede zwischen Großunternehmen/Konzernen und KMUs ausgearbeitet, wobei diese in neun Dimensionen des Reifegradmodells nach Schumacher strukturiert werden. Mithilfe der gefundenen Gegensätzlichkeiten, welche die unterschiedlichen Unternehmensgrößen mit sich bringen, kann dann eine Vorauswahl der relevanten Erfolgsfaktoren (die im weiteren Verlauf auch einfach „Attribute“ genannt werden) für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs getroffen und diese anschließend von Experten bewertet werden. Die Ergebnisse sollten dann in einer repräsentativen Form zusammengefasst werden, sodass Entscheidungsträgern von KMUs ein schneller Überblick

über die notwendigen Erfolgsfaktoren zur Implementierung von I40 in Ihrem Unternehmen bereitgestellt wird.

Vorgehensweise

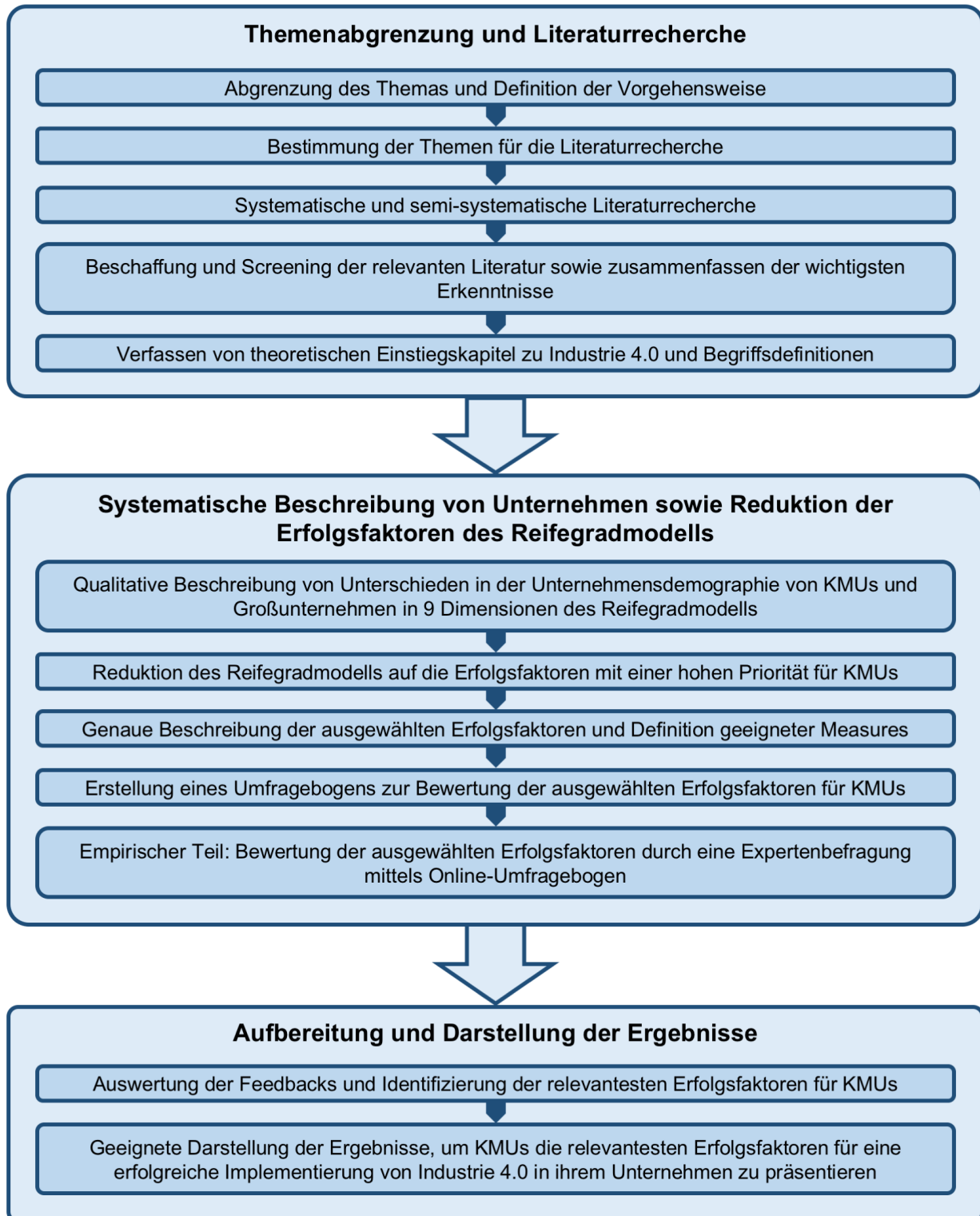


Abbildung 1: Überblick Vorgehensweise

Die Arbeit ist grundsätzlich in drei große Blöcke aufgeteilt: Im ersten Block erfolgt eine Orientierung in der Aufgabenstellung und eine theoretische Ausarbeitung des notwendigen Grundlagenwissens. Aufbauend auf diesen Grundlagen werden im zweiten Block systematisch die Unterschiede, welche die gegensätzlichen Unternehmensgrößen mit sich bringen, ausgearbeitet und dazu verwendet, die notwendigen Erfolgsfaktoren für eine Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs herauszufiltern. Mithilfe einer Expertenbefragung werden anschließend im dritten Block diese Ergebnisse validiert, aufbereitet und auf Grundlage der Feedbacks entsprechende Rückschlüsse daraus gezogen.

Die detaillierte Vorgehensweise ist übersichtlich der vorangehenden Grafik zu entnehmen. Im ersten Block wird dabei zuerst mit einer Abgrenzung des Themas begonnen und die weitere Vorgehensweise grob festgelegt. Anschließend werden die Themen für die Literaturrecherche festgelegt, um das notwendige Grundgerüst an theoretischem Grundlagenwissen zu erlangen und das Thema ordentlich wissenschaftlich aufbereiten zu können. Diese definierten Themen werden dann zuerst mithilfe einer systematischen Literaturrecherche durchforstet, um eine möglichst vollständige und qualitativ hochwertige Grundlage an Quellen zu erhalten. Durch Verweise und weiterführende Literaturquellen, welche im Zuge der systematischen Literaturrecherche gefunden werden, wird dann in einem zweiten Schritt die Literaturrecherche gezielt durchgeführt um weitere vielversprechende Literatur zu finden. Nach dem Beschaffen der relevanten Treffer werden diese gescreent, zusammengefasst und anschließend in den Kapiteln drei und vier dokumentiert.

In weiterer Folge werden dann im zweiten Block auf Grundlage der 9 Dimensionen des Reifegradmodells nach Schumacher systematisch die Unterschiede ausgearbeitet, die die gegensätzlichen Unternehmensgrößen mit sich bringen. Für jede dieser Dimensionen werden dafür zuerst die Unterschiede beschrieben und dann in einer Tabelle die wichtigsten Unterschiede qualitativ bewertet. Auf Grundlage dieser Bewertung werden dann die originalen Attribute des Reifegradmodells hinsichtlich einer hohen Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs bewertet und auf die wesentlichsten Attribute reduziert. Diese werden dann auf mögliche inhaltliche Überschneidungen überprüft, gegebenenfalls zu einem übergeordneten Attribut zusammengefasst und anschließend zu einem Set an ausgewählten Attributen zusammengestellt. Die übrig gebliebenen Attribute werden mit einer präzisen Fragestellung/Beschreibung versehen, sodass sich der Leser ein genaues Bild über die Bedeutung des angeführten Attributes bilden kann. Diese Schritte werden für sämtliche 9 Dimensionen in derselben Abfolge abgearbeitet und garantieren dadurch eine systematische Ausarbeitung der Aufgabenstellung. Die Summe aller ausgewählten Attribute bilden dann die Grundlage für das Verfassen eines Umfragebogens, der für die Bewertung der Attribute durch Experten herangezogen wird. Dazu werden geeignete Measures definiert, die eine Beurteilung

und Priorisierung der Attribute ermöglichen, um so ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Im dritten Block werden die Feedbacks der Experten ausgewertet und die relevantesten Attribute für die Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs identifiziert. Zudem werden hier Rückschlüsse und Erkenntnisse aus der Umfrage gezogen und die Ergebnisse entsprechend aufbereitet, sodass diese Entscheidungsträger aus mittelständischen Unternehmen als eine solide Orientierungshilfe bei Projekten im Zusammenhang mit Industrie 4.0 dienen.

2 Einführung in die systematische Literaturrecherche

Für die kommenden Themen und Kapitel ist es von entscheidender Bedeutung, eine möglichst breite und vollständige Sammlung der bestehenden relevanten Literatur zur Verfügung zu haben. Nur dadurch wird es möglich sein, aussagekräftige und vor allem wissenschaftlich schlüssige Folgerungen und Entscheidungen zu treffen. Daher stellt sich unweigerlich die Frage, wie die Suche nach dieser Literatur wissenschaftlich professionell angegangen werden kann. Das Ergebnis dieses Kapitels stellt daher lediglich die Methodik dar, in welcher Art und Weise die Literaturrecherche der nachfolgenden Kapitel abgehandelt wird. Um die notwendige Vorgehensweise zu erläutern, sollten hier folgende Fragen beantwortet werden:

- Was ist eine systematische Literaturrecherche?
- Wie wird bei einer systematischen Literaturrecherche vorgegangen?
- Was muss bei einer systematischen Literaturrecherche dokumentiert werden?

2.1 Allgemeines zur systematischen Literaturrecherche

Die von Menschen geschaffenen Wissensbestände und insbesondere deren einfache und schnelle Zugänglichkeit haben in den vergangenen Jahrzehnten extrem an Dynamik und Ausmaß zugenommen. Diese „Berge an Wissen“ sind aber auch eine Herausforderung an Studierende und Wissenschaftler¹ und stellen diese vor große Probleme. Dazu zählen unter anderem die enorme Informationsflut, aber auch ein langsamer Wissenstransfer. Die Lösung dafür sind systematische Übersichtsarbeiten, welche Teil der Sekundärforschung sind.²

Systematische Literaturrecherchen sind daher Bestandteil jeder wissenschaftlichen Arbeit³ und sollen unter anderem dabei helfen den Überblick über die Informationsflut zu wahren, den neuesten Stand der Forschung zu erheben und die praktische Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnisse zu erleichtern.⁴ Dazu wird überwiegend in elektronischen Datenbanken nach allen relevanten Zitaten zu einer gewissen Fragestellung gesucht. Wichtig dabei ist die Systematik und eine intersubjektive Nachvollziehbarkeit, wobei die Systematik ein planmäßiges, gezieltes und umfassendes identifizieren möglichst aller in den Datenbanken vorhandenen Quellen beschreibt.⁵ Diese

¹ (vgl. Jaeschke, Hogreve, Läzer, & Drazek, 2010, p. 4)

² (vgl. Grenz-Farenholtz, 2013, p. 6ff)

³ (vgl. Jaeschke et al., 2010, p. 4)

⁴ (vgl. Grenz-Farenholtz, 2013, p. 15)

⁵ (vgl. Guba, 2008, p. 62)

Systematik sollte bei der Literaturrecherche beginnen und sich am Ende in der Literaturliste widerspiegeln.⁶

Ein systematisches Vorgehen dient aber auch dazu Verzerrungen (wissenschaftlich als „Bias“ bezeichnet), welche durch spezielle Suchmuster entstehen, zu minimieren. Dabei werden mehrere Arten von Bias unterschieden (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):^{7 8}

- Selektionsbias: durch eine selektive Literaturlauswahl
- Publikationsbias: durch systematisches Ausblenden von Studienresultaten
- Sprach- und geographischer Bias: durch Zitierung bestimmter Sprachregionen und Länder, bzw. durch fehlende Mittel um Publikationen aus Entwicklungs- und Schwellenländern mit berücksichtigen zu können

Um möglichst alle relevanten Quellen zu identifizieren ist es notwendig, mehrere Datenbanken in der Suche zu berücksichtigen. Ansonsten könnten weitere relevante Quellen, aber in der primären Datenbank nicht erfasste Literatur⁹, bzw. noch nicht publizierte Literatur¹⁰, nicht erfasst werden. Allerdings muss beachtet werden, dass niemals alle relevanten Publikationen gefunden werden können. Gründe dafür sind unter anderem:¹¹

- ganz aktuelle Einträge verfügen über keine genormten Schlagwörter
- Fehler bei der Beschlagwortung
- fehlende Abstracts
- Artikel aus Zeitschriften wurden nicht registriert

Genauigkeit vs. Vollständigkeit

Da niemals alle relevanten Dokumente gefunden werden können, muss zu Beginn einer systematischen Literaturrecherche festgelegt werden, ob der Fokus auf die Genauigkeit oder die Vollständigkeit gelegt wird. Bei kurzfristigen Recherchen wird die Genauigkeit wichtiger sein, bei einer systematischen Suche hingegen eher die Vollständigkeit¹², wobei es nicht immer leicht ist die richtige Balance zu finden.¹³ In diesem Zusammenhang treten Begrifflichkeiten auf, die bestimmte Schnittmengen zur Definition verwenden. Die folgende Abbildung soll diese verdeutlichen.

⁶ (vgl. Jaeschke et al., 2010, p. 4)

⁷ (vgl. Guba, 2008, p. 62)

⁸ (vgl. Gechter et al., 2013, p. 7)

⁹ (vgl. a.a.O., p. 8)

¹⁰ (vgl. a.a.O., p. 13)

¹¹ (vgl. Guba, 2008, p. 67)

¹² (vgl. Gechter et al., 2013, p. 29f)

¹³ (vgl. Guba, 2008, p. 64)

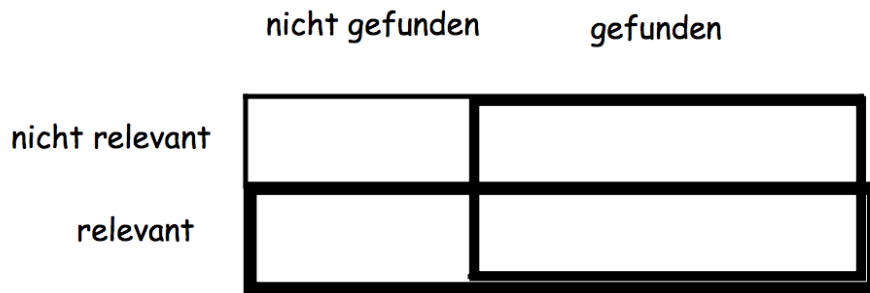


Abbildung 2: Schnittmengen bei der Literaturrecherche¹⁴

Aufbauend auf diesen unterschiedlichen Schnittmengen sind gängige Begriffe im Umfeld der Genauigkeit und Vollständigkeit wie folgt definiert:¹⁵

- Genauigkeit (Precision): Anteil der gefundenen relevanten Dokumente an allen gefundenen Dokumenten.
- Vollständigkeit („Sensitivität“, „Recall“): Anteil der gefundenen relevanten Dokumente an allen in der Datenbank vorhandenen relevanten Dokumenten.
- Spezifität („Specificity“): Anteil der nicht gefundenen, nicht relevanten Dokumente an allen nicht relevanten Dokumenten in der Datenbank.

Dies bedeutet, dass bei einer Suche mit hoher Genauigkeit der Anteil der nicht relevanten Dokumente gering ist, während er bei einer Suche mit hoher Vollständigkeit hoch sein kann. Der Vorteil einer Suche mit hoher Vollständigkeit ist jedoch, dass trotz dem hohen Anteil an nichtrelevanten Dokumenten am Ende im Idealfall mehr relevante Dokumente gefunden werden können.¹⁶

Um den Anteil nicht relevanter Dokumente bereits in der Suche begrenzen zu können, stehen (wie später noch ausführlicher dokumentiert) spezielle Kontextoperatoren zur Verfügung mit denen spezifiziert werden kann, wie weit bestimmte Begriffe in einem Text auseinanderliegen dürfen. Dafür wird in der Regel der Operator NEAR verwendet, über den diese maximale Entfernung angegeben werden kann. Ein Spezialfall davon wäre beispielsweise der Operator WITH der festlegt, dass beide Begriffe innerhalb desselben Satzes vorkommen müssen.¹⁷

¹⁴ (Motschall, 2005, p. 5)

¹⁵ (vgl. Gechter et al., 2013, p. 29f)

¹⁶ (vgl. a.a.O., p. 29)

¹⁷ (vgl. Guba, 2008, p. 65)

2.2 Vorgehensweise bei einer systematischen Literaturrecherche

Die folgende angegebene Vorgehensweise dient als Leitfaden und widerspiegelt die sich überschneidenden Kernpunkte der unterschiedlichen Quellen.^{18 19 20 21 22 23 24}

Übersichtliche Darstellung der Vorgehensweise

Die generelle Vorgehensweise, wie eine wissenschaftliche Literaturrecherche abgehandelt wird, ist in folgender Darstellung übersichtlich zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte ist nachfolgend angeführt.



Abbildung 3: Vorgehensweise bei einer systematischen Literaturrecherche

Detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte der Vorgehensweise

- Vorabrecherche

Der Start bildet sinnvollerweise eine **Vorabrecherche**, welche eine erste Orientierung bringt und eine Übersicht über die wichtigsten Publikationen zum entsprechenden

¹⁸ (vgl. Gechter et al., 2013, p. 7f)

¹⁹ (vgl. Guba, 2008, p. 62ff)

²⁰ (vgl. Jaeschke et al., 2010, p. 5ff)

²¹ (vgl. Corral, Wyer, Zick, & Bockrath, 2002, p. 304)

²² (vgl. Ziegler, Antes, & König, 2011, p. 14)

²³ (vgl. Moher, Tetzlaff, Tricco, Sampson, & Altman, 2007, p. 448)

²⁴ (vgl. Moher, Liberati, Tetzlaff, & Altman, 2009, p. 264ff)

Thema liefert, bzw. feststellen soll, ob das anvisierte Thema bereits behandelt wurde. Dadurch lässt sich unnötige Doppelarbeit ersparen und das weitere Vorgehen besser planen.

- **Konkretisierung der Fragestellung und Auswahl der Quellen**

Nach der Vorabrecherche sollte die Fragestellung konkretisiert werden, wobei darauf geachtet werden sollte, dass die **Konkretisierung der Fragestellung** zwar präzise, aber nicht zu umfassend ist. Außerdem sollten die geeigneten **Recherchequellen** festgelegt werden, wobei durch die Vorabrecherche und anderen vorangegangenen Projekten einige Datenbanken bereits bekannt sind.

- **Ausarbeitung der Suchstrategie**

Der folgende und zugleich einer der wichtigsten Schritte ist die **Ausarbeitung der Suchstrategie**. Die Suchstrategie repräsentiert dabei die Fragestellung in einem Format, das für die Suchmaschinen verständlich ist. Ein systematischer Ansatz ist hilfreich um eine geeignete Formulierung zu erhalten und ist das Ergebnis eines iterativen Entwicklungsprozesses, der aus mehreren Versuchen besteht und solange wiederholt wird, bis die endgültige optimale Suchstrategie gefunden wurde.

Im Zuge dessen ist es wichtig geeignete Suchbegriffe zu identifizieren. Dies kann sich als sehr aufwändig herausstellen, da zusätzlich alle möglichen Synonyme und denkbaren Schreibweisen identifiziert werden müssen. Besonders bei multilingualer Suche kann der Umfang der zu suchenden Begriffe dadurch sehr schnell stark anwachsen. Das Ziel dieser Vorgehensweise ist es, trotz einer hohen Spezifität möglichst alle relevanten Publikationen zu einer gewissen Fragestellung zu finden. Um die Anzahl der Suchergebnisse zu reduzieren, bzw. die Qualität der Suchergebnisse zu erhöhen, stehen Operatoren zur Verfügung, welche einzelne Suchwörter miteinander kombinieren können. Die gängigsten Operatoren dabei sind:

- UND / AND: beide Suchwörter müssen in der Information vorkommen
- ODER / OR: zumindest 1 Suchwort muss in der Information vorkommen
- NICHT / NOT: schließt Suchwörter von der Suche aus

Zudem stehen spezielle Kontextoperatoren wie NEAR, NEXT und ADJ zur Verfügung. Dabei müssen die Suchwörter lediglich in einer gewissen Nähe zum Text vorkommen. Weiters können Trunkierungszeichen oder Wildcards bei der Konstruktion von Suchbegriffen sehr hilfreich sein. Trunkierungen (oftmals durch ein „*“ gekennzeichnet) werden verwendet, um am Ende des Wortes eine beliebige Anzahl von Buchstaben wegzulassen. Wildcards (oftmals durch „*“, „?“, „#“, etc. gekennzeichnet) funktionieren ähnlich wie Trunkierungen, werden allerdings innerhalb oder am Anfang eines Wortes verwendet. Durch den gezielten Einsatz dieser Hilfsmittel ist es möglich, schnell mehrere Schreibweisen und kleinere Abwandlungen mit einer Suchabfrage abzudecken und

dadurch die Effizienz der Suche zu steigern. Es ist allerdings zu beachten, dass gerade beim Einsatz von Operatoren, also mehrerer miteinander in Beziehung gesetzten Suchtermini, oftmals wenig bis gar keine Literatur zum Vorschein kommt. Das ist zwar ärgerlich, aber nicht weiter ein Problem, da die systematische Literaturrecherche in solch einem Fall lediglich garantieren muss, dass es zu einer bestimmten Suchabfrage tatsächlich keine Treffer gibt.

Eine systematische Vorgehensweise zur Identifizierung geeigneter Suchbegriffe und den dazugehörigen Synonymen sowie Übersetzungen bietet das folgende Schema nach Grenz-Farenholtz. Dabei wird zu jedem einzelnen Begriff ein passender Oberbegriff identifiziert und zugehörig jeweils Aspekte, Synonyme, Übersetzungen und spezielles Vokabular gesucht. Dabei können optional die einzelnen identifizierten Begriffe spaltenweise über den Operator UND, sowie zeilenweise über den Operator ODER miteinander verknüpft werden.

→ AND	Begriff 1	Begriff 2	Begriff 3	Begriff 4	Begriff 5
↓ OR					
Oberbegriff	Krankheit	Risiken	Alter / Geschlecht	Studientyp	
Aspekt	Übergewicht	Krankheitsrisiko, Sterberisiko	Erwachsene	Metaanalyse	
Aspekt	BMI, Körperrumfang	Lebensqualität, Komplikationen, Lebenserwartung, Risikofaktoren		Systematische Übersichtsarbeit	
Synonyme	Fettleibigkeit, Dicke, Adipositas				
Englische Übersetzung	overweight, obesity, weight gain, body mass index, fatness	morbidity, mortality, quality of life		Systematic review	
Kontrolliertes Vokabular (abhängig von der Datenbank)	Overweight, Obesity, Weight Gain, Body Mass Index, Skinfold, Thickness, Waist-Hip-Ratio, Abdominal Fat	Morbidity, mortality, risk factors		Meta-Analysis	

Tabelle 1: Suchbegriffe identifizieren und festlegen²⁵

²⁵ (Grenz-Farenholtz, 2013, p. 39)

Falls dennoch zu viele Suchergebnisse aufscheinen, besteht zudem die Möglichkeit die Ergebnisse durch zusätzliche Filter wie z.B. Zeit, Medium (Artikel, Bücher, Dissertationen, etc.) weiter einzuschränken.

- Durchführung der Suche

Die festgelegte Suchstrategie kann nun mit den identifizierten Suchtermini **in den ausgewählten Quellen ausgeführt werden**. Nach **Sichtung der Ergebnisse** kann es wiederholt zu Anpassungen in der Suchstrategie kommen, bis das Ergebnis der Suche zufriedenstellend ist. Um nun aus den gefundenen Resultaten die relevanten Publikationen zu finden, empfiehlt sich das folgende dargestellte Vorgehen. Dabei wird zuerst ein Titel-Screening durchgeführt, um mögliche Treffer zu lokalisieren. Der nächste Schritt besteht in einem Abstract-Screening in dem überflogen werden kann, was in der vorliegenden Quelle behandelt wird und ob diese eventuell einen Beitrag zum Forschungsthema liefern kann. Falls die Quelle auch dieses Screening überstanden hat, wird in einem Volltext-Screening detailliert darauf eingegangen und nach relevanten Passagen im Text gesucht.

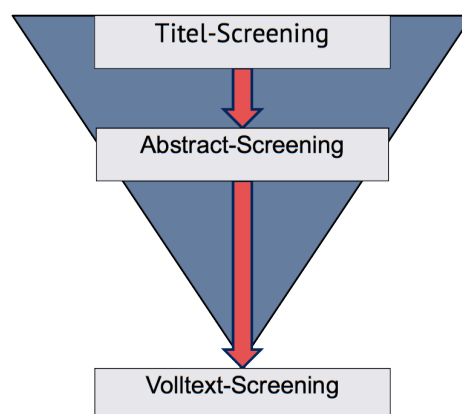


Abbildung 4: Identifizierung relevanter Studien²⁶

Weitere Quellen außerhalb der Ergebnisse, welche im Zuge der systematischen Literaturrecherche gefunden wurden, können durch Sichtung der relevanten Literaturverzeichnisse entdeckt werden.

- Beschaffung und Verwaltung der Literatur

Die anschließende **Beschaffung der Volltexte** geschieht heutzutage hauptsächlich über Downloads. Weitere Möglichkeiten wären eine elektronische Zeitschriftenbibliothek oder Dokumentenlieferanten wie SUBITO. Um den Überblick über die gefundene Literatur zu bewahren und diese korrekt und einfach zitieren zu können, sollten die ausgewählten Publikationen in einem **Literaturverwaltungsprogramm** zusammengeführt und dort verwaltet werden.

²⁶ (Grenz-Farenholtz, 2013, p. 47)

- **Dokumentation der Literaturrecherche**

Bezüglich der **Dokumentation** systematischer Literaturrecherchen wurden bis dato noch keine Standards veröffentlicht. Vorreiter in diesem Gebiet ist die Evidenzbasierte Medizin, die hochqualitative systematische Übersichtsarbeiten ausarbeitet. Dazu ist eine genaue Dokumentation unverzichtbar, um eine vollständige Nachvollziehbarkeit der Suche gewährleisten zu können. Im Zuge dessen haben sich folgende Angaben in der Dokumentation als notwendig erwiesen:

- Angabe der benutzten Datenbank
- Angabe der benutzten Schlüsselworte bzw. Suchbegriffe
- Angabe der Suchstrategie (z.B. Freitextsuche oder Schlagwortsuche, Boolesche Operatoren)
- Angabe der gesetzten Filter (z.B. Jahrgänge, Medium, etc.)
- Angabe der erhaltenen Einträge in der DB

Sofern mehrere Datenbanken für die Literaturrecherche verwendet wurden, sind diese Angaben für jede einzelne Datenbank zu dokumentieren.

3 Industrie 4.0

3.1 Literaturrecherche zu Industrie 4.0

Konkretisierung der Fragestellung und Auswahl der Quellen

Die Literaturrecherche sollte folgende Fragestellungen beantworten:

- Was bedeutet der Begriff I40? Woher kommt dieser?
- Wie ist I40 im historischen Kontext zu sehen?
- Was sind die Konzepte und Ziele von I40?
- In welchen Wirtschaftszweigen wird I40 vorrangig eingesetzt?

Zu diesen oben genannten Fragestellungen wird in den Datenbanken Google Scholar, TU Wien CatalogPlus, ScienceDirect und Statista nach passenden Publikationen gesucht.

Ausarbeitung der Suchstrategie

Die Suchbegriffe ergeben sich in diesem Zusammenhang unmittelbar und machen eine streng systematische Anwendung eines Schemas zur Definition der Suchbegriffe überflüssig. Gesucht wird dabei nach folgenden Begriffen:

- „Industrie 4.0“
- „Konzepte Industrie 4.0“
- „Geschichte Industrie 4.0“
- „Industry 4.0“
- „Industrielle Revolution“

Dokumentation der Literaturrecherche

Mithilfe der oben ausgewählten Suchbegriffe wurden folgende Resultate bei der Literaturrecherche erzielt. Die heruntergeladenen Resultate entsprechen dabei den zugänglichen Publikationen, welche das Titel- und Abstract-Screening erfolgreich überstanden haben und im Volltext durchsucht wurden.

Datenbank: Google Scholar

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 10, Beachtung der ersten 5 Seiten, Suchdatum 01.06.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Heruntergeladene Resultate
1	Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	61.300	7
2	Industry 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	703.000	2
3	Konzepte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	4.240	3
4	Geschichte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	4.260	3
5	Industrielle Revolution	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	31.000	0

Tabelle 2: Suchbegriffe Industrie 4.0, Google Scholar

Datenbank: TU Catalog Plus

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 10, Beachtung der ersten 5 Seiten, Suchdatum 01.06.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Heruntergeladene Resultate
1	Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	326	2
2	Industry 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	1.253	1
3	Konzepte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	0	0
4	Geschichte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	0	0

Tabelle 3: Suchbegriffe Industrie 4.0, TU Catalog Plus

Datenbank: Science Direct

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 25, Beachtung der ersten 3 Seiten, Suchdatum 01.06.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Heruntergeladene Resultate
1	Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	48.564	0
2	Industry 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	1.373.589	1
3	Konzepte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	225	0
4	Geschichte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	268	0

Tabelle 4: Suchbegriffe Industrie 4.0, Science Direct

Datenbank: Statista

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 25, Suchgenauigkeit: Normal, Beachtung der ersten 5 Seiten, Suchdatum 01.06.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Herunter- geladene Resultate
1	Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	191	19
2	Industry 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	6	2
3	Konzepte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	2	0
4	Geschichte Industrie 4.0	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	0	0
5	Industrielle Revolution	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	3	1

Tabelle 5: Suchbegriffe Industrie 4.0, Statista

3.2 Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

3.2.1 Auf dem Weg zu Industrie 4.0 – Historische Entwicklung

Der Startschuss zum Prozess der Industrialisierung und damit der ersten industriellen Revolution fiel gegen Ende des 18. Jahrhunderts durch die Entwicklung von mechanischen Produktionsanlagen wie dem Webstuhl und der Entwicklung der Dampfmaschine. Mit den einhergehenden starken Produktivitätssteigerungen kam es insbesondere in der Landwirtschaft zur massenhaften Freisetzung von Arbeitern, die wiederum direkt in den neu entstandenen Fabriken Arbeit fanden. Dies verstärkte diesen Prozess und es kam aufgrund des gestiegenen Wohlstandes zu einer Bevölkerungsexplosion. Strukturell bedingte Hungerkatastrophen gehörten seit diesem Zeitpunkt der Vergangenheit an, jedoch spaltete sich die Gesellschaft in Fabrikbesitzer und Fabrikarbeiter. Missstände dieser Zeit, wie etwa die Ausbeutung der Arbeiterschaft, harte Arbeitsbedingungen und Kinderarbeit riefen eine bürgerliche Revolution hervor und leiteten den Beginn der zweiten industriellen Revolution ein.²⁷

Die zweite industrielle Revolution begann mit der Verfügbarkeit von elektrischer Energie und ermöglichte einen Umstieg von großen, zentralen Kraftmaschinen hin zu kleineren, dezentralen Antriebseinheiten. Die Revolution war geprägt von einer stark arbeitsteiligen Massenproduktion, weshalb in diesem Zusammenhang auch oft von einer organisationsgetriebenen Revolution gesprochen wird. Vordenker dieser Zeit wie etwa die Pioniere Henry Ford mit der Entwicklung des Fließbandes und Frederic W. Taylor

²⁷ (vgl. Bauernhansl, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014, p. 5)

durch seine wissenschaftliche Betriebsführung haben die industrielle Produktion maßgeblich weiterentwickelt und haben auch heute noch Auswirkungen auf die eingesetzten Produktionssysteme. Bedingt durch Skaleneffekte in der industriellen Massenproduktion wurde es möglich Produkte sehr kostengünstig herzustellen. Dies führte wiederum zu einem verbesserten Wohlstand und die Bevölkerung wuchs weiter an.²⁸

Unterbrochen durch zwei Weltkriege ging es Anfang der 60er-Jahre mit der dritten industriellen Revolution weiter. In dieser Zeit kam es durch den verbreiteten Einsatz von sowohl Elektronik, als auch von Informations- und Kommunikationstechnologie zu einer fortschreitenden Automatisierung, welche Rationalisierungen und eine variantenreiche Serienproduktion ermöglichte. Die Produktivität und der Wohlstand war mittlerweile so hoch, dass sich die ursprünglichen Verkäufermärkte hin zu Käufermärkten entwickelten. Dies hatte zur Folge, dass immer mehr auf Qualität und Individualität geachtet werden musste, um die Produkte am Markt überhaupt absetzen zu können. Gleichzeitig verlor der Anteil der Wertschöpfung am Bruttoinlandsprodukt immer mehr an Bedeutung. Führende Volkswirte sind davon ausgegangen, dass die Industrie dasselbe Schicksal wie bereits zuvor die Landwirtschaft erleiden wird und sich entwickelte Volkswirtschaften hin zu Dienstleistungsgesellschaften entwickeln werden.²⁹ Um die Jahrtausendwende war Outsourcing das dominierende Thema in den Vorstandsetagen. Besonders Länder wie Frankreich, England und die USA haben diesen Trend sehr stark verfolgt, in Deutschland gelang es den Anteil der Industrie hingegen halbwegs stabil zu halten. Wie sich herausstellte ein Glücksfall, denn bereits 2011 war es das erklärte Ziel in vielen dieser Länder, die Rückverlagerung der Produktion durch eine aktive Industriepolitik zu erleichtern und dadurch neue Arbeitsplätze zu schaffen.³⁰

Gelingen soll diese Rückverlagerung hauptsächlich durch eine weitestgehende Automatisierung und den Einsatz modernster Produktionstechnologien die es ermöglichen, selbst in hochpreisigen Industrieländern zu konkurrenzfähigen Preisen zu produzieren. Gepaart mit hochqualitativen und individualisierbaren Produkten, wird in diesem Zusammenhang von der vierten industriellen Revolution gesprochen, der Industrie 4.0.

Die Entwicklungsstufen der einzelnen industriellen Revolutionen sind in folgender Grafik übersichtlich dargestellt.

²⁸ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 5f)

²⁹ (vgl. a.a.O., p. 7)

³⁰ (vgl. Ramsauer, 2013, p. 6ff)

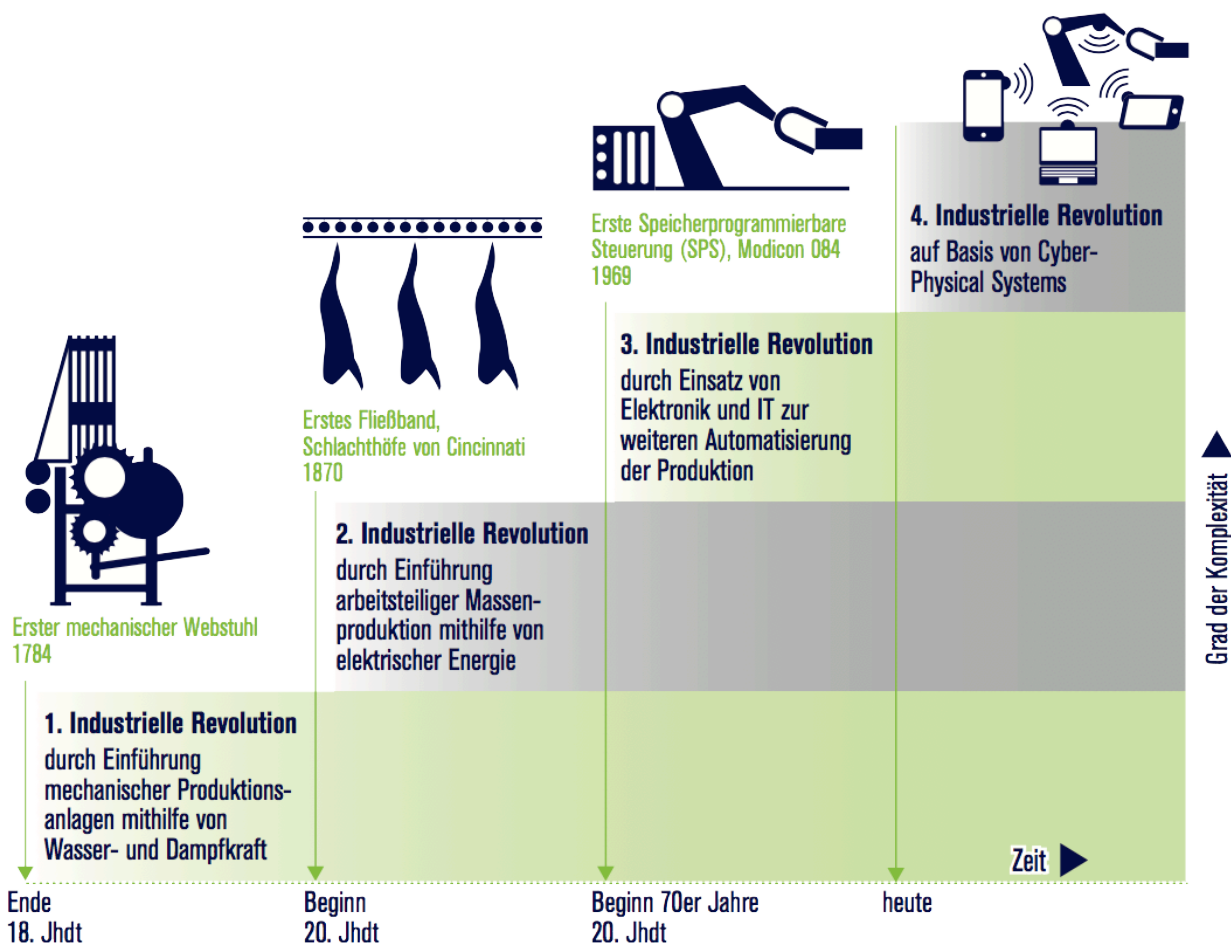


Abbildung 5: Die vier Stufen der industriellen Revolution³¹

3.2.2 Der Begriff „Industrie 4.0“

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde erstmalig 2011 auf der Hannover Messe³² verwendet und wird seitdem besonders in Deutschland unter anderem vom BMBF und BMWi geprägt, um die enge Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in Fertigungssystemen zu bezeichnen.³³ Die Basis dieses Wortkonstruktes bildet die sogenannte vierte industrielle Revolution und wurde mit großer Wahrscheinlichkeit in Anlehnung an die geläufige Bezeichnung Web 2.0 zum jetzigen „Industrie 4.0“ umbenannt. Das Label selbst ist mittlerweile so bekannt, dass es bereits diverse Abwandlungen wie etwa „Mittelstand 4.0“, „Logistik 4.0“, oder sogar „Gender 4.0“ davon gibt, um die Neuartigkeit, bzw. Modernität der dahinterliegenden Begriffe zu unterstreichen. Die geläufige englische Übersetzung von „Industrie 4.0“, „Cyber-Physical Systems (CPS)“, tauchte hingegen bereits 2006 auf und wurde damals von Helen Gill von der

³¹ (acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 17)

³² (vgl. Drath & Horch, 2014, p. 56)

³³ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015a, p. 16)

National Science Foundation in den USA ins Leben gerufen, um Systeme zu bezeichnen, die zu einer diskreten Verarbeitung von Kommunikation und Information genutzt werden.³⁴

Wirtschaftlich betrachtet bedeutet der Terminus Industrie 4.0 einen tiefgreifenden ökonomischen Paradigmenwechsel, der zur Entwicklung hoch flexibler Wertschöpfungsketten, innovativer Services und komplett neuer Geschäftsmodelle führen wird. Die Fertigung der Zukunft zielt darauf ab, Massenproduktion so durchzuführen, dass individualisierte Produkte bis hin zur Losgröße eins effizient hergestellt werden können. Selbstoptimierung, -konfiguration und -diagnose sollten eine Selbstverständlichkeit darstellen, genauso wie die Kontrolle der Produktion durch gut ausgebildetes Personal, welches durch die Verfügbarkeit von individualisierten Informationen jederzeit über die optimalen Entscheidungsgrundlagen verfügt.³⁵

Aus technischer Sicht ist „Industrie 4.0“ untrennbar mit „Digitalisierung“ verbunden³⁶ und umfasst intelligente Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel, welche über die gesamte Supply Chain von der Eingangslogistik, über die Produktion, das Marketing und die Ausgangslogistik bis hin zum Service eng mittels IKT verzahnt sind.³⁷ Industrie 4.0 beschreibt dabei nicht eine abrupte Veränderung, sondern viel mehr einen permanenten Wandlungsprozess³⁸, welcher nicht nur auf die Optimierung bestehender IT-gestützter Prozesse ausgerichtet ist, sondern vor allem auch zum Ziel hat, noch nicht erschlossene Potentiale zu erschließen. Dadurch kommt es zu einer noch intensiveren Verzahnung von Geschäftspartnern, wodurch Prozesse schlanker, effektiver und schneller gestaltet werden können.³⁹ Damit sich die IT-gestützte Verzahnung quer über alle Bereiche erstrecken kann, müssen alle Maschinen und Komponenten Teil eines standardisierten Netzwerkes sein, sodass diese Objekte ähnlich wie Lego-Klötze zusammengebaut und nach einem Plug'n'Play Prinzip in Betrieb genommen werden können.⁴⁰ Dieser Netzwerk-Ansatz ist eines der Grundprinzipien der kommenden Produktionstechnologien, da Industrie 4.0 bereits per Definition ein verteiltes System ist und über das sogenannte Internet der Dinge verknüpft wird.⁴¹

Äußerst treffend wurde dieser Ansatz vom Deutschen Institut für Normung kurz und prägnant wie folgt beschrieben:⁴²

³⁴ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 1ff)

³⁵ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 26)

³⁶ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 1)

³⁷ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 18)

³⁸ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 1)

³⁹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 18)

⁴⁰ (vgl. Kolberg & Zühlke, 2015, p. 1870)

⁴¹ (vgl. Pfrommer et al., 2014, p. 5)

⁴² (Hansjürgen, 2016, p. 3)

„Die reale Welt vernetzt sich mit der virtuellen. Disziplinen wie Maschinenbau, Logistik und IT spielen zusammen. Global, reibungslos, effizient.“

Dennoch sollte man sich im Klaren sein, dass der Begriff „Industrie 4.0“ besonders ein marketingtechnisch wirkungsvoller Begriff ist, der sich sehr schnell herumgesprochen hat und innerhalb kürzester Zeit in der Gesellschaft und Politik angekommen ist. Obwohl der Begriff selbst noch nicht klar definiert ist, unterstützt der große Bekanntheitsgrad und das Breite Anwendungsfeld die Industrie dabei, den sich ergebenden Herausforderungen rasch zu stellen und die notwendigen Hausaufgaben zu erledigen.⁴³

3.2.3 Konzepte, Potential und Auswirkungen von Industrie 4.0

Konzepte von Industrie 4.0

Industrie 4.0 darf nicht in einem isolierten Kontext verstanden, sondern muss viel mehr als ein Teil eines großen Ganzen gesehen werden. Ein wichtiges Element dieses globalen Netzwerkes ist die sogenannte intelligente Fabrik (Smart Factory). Diese ist in der Lage, die Effizienz der Produktion zu steigern und gleichzeitig bei reduzierter Störanfälligkeit die gesteigerte Komplexität zu beherrschen. Wie solch eine Smart Factory in einem größeren Netzwerk eingebunden ist, zeigt folgende Abbildung.⁴⁴

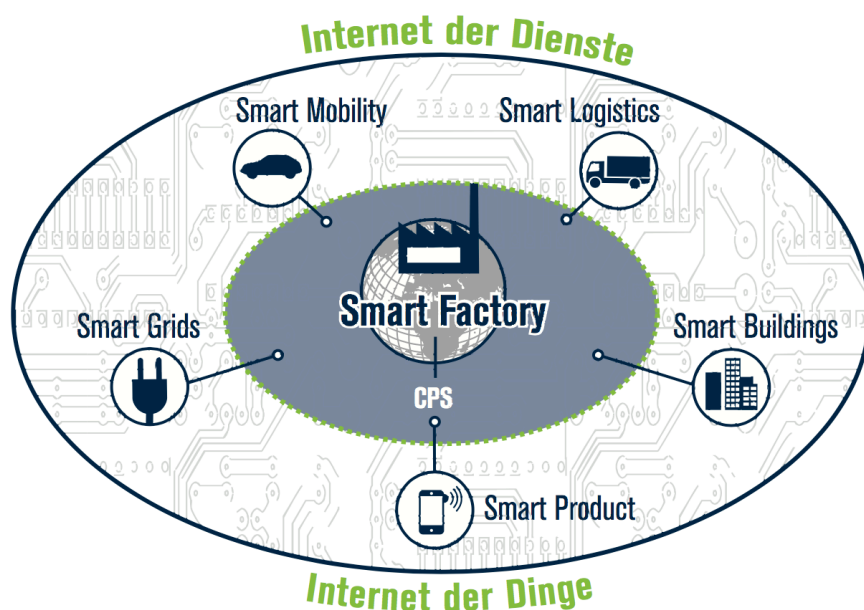


Abbildung 6: Smart Factory als Teil des Internets der Dinge⁴⁵

Durch die Schnittstellen der Smart Factory mit anderen Teilen des Netzwerkes wie etwa Smart Mobility, Smart Logistics oder dem Smart Grid werden die bestehenden

⁴³ (vgl. Sandler et al., 2013, p. 6)

⁴⁴ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 23)

⁴⁵ (acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 23)

Wertschöpfungsketten von Grund auf verändert und es wird möglich sein, neue Geschäftsmodelle zu etablieren.⁴⁶

Den Produkten selbst wird ebenfalls „Intelligenz verliehen“ und sie werden zu sogenannten Smart Products, die jederzeit Informationen über ihren eigenen Herstellungsprozess und künftigen Einsatzzweck besitzen. Dadurch können die Produkte selbst ihre Produktion mit beeinflussen und den Produktionsmaschinen z.B. Anweisungen geben, welche Verfahren angewandt werden sollen, bzw. wohin das fertige Produkt geliefert werden muss. In diesem Zusammenhang spielt besonders die Entwicklung von kostengünstigen RFID-Chips eine große Rolle. Auf diesen ist es möglich die Informationen per Funk zu speichern und auszulesen und die Produkte direkt mit dem internen und externen Informationssystem zu verknüpfen.⁴⁷

Auch wird es einen Paradigmenwechsel in der Mensch-Technik-Interaktion geben. War es in der Vergangenheit noch so, dass sich die Menschen den Maschinen angepasst haben, wird dies in der Zukunft genau umgekehrt passieren.⁴⁸ Der Mensch bleibt auch bei zukünftigen Smart Factories der entscheidende Produktionsfaktor⁴⁹, allerdings werden sich die Anforderungen und Tätigkeitsfelder maßgeblich verschieben. Durch den Einsatz modernster Informationstechnologien und -geräte, werden dem Arbeiter der Zukunft gefilterte, passgenaue Informationen in der bestmöglichen Art und Weise übermittelt, sodass Fehler und Bearbeitungszeiten minimiert werden können. Besonders durch den Einsatz von Computeruhren und Augmented Reality, welche in Form von smarten Brillen wie z.B. der Google Glass langsam Einzug in die Industrie findet, können diese Visionen in die Realität umgesetzt werden.⁵⁰ Menschen, Maschinen und Ressourcen können dann so selbstverständlich wie in einem sozialen Netzwerk miteinander kommunizieren.⁵¹

Weitere wichtige Konzepte im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind beispielsweise die physische Nähe von Produktion und Produktenwicklung im Sinne von „Simultaneous Engineering“ um die Innovationsfähigkeit zu erhalten, oder der Einsatz von 3D-Druckern, mit denen eine noch nie dagewesene Flexibilität im Herstellungsprozess erreicht werden kann.⁵² Auch ein echtzeitfähiges Monitoring sämtlicher Geschäftsprozesse trägt bei der Fabrik der Zukunft maßgeblich zu einer Steigerung der Produktivität bei, da dadurch Manager hochqualitative Informationen zur Entscheidungsfindung

⁴⁶ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 23)

⁴⁷ (vgl. a.a.O.)

⁴⁸ (vgl. a.a.O., p. 40)

⁴⁹ (vgl. Botthof & Hartmann, 2015, p. 25)

⁵⁰ (vgl. Kolberg & Zühlke, 2015, p. 1872)

⁵¹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 23)

⁵² (vgl. Ramsauer, 2013, p. 6ff)

zeitnah übermittelt und zugleich juristischen Verpflichtungen im Sinne der Nachweispflicht nachgekommen werden kann.⁵³

Potential von Industrie 4.0

Die Fabrik der Zukunft verfügt durch die oben genannten Konzepte ein enormes Potential sämtliche Abläufe und aktuelle State-of-the-Art Lösungen durch neue und bessere zu ersetzen. Es wird möglich sein, auf Kundenwünsche individuell einzugehen und in Kleinstmengen bis hin zur Losgröße eins rentabel zu produzieren. Dabei können Kunden Änderungen und Wünsche nicht nur im Design äußern, sondern auch Einfluss auf die Konfiguration, die Bestellung, die Planung und auch auf den Betrieb der Produkte nehmen. Selbst kurzfristige Änderungswünsche sollten keine Probleme bereiten, da durch eine CPS-basierte Ad-hoc Vernetzung die Geschäftsprozesse dynamisch gestaltet werden. Dieselbe Technik ermöglicht es auch kurzfristige Lieferausfälle zu kompensieren oder Liefermengen in kurzer Zeit massiv zu erhöhen.⁵⁴

Auch wird es möglich sein, die Ressourcenproduktivität und -effizienz zu erhöhen. Besonders durch die enge Verknüpfung der Produktionsprozesse über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk kann der Materialeinsatz getrimmt und die Systeme nicht nur nach, sondern auch während der Produktion fortlaufend optimiert werden.⁵⁵ Zudem tragen Smarte Produkte mit Ihren Sensoren und RFID-Chips dazu bei Informationen automatisch zu sammeln. Diese können dann verwendet werden, um beispielsweise Kanban Prozesse zu steuern oder mit wenig Aufwand präzise Analysen der Abläufe zu erstellen und dadurch helfen, im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Kaizen) die Prinzipien der Lean Production weiter zu forcieren.⁵⁶

Generell kann gesagt werden, dass das größte Potential von Industrie 4.0 darin liegt, Daten im großen Stil voll automatisiert zu sammeln und alle relevanten Informationen zu jeder Zeit in der richtigen Form bereitstellen zu können. Wichtig dafür ist natürlich nicht nur die Erfassung der Daten, sondern auch eine entsprechende Auswertung und Interpretierung um dadurch fundierte Entscheidungsgrundlagen zu erhalten.⁵⁷

Dennoch sind Lösungen im Bereich der Industrie 4.0 i.d.R. sehr kostspielig und werden daher vorzugsweise in Bereichen eingesetzt, in welchen große Kosteneinsparungen erzielt werden können.⁵⁸ Schätzungen zufolge, können durch den Einsatz von Industrie 4.0 jährlich Effizienzsteigerungen von ca. 6 bis 8 Prozent erzielt⁵⁹ und gleichzeitig

⁵³ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 27)

⁵⁴ (vgl. a.a.O., p. 19f)

⁵⁵ (vgl. a.a.O., p. 20)

⁵⁶ (vgl. Kolberg & Zühlke, 2015, p. 1872)

⁵⁷ (vgl. BMWi, 2015b, p. 74)

⁵⁸ (vgl. Kolberg & Zühlke, 2015, p. 1872)

⁵⁹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 14)

Kosten massiv gesenkt werden. Einen Überblick über die geschätzten Nutzenpotenziale gibt folgende Tabelle.

Kostenart	Effekte	Potentiale
Bestandskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung Sicherheitsbestände - Vermeidung Bullwhip- und Burbridge-Effekt 	-30% bis -40%
Fertigungskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung OEE - Prozessregelkreise - Verbesserung vertikaler und horizontaler Personalflexibilität 	-10% bis -20%
Logistikkosten	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung Automatisierungsgrad (milk run, picking, ...) 	-10% bis -20%
Komplexitätskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Erweiterung Leitungsspannen - Reduktion trouble shooting 	-60% bis -70%
Qualitätskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitnahe Qualitätsregelkreise 	-10% bis -20%
Instandhaltungskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierung Lagerbestände Ersatzteile - Zustandsorientierte Wartung (Prozessdaten, Messdaten) - Dynamische Priorisierung 	-20% bis -30%

Tabelle 6: Abschätzung der Nutzenpotenziale⁶⁰

Es wird erwartet, dass sich durch diese Kostensenkungen positive gesamtwirtschaftliche Effekte ergeben.⁶¹ Sinkende Kosten für Roboter von schätzungsweise 10% p.a. bis 2020 sowie Verbesserungen in der Sensorik und in der künstlichen Intelligenz⁶² erlauben in Zukunft eine breitere und kostengünstigere Anwendung und unterstützen die Einführung von Industrie 4.0.

Mit der Einführung von Industrie 4.0 kann die Wettbewerbsfähigkeit der Hochlohnstandorte erhöhte werden.⁶³ Zugleich ergeben sich in Nischen Chancen für KMU neue Dienstleistungen anzubieten.⁶⁴ Ein Beispiel dafür wäre z.B. die enormen Datenmengen (Big Data), welche durch die intelligenten Geräte gesammelt werden, durch innovative Algorithmen auszuwerten und passende B2B-Lösungen anzubieten.⁶⁵

Weitere Potentiale ergeben sich beispielsweise durch eine demographie-sensible Arbeitsgestaltung, eine verbesserte Work-Life-Balance⁶⁶ oder dadurch, dass monotone und schwere Tätigkeiten von Maschinen übernommen werden und sich die Mitarbeiter auf kreative, wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren können.⁶⁷

⁶⁰ (Bauernhansl et al., 2014, p. 31)

⁶¹ (vgl. Schröder, 2016, p. 9)

⁶² (vgl. McKinsey Digital, 2016, p. 15)

⁶³ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 20)

⁶⁴ (vgl. BMWi, 2015a, p. 17)

⁶⁵ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 20)

⁶⁶ (vgl. a.a.O.)

⁶⁷ (vgl. Botthof & Hartmann, 2015, p. 24)

Auswirkungen von Industrie 4.0

Abgesehen von den unmittelbar ersichtlichen Auswirkungen auf die Produktion wird die vierte industrielle Revolution aber auch die Arbeitswelt, die Organisationsformen sowie die Kompetenz- und Qualitätsanforderungen an die Mitarbeiter transformieren.⁶⁸ Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Arbeitsplätze mit niedrigen Qualifikationsanforderungen und einfachen, repetitiven Tätigkeiten durch automatisierte Maschinen ersetzt werden. In welchem Umfang diese Substitutionsprozesse aber eintreten werden ist zum jetzigen Zeitpunkt aber kaum abschätzbar.⁶⁹

Zu den Auswirkungen auf die unmittelbare Beschäftigung in den Fabriken gibt es unterschiedliche Szenarien. Ein Extremfall beschreibt das Szenario einer, wenn auch nicht ganz menschenleeren, aber doch weitgehend automatisierten Fabrik.⁷⁰ In diesem Automatisierungsszenario wird davon ausgegangen, dass die menschliche Arbeit entwertet wird und die Maschinen die Kontroll- und Steuerungsaufgaben übernehmen. Der Mensch als Arbeitskraft wird dabei „fremdbestimmt“. Ein etwas gemäßigteres Szenario, das Hybridszenario, geht davon aus, dass Menschen und Maschinen in Kooperation arbeiten und die jeweiligen Stärken komplementär eingesetzt werden. Im dritten Szenario, dem Spezialisierungsszenario, werden die Möglichkeiten der CPS lediglich als Werkzeug verwendet, während der Mensch in der Rolle des Facharbeiters erhalten bleibt.⁷¹

Für die mittleren Qualifikationsschichten gibt es bisher widersprüchliche Veränderungstendenzen. Zum einen wird mit einer gewissen „Dequalifizierung und Teilsubstituierung“ durch einfachere Maschinenbedienungen sowie automatisierte Kontroll- und Überwachungsfunktionen gerechnet, zum anderen wird aber auch eine Tätigkeitsanreicherung erwartet. Dies sei die Folge einer erhöhten Komplexität in der Fertigung und einer Dezentralisierung von Entscheidungs-, Kontroll- und Koordinationsfunktionen, welche ein zunehmend eigenständiges Planen der Abläufe erfordert. Höhere hierarchische Ebenen in der Planungs- und Managementbereiche sind laut aktuellen Befunden kaum direkt von der Einführung dieser neuartigen Technologien betroffen.⁷²

3.2.4 Voraussetzungen für die Implementierung von Industrie 4.0

Damit diese CPS flächendeckend eingesetzt und miteinander verknüpft werden können, müssen eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt werden. Eine ganz entscheidende davon war die Einführung des neuen Internetprotokolls IPv6 im Jahr 2012. Mit

⁶⁸ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 5)

⁶⁹ (vgl. Hirsch-Kreinsen & Weyer, 2014, p. 18)

⁷⁰ (vgl. Botthof & Hartmann, 2015, p. 48)

⁷¹ (vgl. Schröder, 2016, p. 13f)

⁷² (vgl. Hirsch-Kreinsen & Weyer, 2014, p. 18ff)

diesem neuartigen Adressformat standen erstmals ausreichend Adressen für die flächendeckende Vernetzung von intelligenten Gegenständen zur Verfügung und ebnete dadurch den Weg zum Internet der Dinge.⁷³ Zudem wird eine Infrastruktur benötigt, die im Stande ist die enormen auftretenden Datenströme aufzunehmen und in einer Form zu transportieren, in der die Latenzzeiten, die Ausfallsicherheit und die Qualität auf ein Niveau gehoben werden, das für den Einsatz von CPS erforderlich ist. Dafür müssen die bestehenden Kommunikationsnetze massiv ausgebaut und eine entsprechende Bandbreite flächendeckend zur Verfügung gestellt werden.⁷⁴ In diesem Sinne müssen auch die IT-Kompetenzen der Unternehmen gestärkt werden. Große Unternehmen haben i.d.R. eine bessere Kompetenz in diesen Bereichen, für KMUs besteht Nachholbedarf.⁷⁵

Weitere wichtige Voraussetzungen sind, dass die Qualifizierung der Mitarbeiter an die neuen Herausforderungen angepasst werden⁷⁶ und dass es eine grundlegende Veränderung bzw. Anpassung in der Produktentwicklung gibt, sodass die neuen Technologien hochwertig und vor allem wirtschaftlich nutzbringend eingesetzt werden können.⁷⁷

Zudem wird aufgrund der stetig steigenden Funktionalität und Komplexität der Einsatz von modellbasierten Methoden notwendig werden, um neue Anwendungen und Dienste für solche CPS-Plattformen entwickeln zu können.⁷⁸

3.2.5 Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung

Die in abstrakter Form beschriebenen Konzepte und Potentiale der Industrie 4.0 lassen erahnen, wozu die Fabrik der Zukunft fähig ist. Doch um die Ideen dahinter etwas zu konkretisieren, sollen im Folgenden einige Beispiele aus der Praxis aufgelistet werden:

- Der Versandhändler Otto verwendet intelligente Algorithmen um für seine mehr als zwei Millionen Artikel tagesaktuelle Verkaufsprognosen der kommenden Wochen und Monate zu berechnen. In diese Berechnung fließen mehr als 200 Variablen mit ein, darunter etwa die Verkaufszahlen des Vorjahres, aktuelle Werbekampagnen oder sogar die Wettervorhersage. Die Folge ist eine um 20 bis 40 Prozent genauere Vorhersage der Verkäufe, wodurch die Produkte nicht mehr zu früh ausverkauft sind, und dennoch seltener am Lager liegen bleiben.⁷⁹

⁷³ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 17)

⁷⁴ (vgl. a.a.O., p. 49)

⁷⁵ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 5)

⁷⁶ (vgl. a.a.O.)

⁷⁷ (vgl. Sandler et al., 2013, p. 1)

⁷⁸ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 29)

⁷⁹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 15)

- Aufzugshersteller können die Steuerlogik mit den Bewegungen der Personen im Gebäude, bzw. mit den Ankunftszeiten der öffentlichen Verkehrsmittel verknüpfen und so die Beförderungskapazität um bis zu 50 Prozent und mehr steigern.⁸⁰
- Aktuell laufen in Produktionsanlagen die Maschinen selbst in Pausen und übers Wochenende mit hohem Energieverbrauch weiter, um bei Produktionsbeginn sofort wieder verfügbar zu sein. Wenn bei der Konstruktion der CPS die Energieeffizienz von vornherein berücksichtigt wird, könnten die Anlagen nicht nur bedarfsgeregelt, sondern in längeren Pausen in einen Stand-by-Modus versetzt werden. Dadurch lassen sich in Summe rund 12 Prozent des gesamten Energieverbrauchs einsparen, während der Pausenzeiten beträgt das Einsparungspotential sogar 90 Prozent.⁸¹
- Autonom gesteuerte Fahrzeuge, welche Ladungsträger zum Lager-, bzw. Montageplatz transportieren und dabei beispielsweise einen über die Cloud verbundenen Ameisenalgorithmus verwenden um voneinander zu lernen und so die Logistikpfade optimieren.⁸²
- Hebehilfen und Exoskelette, welche über das Internet via Apps individuell konfiguriert werden, können Mitarbeiter ergonomisch unterstützen und dafür sorgen, dass diese bis ins fortgeschrittene Alter produktiv arbeiten können.⁸³
- Einsatz von Smart Glasses z.B. in der Qualitätssicherung.⁸⁴

3.2.6 Bestehende Herausforderungen im Zusammenhang mit Industrie 4.0

3.2.6.1 Kritik am Begriff „Revolution“

Obwohl sich der Begriff „Industrie 4.0“ und die damit unweigerlich verbundene „vierte industrielle Revolution“ in allen Bereichen der Wirtschaft etabliert hat, gibt es in der Fachliteratur auch oft Kritik am Ausdruck der „Revolution“. Nach der Meinung einiger Autoren wäre es angemessener von einer „Evolution“ zu sprechen, da wir gerade erst am Anfang der Umwälzung stehen und sich diese über Jahrzehnte hinziehen wird.⁸⁵ Selbst die „früheren industriellen Revolutionen“ waren eher evolutionärer Natur als radikale Umstellungen in der Industrie.⁸⁶ Die Zyklen werden zwar kürzer, aber schlussendlich handelt es sich doch um wegweisende langfristige Projekte.⁸⁷

⁸⁰ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 15)

⁸¹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 31)

⁸² (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 22)

⁸³ (vgl. a.a.O., p. 24)

⁸⁴ (vgl. McKinsey Digital, 2016, p. 16)

⁸⁵ (vgl. Sandler et al., 2013, p. 7)

⁸⁶ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015a, p. 16)

⁸⁷ (vgl. Kirsch, Kletti, Wießler, Meuser, & Felser, 2015, p. 65)

3.2.6.2 Gefahr der Datensicherheit

Die enormen Datenmengen die durch den Einsatz von CPS entstehen werden und deren Schutz wird eine große Herausforderung darstellen.⁸⁸ Eine Folge davon könnte sein, dass große Unternehmen mit einer verstärkten vertikalen Integration darauf reagieren, also wichtige Bereiche intern abschotten und so Marktnischen für KMUs unzugänglich werden.⁸⁹

3.2.6.3 Risiko für die Unternehmenslandschaft und die Arbeitsplätze

Die Unternehmenslandschaft in Deutschland ist überwiegend durch KMUs geprägt. Um die Wettbewerbsfähigkeit auch zukünftig zu sichern wird es daher von entscheidender Bedeutung sein, den KMUs den Zugang und den Umstieg auf Industrie 4.0 zu erleichtern.⁹⁰ Zudem wird es große Herausforderungen in der Gestaltung der Arbeitsorganisation und der Arbeitsplätze geben, damit es auch in Zukunft zu keiner Entwertung der Facharbeit kommt.⁹¹

3.2.6.4 Hemmnisse bei der Einführung von I40

Die thematische Komplexität und die hohen Investitionskosten lassen Unternehmen zögern, auf neue Technologien umzusteigen.⁹² Besonders die mangelnden Standards und die oben erwähnten Bedenken in der Datensicherheit lassen bei Mittelständlern Zweifel aufkommen, ob auch tatsächlich auf die richtige Karte gesetzt wird.⁹³ Weitere Hemmnisse gegen die Einführung von I40 sind unter anderem das Fehlen guter Breitbandanschlüsse, Gefahren durch Schadprogrammen und das erforderliche zusätzliche Know-how in IT-Fragen für Ingenieure.⁹⁴

3.2.7 Internationale Entwicklungen im Bereich von Industrie 4.0

Abgesehen von Deutschland, gibt es auch im internationalen Umfeld große Bestrebungen Forschungsprojekte im Bereich der neuartigen Fertigungssysteme voranzutreiben. Im Folgenden soll eine kurze Übersicht über einige wichtige internationale Projekte einiger ausgewählter Länder angeführt werden.

- **USA:** Im Jahr 2011 wurde bereits von Präsident Obama die „Advanced Manufacturing Partnership (AMP)“ ins Leben gerufen, welche Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zusammenbringt um den Fahrplan hin zu neuen Fertigungstechnologien festzulegen.⁹⁵ 2012 folgte der „National Strategic Plan

⁸⁸ (vgl. Kirsch et al., 2015, p. 44)

⁸⁹ (vgl. BMWi, 2015a, p. 17)

⁹⁰ (vgl. a.a.O., p. 28)

⁹¹ (vgl. Botthof & Hartmann, 2015, p. 34)

⁹² (vgl. BMWi, 2015a, p. 37)

⁹³ (vgl. Schröder, 2016, p. 5)

⁹⁴ (vgl. Kirsch et al., 2015, p. 19)

⁹⁵ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 74)

for Advanced Manufacturing“, welcher mit Priorität behandelt wird und als fundamental wichtig für die Beibehaltung der amerikanischen Wirtschaftsmacht deklariert wurde. Zusätzlich gibt es Programme wie die „Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)“ welche zum Ziel hat, Konzepte, Standards, Plattformen und Infrastruktur für die intelligente Fertigung zu entwickeln.⁹⁶ Obwohl z.B. GE selbst Mitglied in dieser SMLC ist, hat der Konzern selbst das Programm „Industrial Internet“ ins Leben gerufen, welches mit dem SMLC zwar vergleichbar, aber breiter gefasst ist und u.a. auch Smart Grids beinhaltet.⁹⁷

- **China:** Peking hat sich zum Ziel gesetzt, die Abhängigkeit von ausländischen Technologien zu reduzieren und strebt eine globale Technologieführerschaft an. Um dies zu erreichen, wurden im 12. Fünfjahresplan (2011-2015) rund 1,2 Billionen Euro zur Stimulierung von Angebot und Nachfrage, sowie Subventionen und Steuererleichterungen zur Verfügung gestellt. Zudem wurde in China 2010 ein Internet of Things Center eröffnet, das jährlich mit 117 Millionen US-Dollar gefördert wird und sich mit der Erforschung von Grundlagentechnologien und Standardisierungsanforderungen beschäftigt. Seit dem findet auch jährlich eine Internet of Things Konferenz dort statt.⁹⁸
- **Indien:** Unter der Schirmherrschaft des Ministeriums für Kommunikation und Informationstechnologie wurde das Projekt „Cyber-Physical Systems Innovation Hub“ gestartet, das unter anderem im Bereich humanoider Robotik forscht.⁹⁹
- **EU:** Auch die Europäische Union führt Förderprogramme im Bereich des Internets der Dinge. Der Förderungsschwerpunkt IKT verfügt dabei mit mehr als 9 Milliarden Euro über das größte Budget.¹⁰⁰

⁹⁶ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015a, p. 19)

⁹⁷ (vgl. Drath & Horch, 2014, p. 56)

⁹⁸ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2013, p. 74f)

⁹⁹ (vgl. a.a.O., p. 75)

¹⁰⁰ (vgl. a.a.O.)

4 Begriffsdefinitionen im Umfeld der Unternehmensdemographie

4.1 Literaturrecherche zu Begriffsdefinitionen im Umfeld der Unternehmensdemographie

Konkretisierung der Fragestellung und Auswahl der Quellen

Die Literaturrecherche sollte folgende Fragestellungen beantworten:

- Wie können Unternehmen anhand quantitativer und/oder qualitativer Kriterien eingeteilt werden?
- Wie sind die einzelnen Begriffe wie KMUs, Familienunternehmen, Mittelstand, etc. definiert?
- Gibt es einheitliche, internationale Standards für die Kategorisierungen von Unternehmen?

Zu diesen oben genannten Fragestellungen wird in den Datenbanken Google Scholar, TU Wien CatalogPlus, ScienceDirect und Taylor & Francis nach passenden Publikationen gesucht.

Ausarbeitung der Suchstrategie

Mithilfe des Schemas aus 2.2 wurde eine Vielzahl an möglichen Suchbegriffen identifiziert. Das Ergebnis dieses strukturierten Brainstormings ist in der folgenden Abbildung zu entnehmen.

→ AND	Begriff 1	Begriff 2	Begriff 3
↓ OR			
Oberbegriff	Unternehmen	Kategorisierung	Standards
Aspekt	KMU, Mittelstand, Großunternehmen, Konzern, Unternehmensgröße	Größe, Einteilung, Unterscheidung, Abgrenzung	Nationale Standards, Internationale Standards
Aspekt	Größe, Struktur, Branche, Art	Klasse, Kriterium, Grenzwert, Unterschied	
Synonyme	Firma, Betrieb, Kleinunternehmen, Institution, Organisation	Kategorie, Auseinanderhaltung	Regel, Norm, Richtmaß
Englische Übersetzung	Enterprise, small and medium-sized enterprises, SME, large size enterprises, LSE, large business, concern, corporation, large-scale enterprise, Global Player, Big Player	Category, class, categorization, classification, distinction, differentiation, boundary	Standard, rule

Tabelle 7: Übersicht Suchbegriffe zur Begriffsdefinition und Abgrenzung

Auf Grundlage dieses Schemas wurden folgende Suchbegriffe für die eingangs genannten Datenbanken ausgewählt:

- „Kategorisierung von Unternehmen“
- „Kategorisierung AND Unternehmen“
- „Einteilung von Unternehmen“
- „Einteilung AND Unternehmen“
- „Unterscheidung von Unternehmen“
- „Unterscheidung AND KMU OR Großunternehmen OR Konzerne“
- „Definition AND KMU“
- „Definition AND Großunternehmen“
- „Classification of SME“
- „Categorization of enterprise“
- „Norm AND Unternehmensgröße“

Dokumentation der Literaturrecherche

Mithilfe der oben ausgewählten Suchbegriffe wurden folgende Resultate bei der Literaturrecherche erzielt. Die heruntergeladenen Resultate entsprechen dabei den zugänglichen Publikationen, welche das Titel- und Abstract-Screening erfolgreich überstanden haben und im Volltext durchsucht wurden.

Datenbank: Google Scholar

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 10, Beachtung der ersten 5 Seiten, Suchdatum 25.05.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Heruntergeladene Resultate
1	Kategorisierung von Unternehmen	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	37.500	2
2	Kategorisierung von Unternehmen	genau diese Wortfolge, keine Filter	54	1
3	Kategorisierung AND Unternehmen	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	37.500	selbe wie bei (1)
4	Einteilung von Unternehmen	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	105.000	1
5	Einteilung von Unternehmen	genau diese Wortfolge, keine Filter	96	selbe wie bei (4)
6	Einteilung AND Unternehmen	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	105.000	selbe wie bei (4)
7	Unterscheidung von Unternehmen	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	213.000	0
8	Unterscheidung von Unternehmen	genau diese Wortfolge, keine Filter	91	0
9	Unterscheidung AND KMU OR Großunternehmen OR Konzerne	Verknüpfung über die Boolesche Operatoren AND und OR, keine Filter	41.000	0
10	Definition AND KMU	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	23.900	0
11	Definition AND Großunternehmen	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	26.900	1
12	Classification of SME	keine Boolesche Operatoren, keine Filter	138.000	1
13	Categorization of enterprises	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	87.000	0
14	Norm AND Unternehmensgröße	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	8.450	1

Tabelle 8: Suchbegriffe Begriffsdefinition und Abgrenzung, Google Scholar

Datenbank: ScienceDirect

Suchergebnisse pro Suchanfrage und Seite: 25, Beachtung der ersten 3 Seiten, Suchdatum 25.05.16

	Schlüsselworte, Suchbegriff	Suchstrategie	Gefundene Resultate	Heruntergeladene Resultate
1	Categorization AND SME	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, keine Filter	1.137	1
2	Classification of SME	keine Booleschen Operatoren, keine Filter	6.381	selbe wie bei (1)
3	Categorization AND enterprise	Verknüpfung über Booleschen Operator AND, kein Filter	8.251	selbe wie bei (1)

Tabelle 9: Suchbegriffe Begriffsdefinition und Abgrenzung, ScienceDirect

Die übrigen Suchbegriffe lieferten weder hier, noch bei den am Anfang genannten Datenbanken TU Wien CatalogPlus und Taylor & Francis brauchbare Resultate.

4.2 Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

4.2.1 Einleitung zu den Begriffsdefinitionen

Entgegen der Vermutung gibt es in der deutschsprachigen betriebswirtschaftlichen Forschung keine klaren Trennlinien zwischen den Begriffen „KMU“, „Mittelstand“ und „Familienunternehmen“. Viel mehr war es die Regel diese Begriffe zu durchmischen und unterschiedlich anzuwenden. Sowohl für Forschungsarbeiten, als auch für wirtschaftliche Anwendungsfälle stellt dies allerdings ein Problem dar, da es unter diesen Umständen schnell zu Unklarheiten und Missverständnissen führen kann. Eine aufkommende Trennung dieser Begriffe ist nicht weniger als ein Paradigmenwechsel in der mittelstandsorientierten Betriebswirtschaftslehre zu sehen.¹⁰¹

4.2.2 Der Begriff „KMU“

4.2.2.1 Einleitung zu „KMU“

Die Abkürzung „KMU“ steht für „Kleine und mittlere Unternehmen“ und zielt hauptsächlich auf eine quantitativ orientierte Perspektive ab.¹⁰² Dabei wird besonders auf die Betriebsgröße geachtet, welche durch einfach messbare Größen wie die Mitarbeiteranzahl, den Umsatz, oder die Bilanzsumme bestimmt werden kann.¹⁰³

Der Vorteil in der Verwendung des Begriffes „KMU“ liegt in der (relativ) einfachen Messbarkeit der Bestimmungsgrößen und wird daher besonders gern für empirische Arbeiten¹⁰⁴, aber auch für andere Anwendungsfälle wie statistische Daten, Vergabe von staatlichen Unterstützungen, Schwellwerte für Steuerzwecke, oder Schwellwerte

¹⁰¹ (vgl. Becker, Staffel, & Ulrich, 2008, p. 5f)

¹⁰² (vgl. a.a.O., p. 5)

¹⁰³ (vgl. Centre for Strategy and Evaluation Services, 2012a, p. 8)

¹⁰⁴ (vgl. Arentz & Münstermann, 2013, p. 5f)

für regulatorische und administrative Aufgaben genutzt.¹⁰⁵ Das Problem dabei ist allerdings, dass es keine allgemeingültige Abgrenzung, bzw. Definition des Begriffs „KMU“ existiert. Viel mehr gibt es unterschiedliche Anschauungen und Herangehensweisen zur Bestimmung und Festlegung der Größengrenzen. Gängige Definitionen hierfür kommen von der EU-Kommission und des IfM-Bonn, auf welche im weiteren Verlauf noch näher eingegangen wird. Ein weiteres Problem ist die dünne Datenlage, da offizielle Statistiken meist nicht alle notwendigen Daten bereitstellen, um die Kriterien für ein KMU vollständig überprüfen zu können.¹⁰⁶

4.2.2.2 Definition von „KMU“ nach dem IfM Bonn

Das IfM Bonn (Institut für Mittelstandsforschung Bonn) definiert den Begriff „KMU“ seit dem 01.01.2016 durch folgende Kriterien:¹⁰⁷

Unternehmensgröße	Zahl der Beschäftigten	Umsatz in € / Jahr
kleinst	bis 9	bis 2 Millionen
klein	bis 49	bis 10 Millionen
mittel	bis 499	bis 50 Millionen
(KMU) zusammen	unter 500	bis 50 Millionen

Tabelle 10: KMU Definition des IfM Bonn

Die Definition von Kleinst- und Kleinunternehmen wurde eingeführt, um eine Harmonisierung mit der europäischen Definition zu erhalten. Allerdings gibt es Unterschiede im Bereich der Beschäftigungszahlen und dem Jahresumsatz, um die Besonderheiten der deutschen Industrie herauszustellen.

4.2.2.3 Definition von „KMU“ nach der Europäischen Kommission

Für die Europäische Union ist es von entscheidender Bedeutung eine einheitliche Definition des Begriffes „KMU“ zu haben. Dies soll garantieren, dass Hilfsprogramme, Strategien und Maßnahmen nur die tatsächlich angestrebten Unternehmen erreichen und die Zuordnung im gesamten Wirkungsbereich der Europäischen Union homogen ist. Die Entscheidung ob ein Unternehmen in die Kategorie der KMUs hineinfällt ist, wie im weiteren Verlauf ersichtlich wird, allerdings gar nicht so einfach wie es auf den ersten Blick scheinen mag.¹⁰⁸

Für die angestrebte Definition verabschiedete die Europäische Kommission am 6. Mai 2003 eine Empfehlung, welche am 1. Jänner 2005 in Kraft trat und die bis dorthin gültige Definition aus dem Jahr 1996 ersetzt hat. Dabei wurden in der aktualisierten Revision lediglich die finanziellen Schwellwerte angepasst und ist an sämtliche Mitgliedsstaaten, sowie an die Europäische Investment Bank (EIB) und den Europäischen

¹⁰⁵ (vgl. Centre for Strategy and Evaluation Services, 2012b, p. 3)

¹⁰⁶ (vgl. Günterberg & Kayser, 2004, p. 2)

¹⁰⁷ URL: <http://www.ifm-bonn.org/definitionen/kmu-definition-des-ifm-bonn/> (23.07.2016)

¹⁰⁸ (vgl. Europäische Kommission, 2015, p. 4)

Investment Fund (EIF) gerichtet.¹⁰⁹ Die gesetzlich verpflichtende Definition für KMU der Europäischen Union ist in der oben genannten Empfehlung der Europäischen Kommission (2003/361/EG, Aktenzeichen K(2003) 1422) im Anhang unter Artikel 2 (L 124/39) zu finden und lautet wie folgt:¹¹⁰

„Mitarbeiterzahlen und finanzielle Schwellenwerte zur Definition der Unternehmensklassen

(1) Die Größenklasse der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) setzt sich aus Unternehmen zusammen, die weniger als 250 Personen beschäftigen und die entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. EUR erzielen oder deren Jahresbilanzsumme sich auf höchstens 43 Mio. EUR beläuft.

(2) Innerhalb der Kategorie der KMU wird ein kleines Unternehmen als ein Unternehmen definiert, das weniger als 50 Personen beschäftigt und dessen Jahresumsatz bzw. Jahresbilanz 10 Mio. EUR nicht übersteigt.

(3) Innerhalb der Kategorie der KMU wird ein Kleinstunternehmen als ein Unternehmen definiert, das weniger als 10 Personen beschäftigt und dessen Jahresumsatz bzw. Jahresbilanz 2 Mio. EUR nicht überschreitet.“

Diese grundsätzliche Definition, ob ein Unternehmen der Kategorie „KMU“ zugeordnet werden kann oder nicht, ist in folgender Abbildung übersichtlich dargestellt:



Abbildung 7: Definition von "KMU" nach der Europäischen Kommission¹¹¹

¹⁰⁹ (vgl. Centre for Strategy and Evaluation Services, 2012b, p. 2)

¹¹⁰ (vgl. Europäische Kommission, 2003, p. 1ff)

¹¹¹ (Europäische Kommission, 2015, p. 10)

Ebenso bietet nachstehende Grafik einen Überblick über die genauen Kriterien zur Einteilung eines Unternehmens in die Unterkategorien „Kleinstunternehmen“, „Kleine Unternehmen“, sowie „Mittlere Unternehmen“:

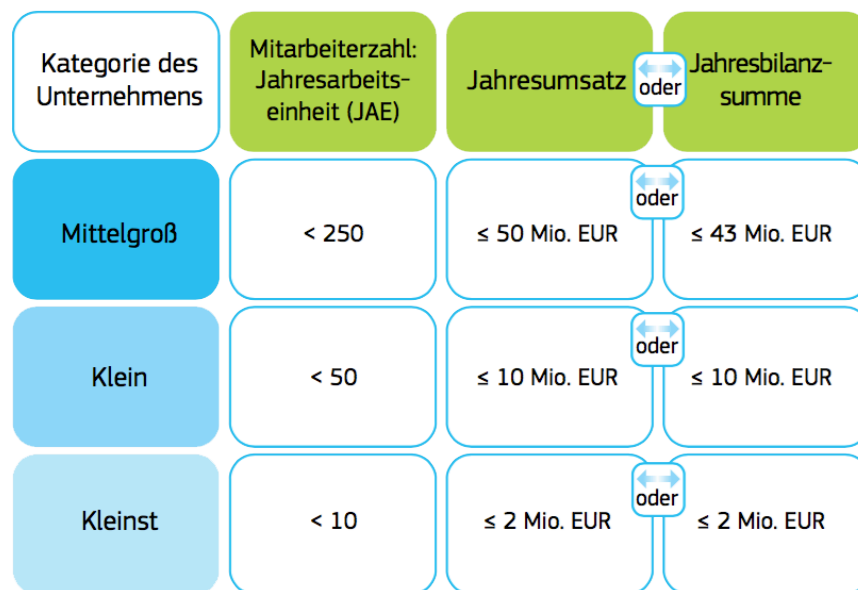


Abbildung 8: Schwellwerte für "KMU" nach der Europäischen Kommission¹¹²

Aus dieser Darstellung ist auch unmittelbar ersichtlich, dass die Einhaltung der Mitarbeiterzahl zwingend notwendig ist, um als KMU eingestuft zu werden. Die Entscheidung, ob für das zweite Kriterium der Jahresumsatz oder die Jahresbilanzsumme herangezogen wird, obliegt dem betreffenden Unternehmen. Der Grund für diese Differenzierung ist die Berücksichtigung der Unterschiede zwischen Handel/Vertrieb und verarbeitendem Gewerbe.

Wichtig zu erwähnen ist, dass die Empfehlung der Europäischen Kommission zudem Begriffsdefinitionen mitführt. So umfasst die Mitarbeiteranzahl alle Vollzeit-, Teilzeit- und Zeitarbeitskräfte sowie Saisonpersonal. Nicht enthalten sind in dieser Definition auszubildende Personen mit Lehr- oder Berufsausbildung, sowie Mitarbeiter im Mutterschafts- oder Elternurlaub.

Schwieriger wird die Angelegenheit bei der Berechnung des Jahresumsatzes, bzw. der Jahresbilanzsumme. Grundsätzlich werden für die Berechnung die Daten des letzten genehmigten Abschlusses verwendet. Allerdings berücksichtigt die Definition der Eu-

¹¹² (Europäische Kommission, 2015, p. 11)

ropäischen Kommission zudem die Unabhängigkeit des Unternehmens von Beteiligungsgesellschaften.¹¹³ Hat nämlich ein Unternehmen Zugriff auf erhebliche zusätzliche Ressourcen, erfüllt es die Kriterien für den KMU-Status möglicherweise nicht! Dafür werden die KMUs zusätzlich in drei Kategorien eingeteilt:¹¹⁴

- **Eigenständiges Unternehmen:** Falls das Unternehmen völlig unabhängig ist, oder es Partnerschaften mit anderen Unternehmen mit einer oder mehreren Minderheitsbeteiligungen von jeweils weniger als 25% besitzt, sind nur die eigenen Daten bei der Berechnung wichtig.
- **Partnerunternehmen:** Falls sich die Beteiligung an einem anderen Unternehmen auf mindestens 25% beläuft, ohne dass der Anteil von 50% überschritten wird, handelt es sich um ein Partnerunternehmen. In diesem Fall muss ein Teil der Daten des Partnerunternehmens für die Berechnung mitberücksichtigt werden.
- **Verbundenes Unternehmen:** Überschreitet die Beteiligung an einem anderen Unternehmen den Schwellwert von 50%, handelt es sich um ein verbundenes Unternehmen. In diesem Fall müssen alle Daten des verbundenen Unternehmens für die Berechnung mitberücksichtigt werden.

Genauere Details zur exakten Berechnung inklusive einiger Fallbeispiele komplexer Konstellationen sind im Benutzerleitfaden zur Definition von KMU der Europäischen Kommission (2015) angeführt.

Es ist zu erwähnen, dass im Durchschnitt ein europäisches Unternehmen nicht mehr als 6 Personen beschäftigt. In so einem klaren Fall wird ohne näher auf die Details des Unternehmens zu achten dieses direkt als KMU eingestuft.¹¹⁵ Auch sieht die Europäische Kommission aktuell keinen Anlass, die EU-Definition für KMU einem größeren Update zu unterziehen. Eine kommende mögliche Anpassung könnte aufgrund von Inflationseffekten, Änderungen im Verhältnis zwischen Umsatz und Bilanz oder ähnlichem notwendig werden. Nach aktuellen Daten sind diese Änderungen aber noch zu gering.¹¹⁶

4.2.2.4 Internationale Unterschiede bei „KMU“

Abgesehen von den angeführten KMU-Definitionen von Deutschland und der Europäischen-Kommission, gibt es auf der ganzen Welt sehr unterschiedliche Kriterien und Schwellwerte zu diesem Begriff. Die folgende Auflistung sollte einige davon verdeutlichen:¹¹⁷

¹¹³ (vgl. Günterberg & Kayser, 2004, p. 4)

¹¹⁴ (vgl. Europäische Kommission, 2015, p. 4ff)

¹¹⁵ (vgl. a.a.O., p. 7)

¹¹⁶ (vgl. Centre for Strategy and Evaluation Services, 2012b, p. 10)

¹¹⁷ (vgl. Günterberg & Wolter, 2002, p. 11f)

- Dänemark, Norwegen: Aufgrund der kleinbetrieblichen Unternehmensstruktur gilt hier die Grenze für KMU nur bis 100 Beschäftigte.
- Schweden: Hier werden grundsätzlich alle Unternehmen mit bis zu 200 Beschäftigten als KMU eingestuft.
- Japan: Die Grenze für KMUs liegt hier bei 300 Mitarbeiter, bzw. bei 300 Millionen Yen. Abweichend davon gibt es noch abhängig vom spezifischen Sektor spezielle Definitionen.
- Frankreich, Italien, Portugal, USA: Hier werden Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten als KMU eingestuft (in USA: „Small Business“)
- Großbritannien: Die Grenzen bezüglich der Mitarbeiteranzahl sind ident mit den Grenzen der Europäischen-Kommission, allerdings liegen die Grenzen für Jahresumsatz, bzw. Bilanzsumme deutlich niedriger.
- Österreich: Da es hier keine eigene KMU-Definition gibt, verwendet die Wirtschaftskammer die Definition der Europäischen-Kommission.

4.2.2.5 Eigene Festlegung der KMU-Definition

Da im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit ständig auf den Begriff KMU verwiesen wird, ist es zwingend notwendig eine einheitliche Definition zu verwenden. Um die Erkenntnisse dieser Diplomarbeit möglichst breit und auch international anwenden zu können, macht es durchaus Sinn, die **Definition der Europäischen Kommission vollständig zu übernehmen**, zumal diese Definition auch in Österreich als Anhaltspunkt verwendet wird (eine verpflichtende Definition existiert in Österreich nicht).¹¹⁸ Selbst in Deutschland wird in der Praxis (zumindest im öffentlichen Sektor) mehr und mehr die gängigen und etablierten Definitionen von KMU durch die der Europäischen Union ersetzt und bekräftigt dadurch die eigene Entscheidung.¹¹⁹ Zudem wird im weiteren Verlauf der Begriff „Mittelstand“ als Synonym verwendet.

4.2.3 Der Begriff „Mittelstand“

4.2.3.1 Grundsätzliches Verständnis unter „Mittelstand“

Grundsätzlich umfasst der Begriff des „wirtschaftlichen Mittelstandes“ über alle Branchen hinweg die Gesamtheit von Unternehmen und Freien Berufen, soweit sie bestimmte quantitative Grenzen nicht überschreiten. Dabei ist es unerheblich, ob es sich dabei um Industrie, Handel, Dienstleistungen oder freie Berufe handelt, solange bei unternehmensbezogenen Analysen die spezifischen betriebswirtschaftlichen Eigenheiten (wie z.B. der Kapital- oder Arbeitsintensität, Größe, etc.) mitberücksichtigt werden. Der Begriff des „wirtschaftlichen Mittelstandes“ ist allerdings ausschließlich in

¹¹⁸ URL: <https://www.wko.at/> (29.07.2016)

¹¹⁹ (vgl. Günterberg & Kayser, 2004, p. 4)

Deutschland in Gebrauch. In allen anderen Ländern spricht man von KMU, also einem rein statistisch abgegrenzten Teil der übrigen Wirtschaft.¹²⁰

In den meisten Fällen erfolgt die quantitative Abgrenzung des Mittelstandes durch die Festlegung von Grenzwerten für bestimmte wirtschaftliche Kennzahlen. Eine solch quantitative Bestimmung des Mittelstandes wird mit KMUs gleichgesetzt, wobei wie schon zuvor die wirtschaftlichen Kennzahlen Umsatzgröße und Anzahl an Beschäftigten am weitesten verbreitet sind.¹²¹ Weitere mögliche Größenindikatoren wären dafür z.B. Gewinn, Anlagevermögen, Bilanzsumme, Wertschöpfung, Stellung am Markt, etc.¹²²

Der „Mittelstand“ umfasst jedoch neben der rein ökonomischen Sichtweise vor allem auch psychologische und soziale Elemente. Besonders qualitativen Aspekte wie die enge Verflechtung zwischen Unternehmen und Unternehmer sind von herausragender Bedeutung.¹²³ Dies dokumentiert sich idealtypisch in Einheit von Eigentum, Leitung, Haftung und Risiko, d.h. der Einheit von wirtschaftlicher Existenz des Unternehmens und seiner Leitung und in der Mitwirkung der Leitung an allen unternehmenspolitisch relevanten Entscheidungen. Ein weiteres besonders wichtiges qualitatives Kriterium ist die völlige oder zumindest weitgehende Unabhängigkeit von Konzernen.¹²⁴ Diese qualitativen Aspekte des Mittelstandes haben nicht nur Einfluss auf die Wahl der Rechtsform des Unternehmens oder die Art der Finanzierung, sondern auch auf das Innovationsverhalten, die Anzahl der Produkte und angebotenen Dienstleistungen und auf die Einstellung der Manager solch ein Unternehmen zu leiten.¹²⁵

Zusammenfassend kann der Mittelstand grundsätzlich auf 3 Wegen von anderen Teilen der Wirtschaft abgegrenzt werden:¹²⁶

- Durch die Festlegung von **quantitativen Grenzen** wirtschaftlicher Kennzahlen wie z.B. die Anzahl der Beschäftigten oder des Umsatzes. In diesem Fall wird der Mittelstand mit KMUs gleichgesetzt.
- Durch **qualitative Bestimmungsmerkmale** wie z.B. der Eigentümerstruktur. In diesem Fall wird der Mittelstand in der Regel mit Familienunternehmen gleichgesetzt.
- Durch eine **Kombination von quantitativen und qualitativen Merkmalen**.

¹²⁰ (vgl. Günterberg & Wolter, 2002, p. 1f)

¹²¹ (vgl. Arentz & Münstermann, 2013, p. 5)

¹²² (vgl. Günterberg & Wolter, 2002, p. 1)

¹²³ (vgl. Becker et al., 2008, p. 5)

¹²⁴ (vgl. Günterberg & Wolter, 2002, p. 2)

¹²⁵ (vgl. Günterberg & Kayser, 2004, p. 2)

¹²⁶ (vgl. Arentz & Münstermann, 2013, p. 3)

4.2.3.2 Definition von „Mittelstand“ nach dem IfM Bonn

Das IfM Bonn verwendet für die Definition des Mittelstandes den qualitativen Aspekt der Einheit von Eigentum und Leitung eines Unternehmens. Um diesen qualitativen Aspekt auch für statistische Erhebungen zugänglich zu machen, wurde diese Definition wie folgt festgelegt:¹²⁷

„In einem mittelständischen Unternehmen

- halten bis zu **zwei natürliche Personen** oder ihre **Familienangehörigen** (direkt oder indirekt) mindestens 50 % der Anteile eines Unternehmens
- diese natürlichen Personen gehören der **Geschäftsführung** an“

Aus dieser Definition geht hervor, dass unabhängig von der Unternehmensgröße das Begriffsumfeld Mittelstand/Familienunternehmen auch Unternehmen inkludiert, die die Schwellwerte für KMUs übersteigen, wobei die Schnittmenge zwischen mittelständischen Unternehmen, bzw. Familienunternehmen und unabhängigen KMUs sehr groß ist. Abhängige KMUs erfüllen hingegen die Mittelstandsdefinition nicht.

Weiters soll erwähnt werden, dass das IfM Bonn die Begriffe „Mittelstand“, „Familienunternehmen“, „Eigentümerunternehmen“ und „familiengeführte Unternehmen“ als Synonyme ansieht.

4.2.3.3 Definition von „Mittelstand“ nach EKAM

Das Europäische Kompetenzzentrum für Angewandte Mittelstandsforschung (EKAM) an der Universität Bamberg führt eine umfangreichere Definition des Begriffes Mittelstand und zeichnet sich durch eine erhöhte Praktikabilität und Relevanz für die anwendungsorientierte Forschung aus. Dabei beinhaltet die Definition von Mittelstand unterschiedlich geführte Unternehmen wie z.B. eigentümer- und familiengeführte Unternehmen, sowie managergeführte Unternehmen und geht bis zu einer Unternehmensgröße von rund 3000 Mitarbeiter, bzw. rund 600 Millionen Euro Jahresumsatz. Die Einteilung der Unternehmensgrößen, bzw. in die jeweiligen Mittelstandstypen erfolgt wie angegeben:¹²⁸

Unternehmensgröße	Zahl der Beschäftigten	Umsatz in € / Jahr
kleinst	bis ca. 30	bis ca. 6 Mio. €
klein	bis ca. 300	bis ca. 60 Mio. €
mittel	bis ca. 3.000	bis ca. 600 Mio. €
groß	3.000 und mehr	ab ca. 600 Mio. €

Tabelle 11: Einteilung der Unternehmensgröße nach EKAM

¹²⁷ URL: <http://www.ifm-bonn.org/definitionen/mittelstandsdefinition-des-ifm-bonn/> (26.07.2016)

¹²⁸ URL: <https://www.uni-bamberg.de/ekam/service/> (26.07.2016)

Neben dieser rein quantitativen Einordnung von Unternehmen, wird ferner detailliert anhand von folgendem Schema auf die qualitativen Merkmale eingegangen.

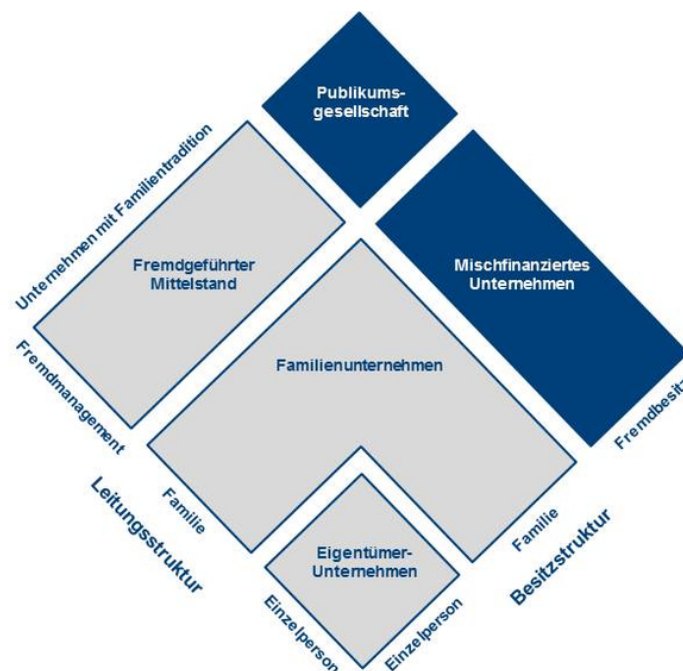


Abbildung 9: Qualitative Einordnung von Mittelstandsunternehmen nach EKAM¹²⁹

Beschreibung der einzelnen Typen aus der obigen Grafik:

- **Typ A:** Eigentümer-Unternehmen: Einheit von Eigentum und Leitung in den Händen einer Person
- **Typ B:** Familienunternehmen: Der Familieneinfluss mit mehr als einer Person spiegelt sich in zumindest einer der Dimensionen Leitungsstruktur und Besitzstruktur wieder, entscheidend für Besitz und Leitung ist jedoch das Primat der Familie. Fremdmanager sind möglich, jedoch obliegt die oberste Entscheidung einem Familienmitglied.
- **Typ C:** Fremdgeführter Mittelstand: Das Unternehmen befindet sich nach wie vor im Besitz einer Einzelperson oder Familie, jedoch wurde die Geschäftsführung komplett ausgelagert.
- **Typ D:** Mischfinanzierter Mittelstand: Befindet sich bereits im Fremdbesitz, aber wird nach wie vor vom Eigentümer, bzw. der Eigentümerfamilie geleitet.
- **Typ E:** Publikumsgesellschaft mit Fremdmanagement: Unterscheiden sich abgesehen von der geringeren Größe nicht von börsennotierten Großunternehmen.

¹²⁹ URL: <https://www.uni-bamberg.de/ekam/service/> (26.07.2016)

4.2.4 Der Begriff „Familienunternehmen“

4.2.4.1 Grundsätzliches Verständnis unter „Familienunternehmen“

Der Begriff des „Familienunternehmen“ ist nicht abschließend geklärt.¹³⁰ Wesentlich für die Kategorisierung ist, wie bereits beim Begriff des Mittelstandes, die Einheit von Eigentum und Leitung¹³¹ und wird deshalb vom IfM Bonn auch als Synonym verwendet.¹³²

4.2.4.2 Internationale Unterschiede bei „Familienunternehmen“

Nach einer Erhebung der KMU Forschung Austria in 33 Ländern (EU-27, Island, Norwegen, Liechtenstein, Türkei, ehem. Jugoslawische Republik, Mazedonien) gab es keine einzige Definition für den Begriff „Familienunternehmen“, welche konsistent national in einem breiteren Umfeld (Politik, Gesetzgebung, Statistik, etc.) eingesetzt wurde. In vielen Ländern wird dabei mehr als eine Definition verwendet, in einigen davon sogar 5 unterschiedliche. Demnach treten quer über Europa rund 90 (!!)-verschiedene Definitionen zu diesem Begriff auf. Die meisten davon setzen einen dominierenden Familieneinfluss in Eigentum und Leitung voraus, andere verlangen einen aktiven Einfluss auf das Tagesgeschäft oder sogar den Umstand, dass das Unternehmen das Einkommen der Familie sicherstellt. In vielen der untersuchten Länder wird dabei der Begriff „Familienunternehmen“ mit „SME“/„KMU“ gleichgesetzt, die übrigen enthalten oftmals gar keine quantitativen Kriterien. Eingeteilt wurden dabei die unterschiedlichen Definitionen u.a. nach den Gesichtspunkten Eigentum (gar nicht spezifiziert bis hin zu detaillierten Schwellwerten), Familieneinfluss (z.B. eigene Leitung, Beeinflussung des Managements, Hauptentscheidung bei der Familie, Unternehmensleitung lag mindestens für 2 Generationen bei der Familie, etc.), Einkommen, Beschäftigung, usw.¹³³

4.2.5 Alternativer Ansatz zur Klassifizierung von Unternehmen¹³⁴

Ein alternativer Ansatz zur Klassifizierung von Unternehmen wurde von Forschern zweier mexikanischer Universitäten unternommen. Die zugrundeliegende Idee bestand darin, Unternehmen anhand des verfügbaren Fachwissens einzuteilen. Dazu wurden Unternehmen aufgrund der vorherrschenden dominanten Problemgruppen im Produktionsprozess unterschiedlichen Typen von Fachwissen zugeteilt. Die Typen teilten sich auf in:

- **Typ 1:** Dominante Probleme sowohl im technischen Bereich, als auch im Bereich des Managements und der Besitzstruktur.

¹³⁰ (vgl. Becker et al., 2008, p. 5)

¹³¹ (vgl. Arentz & Münstermann, 2013, p. 3)

¹³² URL: <http://www.ifm-bonn.org/definitionen/familienunternehmen-definition/> (26.07.2016)

¹³³ (vgl. Mandl, 2008, p. 1ff)

¹³⁴ (vgl. López-Ortega, Canales-Sanchez, Bautista-Godinez, & Macias-Herrera, 2016, p. 1ff)

- **Typ 2:** Dominante Probleme im Design und Planung der Produktion.
- **Typ 3:** Höheres Fachwissen vorhanden, die meisten Probleme wurden gelöst.

Mehr als die Hälfte der über 2000 untersuchten Unternehmen in Mexiko entfielen demnach auf Typ 1, auf Typ 2 entfielen rund 30% und auf Typ 3 der Rest. Dabei konnte kein Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und dem verfügbaren Fachwissen festgestellt werden, da alle Typen unabhängig von der Unternehmensgröße gleichmäßig verteilt sind.

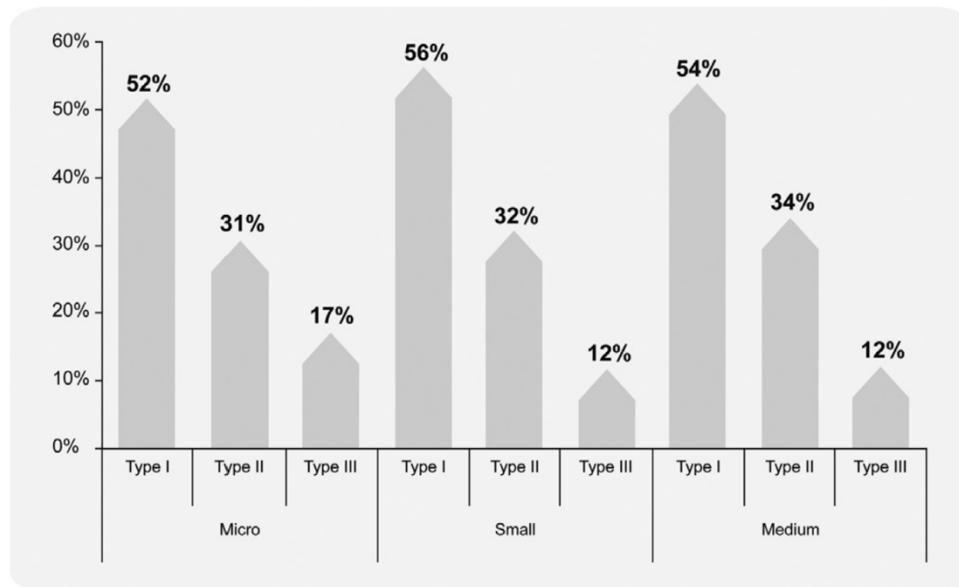


Abbildung 10: Fachwissen in Abhängigkeit der Unternehmensgröße¹³⁵

Obwohl der Ansatz für ein neuartiges Klassifizierungsschema nicht zum Erfolg führte, konnte dadurch die interessante Schlussfolgerung getroffen werden, dass eine steigende Anzahl an Mitarbeitern unabhängig von der Ausweitung des Fachwissens erfolgen kann.

¹³⁵ (López-Ortega et al., 2016, p. 67)

5 Systematische Entwicklung relevanter Erfolgsfaktoren für die Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs

Im Folgenden werden qualitativ die demographischen Unterschiede zwischen KMUs und Großunternehmen, welche im Zusammenhang mit Industrie 4.0 als relevant erscheinen, ausgearbeitet. Die Strukturierung der Ausarbeitung erfolgt dabei in 9 Dimensionen des Reifegradmodells¹³⁶ und sollte dadurch möglichst klar und übersichtlich die Unterschiede aufzählen. Dafür werden die demographischen Unterschiede im ersten Schritt textuell beschrieben und daraus in einer abstrahierten Form eine kompakte tabellarische Übersicht mit den jeweils wichtigsten Unterscheidungsmerkmalen erstellt. Im zweiten Schritt werden anschließend auf Grundlage der gefundenen demographischen Unterschiede der Unternehmen aus dem originalen Reifegradmodell die Attribute mit einer hohen Priorität für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs identifiziert, gegebenenfalls zusammengefasst und genau beschrieben.

Es ist dabei zu beachten, dass die angeführten Attribute bei den Unterschieden in der Unternehmensdemographie nicht mit den Attributen des Reifegradmodells zusammenhängen!

5.1 Dimension 1: Strategie

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Strategie

Umfragen zufolge plant der überwiegende Teil der Großunternehmen die verschiedenen Unternehmensbereiche in Richtung Industrie 4.0 zu lenken, bei den KMUs beträgt dieser Anteil nur etwas mehr als die Hälfte.¹³⁷ Gründe dafür sind im Vergleich zu Großunternehmen u.a. geringere finanzielle und personelle Mittel, welche Engpässe bei Veränderungs- und Umstrukturierungsprozessen verursachen und die Realisierung von Großprojekten erschweren.¹³⁸ Aufgrund der reduzierten Mittel fehlt oftmals eine entsprechende IT-Abteilung, sodass es unter Umständen der Geschäftsführer selbst ist, der die Potentiale der neuen Technologien beurteilen muss. Dabei mangelt es aus zeitlichen Gründen an einem planvollen Management und in weiterer Folge an einer umfassenden Strategie zur Umsetzung solcher Projekte.¹³⁹ Die Umstände, dass bis-

¹³⁶ (vgl. BMWi, 2015b, p. 63)

¹³⁷ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 12)

¹³⁸ (vgl. BMWi, 2015b, p. 44ff)

¹³⁹ (vgl. Schröder, 2016, p. 4ff)

lang nur wenige beispielhafte Referenzlösungen vorliegen, bei denen sich entsprechende Projektleiter ein Bild davon machen könnten¹⁴⁰ und die eingeschränkte Risikofreudigkeit der KMU¹⁴¹ tragen ebenfalls ihren Teil dazu bei.

Beim Thema Nachhaltigkeit sind die KMUs dafür führend, da solche Firmen jenseits der Quartalsberichte auf eine langfristige Entwicklung der Unternehmen achten. Besonders die (teure) Einführung von Innovationen wird dabei gut geplant, da dies auch Einfluss auf die nachfolgenden Generationen hat.¹⁴²

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Demographische Unterschiede in der Dimension 1: Strategie			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Ressourcen	Wie viele Ressourcen (Personal, finanzielle Mittel, Know-how, etc.) stehen für die Einführung neuer Technologien zur Verfügung?	wenig	viel
Umsetzungsstrategie für I40	Wie stark ist das Vorhandensein fundierter und umfassender Strategien in der Unternehmensleitung zur Einführung neuartiger Technologien?	schwach	stark
Umsetzungswille für I40	Gibt es in der Unternehmensleitung Bestrebungen zur Einführung neuartiger Technologien?	mäßig	stark
Nachhaltigkeit	Wird die Einführung neuartiger Technologien nachhaltig geplant?	sehr gut	gut

Tabelle 12: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Strategie

Reduktion der Dimension Strategie

Um KMUs längerfristig auf den Einsatz von Industrie 4.0 vorzubereiten und strategische Entscheidungen bereits vorausschauend treffen zu können, wird es notwendig sein, eine Roadmap zur Einführung von Industrie 4.0 zu erstellen. Bisher existieren kaum Umsetzungsstrategien für eine kommende digitale Zukunft und erschweren daher ein vorausschauendes Handeln der Geschäftsführung. Daher sollten Aktivitäten im Bereich der Digitalisierung, Automatisierung, Vernetzung und dem Sammeln von Daten langfristig geplant werden. Einzig auf das Sammeln von Kennzahlen, um den

¹⁴⁰ (vgl. BMWi, 2015b, p. 2)

¹⁴¹ (vgl. Dangayach, Pathak, & Sharma, 2005, p. 31)

¹⁴² (vgl. BMWi, 2015b, p. 44f)

Fortschritt der Digitalisierung zu messen, kann bei Unternehmen mit einer geringen Größe verzichtet werden, da die Projekte in der Regel überschaubar bleiben.

Falls Industrie 4.0 eingesetzt werden soll (auch schrittweise), ist es unbedingt notwendig entsprechende Ressourcen bereitzustellen. Studien haben belegt, dass gerade bei KMUs oftmals weder die dafür notwendigen finanziellen Mittel, noch genügend Mitarbeiter mit entsprechenden Qualifikationen zur Verfügung stehen. Die Ressourcen sollten aber lediglich für den Einsatz der neuen Produktionstechnologien im eigenen Betrieb verwendet werden. Aufwendungen für die Grundlagenforschung von modernen Produktionsmethoden und der dafür notwendigen Technologien fällt in das Aufgabenspektrum von Großunternehmen, bzw. von mittelständischen Unternehmen die Systeme im Bereich Industrie 4.0 anbieten.

Eine entsprechende Kommunikation und Dokumentation der Aktivitäten im Zusammenhang mit Industrie 4.0 hat zwar gewisse Vorteile und kann, sofern es marketingtechnisch Sinn ergibt, bei Projektstart oder nach erfolgreichem Abschluss eines Industrie 4.0 Projektes durchaus erfolgen. Ich würde diese Aufgaben aber nicht als zwingend notwendig erachten. Auch eine umfangreiche zentrale Sammlung der Erkenntnisse und Erfahrungen im Zusammenhang mit der Implementierung neuartiger Produktionstechnologien wird nicht unbedingt notwendig sein, da sich Aufgrund der geringen Mitarbeiteranzahl ohnehin meist dasselbe Projektteam um die entsprechende Umsetzung kümmern wird, oder zumindest für Rückfragen schnell zur Verfügung steht. Auch eine entsprechende Kommunikation mit Stakeholdern erachte ich eher als überflüssig, da gerade KMUs in vielen Fällen direkt vom Inhaber geführt werden, d.h. die entsprechenden Innovationsprojekte auch direkt vom Inhaber der Firma gefördert und unterstützt werden.

Wichtig hingegen ist eine eingehende Prüfung der bestehenden Geschäftsmodelle. Obwohl die Individualisierung der Produkte bei KMUs zum Tagesgeschäft gehört, sollte überprüft werden, ob durch ein Mehr an Digitalisierung ein zusätzlicher Nutzen geschaffen werden kann, bzw. ob eine engere Vernetzung mit dem Kunden sinnvoll erscheint. Zudem sollte überprüft werden, ob mit den neu gewonnenen Daten interessante und hilfreiche Informationen zum Verständnis der Marktsituation gewonnen werden können.

Die interne Unternehmensphilosophie hin zu einer Industrie 4.0-freundlichen Belegschaft muss vom Unternehmensleiter forciert werden, hat aber aufgrund der länger andauernden Projektdauer zur Einführung entsprechender Technologien nicht den höchsten Stellenwert.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 1: Strategie		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D1A1	Implementierung einer Industrie 4.0 Roadmap	✓
D1A2	Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0	✓
D1A3	Kommunikation und Dokumentation der I40-Aktivitäten	✗
D1A4	Aspekte der Industrie 4.0 in den derzeitigen Geschäftsmodellen	✓
D1A5	Existenz einer Strategie zur digitalen Transformation des Unternehmens	✓
D1A6	Vereinbarkeit der Unternehmensphilosophie mit Industrie 4.0	✗

Tabelle 13: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Strategie

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D1A1 („Implementierung einer Industrie 4.0 Roadmap“) und D1A5 („Existenz einer Strategie zur digitalen Transformation des Unternehmens“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Strategie

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 1: Strategie	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen	Sollte im Unternehmen eine Strategie vorhanden sein, um den Digitalisierungsgrad zu erhöhen?
Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0	Sollten im Unternehmen Ressourcen konkret für die Realisierung von Industrie 4.0 Projekten vorgesehen werden?
Aspekte der Industrie 4.0 in den derzeitigen Geschäftsmodellen	Sollte Ihr Geschäftsmodell Aspekte der Industrie 4.0 berücksichtigen?

Tabelle 14: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Strategie

5.2 Dimension 2: Leitung

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Leitung

Bei der Leitung von KMUs handelt es sich überwiegend um Eigentümer-Unternehmer, welche meist eine eher technisch fundierte Ausbildung absolviert und dafür Defizite im Bereich der Führungs- und Methodenkenntnissen haben.¹⁴³ In diesen Unternehmen ist der Inhaber eine Art König, welcher weder austauschbar, noch kritisierbar ist. Dadurch wird das Unternehmen sehr stark von der Persönlichkeit des Unternehmers geprägt.¹⁴⁴ Im Gegensatz dazu findet man in Großunternehmen hauptsächlich klassische „Manager“, welche über umfangreiche Unternehmensführungskennntnisse verfügen und sich das notwendige technische Wissen über Stäbe und Fachabteilungen besorgen können.¹⁴⁵

Die flache Auslegung der Hierarchie bei KMUs ermöglicht die direkte Kommunikation mit der Unternehmensspitze und dadurch sehr kurze Entscheidungswege.¹⁴⁶ Besonders die enge persönliche Bindung der Eigentümer-Unternehmer zu den Beschäftigten führt zu einer informellen Kontaktaufnahme, fördert die kurzen Entscheidungswege und trägt zu einem guten Sozialklima bei.¹⁴⁷ Dennoch haben viele KMUs Betriebsgrößen erreicht, welche wesentlich personenunabhängigere Strukturen erforderlich machen würden. Aufgrund der starken Rolle der Unternehmensperson und seiner „Erfolgsstory“ kommt es aber oftmals nicht dazu und führt dazu, dass nur einzelne Füh-

¹⁴³ (vgl. BMWi, 2015b, p. 42)

¹⁴⁴ (vgl. Mugler, 1995, p. 18)

¹⁴⁵ (vgl. Pfohl, 2013, p. 19ff)

¹⁴⁶ (vgl. Immerschitt & Stumpf, 2014, p. 30)

¹⁴⁷ (vgl. BMWi, 2015b, p. 42)

Personen einen kompletten Überblick über die Firma haben. Bei diesen Personen kommt es dann zu einer Funktionsanhäufung,¹⁴⁸ sodass Delegation nur noch in einem beschränkten Umfang möglich ist.¹⁴⁹

In Großunternehmen ist diese Form der Unternehmensleitung nicht mehr möglich. Es kommt zu einer starken Arbeitsteilung, die komplexe Organisationsstrukturen und Abteilungsbildung erforderlich macht. Aufgaben werden dann von der Unternehmensleitung in vielen Bereichen im großen Stil delegiert und hat sowohl eine eingeschränkte Flexibilität, als auch Koordinationsprobleme und einen hohen Formalisierungsgrad zur Folge.¹⁵⁰

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Demographische Unterschiede in der Dimension 2: Leitung			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Führungskompetenz	Wie gut sind die (methodischen) Fähigkeiten der Unternehmensleitung zur Führung eines Unternehmens?	mäßig	sehr gut
Führungskompetenz austauschbar	Ist es möglich die Unternehmensleitung auszutauschen?	sehr schwer	einfach
Entscheidungswege	Wie lange dauert eine Entscheidungsfindung und wie läuft diese ab?	schnell / einfach	langsam / schwer
Delegation	Wie gut können Unternehmensleiter Aufgaben an Mitarbeiter delegieren, bzw. wie stark wird davon Gebrauch gemacht?	schlecht / wenig	einfach / viel
Organisationsform	Wie hoch ist der Komplexitätsgrad der Organisation des Unternehmens?	niedrig	hoch

Tabelle 15: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Leitung

Reduktion der Dimension Leitung

Die Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0 ist besonders bei KMUs von entscheidender Bedeutung, da gerade bei kleineren Unternehmen der Unternehmensleiter die notwendigen Ressourcen dafür bereitstellen muss. Bei stark eingeschränkten Ressourcen obliegt es sogar meist dem Unternehmensleiter

¹⁴⁸ (vgl. BMWi, 2015b, p. 42)

¹⁴⁹ (vgl. Pfohl, 2013, p. 19)

¹⁵⁰ (vgl. a.a.O.)

persönlich, der auch oftmals zugleich Inhaber der Firma ist, sich mit dem Thema Industrie 4.0 auseinanderzusetzen und die Potentiale zu erkennen. Die Innovationen passieren daher fast ausschließlich top-down und werden den Mitarbeitern aufgegeben. Bei der Einführung, bzw. Unterstützung von neuartigen Produktionstechnologien verhält es sich identisch.

Die Recherche hat gezeigt, dass Leiter von mittelständischen Unternehmen oftmals eine eher technische Ausbildung absolviert haben. Dies hilft beim Erkennen der Potentiale der Industrie 4.0, bzw. bei der Einschätzung neuer Produktionstechnologien, allerdings kann das oft fehlende Methodenwissen zur Einführung solcher Technologien hemmend wirken.

Aufgrund der geringen Größe der Unternehmen und der beschränkten Anzahl an Mitarbeiter kann auf eine zentrale Koordinationsstelle für Industrie 4.0 Projekte verzichtet werden. Die entsprechenden Projekte werden ohnehin entweder zentral vom Unternehmensleiter oder von einer kleinen, in sich geschlossenen Projektgruppe organisiert.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 2: Leitung		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D2A1	Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0	✓
D2A2	Eignung der existierenden Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0	✓
D2A3	Existenz einer Koordinationsstelle für Industrie 4.0	✗

Tabelle 16: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Leitung

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Leitung

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 2: Leitung	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0	Sollte die Umsetzung von Industrie 4.0 von der gesamten Führungsebene Ihres Unternehmens aktiv unterstützt und gefördert werden?
Eignung der existierenden Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0	Sollte die Führungsebene Kompetenzen zur Umsetzung von Industrie 4.0 besitzen?

Tabelle 17: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Leitung

5.3 Dimension 3: Produkte

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Produkte

Großunternehmen decken meist eine großdimensionierte Nachfrage in einem räumlich und/oder sachlich breiten Marktsegment ab. KMUs hingegen sind eher auf die individualisierte Nachfrage in einem schmalen Marktsegment spezialisiert.¹⁵¹ Aufgrund der geringeren Stückzahlen können kleinere Unternehmen nicht so stark von Kostenersparnissen durch Skaleneffekte (Economies of Scale) profitieren wie es bei größeren Unternehmen der Fall ist. Auch sind die kleineren Unternehmen stärker den Marktschwankungen ausgesetzt, da Auftragsspitzen durch begrenzte Ressourcen weniger leicht ausgeglichen werden können, bzw. Absatzeinbrüche schneller finanzielle Schwierigkeiten mit sich bringen.¹⁵²

Eine wichtige Differenzierungsmöglichkeit zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit stellt für KMUs die Qualität der Produkte dar. Obwohl systematische und strukturierte Maßnahmen zur Qualitätssicherung kaum Anwendung finden, werden die hohen Qualitätsansprüche besonders durch qualifiziertes Personal erreicht, welches die Qualitätsphilosophie des Unternehmens umsetzt.¹⁵³ Für Großunternehmen ist Qualität – wenn auch nicht im selben Maße wie für KMUs – ebenfalls von großer Bedeutung. Allerdings wird versucht, die angestrebten Qualitätsziele durch den Einsatz von Technologie zu erreichen. Daher sehen Großunternehmen die Qualität auch verstärkt als einen Treiber für Industrie 4.0 an.¹⁵⁴

¹⁵¹ (vgl. Pfohl, 2013, p. 20)

¹⁵² (vgl. BMWi, 2015b, p. 42f)

¹⁵³ (vgl. a.a.O., p. 44)

¹⁵⁴ (vgl. BMWi, 2015a, p. 36)

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Demographische Unterschiede in der Dimension 3: Produkte			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Individualisierung	Wie gut gehen die Unternehmen auf die individuellen Wünsche der Kunden ein?	sehr gut	schlecht
Marktsegment	Wie groß ist das Marktsegment, das von den Unternehmen beliefert wird?	schmal	breit
Stückzahlen	Wie hoch sind die Stückzahlen der Produkte?	niedrig	hoch
Qualitätsanspruch	Wie wichtig ist die Qualität der angebotenen Produkte?	sehr wichtig	wichtig
Qualitätsmaßnahmen	Wie wird das angestrebte Qualitätsziel primär erreicht?	qualifiziertes Personal	Technologie

Tabelle 18: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Produkte

Reduktion der Dimension Produkte

Die Möglichkeit, Produkte von KMUs mit anderen Herstellern zu vernetzen sehe ich als sehr wichtig an, da gerade KMUs oftmals als Zulieferer von Großunternehmen im Einsatz sind. Um die Produkte entsprechend absetzen und in größeren Baugruppen einsetzen zu können wird es notwendig sein, etablierte Industriestandards in Form von Protokollen, Schnittstellen, oder ähnlichem zu unterstützen. Auch die Individualisierung der Produkte, eine der wichtigsten Differenzierungsmerkmale von KMUs, ist von entscheidender Bedeutung und sollte so gut wie möglich auch durch den Einsatz moderner Produktionstechnologien unterstützt werden.

Als weniger wichtig sehe ich zu Beginn der Einführung von Industrie 4.0 das Vorhandensein von integrierten elektronischen Komponenten in den Produkten. Diese wären zwar als „Produktgedächtnis“ längerfristig für die Erfüllung einer Industrie 4.0-Vision notwendig, in einer frühen Phase kann darauf allerdings verzichtet werden. Gerade aufgrund der geringen Stückzahlen wird der Nutzen solcher Komponenten bei KMUs nicht ganz so hoch sein wie bei Großunternehmen. Folglich ist es auch nicht zwingend notwendig den Produkten in dieser frühen Phase eine Form von Autonomie zu verleihen, da die in der Regel arbeitsintensiven Produkte weniger stark automatisiert gefertigt werden, eine Selbststeuerung der Produkte also nicht so stark zur Geltung kommen kann. Auch eine Digitalisierung der Produkte im Sinne von Datenerzeugung, bzw. Verarbeitung auf Produktebene wird aufgrund der zuvor argumentierten Nichtnotwendigkeit von elektronischen Komponenten am Anfang nicht zu erreichen, bzw. nicht unbedingt notwendig sein.

Auch wenn die Flexibilität von Produkten sehr wichtig erscheint denke ich, dass KMUs nicht notwendigerweise Funktionen in Ihren Produkten im nachhinein freischalten können müssen. Diese Produkte werden in der Regel bereits zuvor individualisiert und an die Bedürfnisse der Kunden angepasst. Eine flexible Produktcharakteristik erscheint mir daher eher bei einer großen Anzahl neutral gefertigter Produkte von Großunternehmen sinnvoll, die dann erst in einem zweiten Schritt beim Kunden, bzw. vom Kunden selbst angepasst werden können.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 3: Produkte		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D3A1	Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen	✓
D3A2	Möglichkeit Produkte zu individualisieren	✓
D3A3	Existenz eingebetteter Systeme in Produkten	✗
D3A4	Autonomie (Selbstständigkeit) der Produkte	✗
D3A5	Digitalisierung der Produkte	✗
D3A6	Flexibilität der Produkt-Charakteristika	✗

Tabelle 19: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Produkte

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Produkte

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 3: Produkte	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen	Sollte die Möglichkeit bestehen, Ihre Produkte untereinander (intern) bzw. mit Systemen anderer Hersteller (extern) zu vernetzen?
Möglichkeit Produkte zu individualisieren	Sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, Ihre Produkte zu individualisieren?

Tabelle 20: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Produkte

5.4 Dimension 4: Kunden

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Kunden

Bei der Bereitstellung von Leistungen orientieren sich KMUs an den individuellen Wünschen der Kunden.¹⁵⁵ Durch einen verstärkten Einsatz von Industrie 4.0 wird es möglich sein, die Kundenanforderungen noch besser zu erfüllen,¹⁵⁶ in dem die Wünsche und Bedürfnisse nicht erst im Produktionsprozess einfließen, sondern bereits in früheren Phasen wie etwa Entwicklung, Bestellung, Planung, Zusammensetzung und Vertrieb der Produkte. Dadurch können Faktoren wie Qualität, Zeit, Risiko, Preis und Umweltverträglichkeit dynamisch über alle Teile der Wertschöpfungskette hinweg verhandelt werden und ermöglicht die Schaffung neuer Geschäfts- und Kooperationsmodelle.¹⁵⁷ Zudem kann eine Veränderung der Geschäftswelt, welche eine stetig steigende Individualisierung der Produkte mit sich bringt, gerade für KMUs besonders positive Auswirkungen haben, da diese im Gegensatz zu Großunternehmen bereits seit langer Zeit sehr kundennah ausgerichtet und auf eine individuelle Produktion spezialisiert sind.¹⁵⁸

Außerdem weisen KMUs häufig einen lokalen Bezug auf¹⁵⁹, durch den diese oftmals traditionellen und etablierten Unternehmen, aber auch kleine innovative Unternehmen, sehr nahe am Kunde sind¹⁶⁰ und dadurch sehr schnell auf Marktveränderungen reagieren können.¹⁶¹ Wichtig für diese Unternehmen ist es den Kundenkontakt zu bewahren. Dies geschieht gerade bei KMUs oftmals direkt durch ein persönliches Netzwerk

¹⁵⁵ (vgl. Mugler, 1995, p. 18)

¹⁵⁶ (vgl. PWC, 2014, p. 6)

¹⁵⁷ (vgl. Deloitte, 2014, p. 7)

¹⁵⁸ (vgl. Dombrowski, Herrmann, Lacker, & Sonnentag, 2009, p. 5)

¹⁵⁹ (vgl. a.a.O., p. 11)

¹⁶⁰ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2011, p. 33)

¹⁶¹ (vgl. Dombrowski et al., 2009, p. 51)

des Unternehmers mit den Kunden, Lieferanten und der für ihn relevanten Öffentlichkeit.¹⁶² Zudem versuchen aktuell viele Unternehmen, ihre Kundenbeziehungen und ihr Angebot durch IKT zu unterstützen und auszubauen. Beispiele dafür wären unter anderem der Einsatz von eCRM, bei dem Softwarelösungen zur Kundengewinnung und zur Bestandspflege eingesetzt werden oder etwa die Verwendung von eNewsletter, bei dem Kunden durch ein elektronisches Rundschreiben kontaktiert werden.¹⁶³ Die Bewahrung und Pflege der bestehenden Kontakte ist dabei äußerst wichtig, da KMUs nicht die Finanzierungsmittel für eine große Werbekampagne zur Verfügung stehen. Dies erschwert die Akquisition neuer Kunden, da diese Unternehmen oft nur im lokalen Umfeld bekannt sind.¹⁶⁴ Um diesen Umstand zu verbessern, hoffen viele Unternehmen durch den Einsatz von Industrie 4.0 auf einen Vernetzungseffekt, aus dem neue Geschäftskontakte entstehen sollen. Besonders kleine Unternehmen empfinden diese Chance relativ zu den mittleren und großen Unternehmen als besonders groß.¹⁶⁵

Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist die Kundenzufriedenheit und -bindung. Gerade für KMUs spielt dies eine entscheidende Rolle. Während Großunternehmen durch den Einsatz von Industrie 4.0 überwiegend Vorteile in der Qualitätssteigerung sehen, erhoffen sich KMUs durch eine mögliche stärkere Differenzierung und neue Services eine Steigerung der Kundenzufriedenheit¹⁶⁶, bzw. durch den Einsatz von Supply-Chain-übergreifenden Datendiensten eine stärkere Kundenbindung.¹⁶⁷ Die strategische Stellung gegenüber Kunden ist bei KMUs sehr uneinheitlich, wohingegen die Großunternehmen in der Regel eine sehr gute Wettbewerbsstellung besitzen.¹⁶⁸

Die Veränderungen in den Geschäftsprozessen wurden aber auch durch ein stark verändertes Nutzungsverhalten der Kunden ausgelöst, welches zugleich der stärkste Treiber für Digitalisierung darstellt. Durch stetig steigende Möglichkeiten im digitalen Bereich und ein immer breiter werdendes digitales Angebot, über welches Services und Dienstleistungen über Apps auf Smartphones und Tablets konsumiert werden können, verändert sich aber auch der Wunsch, Produkte und Leistungen schneller konsumieren zu können. Diese Transformation betrifft dabei sowohl das B2C- als auch das B2B-Geschäft und erfordert eine Anpassung der traditionellen Geschäftsprozesse. Allerdings sind Mittelständler bei der Einführung der Digitalisierung langsamer, da diese mit größeren Problemen wie etwa eingeschränkten Ressourcen und mit mehr Widerstand aus der Belegschaft zu kämpfen haben. Daher bewegen sich diese oftmals

¹⁶² (vgl. Mugler, 1995, p. 18)

¹⁶³ (vgl. Deloitte, 2013, p. 22ff)

¹⁶⁴ (vgl. Dombrowski et al., 2009, p. 11)

¹⁶⁵ (vgl. BMWi, 2015a, p. 9)

¹⁶⁶ (vgl. a.a.O., p. 36)

¹⁶⁷ (vgl. PWC, 2014, p. 24)

¹⁶⁸ (vgl. Pfohl, 2013, p. 20)

in einem Spannungsfeld zwischen einer strategischen Notwendigkeit die Digitalisierung voranzutreiben einerseits und einer eher rückwärtsgewandten Unternehmenskultur andererseits.¹⁶⁹

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Demographische Unterschiede in der Dimension 4: Kunden			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Erfüllung von individuellen Kundenwünschen	Wie gut werden individuelle Kundenwünsche erfüllt?	sehr gut	schlecht
Kundennähe	Wie stark ist die Nähe zum Kunden?	sehr stark	schwach
Kundenkontakt und -beziehung	Wie stark ist der persönliche Kontakt zum Kunden?	sehr stark	schwach
Kundenkontakte durch I40	Wie werden die Chancen bewertet, durch den Einsatz von I40 neue Kundenkontakte zu erhalten?	sehr gut	gut
Kundenbindung und -zufriedenheit	Wie wichtig sehen die Unternehmen die Bindung eines bestehenden Kunden an das Unternehmen, bzw. wie wichtig sehen sie die Erfüllung der Kundenwünsche?	sehr wichtig	wichtig
Erreichen neuer Kundenkontakte	Wie ist das Erreichen neuer Kundenkontakte zu bewerten?	schwer	einfach
Stellung gegenüber Kunden	Wie gut ist die Stellung gegenüber dem Kunden?	sehr uneinheitlich	gut
Digitales Nutzungsverhalten der Kunden	Wie stark werden digitale Medien von Kunden genutzt?	stark	stark

Tabelle 21: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Kunden

Reduktion der Dimension Kunden

Durch ein stark verbessertes Angebot an Technologie für den Massenmarkt, sind große Teile der Kundengruppen technikaffin geworden und stehen neuen Technologien offen gegenüber. Beispielsweise können solche Technologien für die Bestellabwicklung unterstützend wirken und auch den Kontakt zum Unternehmen vereinfachen. Da gerade bei KMUs Bestellungen nach wie vor oftmals telefonisch oder via Fax abgewickelt werden, besteht hier ein enormes Einsparungspotential. Zudem können

¹⁶⁹ (vgl. Deloitte, 2013, p. 9ff)

diese Medien für einen guten und schnellen Service unterstützend wirken und sollten auch für solche Zwecke eingesetzt werden. Die Nutzung der Kundendaten über deren Verhalten kann bei richtiger Anwendung zudem helfen die Services des Unternehmens zu verbessern und so die Kundenbindung weiter zu erhöhen. Auch könnte es dadurch möglich sein, neue Kundenkontakte zu gewinnen.

Weniger wichtig hingegen erscheint die direkte Integration der Kunden in die Unternehmensaktivitäten, da KMUs ohnehin bereits sehr nahe am Kunden agieren und auf eine weitere Integration daher verzichtet werden kann.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 4: Kunden		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D4A1	Offenheit der Kunden gegenüber neuen Technologien	✓
D4A2	Kompetenz der Kunden im Umgang mit digitalen Medien	✓
D4A3	Integration der Kunden in die Unternehmensaktivitäten	✗
D4A4	Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten	✓
D4A5	Digitalisierung des Kundenkontaktes	✓

Tabelle 22: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Kunden

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D4A1 („Offenheit der Kunden gegenüber neuen Technologien“) und D4A2 („Kompetenz der Kunden im Umgang mit digitalen Medien“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit neuen Technologien“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Kunden

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 4: Kunden	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit neuen Technologien	Sollte Ihre Kundenzielgruppe offen gegenüber neuen Technologien sein, bzw. sollte diese eine hohe Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien aufweisen?
Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten	Sollten die gesammelten Daten über Ihre Kunden und deren Verhalten genutzt werden?
Digitalisierung des Kundenkontaktes	Sollte der Kundenkontakt Ihres Unternehmens digitalisiert und über das Internet abgewickelt werden?

Tabelle 23: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Kunden

5.5 Dimension 5: Geschäftsprozesse

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Geschäftsprozesse

KMUs priorisieren insbesondere prozess- und kundenorientierte Kompetenzen, wobei Fähigkeiten zur Koordination von Arbeitsabläufen und organisationsbezogene Kompetenzen besonders hervorgehoben werden.¹⁷⁰ Diese Fähigkeiten sind auch für den besonders hohen Anteil an manuellen und hybriden Tätigkeiten in der Produktion von KMUs notwendig und erscheinen nachvollziehbar. Großunternehmen hingegen produzieren überwiegend kapitalintensiv mit hohen Stückzahlen. Dies macht eine ständige Optimierung zum festen Bestandteil des Prozessmanagements und führt zu einer hochautomatisierten Produktion.¹⁷¹ Eine Folge davon ist, dass große Unternehmen in der Integration der Produktionsanlagen mit übergeordneten IT-Systemen bereits wesentlich weiter fortgeschritten sind als kleinere Unternehmen, bei denen das Optimierungspotential nicht so hoch ist.¹⁷² Umfragen widerspiegeln dieses Ergebnis, in dem Vertreter großer Firmen besonders ihre technologie- und datenorientierte Fähigkeiten wie z.B. Problemlösungs- und Optimierungs-kompetenzen, bzw. interdisziplinäres Denken und Handeln hervorheben.¹⁷³

Unterschiede treten auch bei der Steuerung der Kernprozesse in den unterschiedlichen Unternehmenstypen auf. Großunternehmen setzen in viel stärkerem Umfang auf technisch basierte Verfahren wie etwa Manufacturing-Execution-Systems (MES), permanente Monitoring- und Identifikationsverfahren oder simulationsbasierte Früherkennungsmethoden. KMUs hingegen sind in diesem Bereich weniger technisch versiert

¹⁷⁰ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 5)

¹⁷¹ (vgl. Schröder, 2016, p. 11)

¹⁷² (vgl. a.a.O., p. 7)

¹⁷³ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 14)

und greifen auf traditionelle Methoden und Unterlagen wie gedruckte Pläne und auf die Erfahrung der Mitarbeiter zurück.¹⁷⁴ Dies ist nicht zuletzt auch aufgrund der geringeren Komplexität der Produkte und deren Fertigung möglich, das zudem eine dezentrale Entscheidungsfindung weniger wichtig macht als bei Großunternehmen.¹⁷⁵

Aufklärungsbedarf besteht allerdings bei KMUs über die Potentiale der vertikalen und horizontalen Integration. Die Vorteile, welche eine durchgängige Vernetzung mit sich bringt, werden bislang außerhalb von Großunternehmen nicht erkannt. Zudem sollte bei Mittelständlern eine Sensibilisierung über die neuen Geschäftsmöglichkeiten stattfinden, da auch in diesem Bereich, sowie im Know-how in Bezug auf Voraussetzungen und Anforderungen, Defizite bestehen.¹⁷⁶

Ein weiterer Punkt betrifft die Spezialisierung von KMUs auf Nischen. Da sich kleinere Unternehmen oftmals auf das Kerngeschäft konzentrieren, wird der Gesamtprozess und die Wertschöpfungskette auf mehrere Firmen aufgeteilt. Dies hat allerdings eine Vielzahl von Schnittstellen und einen einhergehenden Wissensverlust zur Folge.¹⁷⁷ Für KMUs ist dies eine besondere Herausforderung, da diese über weniger Ressourcen und weniger Know-how verfügen um sich diesen Aufgaben zu stellen. Dies zeigt auch der geringe Verbreitungsgrad von Cloud-Diensten, welcher eine solche Verknüpfung mehrerer Unternehmen vereinfachen würde.¹⁷⁸

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

¹⁷⁴ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 11)

¹⁷⁵ (vgl. BMWi, 2015b, p. 299)

¹⁷⁶ (vgl. a.a.O., p. 113)

¹⁷⁷ (vgl. Dombrowski et al., 2009, p. 11)

¹⁷⁸ (vgl. Schröder, 2016, p. 4ff)

Demographische Unterschiede in der Dimension 5: Geschäftsprozesse			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Prozess- und kundenorientierte Kompetenzen	Wie stark priorisieren die Unternehmen prozess- und kundenorientierte Fähigkeiten wie z.B. die Koordination von Arbeitsabläufen?	stark	mäßig
Technologie- und datenorientierte Fähigkeiten	Wie stark priorisieren die Unternehmen Technologie- und datenorientierte Fähigkeiten wie z.B. Optimierungskompetenz?	mäßig	stark
Steuerung von Kernprozessen	Welche Hilfsmittel werden für die Steuerung der wichtigsten Prozesse verwendet?	traditionelle Unterlagen und Erfahrung	technisch basierte Verfahren
Erkennung von Potentialen	Wie gut werden die Potentiale einer vertikalen und/oder horizontalen Integration von Geschäftsprozessen erkannt?	schlecht	sehr gut
Bedeutung der Dezentralität	Wie wichtig ist es Entscheidungsprozesse dezentral treffen zu können?	mäßig	sehr wichtig
Auswertung von Datenströmen	Wie gut werden prozess- und unternehmensübergreifende Datenströme ausgewertet und für Dienstleistungen, bzw. Optimierungen genutzt?	schlecht	gut
Verknüpfung von Produktionsanlagen mit IT-Systemen	Wie gut werden die Produktionsanlagen mit übergeordneten IT-Systemen vernetzt?	schlecht	sehr gut

Tabelle 24: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Geschäftsprozesse

Reduktion der Dimension Geschäftsprozesse

Um die Geschäftsprozesse bei KMUs in Richtung Industrie 4.0 zu lenken, werden in den nächsten Jahren eine Vielzahl an Änderungen notwendig sein. Eine Maßnahme, um solche Änderungen überhaupt einleiten zu können wird die Sensibilisierung der Belegschaft sein, die durch passende Workshops an das neuartige Thema herangeführt und dabei über die Vorteile und Auswirkungen informiert werden muss. Auch der Einsatz digitaler Komponenten und Software (z.B. MES, ERP, PLM, etc.) entlang der Wertschöpfungskette sollte selbst bei KMUs implementiert werden.

Solange sich die Produktion auf einem niedrigen Stückzahlniveau befindet, bzw. nach wie vor ein hohes Maß an manueller Arbeit erforderlich ist, macht es aus meiner Sicht wenig Sinn die Wertschöpfung vollständig zu automatisieren. Die menschliche Arbeit kann nur beschränkt in eine digitale gesteuerte Anlage einfließen, daher wird es auch notwendig sein die Wertschöpfungskette manuell zu beeinflussen. Allerdings sollten

die passenden Informationen an der richtigen Stelle jederzeit für die Mitarbeiter zur Verfügung stehen, sodass diese über eine optimale Entscheidungsgrundlage verfügen. Dazu wird es notwendig sein, die Informationen in einer standardisierten Form auf einer zentralen Plattform abzulegen und diese auf einem standardisierten Weg in einem passenden Medium weiterzugeben.

Aufgrund der geringeren Unternehmensgröße und den oftmals schwierigen Umständen Aufgaben und Entscheidungen bei KMUs zu delegieren, ist eine Dezentralisierung des Wertschöpfungssystems nicht zwingend erforderlich. Es sollte zwar eine gewisse Autonomie sichergestellt werden, aber die Entscheidungen sollten, nicht zuletzt wegen der oftmals fehlenden Organisationsstrukturen, eher zentral erfolgen.

Dafür muss versucht werden, die Wertschöpfungsprozesse in einem gewissen Maß zu standardisieren, sodass eine Vernetzung der Wertschöpfungsprozesse und eine entsprechende Bereitstellung von Informationen überhaupt erst möglich wird. Zudem sollte die Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse gewährleistet werden, sodass KMUs schnell und mit wenig Aufwand auf besondere Wünsche und Anforderungen reagieren können. Eine optimale Versorgung der Mitarbeiter mit den notwendigen Daten unterstützt die Flexibilität und sorgt für reibungslose Abläufe.

Eine direkte Integration externer Partner in die Wertschöpfungs- und Informationsprozesse ist, vergleichbar mit der Argumentation beim Attribut D4A3 („Integration der Kunden in die Unternehmensaktivitäten“), aufgrund der ohnehin bereits engen Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen nicht unbedingt erforderlich. Auch eine abteilungsübergreifende und interdisziplinäre Zusammenarbeit hat für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 nicht höchste Priorität, da aufgrund der geringen Unternehmensgröße weniger Abteilungsdenken vorherrscht als es bei Großunternehmen der Fall ist.

Die Gestaltung der Prozesse selbst ist zwar umfangreich und komplex, aber aufgrund der Fokussierung auf eine oder einige wenige Tätigkeit(en) und die überschaubaren Auswirkungen sollte auf den Einsatz von komplexer und teurer Simulationssoftware verzichtet werden können.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 5: Geschäftsprozesse		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D5A1	Integration und Vernetzung der internen Wertschöpfungsprozesse	✓
D5A2	Automatisierung und Digitalisierung der internen Wertschöpfungsprozesse	✗
D5A3	Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung der Informationsprozesse	✓
D5A4	Dezentralisierung des Wertschöpfungssystems	✗
D5A5	Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse	✓
D5A6	Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse	✓
D5A7	Integration externer Partner in die Wertschöpfungs- und Informationsprozesse	✗
D5A8	Abteilungsübergreifende und interdisziplinäre Zusammenarbeit	✗
D5A9	Nutzung digitaler Simulation zur Prozessgestaltung und Planung	✗

Tabelle 25: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Geschäftsprozesse

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D5A1 („Integration und Vernetzung der internen Wertschöpfungsprozesse“) und D5A3 („Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung der Informationsprozesse“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Geschäftsprozesse

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 5: Geschäftsprozesse	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse	Sollten die internen Wertschöpfungs-, bzw. Informationsprozesse stark miteinander integriert und vernetzt werden?
Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse	Sollten die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens stark standardisiert werden?
Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse	Sollten sich die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Anforderungen anpassen lassen?

Tabelle 26: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Geschäftsprozesse

5.6 Dimension 6: Kultur

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Kultur

Viele Großunternehmen haben ihre Innovationskultur so weit entwickelt, dass diese bereits in einem größeren Maßstab dabei sind, die Potentiale und Risiken der Digitalisierung für ihr jeweiliges Geschäftsmodell zu antizipieren. KMUs haben mit solch einer Umsetzung allerdings nach wie vor Probleme.¹⁷⁹ Umfragen zufolge sehen die KMUs gegenüber Großunternehmen zwar sogar leicht höhere Potentiale von Industrie 4.0 Projekten, allerdings werden die Herausforderungen diese entsprechend umzusetzen ebenfalls höher eingestuft.¹⁸⁰

Die Gründe, dass gerade bei KMUs die Herausforderungen zur Einführung neuer Industrie 4.0 Technologien als besonders hoch angesehen werden sind vielfältig. Auch hier sind die eingeschränkten Ressourcen für eine strategische Planung¹⁸¹ und das Fehlen qualifizierter Mitarbeiter von entscheidender Bedeutung.¹⁸² Anders als bei Großunternehmen, bei denen eine Spezialisierung der Aufgaben vorherrscht, kommt es bei KMUs viel stärker auf die persönliche Einstellung der beteiligten Personen an. Dies macht sich besonders im Management bemerkbar, da der Einfluss der oberen Hierarchieebene auf das Gelingen von Innovationsanstrengungen bei KMUs besonders hoch ist. Dies bedeutet, dass die subjektiv-emotionale Einstellung wie z.B. eine mangelnde Risikobereitschaft, eine Abneigung gegenüber Neuerungen oder die Trägheit des Unternehmensleiters, der zugleich oft der Eigentümer des Unternehmens ist,

¹⁷⁹ (vgl. Schröder, 2016, p. 3)

¹⁸⁰ (vgl. BMWi, 2015a, p. 8)

¹⁸¹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 11)

¹⁸² (vgl. Zimmermann, 2012, p. 1)

ausschlaggebend für die Innovationskraft des Unternehmens ist.¹⁸³ Deshalb ist es von entscheidender Bedeutung, den Mittelstand für die Herausforderungen, die Potentiale und den Nutzen der digitalen Vernetzung zu sensibilisieren und ein Verständnis für Industrie 4.0 zu vermitteln. Auch den Beteiligten der Planungsebene müssen Einblicke in die Vor- und Nachteile der neuen Systeme ermöglicht werden, um so eine Vorstellung für die Umsetzung im eigenen Unternehmen zu erhalten.¹⁸⁴ Abgesehen davon spielt auch der niedrigere Digitalisierungsgrad bei KMUs¹⁸⁵ und die Veränderungsfähigkeit innerhalb der Organisation des Unternehmens eine entscheidende Rolle bei der Einführung neuer Technologien.¹⁸⁶

Generell erfolgt die Einführung der Digitalisierung bei mittelständischen Unternehmen langsamer als bei Großunternehmen, da diese abgesehen von strukturellen Problemen und fehlendem Know-how auch mit einem größeren Widerstand in der Belegschaft konfrontiert werden.¹⁸⁷ Die enge Einbindung der Mitarbeiter ist in diesem Fall zwar hinderlich, hat allerdings auch Vorteile im Bereich der Eigenverantwortung, der direkten Kommunikation und der Selbstständigkeit¹⁸⁸. Diese Eigenschaften werden in Zukunft bei der Verwendung von Industrie 4.0 noch wichtiger sein als heute.¹⁸⁹

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

¹⁸³ (vgl. Herstatt, Buse, Tiwari, & Umland, 2007, p. 14f)

¹⁸⁴ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 7)

¹⁸⁵ (vgl. a.a.O., p. 11)

¹⁸⁶ (vgl. Ingenics, 2014, p. 6)

¹⁸⁷ (vgl. Deloitte, 2013, p. 9)

¹⁸⁸ (vgl. Immerschitt & Stumpf, 2014, p. 29)

¹⁸⁹ (vgl. Ingenics, 2014, p. 28)

Demographische Unterschiede in der Dimension 6: Kultur			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Potential der Digitalisierung	Wie hoch wird das Potential der Digitalisierung angesehen?	sehr hoch	hoch
Herausforderungen der Digitalisierung	Die hoch werden die Herausforderungen zur Einführung von Digitalisierung angesehen?	sehr hoch	hoch
Verständnis für neue Technologien	Wie gut ist das Verständnis für neue Technologien?	mäßig	gut
Auswirkung von Managementproblemen auf die Innovationskultur	Wie stark wirken sich Probleme im Management auf die Innovationskultur und Innovationsfähigkeit im Unternehmen aus?	sehr stark	mäßig
Fähigkeit zur Selbstorganisation	Wie gut sind die Mitarbeiter in der Lage sich selbstständig zu organisieren?	gut	mäßig

Tabelle 27: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Kultur

Reduktion der Dimension Kultur

Um Veränderungsprozesse im Unternehmen erfolgreich umsetzen zu können, wird es zwingend notwendig sein die Mitarbeiter mit einzubinden. Qualifizierte Mitarbeiter, bzw. im Idealfall eigene Projektteams sollten sich dabei um die Umsetzung von Veränderungsprojekten kümmern und über Feedbacks Verbesserungsvorschläge und Anregungen von Mitarbeiter berücksichtigen. Um solche Projekte richtig erfolgreich umsetzen zu können, wird es auch notwendig sein die Unternehmenskultur so anzupassen, sodass Digitalisierung und Vernetzung einen höheren Stellenwert erreicht und so die digitale Transformation in einem breiten Umfeld im Unternehmen ankommt. Der Stellenwert von IKT sollte dabei für alle Mitarbeiter sichtbar werden und einen Zusatznutzen für das Unternehmen bringen. Da trotz stetig steigender Technikaffinität nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Mitarbeiter über ausreichend Kenntnisse im Umgang und in der Nutzung neuartiger Kommunikationsmedien mit sich bringen, sollte dazu aber ein Aus- und Weiterbildungsangebot entweder intern oder extern über Kammern und Verbände angeboten werden. Wichtig für eine erfolgreiche Einführung digitaler Technologie sind allerdings nicht ausschließlich unternehmensinterne Faktoren, sondern auch die Offenheit der Unternehmenspartner. Je mehr diese auf digitale Technologien setzen, desto stärker wird die Vernetzung und das Potential Vorteile daraus zu generieren.

Die Stellung des Vorreiters bei der Entwicklung digitaler Services und Produkte wird für die meisten KMUs nicht unbedingt notwendig sein, könnte allerdings durchaus gewisse strategische Vorteile mit sich bringen. Einzig Anbieter von Industrie 4.0-Leittechnologien müssen versuchen den Takt in der Entwicklung anzugeben und State-of-the-Art Technologie zu liefern.

Ein eigenes Wissensmanagement, bei dem die Erfahrungen aus abgeschlossenen Projekten zentral gesammelt werden, wird aufgrund reduzierter Ressourcen und kleinen, überschaubaren Projektteams nicht zwingend notwendig sein. Plattformen, bzw. Datenbanken, die solche Wissensbestände sammeln, bzw. das Erstellen der entsprechenden Berichte können so eingespart und die Effizienz erhöht werden. Ebenso wird es für KMUs aufgrund der geringen Größe und der hohen Spezialisierung nicht zwingend notwendig sein, Produktentwicklungen über Unternehmensgrenzen hinweg zu betreiben.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 6: Kultur		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D6A1	Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse	✓
D6A2	Unternehmen als Innovationstreiber	✗
D6A3	Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen	✓
D6A4	Vereinbarkeit der derzeitigen Unternehmenskultur mit Industrie 4.0	✓
D6A5	Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen	✓
D6A6	Wissensmanagement im Unternehmen	✗
D6A7	Erfahrung mit Open Innovation und Unternehmensübergreifender Zusammenarbeit	✗

Tabelle 28: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Kultur

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Kultur

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine

erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 6: Kultur	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse	Sollten Ihre Mitarbeiter eng in stattfindende interne Veränderungsprozesse eingebunden werden?
Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen	Sollten Ihre Unternehmenspartner offen gegenüber Innovation und Veränderung stehen?
Vereinbarkeit der derzeitigen Unternehmenskultur mit Industrie 4.0	Sollte die gelebte Unternehmenskultur mit Industrie 4.0 vereinbar sein?
Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen	Sollte die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) einen vergleichsweise hohen Stellenwert im Unternehmen besitzen?

Tabelle 29: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Kultur

5.7 Dimension 7: Mitarbeiter

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Mitarbeiter

Die klassische Produktion in KMUs ist nicht so stark automatisiert und verfügt über eine Vielzahl an umfangreichen manuellen Arbeitsabläufen bei der die Beschäftigten vielfältig eingesetzt werden. Dies führt dazu, dass eine entsprechende Fachkompetenz erforderlich ist und kaum ungelernte Arbeitskräfte im Betrieb beschäftigt sind.¹⁹⁰ Dieses vorhandene Fachwissen macht den überwiegenden Anteil der Beschäftigten sehr flexibel. Gleichzeitig beschäftigen KMUs aber wenig Akademiker,¹⁹¹ da im Vergleich zu Großunternehmen der Bedarf und die Schwerpunktsetzung bei den Kompetenzen und der Qualifizierung unterschiedlich ist.¹⁹²

Diese Unterschiede machen sich auch im Stellenwert der Mitarbeiter bemerkbar. Speziell bei KMUs genießen Mitarbeiter mit einem über die Jahrzehnte angewachsenen Erfahrungsschatz einen sehr hohen Stellenwert und bilden die Grundlage für den wirtschaftlichen Erfolg.¹⁹³ Ein ungeplantes Verlassen einzelner Mitarbeiter kann in KMUs

¹⁹⁰ (vgl. BMWi, 2015b, p. 53)

¹⁹¹ (vgl. a.a.O., p. 61)

¹⁹² (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 5)

¹⁹³ (vgl. Ludwig et al., 2015, p. 73ff)

daher eine funktionale Lücke hinterlassen und die Leistungsfähigkeit des Unternehmens gefährden. Bei Großunternehmen hingegen sind sämtliche Kompetenzen redundant vorhanden und machen so Mitarbeiter einfach ersetzbar.¹⁹⁴

Die enge Verbundenheit der KMUs mit den Mitarbeitern und die geringe Arbeitsteilung führt dazu, dass Mitarbeiter ihre Arbeitsabläufe oftmals selbstständig gestalten können und über einen breiten, abwechslungsreichen und ganzheitlichen Aufgabenbereich verfügen. Dies fördert die Zufriedenheit und Verbundenheit der Mitarbeiter und ermöglicht gleichzeitig durch die flache Hierarchie und die direkte Kommunikation schnelle Entscheidungswege. Weitere Vorteile von kleineren Unternehmen sind unter anderem auch die Nähe zum Arbeitsplatz, die Work-Life-Balance und die Nähe zum Kunden.¹⁹⁵

Abgesehen von diesen erwähnten Vorteilen haben KMUs allerdings auch eine ganze Reihe von Nachteilen. Generell besitzen diese Unternehmen, die zwar oftmals sehr erfolgreich, aber eben als „Hidden Champion“ tätig sind, über ein weniger gutes Image als Großunternehmen. Weitere Nachteile wären z.B. die schlechteren Weiterbildungs- und Entwicklungsmöglichkeiten, sowie ein geringeres Lohnniveau und weniger immaterielle Anreize.¹⁹⁶ Aufgrund dieser eingeschränkten Attraktivität als Arbeitgeber kämpfen KMUs auch oftmals mit einer Knappheit an qualifiziertem Personal¹⁹⁷ und stellt diese Unternehmen vor eine besondere Herausforderung, da diese im internationalen Konkurrenzkampf um junge Talente direkt gegen Großunternehmen bestehen müssen.¹⁹⁸ Dieses Fehlen an qualifizierten Mitarbeiter führt in einem weiteren Schritt auch zu einem gewissen Innovationshemmniss bei Mittelständlern¹⁹⁹. Die Tatsache, dass aufgrund der eingeschränkten Ressourcen ein weniger stark ausgeprägtes Spezialistentum existiert²⁰⁰ und Innovationen bei KMUs oftmals am subjektiven Empfinden einzelner Entscheidungsträger scheitern verstärken diese Tendenz.²⁰¹

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

¹⁹⁴ (vgl. Dombrowski et al., 2009, p. 11)

¹⁹⁵ (vgl. Immerschitt & Stumpf, 2014, p. 29f)

¹⁹⁶ (vgl. a.a.O.)

¹⁹⁷ (vgl. Herstatt et al., 2007, p. 19f)

¹⁹⁸ (vgl. BMWi, 2015b, p. 61)

¹⁹⁹ (vgl. Zimmermann, 2012, p. 1)

²⁰⁰ (vgl. Pfohl, 2013, p. 20f)

²⁰¹ (vgl. Herstatt et al., 2007, p. 13)

Demographische Unterschiede in der Dimension 7: Mitarbeiter			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Mitarbeiteranzahl	Wie viele Mitarbeiter werden in den jeweiligen Unternehmen beschäftigt?	wenig	viel
Aufgabenspektrum	Wie breit ist das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter?	breit	schmal
Qualifikation	Über welche Qualifikationen verfügen die Mitarbeiter?	überwiegend Fachpersonal	überwiegend ungelernete Arbeitskräfte und Akademiker
Stellenwert	Wie hoch ist der Stellenwert eines Mitarbeiters im Unternehmen?	hoch	niedrig
Attraktivität als Arbeitgeber	Wie wird die Attraktivität des Unternehmens als Arbeitgeber eingeschätzt?	schlecht	gut
Zufriedenheit	Wie gut ist die Zufriedenheit der Mitarbeiter im Unternehmen?	gut	schlecht

Tabelle 30: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Mitarbeiter

Reduktion der Dimension Mitarbeiter

Um ein Industrie 4.0 Projekt erfolgreich in einem Unternehmen einführen zu können, ist die Offenheit der Mitarbeiter gegenüber neuen Technologien zwingend notwendig. Das Leistungspotential der neuen Technologien sollte über entsprechende Informationsveranstaltungen spielerisch vermittelt werden, sodass diese auch akzeptiert und geschätzt werden. Zudem ist die Kompetenz der Mitarbeiter im IKT Bereich äußerst wichtig. Die Nutzung digitaler Medien zur Leistungserbringung und der sichere Umgang mit Daten sollten heutzutage eine Selbstverständlichkeit darstellen und nötigenfalls durch entsprechende Schulungen erlernt, bzw. verbessert werden.

Als besonders zentral erachte ich die Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen. Um möglichst viele und vor allem qualitativ hochwertige Innovationen im Unternehmen zu etablieren ist es wichtig, auf die Erfahrungen und Ideen der Mitarbeiter zugreifen zu können. Dazu ist es auch notwendig entsprechende Anreizsysteme und Plattformen zur Ideeneinreichung zu schaffen, sodass die Ideengenerierung stimuliert wird und der Wissenstransfer stattfinden kann.

Eigene Ansätze zur interdisziplinären Entwicklung, bzw. einer starken Integration der einzelnen Abteilungen sehe ich allerdings als nicht allzu wichtig an, da aufgrund der geringen Größe der Unternehmen, der direkten Kommunikation der Mitarbeiter sowie untereinander als auch zur Unternehmensleitung und der flachen Hierarchien ohnehin i.d.R. bereits eine enge Zusammenarbeit und ein guter Ideenaustausch zwischen den einzelnen Abteilungen vorhanden ist. Diese Umstände bei KMUs fördern gleichzeitig

die Autonomie der Mitarbeiter, sodass diese selbstbestimmt ihren Tätigkeiten nachgehen und die Aufgaben erfüllen können. Durch diese Autonomie und der direkten Kommunikation der Mitarbeiter können KMUs sehr viel an Flexibilität gewinnen und Ihre Position gegenüber größeren Playern behaupten. Um diesen Effekt zu maximieren wird es notwendig sein, dass Mitarbeiter dazu bereit sind ihre Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren um möglichst optimal auf die jeweilige Marktsituation reagieren zu können.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 7: Mitarbeiter		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D7A1	Offenheit der Mitarbeiter gegenüber neuen Technologien	✓
D7A2	IKT-Kompetenzen der Mitarbeiter	✓
D7A3	Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen	✓
D7A4	Erfahrung der Mitarbeiter in interdisziplinärer Zusammenarbeit	✗
D7A5	Autonomie der Mitarbeiter	✓
D7A6	Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren	✓

Tabelle 31: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Mitarbeiter

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D7A1 („Offenheit der Mitarbeiter gegenüber neuen Technologien“) und D7A2 („IKT-Kompetenzen der Mitarbeiter“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Mitarbeiter

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 7: Mitarbeiter	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien	Sollten Ihre Mitarbeiter neuen Technologien offen gegenüberstehen und Kompetenzen im Umgang mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien aufweisen?
Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen	Sollten Ihre Mitarbeiter gefördert werden, eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen?
Autonomie der Mitarbeiter	Sollten Ihre Mitarbeiter ihre Aufgaben mit hoher Eigenständigkeit erfüllen?
Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren	Sollten Ihre Mitarbeiter dazu bereit sein, ihre Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren, um den Anforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden?

Tabelle 32: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Mitarbeiter

5.8 Dimension 8: Governance

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Governance

Heterogenitäten bei Regelungen und Standards bedeuten nicht nur administrative und technische Mehraufwendungen, sondern können für KMUs von existentieller Bedeutung sein. Gerade in Europa, das von einer Vielzahl von souveränen Staaten geprägt ist, wäre es äußerst wichtig den Binnenmarkt (und insbesondere in Hinblick auf Industrie 4.0 den digitalen Binnenmarkt) zu harmonisieren, denn im Vergleich zu den USA ist es hier für innovative Unternehmen ungleich schwieriger ihre Services in einem großen Binnenmarkt zu skalieren und in einem nächsten Schritt zu internationalisieren.²⁰² Auch das Fehlen entsprechender Normen kann hemmend auf die Innovationskraft von Unternehmen wirken, da besonders KMU aufgrund der mangelnden Datensicherheit durch den Einsatz von Industrie 4.0 fürchten, dass Unternehmensprozesse transparent werden könnten und so der Druck durch Großunternehmen steigt.²⁰³ Der Grundstein, um diese Bedenken und Hürden zu beseitigen, wäre eine einheitliche europäische Datenschutzverordnung, die die technologische Souveränität Europas auch weiterhin garantiert.²⁰⁴ Dem Wunsch, solch eine Verordnung zu verabschieden, wurde vom Europäischen Parlament und dem Europäischen Rat nachgekommen und es wurde am 4. Mai 2016 die sogenannte Datenschutz-Grundverordnung (Verordnung

²⁰² (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 24f)

²⁰³ (vgl. Ludwig et al., 2015, p. 82)

²⁰⁴ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 24f)

(EU) 2016/679) veröffentlicht, welche seit dem 24. Mai 2016 in jedem Mitgliedstaat verbindlich ist.²⁰⁵ Für Großunternehmen sind einheitliche Standards ebenfalls wichtig und werden von diesen mit ihren dezidierten Vorstellungen sogar aktiv mitentwickelt und so die eigenen Wünsche und Vorstellungen verankert. Bei KMUs ist dies einerseits aufgrund von fehlenden Ressourcen und Kompetenzen, andererseits aufgrund eines eher reaktiven Verhaltens, bei dem primär auf die Anforderungen der Großunternehmen und Kunden eingegangen wird, nicht der Fall.²⁰⁶

Eine weitere wichtige relevante Rahmenbedingung ist das Vorhandensein von spezifischen Aus- und Weiterbildungsprogrammen. Bei großen Unternehmen ist der Anteil an solchen Programmen deutlich höher und zeigt, dass diese die verfügbaren Instrumente zum Kompetenzaufbau deutlich stärker nutzen als es beispielsweise bei KMUs der Fall ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch, dass bei KMUs ein erheblicher Beratungsbedarf über eine entsprechende Personalentwicklung besteht.²⁰⁷ Abgesehen davon wird es notwendig sein, dass die Industrie-, Handels- und Handwerkskammern entsprechende Ausbildungsprogramme bereitstellen, da kleinere Unternehmen solche kaum selbst organisieren können.²⁰⁸

Auch der Zugang zu staatlichen Programmen ist für Großunternehmen und Forschungseinrichtungen leichter als es für KMUs der Fall ist. Obwohl für diese der formelle Aufwand unter Umständen reduziert ist, sind dennoch entsprechende Ressourcen und häufig ein administratives Detailwissen erforderlich.²⁰⁹ Dieselben Gründe erschweren kleineren Unternehmen den Zugang zu externen Finanzierungsinstrumenten, da oftmals umfangreiche Unterlagen über das Investitionsvorhaben und die finanzielle Situation des Unternehmens sowie Sicherheiten bereitgestellt werden müssen.²¹⁰

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

²⁰⁵ (vgl. Europäisches Parlament und Rat, 2016, p. 1ff)

²⁰⁶ (vgl. BMWi, 2015b, p. 156)

²⁰⁷ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 16)

²⁰⁸ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015b, p. 110)

²⁰⁹ (vgl. BMWi, 2015b, p. 34)

²¹⁰ (vgl. a.a.O., p. 43)

Demographische Unterschiede in der Dimension 8: Governance			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Gestaltung von Standards	Wie viel greift das Unternehmen in die Definition und Gestaltung von Standards ein?	wenig	viel
Bedeutung von homogenen Standards	Wie wichtig ist das Vorhandensein von einheitlichen Standards und Regelungen?	sehr wichtig	wichtig
Qualität der Ausbildungsprogramme	Wie gut sind Ausbildungsprogramme für Mitarbeiter in Hinblick auf Industrie 4.0 entwickelt?	schlecht	gut
Zugang zu Förderprogrammen und externer Finanzierung	Wie gut sind staatliche Förderprogramme, bzw. externe Finanzierungsquellen für die Unternehmen erreichbar?	schlecht	gut
Notwendigkeit externer Beratung zum Datenschutz	Wie stark ist der Beratungsbedarf durch externe Quellen um den Datenschutz bei künftigen vernetzten Produktionssystemen gewährleisten zu können?	stark	mäßig

Tabelle 33: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Governance

Reduktion der Dimension Governance

Aufgrund der geringeren Größe und der unbürokratischen Arbeitsprozesse ist die Bedeutung von Arbeitsregelungen für Industrie 4.0 bei KMUs nicht so relevant wie es für Großunternehmen der Fall ist. Auch findet man bei KMUs generell weniger Standards, die den Mitarbeitern vorschreiben, in welcher Art und Weise Arbeitsprozesse abgehandelt werden müssen. Daher ist es auch nicht notwendig Möglichkeiten zu schaffen um diese Standards zu flexibilisieren.

Wichtig für eine zukunftsgerechte Ausrichtung der Unternehmen wird jedoch die Berücksichtigung technologischer Standards sein. Bei der Anschaffung neuer Technologie sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die verwendeten Standards längerfristig ausgerichtet sind und sich für eine mögliche Digitalisierung und Vernetzung eignen. Je allgemeiner und branchenunabhängiger diese Standards sind, desto mehr Flexibilität und Sicherheit bedeutet dies für KMUs. In diesem Zusammenhang muss auch auf den Schutz sensibler Unternehmensdaten, bzw. auf den Schutz der Privatsphäre der Mitarbeiter geachtet werden, das zum einen durch politische Regelungen wie etwa der Datenschutz-Verordnung des Europäischen Parlamentes und Rates und zum anderen durch entsprechende technologische Sicherungsmaßnahmen umgesetzt werden kann. Beim Schutz von geistigem Eigentum verhält es sich ident.

Für eine langfristige Entwicklung der KMUs hin zu einem modernen, digitalisierten Unternehmen ist es auch wichtig ein fundiertes Bewusstsein in der Belegschaft zu schaffen. Das Konzept und die Denkweise der Fabrik der Zukunft sollte entsprechend vermittelt werden, sodass über die Jahre eine entsprechende Unternehmenskultur aufgebaut werden kann. Um dies zu erreichen, sind Schulungen und/oder eventuell sogar eigene Showrooms denkbar. Dafür wird es auch notwendig sein, entsprechende Konzepte im Zuge eines Innovations- und Technologiemanagements zu verankern und ein dafür notwendiges Budget zu reservieren.

Durch die vorher bereits beschriebene reduzierte Verfügbarkeit von Ressourcen und der meist übersichtlichen Anzahl an Mitarbeiter an Industrie 4.0 Projekten wird es auch nicht unbedingt notwendig sein, Standards zur Sicherung und Weitergabe von Wissen anzulegen. Wie in anderen Kapitel bereits angesprochen, leben KMUs oftmals vom Erfahrungsschatz langjähriger Mitarbeiter. Dies stellt zwar ein gewisses Risikopotential dar, hilft allerdings gleichzeitig dabei Unternehmensprozesse schlank und effizient zu halten.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 8: Governance		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D8A1	Eignung der geltenden Arbeitsregelungen im Unternehmen für Industrie 4.0	✗
D8A2	Möglichkeit Unternehmensstandards zu flexibilisieren	✗
D8A3	Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0	✓
D8A4	Standards zum Schutz sensibler Daten bzw. zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre	✓
D8A5	Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen	✓
D8A6	Standards zur Sicherung und Weitergabe von Wissen	✗
D8A7	Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0	✓
D8A8	Standards zum Schutz von geistigem Eigentum	✓

Tabelle 34: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Governance

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D8A4 („Standards zum Schutz sensibler Daten bzw. zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre“) und D8A8 („Standards zum Schutz von geistigem Eigentum“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Governance

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 8: Governance	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0	Sollten die technologischen Standards Ihres Unternehmens geeignet sein, um den technologischen Anforderungen der Industrie 4.0 zu genügen?
Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum	Sollte Ihr Unternehmen eine Strategie zum Schutz der Privatsphäre Ihrer Mitarbeiter und Kunden, bzw. zum Schutz sensibler Daten und Ihres geistigen Eigentums verfolgen?
Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen	Sollte Ihr Unternehmen Programme unterstützen, um die Idee von Industrie 4.0 vorzustellen, zu verbreiten und zu realisieren?
Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0	Sollte Ihr Unternehmen Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter zur Erhöhung der Industrie 4.0-Kompetenz anbieten?

Tabelle 35: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Governance

5.9 Dimension 9: Technologie

Beschreibung der relevantesten demographischen Unterschiede in der Dimension Technologie

Bedingt durch den hohen Anteil maschineller und manueller Produktion bei KMUs, weisen sich diese sowohl durch einen deutlich niedrigeren Automatisierungsgrad, als auch durch einen niedrigeren Digitalisierungsgrad als etwa Großunternehmen aus.

Dadurch lässt sich unmittelbar ableiten, dass für KMUs ein besonders hoher Entwicklungsbedarf für die Umsetzung digitaler Technologien besteht.²¹¹ Aufgrund der geringen Größe von KMUs und der damit verbundenen Flexibilität eignen sich diese Unternehmen besonders gut um neue Produkte, Märkte und Geschäftsmodelle im Umfeld von Industrie 4.0 zu entwickeln.²¹² Dennoch deuten die Zeichen darauf hin, dass Großunternehmen früher mit der Umsetzung von Industrie 4.0 beginnen als es anwendende KMUs machen werden. Eine Ausnahmestellung besetzen hier die KMUs, die als Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen auftreten und sich ebenfalls sehr schnell mit dem Thema beschäftigen werden.²¹³

Die Gründe, dass die anwendenden KMUs die Einführung von Industrie 4.0 noch hinauszögern sind vielfältig. Viele Anwendungen und Technologien dafür stehen für den Einsatz im Mittelstand zwar grundsätzlich bereit, allerdings werden diese noch kaum genutzt.²¹⁴ Einer der Gründe dafür ist, dass durch das Festhalten an vorhandenen Lösungen und eine möglichst lange Verzögerung der neuen Technologien der Einführungsaufwand minimiert werden soll.²¹⁵ Ein Beispiel dafür wäre z.B. die Verwendung von Leichtbaurobotern, deren Einführung aktuell noch mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Aufgrund der geringeren Stückzahlen der kleineren Unternehmen zahlt sich dieser erhöhte Aufwand noch nicht aus und macht eine derzeitige Anschaffung oftmals uninteressant.²¹⁶ Ein weiterer Grund ist das vorhandene und notwendige Fachwissen der Mitarbeiter bei KMUs. Das Tätigkeitsfeld dieser Unternehmen in Nischenmärkten mit deren Fokus auf individuelle Einzelstücke, bzw. spezielle Kundenanforderungen und der geringe Automatisierungsgrad machen eine Adaption der bisher formulierten Industrie 4.0-Konzepte nahezu unmöglich. Diese fokussieren sich im Wesentlichen auf Großserien, bei denen sich Änderungen autonom durchführen lassen. Ein Überführen des Fachwissens der Mitarbeiter auf Programmcode ist hingegen nicht ohne weiteres realisierbar und erschwert daher den Einsatz moderner Produktionssysteme. Zudem werden KMUs vor die Herausforderung gestellt, neuartige Produktionskonzepte partiell einzuführen, da bisher keine passenden Strategien vorliegen, wie solch ein schrittweiser Umstieg erfolgen soll. Die Probleme dabei sind nicht nur technischer Natur, sondern beinhalten auch organisationale und arbeitswissenschaftliche Aspekte.²¹⁷ Der Umstand, dass besonders bei KMUs der Bestand an IT-Systemen und Maschinen oftmals historisch gewachsen ist und neben unterschiedlichen Baujahren auch unterschiedliche Hersteller umfasst erschwert eine durchgängige Automatisierung zusätzlich.²¹⁸

²¹¹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 11ff)

²¹² (vgl. BMWi, 2015b, p. 2)

²¹³ (vgl. BMWi, 2015a, p. 44)

²¹⁴ (vgl. BMWi, 2015b, p. 144)

²¹⁵ (vgl. a.a.O., p. 111)

²¹⁶ (vgl. a.a.O., p. 276)

²¹⁷ (vgl. Ludwig et al., 2015, p. 73ff)

²¹⁸ (vgl. Schröder, 2016, p. 11)

Auch beim Einsatz von State-of-the-Art Technologien zeigt sich, dass Großunternehmen viel stärker auf neue Technologien setzen. So werden beispielsweise automatische Identifikationssysteme wie etwa RFID oder Bilderkennungssysteme wesentlich stärker eingesetzt als es beispielsweise bei KMUs der Fall ist.²¹⁹ Auch die Anwendung von höheren Cloud-Diensten, um eine einfache Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen herzustellen,²²⁰ oder der Einsatz von Augmented Reality ist aktuell noch uninteressant und findet im Mittelstand bisher kaum Anwendung.²²¹

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen, wurden die gefundenen demographischen Unterschiede in kompakter Form in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Demographische Unterschiede in der Dimension 9: Technologie			
Attribut	Beschreibung/Fragestellung	KMU	Großunternehmen
Digitalisierungsgrad	Wie hoch ist der realisierte Digitalisierungsgrad?	niedrig	hoch
Automatisierungsgrad	Wie hoch ist der realisierte Automatisierungsgrad?	niedrig	hoch
Potential von Industrie 4.0	Wie hoch ist das Potential von Industrie 4.0 für die Entwicklung neuer Produkte, Märkte und Geschäftsmodelle?	sehr hoch	hoch
Adaptierbarkeit von Industrie 4.0	Wie gut lassen sich bestehende Technologien von Industrie 4.0 auf das Unternehmen anwenden?	schlecht	gut
Herausforderungen in der Umsetzung von Industrie 4.0	Wie schwer werden die Herausforderungen zur Umsetzung von Industrie 4.0 angesehen?	schwer	mäßig
Einführung von Industrie 4.0 Technologien	Wie schnell werden die Unternehmen neue Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 einsetzen?	langsam	schnell
Verwendung von State-of-the-Art Technologien	Wie stark werden State-of-the-Art Technologien wie etwa Augmented Reality, RFID oder Cloud-Computing verwendet?	schwach	stark

Tabelle 36: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Technologie

Reduktion der Dimension Technologie

²¹⁹ (vgl. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016, p. 11)

²²⁰ (vgl. Schröder, 2016, p. 12)

²²¹ (vgl. BMWi, 2015b, p. 100)

Um die KMUs in ihrer Flexibilität zu unterstützen wäre es wichtig, moderne Informations- und Kommunikationstechnologien einzuführen, sodass die Mitarbeiter neben ihrem Fachwissen durch weiterführende Informationen bestmöglich unterstützt werden. Dabei wäre es auch besonders hilfreich, diese Informationen mobil verfügbar zu machen, sodass die Effizienz erhalten bleibt und unnötige Laufwege vermieden werden, bzw. jederzeit auch außerhalb des Unternehmens auf die gewünschten Informationen zugegriffen werden können. Zudem sollte gerade bei KMUs die Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks garantiert werden, da diese besonders flexibel auf Kundenwünsche eingehen müssen und es erforderlich sein kann, kurzfristig größere Änderungen umzusetzen.

Auf einen durchgehenden autonom gesteuerten Maschinenpark sollte in einem ersten Schritt verzichtet werden, da die vollständige Vernetzung der bestehenden Maschinen und Anlagen sehr schwierig und oftmals kaum bewerkstelligbar ist. Die dafür erforderlichen Ressourcen würden das Budget bei weitem überschreiten und eine Realisierung verhindern. Daher sollte lieber darauf geachtet werden, dass neue Maschinen schrittweise mit vorausschauendem Blick auf die richtigen Normen und Standards angeschafft werden, um so eine solide Basis für eine möglicherweise kommende Autonomisierung zu schaffen. Auch ein flächendeckender Einsatz von Sensorik zum Sammeln von Echtzeit-Daten und die dafür notwendigen eingebetteten Systeme um diese Daten zu verarbeiten und weiterzuleiten wird aufgrund der nur langsam kommenden Autonomisierung in der Anfangsphase von untergeordneter Bedeutung sein. Ebenso die Nutzung von Auto-ID-Technologien, bei der die Produkte in der Fertigung jederzeit eindeutig identifizierbar und lokalisierbar werden, wird aufgrund der geringeren Stückzahlen und der fehlenden Automatisierung bei KMUs nicht zwingend notwendig sein.

Die Anwendung und Nutzung von Cloud Services sollte von KMUs hingegen gefördert werden, da diese viele Vorteile und Möglichkeiten mit sich bringen. Gerade die einhergehende Flexibilität und Skalierbarkeit ermöglicht KMUs schnell und ohne große Investitionsrisiken auf Veränderungen zu reagieren und möglicherweise neue innovative Dienstleistungen anbieten zu können. Bei der Verwendung von generativen Fertigungsverfahren (z.B. 3D-Druck) muss auf den jeweiligen Anwendungsfall geachtet werden. In Ausnahmefällen kann dies bereits jetzt einen Vorteil bieten, für die breite Masse allerdings noch nicht zwingend notwendig sein.

Die hier angeführte Argumentation wurde in der folgenden Tabelle angewandt und für jedes Original-Attribut des Reifegradmodells entschieden, ob dieses eine hohe Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs hat.

Bewertung der Original-Attribute in der Dimension 9: Technologie		
ID	Original-Attribut	Hohe Priorität für die Einführung von I40 bei KMU
D9A1	Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen	✓
D9A2	Autonomie des Maschinenparks	✗
D9A3	Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks	✓
D9A4	Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien	✓
D9A5	Nutzung von Sensorik im Unternehmen zur Generierung von Echtzeit-Daten über Betriebszustände	✗
D9A6	Eingebettete Systeme im Maschinenpark	✗
D9A7	Vernetzung von Produktionsmaschinen	✗
D9A8	Nutzung von Auto-ID-Technologien	✗
D9A9	Nutzung von Cloud Services	✓
D9A10	Nutzung von generativer Fertigung (z.B. 3D-Druck) im Unternehmen	✗

Tabelle 37: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Technologie

Aufgrund der großen inhaltlichen Überschneidung werden zudem die Attribute D9A1 („Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen“) und D9A4 („Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien“) zu einem neuen Attribut mit der Bezeichnung „Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien“ zusammengefasst.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension Technologie

Abschließend wird unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmelzung einzelner Attribute in der folgenden Tabelle das reduzierte Set an relevanten Attributen für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 bei KMUs angeführt. Zudem wird mit einer detaillierten Beschreibung, bzw. Fragestellung die Bedeutung der jeweiligen Attribute verdeutlicht.

Reduziertes Set an Attributen in der Dimension 9: Technologie	
Attribut	Beschreibung/Fragestellung
Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien	Sollten in Ihrem Unternehmen moderne Informations- und Kommunikationstechnologien implementiert und diese auch mobil genutzt werden?
Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks	Sollte der Maschinenpark Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Produktionsanforderungen angepasst werden können?
Nutzung von Cloud Services	Sollte Ihr Unternehmen Cloud Services nutzen?

Tabelle 38: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Technologie

5.10 Zusammenfassung der systematischen Entwicklung relevanter Erfolgsfaktoren

In diesem Kapitel wurden nun systematisch sämtliche Attribute des originalen Reifegradmodells analysiert und auf Grundlage der gefundenen Unterschiede in Abhängigkeit der Unternehmensgröße auf die Attribute mit einer hohen Priorität für die Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs reduziert. Im Zuge dessen wurden die ursprünglich 60 Attribute auf nunmehr 29 Attribute reduziert (entspricht einer Reduktion um rund 52%), wobei besonders stark (jeweils um mindestens 2/3) die Attribute der Dimensionen Produkte, Geschäftsprozesse und Technologie reduziert wurden. Die Reduktion der Attribute passierte dabei nicht nur durch Weglassen weniger relevanter Attribute, sondern auch durch Verschmelzung von Attributen mit einer großen inhaltlichen Schnittmenge. Eine solche Verschmelzung macht in weiterer Folge für die Strukturierung nicht nur für Attribute Sinn, sondern wird auch auf die Dimensionen 1 (Dimension Strategie) und 2 (Dimension Leitung) angewandt und zur neuen Dimension „Strategie & Leitung“ zusammengefasst. Dies hat allerdings inhaltlich keinerlei weitere Auswirkungen und dient lediglich einer stilistischen Strukturierung.

Auf Grundlage dieses Kapitels und der gefundenen Attribute mit einer hohen Priorität speziell für KMUs für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 wird im folgenden Kapitel ein Umfragebogen erstellt, um diese Auswahl durch Experten bewerten zu lassen.

6 Bewertung und Identifizierung der Erfolgsfaktoren

6.1 Definition von Measures zur Bewertung der Erfolgsfaktoren

Um die ausgewählten Erfolgsfaktoren im Zuge einer Umfrage von Experten bewerten zu lassen wurden die untenstehenden Measures definiert. Ziel ist es, mit diesen drei Bewertungsdimensionen das reduzierte Set an Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs zu bestätigen oder weiter präzisieren zu können.

Measure 1: „Wichtigkeit“

Beschreibung: Sehen Sie es als wichtig (relevant) an, dass Ihr(e) Unternehmen/Produkte/Mitarbeiter/Kunden den angeführten Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 erfüllt/erfüllen, bzw. erfüllen sollte(n)?

Ziel der Bewertung: Erkenntnis, ob das angeführte Attribut eine hohe Bedeutung für die Implementierung von Industrie 4.0 hat.

Measure 2: „Umsetzbarkeit“

Beschreibung: Sehen Sie die Umsetzung/Einführung des angeführten Erfolgsfaktors in Hinblick auf die vorhandenen Rahmenbedingungen als realistisch an?
Beispiele für Rahmenbedingungen: verfügbare Ressourcen (finanzielle Mittel, Know-how, Personal, etc.), verfügbare Technologien (Ausgereiftheit, Handhabbarkeit, Robustheit, etc.), Kompatibilität mit vorhandenen Systemen, etc.

Ziel der Bewertung: Abgesehen von der Relevanz des Attributes ist zudem die Umsetzbarkeit davon im Unternehmen interessant. Attribute, welche zwar wichtig wären, aber zum (heutigen) Zeitpunkt einfach noch nicht realisierbar erscheinen, würden demnach auf eine Art „Warteliste“ gesetzt und hätten mitunter das Potential, zu einem späteren Zeitpunkt in die Liste der relevantesten Attribute mit aufgenommen zu werden.

Measure 3: „Dringlichkeit“

Beschreibung: Sehen Sie die Dringlichkeit (zeitlich) zur Umsetzung/Einführung des angeführten Erfolgsfaktors als hoch an?

Ziel der Bewertung: Die Dringlichkeit ist eine zusätzliche Bewertungsmöglichkeit, die für Schlussfolgerungen und Empfehlungen genutzt wird und die zeitliche Priorität verdeutlichen soll.

6.2 Erstellung eines Umfragebogens

Zur Erstellung des Umfragebogens wurde die Onlineplattform von Google Forms herangezogen, welche eine einfache und schnelle Abwicklung einer Umfrage mit einer Vielzahl an Teilnehmern ermöglicht. Durch den webbasierten Aufbau kann diese via E-Mail an die Teilnehmer verschickt und einfach am Computer, Tablet oder Smartphone beantwortet werden.

Bei der Erstellung der Antwortmöglichkeiten für die Umfrage wurde auf die bewährte Likert-Skala, die als Standard zur Messung der persönlichen Einstellung gilt, zurückgegriffen. Dabei wurde eine geradzahlige Skala verwendet, um den Umfrageteilnehmer zu einer Festlegung auf eine Seite hin zu zwingen. Zusätzlich wurde die Antwortmöglichkeit „keine Antwort“ angeboten, um bei Unwissenheit oder dem Wunsch der Stimmenthaltung keine Stimme abgeben zu müssen. Dies hat den Zweck, dass nur klare Meinungen in die Auswertung kommen und das Umfrageergebnis nicht unnötig verfälscht wird. Auf Grundlage dieser Überlegungen und dem reduzierten Set an Attributen aus Kapitel 5, wurde nachfolgender Umfragebogen erstellt und an die Teilnehmer verschickt.

Weitere Charakteristika des Umfragebogens im Überblick:

- 29 Fragen zu den Erfolgsfaktoren mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten (+ Möglichkeit zur Enthaltung)
- Zusätzlich 5 Fragen für statistische Erhebungen
- Umfragedauer: ca. 10 Minuten
- Zielpublikum: Geschäftsführung, mittleres Management, Produktionsleitung, Projektmanager im Umfeld von Industrie 4.0, oder Personen, die über ausreichend Wissen im Bereich Industrie 4.0 verfügen

Umfrage Industrie 4.0: Erfolgsfaktoren für KMUs

Sehr geehrte/r TeilnehmerIn,

Ziel dieser Erhebung ist es, die Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs zu erfassen. Hierzu werden eine Handvoll ausgewählter Erfolgsfaktoren angeführt, bei denen Sie als Experten Ihre Erfahrung und Einschätzung einfließen lassen können. Die Gliederung erfolgt dabei in 4 Seiten: Auf der ersten Seite werden statistische Daten erhoben, auf den darauffolgenden 3 Seiten sind - gegliedert in Gruppen - jeweils ca. 10 Erfolgsfaktoren aufgelistet.

Nutzen Sie diesen Fragebogen und stellen Sie sich innerlich das für Sie optimale Unternehmen für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 vor. Die erforderliche Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens beträgt ca. 10 Minuten.

Für Ihre Mitarbeit danken wir Ihnen bereits im Voraus recht herzlich!

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:

Mario Welte, BSc

E-Mail: mario.welte@aon.at



Statistische Daten

1. Welche Funktion üben Sie im Unternehmen aus?

- Geschäftsführer
- Mittleres Management
- Produktionsleiter
- Projektleiter Industrie 4.0
- Sonstiges: _____

2. Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen tätig?

- bis 9
- bis 49
- bis 249
- 250 und mehr

3. Wie schätzen Sie persönlich den aktuellen Industrie 4.0-Reifegrad Ihres Unternehmens ein?

- schlecht
- eher schlecht
- eher gut
- gut

4. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen überwiegend tätig?

- Maschinenbau
- Chemie
- Automobilbau
- Elektronik-/Elektro-industrie
- Softwareentwicklung
- Sonstiges: _____

5. Optional: Für welche Firma arbeiten Sie?

Meine Antwort _____

Bewertung der Attribute

Für die Bewertung der aufgelisteten Erfolgsfaktoren werden folgende Measures verwendet:

"Wichtigkeit"

Sehen Sie es als wichtig (relevant) an, dass Ihr(e) Unternehmen/Produkte/Mitarbeiter/Kunden den angeführten Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 erfüllt/erfüllen, bzw. erfüllen sollte(n)?

"Umsetzbarkeit"

Sehen Sie die Umsetzung/Einführung des angeführten Erfolgsfaktors in Hinblick auf die vorhandenen Rahmenbedingungen als realistisch an?

Beispiele für Rahmenbedingungen: verfügbare Ressourcen (finanzielle Mittel, Know-how, Personal, etc.), verfügbare Technologien (Ausgereiftheit, Handhabbarkeit, Robustheit, etc.), Kompatibilität mit vorhandenen Systemen, etc.

"Dringlichkeit"

Sehen Sie die Dringlichkeit (zeitlich) zur Umsetzung/Einführung des angeführten Erfolgsfaktors als hoch an?

Strategie & Leitung, Produkte, Kunden

- 6. Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen**
Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte im Unternehmen eine Strategie vorhanden sein, um den Digitalisierungsgrad zu erhöhen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten im Unternehmen Ressourcen konkret für die Realisierung von Industrie 4.0 Projekten vorgesehen werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Aspekte der Industrie 4.0 in den Geschäftsmodellen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Geschäftsmodell Aspekte der Industrie 4.0 berücksichtigen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Umsetzung von Industrie 4.0 von der gesamten Führungsebene Ihres Unternehmens aktiv unterstützt und gefördert werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Eignung der Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Führungsebene Kompetenzen zur Umsetzung von Industrie 4.0 besitzen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Möglichkeit bestehen, Ihre Produkte untereinander (intern) bzw. mit Systemen anderer Hersteller (extern) zu vernetzen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Möglichkeit Produkte zu individualisieren

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, Ihre Produkte zu individualisieren?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit digitalen Medien

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihre Kundenzielgruppe offen gegenüber neuen Technologien sein, bzw. sollte diese eine hohe Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien aufweisen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die gesammelten Daten über Ihre Kunden und deren Verhalten genutzt werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Digitalisierung des Kundenkontaktes

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Kundenkontakt Ihres Unternehmens digitalisiert und über das Internet abgewickelt werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Geschäftsprozesse, Kultur & Mitarbeiter

16. Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die internen Wertschöpfungs-, bzw. Informationsprozesse stark miteinander integriert und vernetzt werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens stark standardisiert werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten sich die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Anforderungen anpassen lassen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter eng in stattfindende interne Veränderungsprozesse eingebunden werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Unternehmenspartner offen gegenüber Innovation und Veränderung stehen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Vereinbarkeit der Unternehmenskultur mit Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die gelebte Unternehmenskultur mit Industrie 4.0 vereinbar sein?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) einen vergleichsweise hohen Stellenwert im Unternehmen besitzen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter neuen Technologien offen gegenüberstehen und Kompetenzen im Umgang mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien aufweisen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter gefördert werden, eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. Autonomie der Mitarbeiter

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter ihre Aufgaben mit hoher Eigenständigkeit erfüllen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter dazu bereit sein, ihre Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren, um den Anforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Governance, Technologie

27. Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die technologischen Standards Ihres Unternehmens geeignet sein, um den technologischen Anforderungen der Industrie 4.0 zu genügen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen eine Strategie zum Schutz der Privatsphäre Ihrer Mitarbeiter und Kunden, bzw. zum Schutz sensibler Daten und Ihres geistigen Eigentums verfolgen?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Programme unterstützen, um die Idee von Industrie 4.0 vorzustellen, zu verbreiten und zu realisieren?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

30. Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter zur Erhöhung der Industrie 4.0-Kompetenz anbieten?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

31. Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten in Ihrem Unternehmen moderne Informations- und Kommunikationstechnologien implementiert und diese auch mobil genutzt werden?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Maschinenpark Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Produktionsanforderungen angepasst werden können?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

33. Vernetzung von Produktionsmaschinen

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Maschinenpark Ihres Unternehmens in der Lage sein, selbstständig Informationen auszutauschen, bzw. zu kollaborieren (M2M)?

	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

34. Nutzung von Cloud Services

Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Cloud Services nutzen?

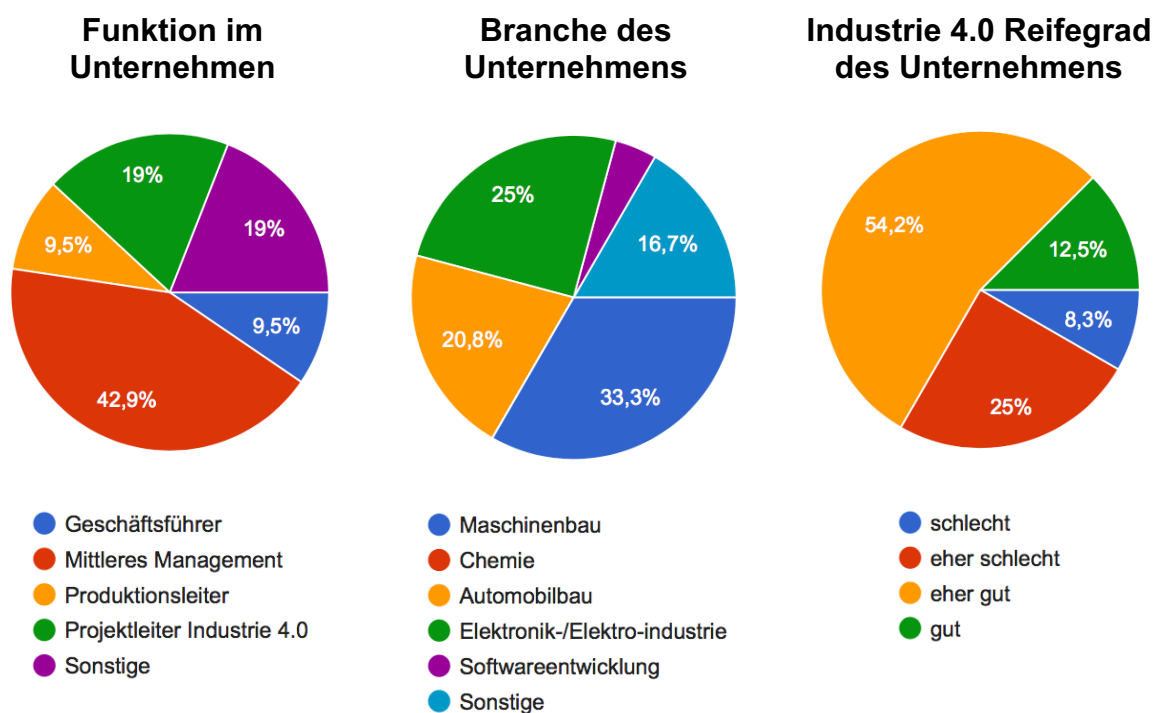
	keine Antwort	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
"Wichtigkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Umsetzbarkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
"Dringlichkeit"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6.3 Statistische Erhebungen zur Expertenbefragung

Die Umfrage wurde im Zeitraum September bis Oktober 2016 an ca. 230 Betriebe (überwiegend aus Österreich, aber auch aus der Schweiz und Deutschland) verschickt. Dabei wurde darauf geachtet, dass es sich bei den angeschriebenen Betrieben vorzugsweise um Unternehmen aus dem produzierendem Sektor (z.B. Maschinenbau, Elektronik- und Elektroindustrie, Automobilzulieferer), oder aus dem Dienstleistungssektor mit Bezug zu Industrie 4.0 handelt und möglichst in die Definition des Mittelstandes passen. Die Rücklaufquote der Umfrage betrug rund 10% und führte so zu 24 vollständig ausgefüllten Umfragebögen.

Der Großteil der Umfrageteilnehmer waren dabei Mitarbeiter aus dem mittleren Management (43%), der Rest teilte sich auf Projektleiter von Industrie 4.0, Produktionsleiter, Geschäftsführer und sonstige Mitarbeiter auf. Dabei waren diese Umfrageteilnehmer überwiegend im Maschinenbau tätig (33%), gefolgt von der Elektronik-, bzw. Elektroindustrie (25%), dem Automobilbau (21%) und sonstigen Branchen.

Interessant dabei ist, dass rund 2/3 aller Umfrageteilnehmer den Industrie 4.0 Reifegrad ihres Unternehmens als mindestens „eher gut“ eingestuft haben, davon sogar 13% als „gut“. 25% davon urteilten hingegen mit „eher schlecht“ und 8% sogar mit „schlecht“ über das eigene Unternehmen.



6.4 Detailergebnisse der Expertenbefragung

Im Folgenden wird detailliert die Zusammenfassung der Antworten aus der Expertenbefragung angeführt. Auf der Abszisse sind dabei gruppiert in den jeweiligen Measures die Antwortmöglichkeiten angeführt, auf der Ordinate kann die Anzahl der jeweils abgegebenen Stimmen entnommen werden.

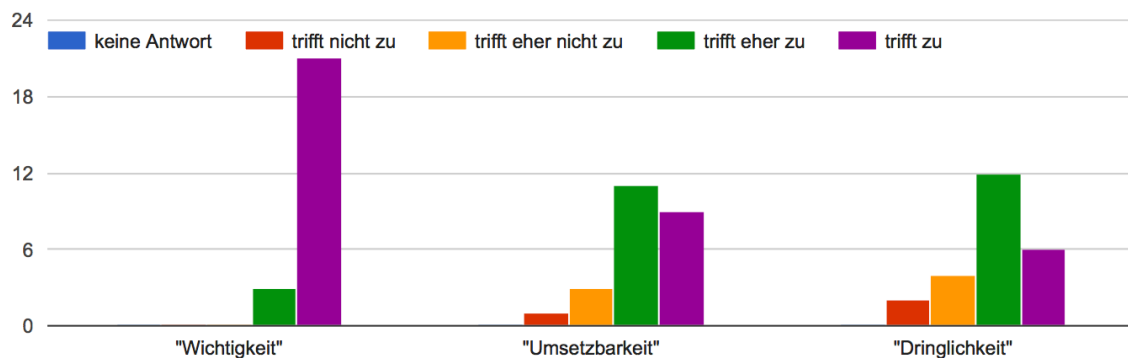


Abbildung 11: Detailergebnis der Umfrage: Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen

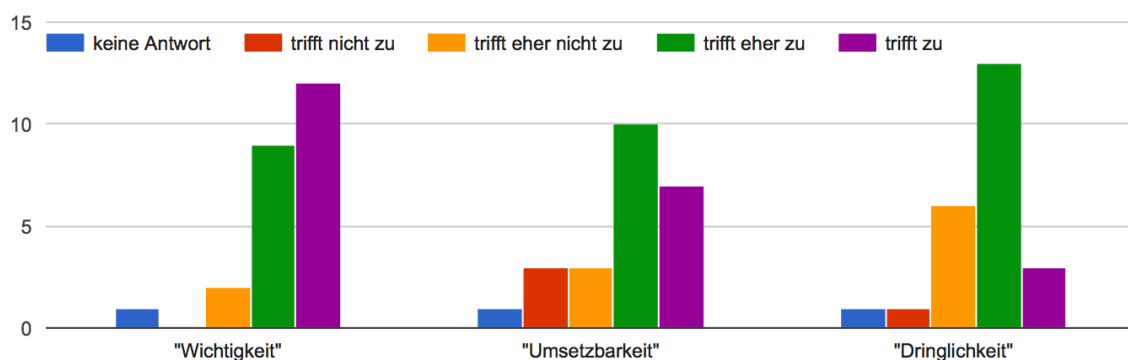


Abbildung 12: Detailergebnis der Umfrage: Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0

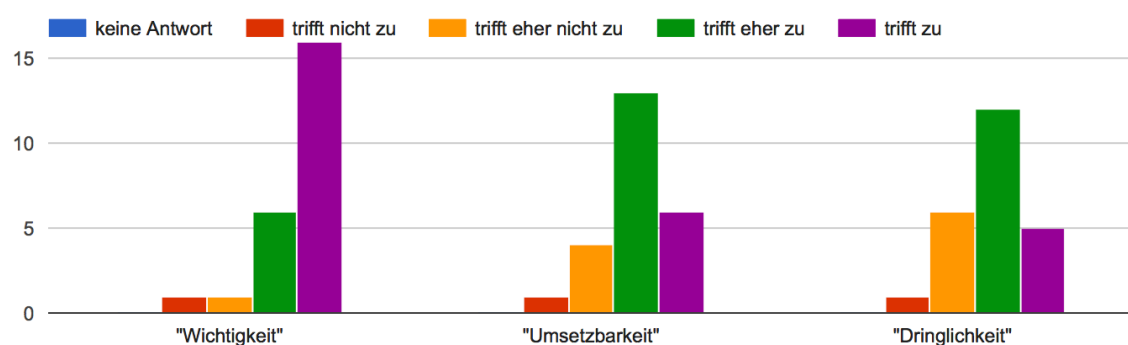


Abbildung 13: Detailergebnis der Umfrage: Aspekte der Industrie 4.0 in den Geschäftsmodellen

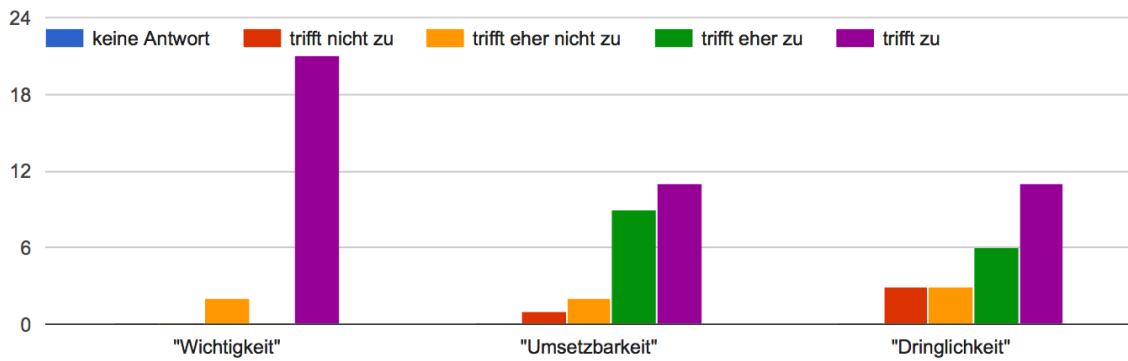


Abbildung 14: Detailergebnis der Umfrage: Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0

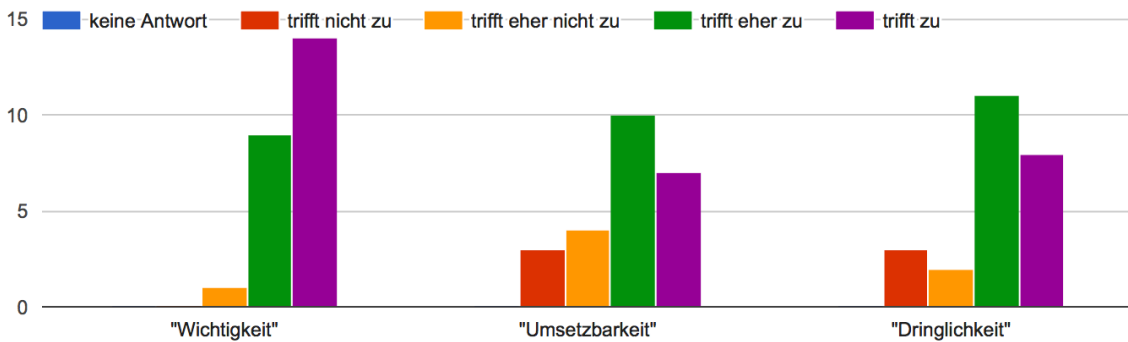


Abbildung 15: Detailergebnis der Umfrage: Eignung der Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0

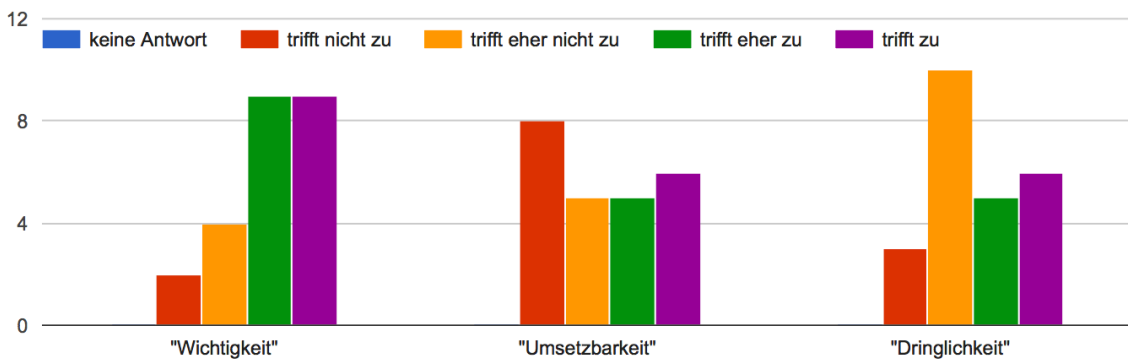


Abbildung 16: Detailergebnis der Umfrage: Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen

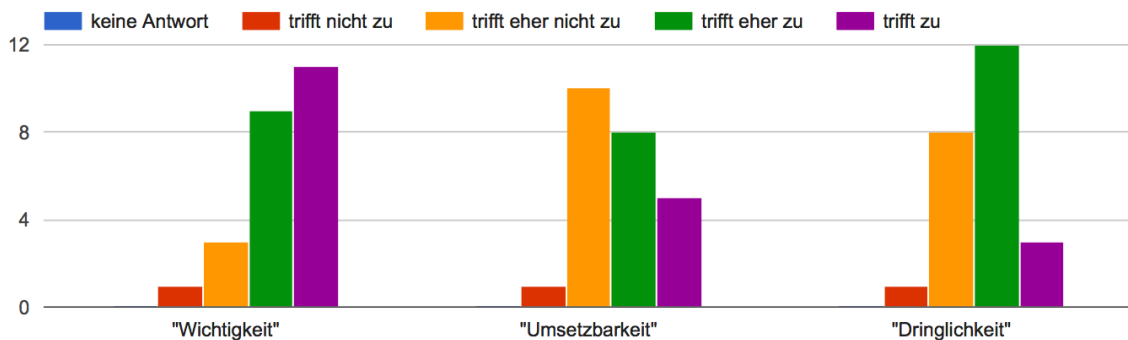


Abbildung 17: Detailergebnis der Umfrage: Möglichkeit Produkte zu individualisieren

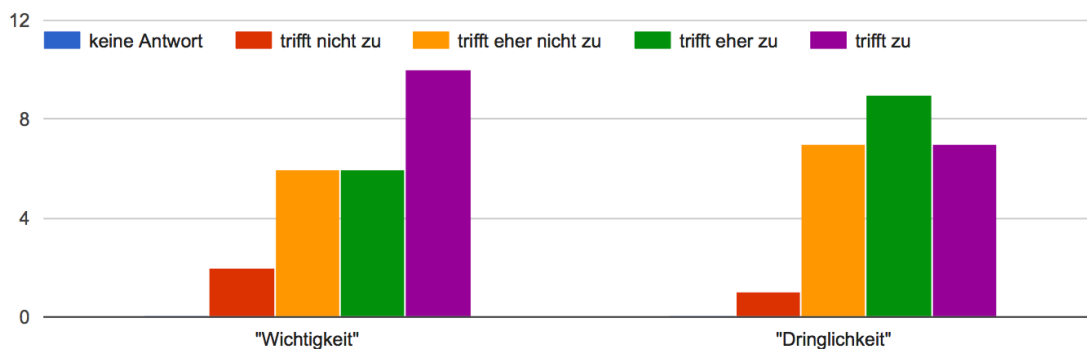


Abbildung 18: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit neuen Technologien

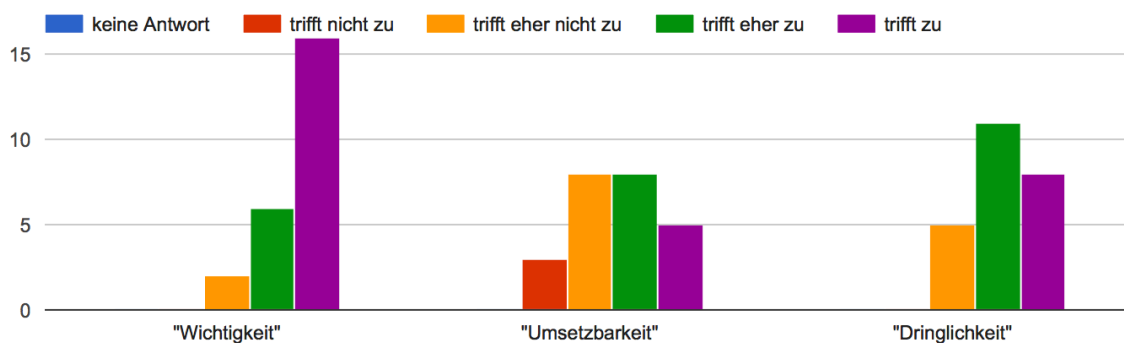


Abbildung 19: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten

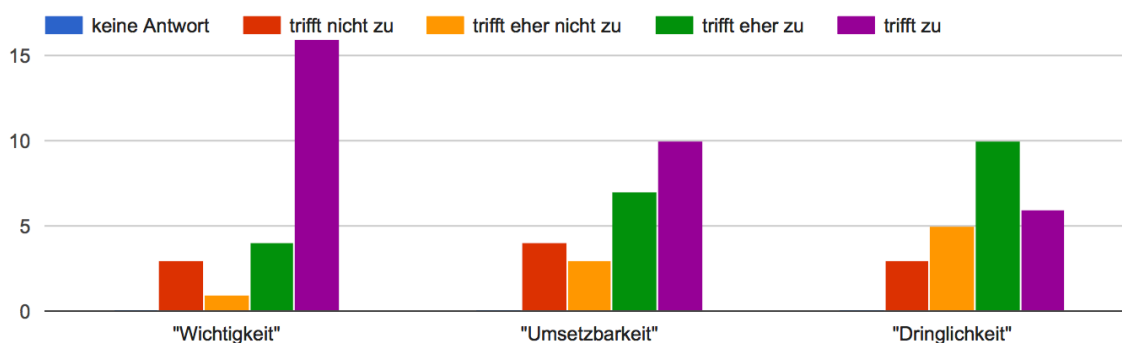


Abbildung 20: Detailergebnis der Umfrage: Digitalisierung des Kundenkontaktes

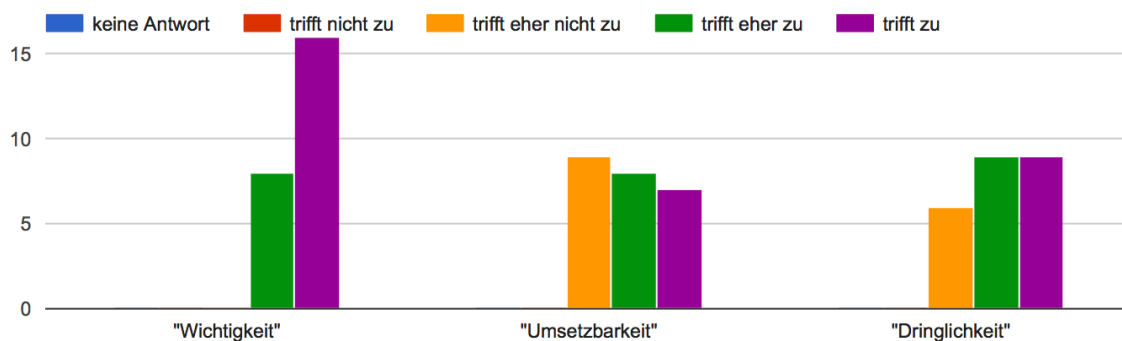


Abbildung 21: Detailergebnis der Umfrage: Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse

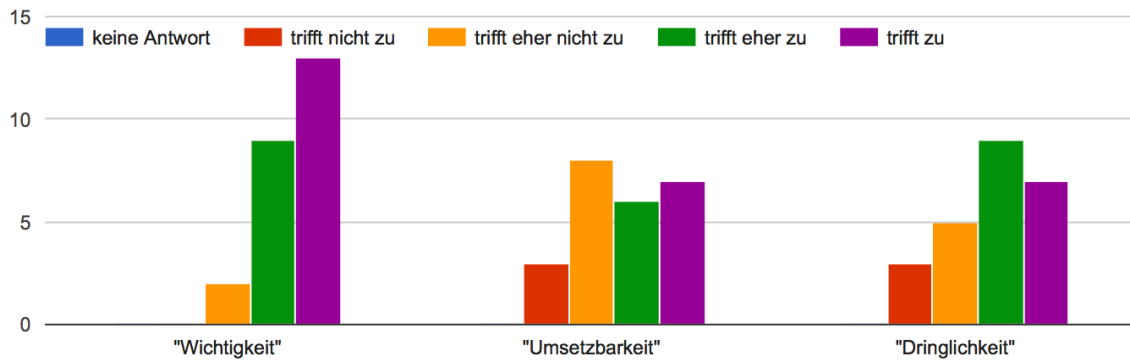


Abbildung 22: Detailergebnis der Umfrage: Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse

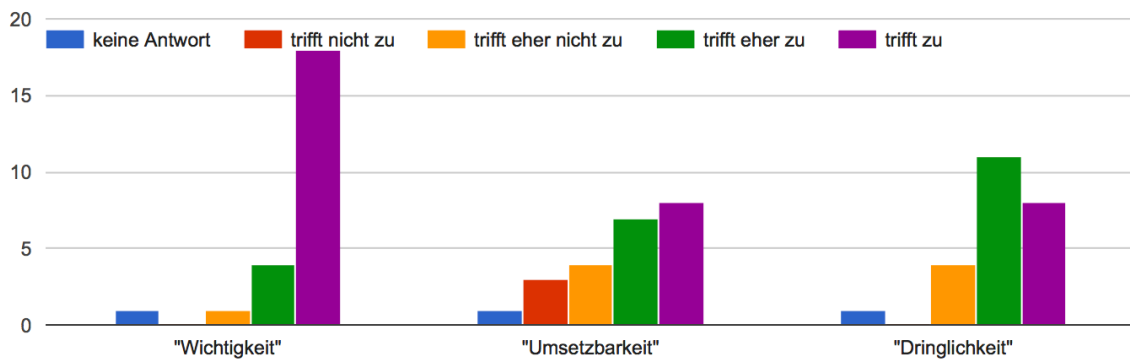


Abbildung 23: Detailergebnis der Umfrage: Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse

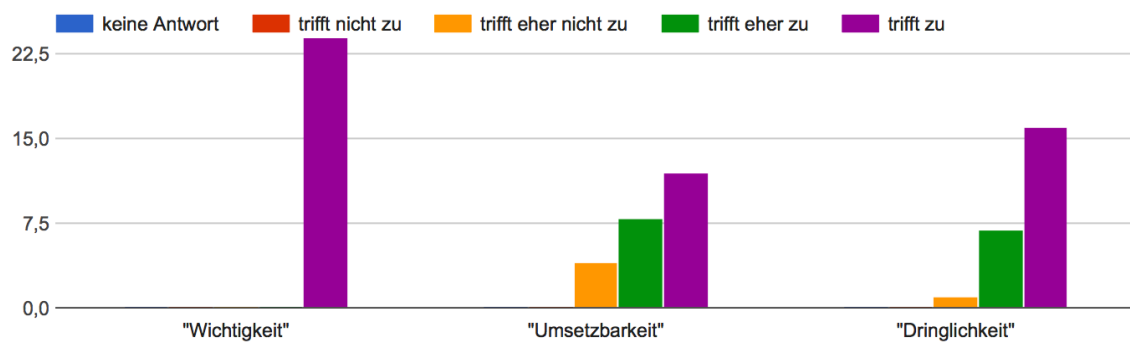


Abbildung 24: Detailergebnis der Umfrage: Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse

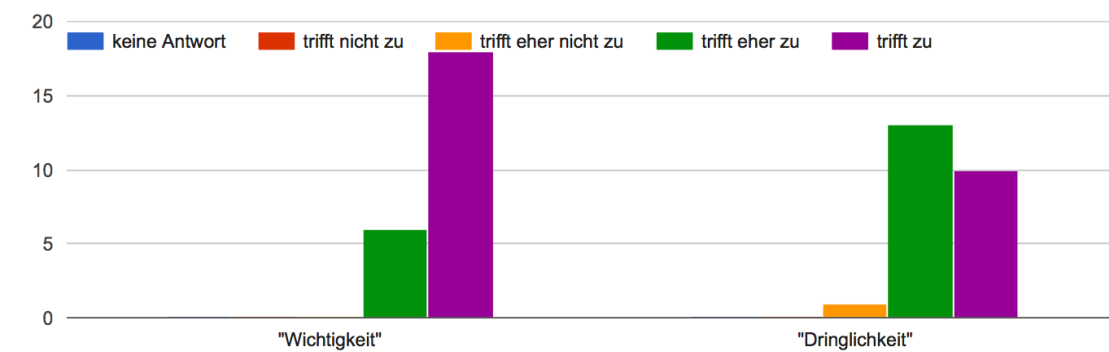


Abbildung 25: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen

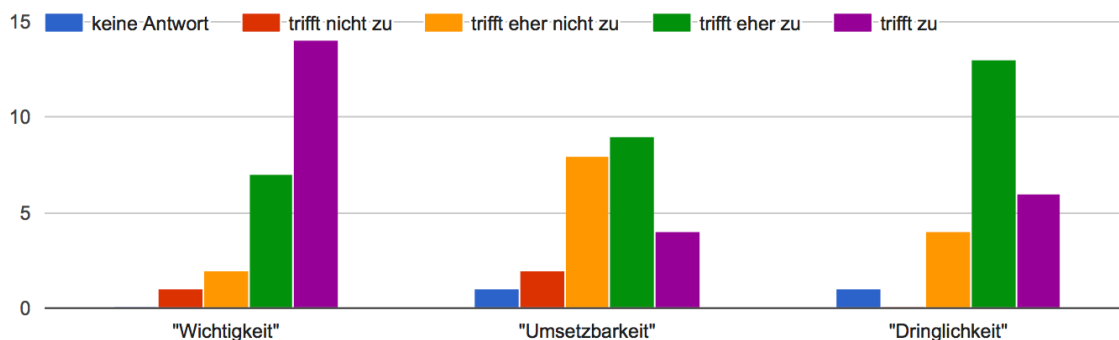


Abbildung 26: Detailergebnis der Umfrage: Vereinbarkeit der Unternehmenskultur mit I40

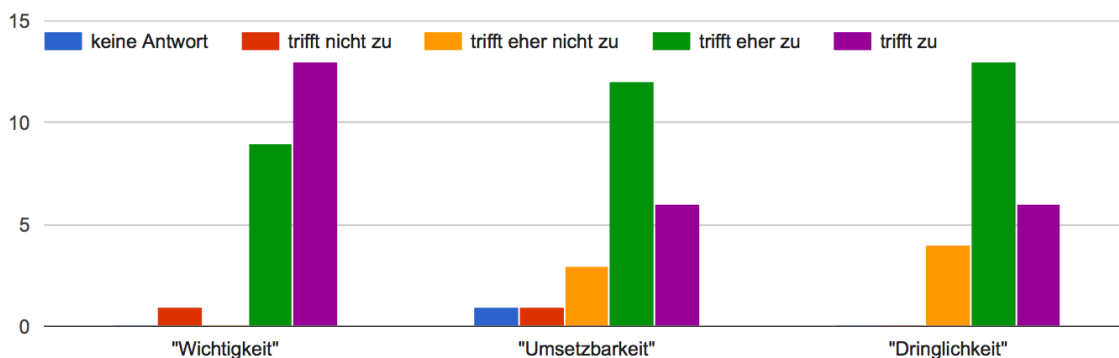


Abbildung 27: Detailergebnis der Umfrage: Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologie im Unternehmen

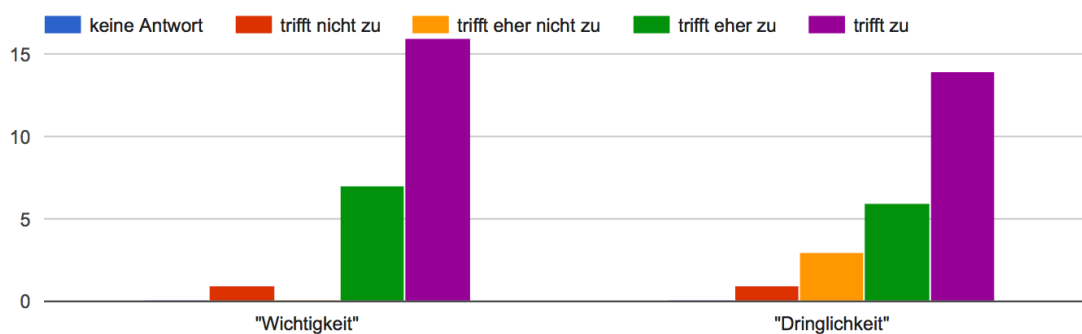


Abbildung 28: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien

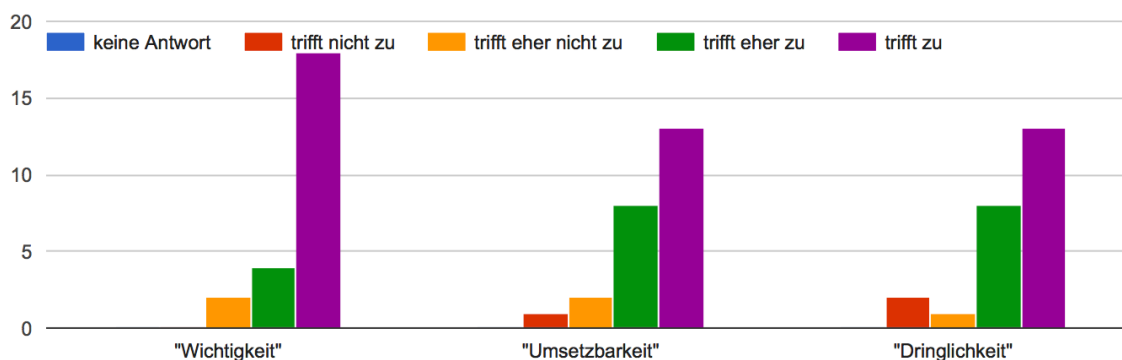


Abbildung 29: Detailergebnis der Umfrage: Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen

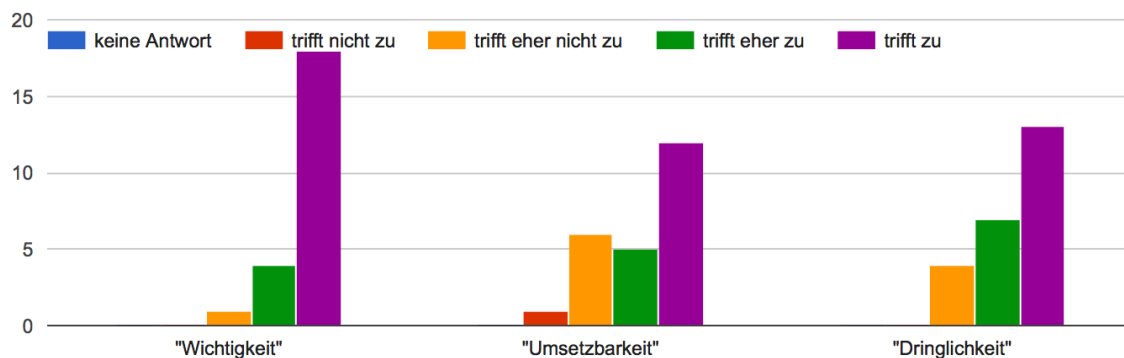


Abbildung 30: Detailergebnis der Umfrage: Autonomie der Mitarbeiter

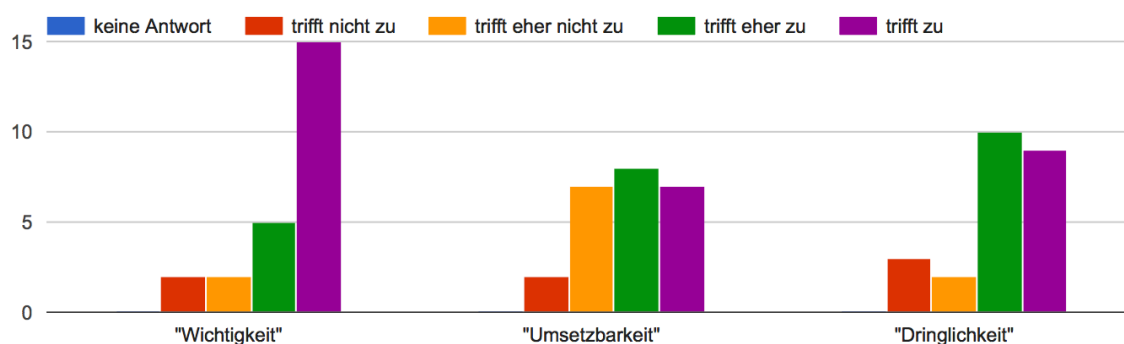


Abbildung 31: Detailergebnis der Umfrage: Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren

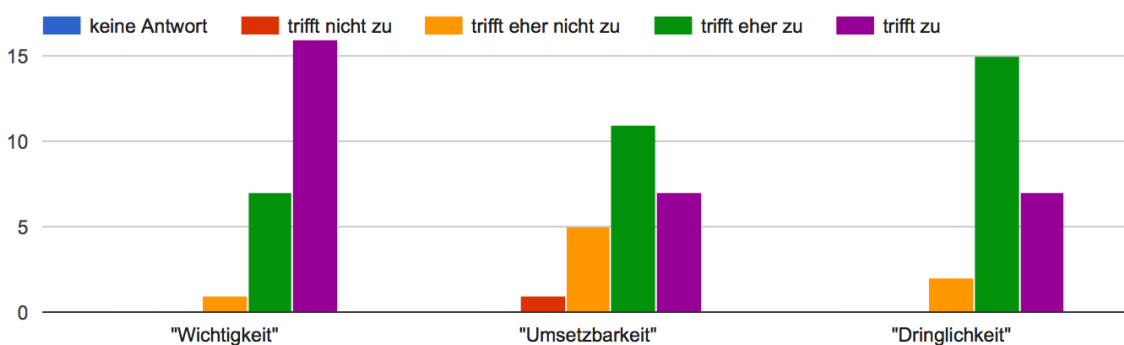


Abbildung 32: Detailergebnis der Umfrage: Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0

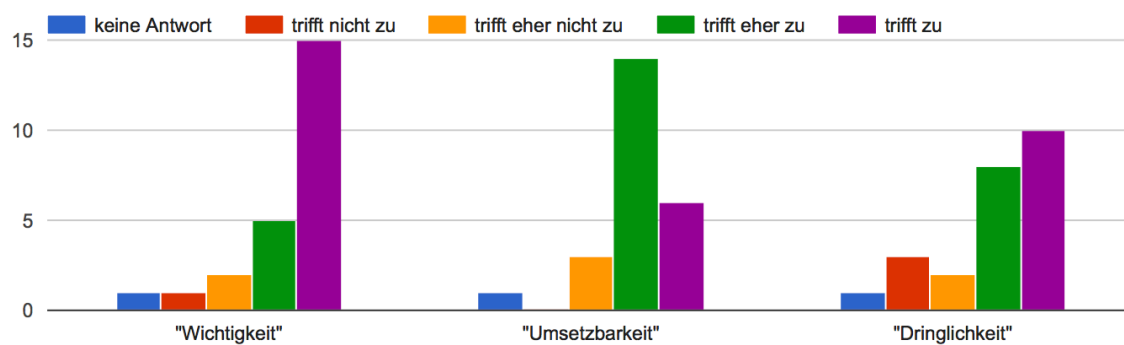


Abbildung 33: Detailergebnis der Umfrage: Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum

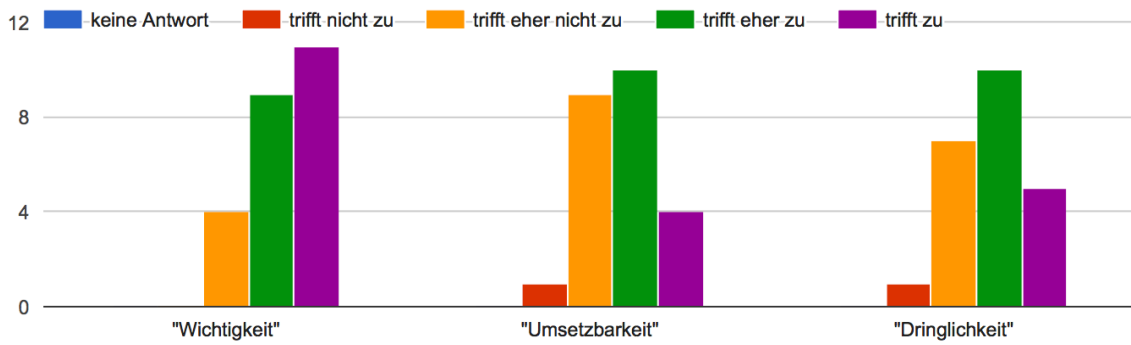


Abbildung 34: Detailergebnis der Umfrage: Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen

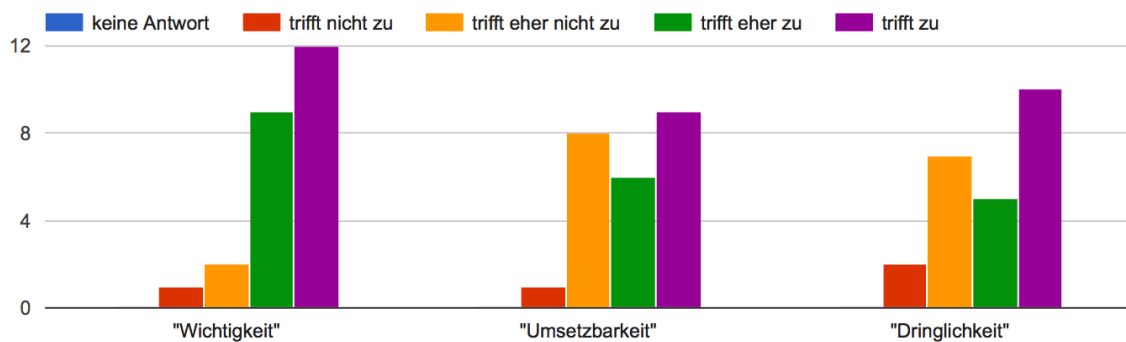


Abbildung 35: Detailergebnis der Umfrage: Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0

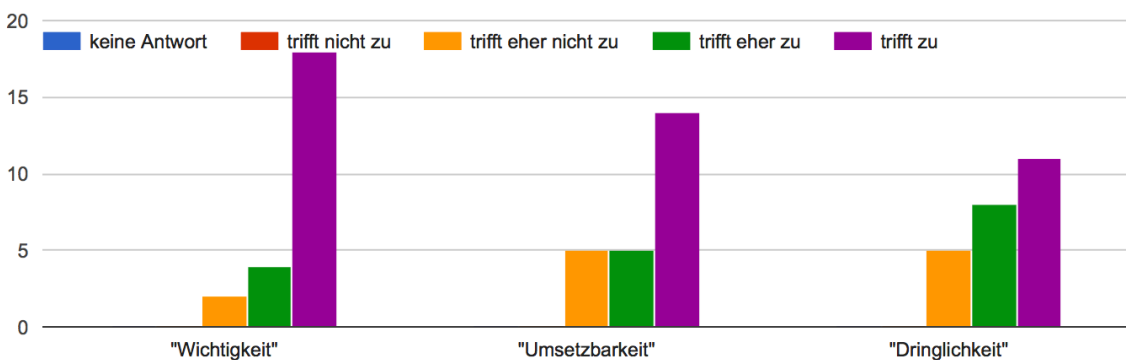


Abbildung 36: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien

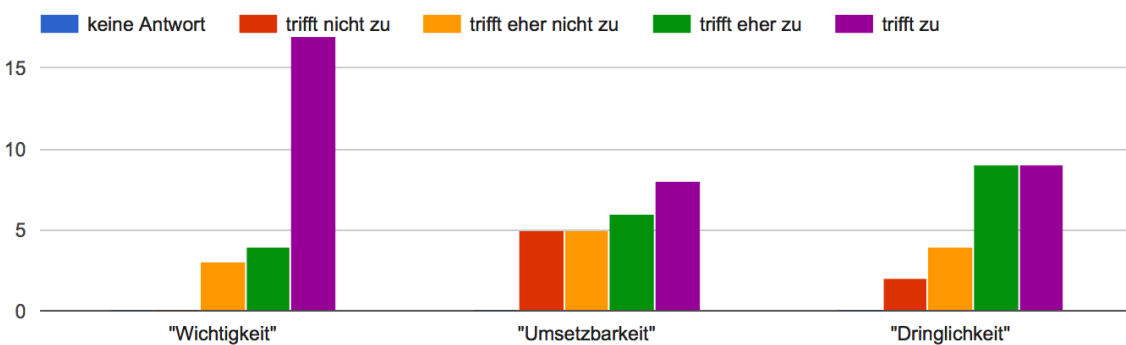


Abbildung 37: Detailergebnis der Umfrage: Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks

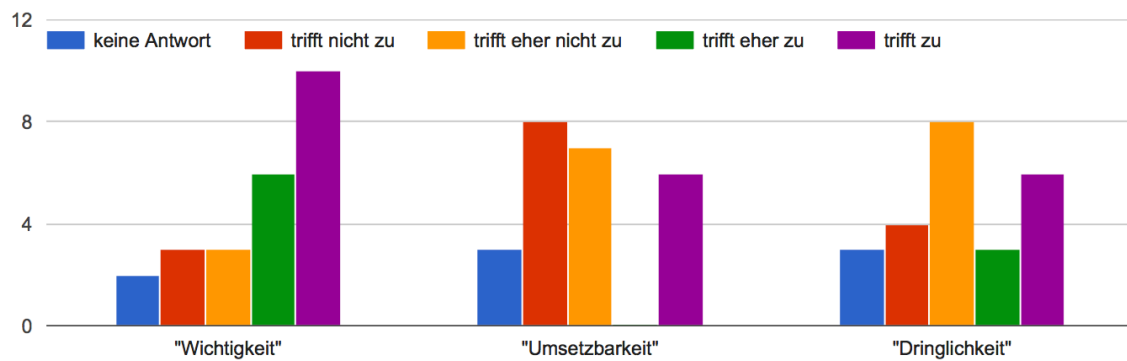


Abbildung 38: Detailergebnis der Umfrage: Vernetzung von Produktionsmaschinen

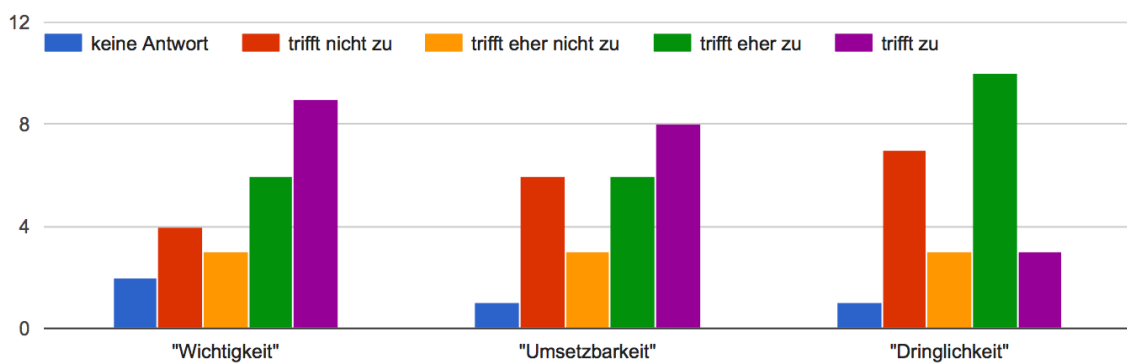


Abbildung 39: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung von Cloud Services

6.5 Festlegung von Schwellwerten für die Auswertung der Expertenbefragung

Basierend auf den Ergebnissen der Expertenbefragung wird im nächsten Schritt eine Analyse durchgeführt und das reduzierte Set an Attributen bestätigt bzw. weiter präzisiert. Um dies analytisch und nachvollziehbar durchführen zu können, werden die Antworten bestimmten numerischen Werten zugeordnet und im weiteren Verlauf durch intuitiv festgelegte Schwellwerte beurteilt. Die Zuordnung der Werte erfolgt dabei wie angeführt:

gewählte Antwort	Wert
trifft zu	4
trifft eher zu	3
trifft eher nicht zu	2
trifft nicht zu	1
keine Antwort	wird nicht berücksichtigt

Tabelle 39: Zuordnung der Umfrage-Antworten zu numerischen Werten

Durch diese Zuordnung wird im nächsten Schritt jeweils der arithmetische Mittelwert aller gegebener Antworten für die Bewertungsdimensionen „Wichtigkeit“, „Umsetzbarkeit“ und „Dringlichkeit“ berechnet. Zudem wird der gesamte Mittelwert aus diesen drei Teilbereichen gebildet. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Ergebnisse objektiv beurteilt und nachvollziehbar interpretiert werden können.

Schwellwert für nicht bestätigte Attribute

Nach Begutachtung der Ergebnisse der Umfrage hat sich herausgestellt, dass es Sinn ergibt, den Mittelwert aus allen berechneten Bewertungsdimensionen zur Entscheidung, ob ein Attribut durch die Expertenbefragung bestätigt wurde oder nicht, heranzuziehen. Der **Schwellwert** dafür wurde so festgelegt, dass alle Attribute, welche einen **Mittelwert von $\leq 2,7$** haben, nicht bestätigt wurden und dadurch nicht im finalen Set an Attributen berücksichtigt werden. Dieser Schwellwert leitet sich lediglich aus den Umfrageergebnissen ab, wurde intuitiv getroffen und sollte Attribute eliminieren, welche eine durchwegs schwache Zustimmung erhielten.

Schwellwert für Kernattribute

Weiters hat die detaillierte Analyse des Umfrageergebnisses gezeigt, dass einige Attribute mit einer überwältigenden Mehrheit bestätigt wurden, einige andere dafür eher durchwachsene Zustimmung erhalten haben. Dadurch kam die Idee, einige Kernattribute, welche für den Großteil aller Experten als besonders wichtig erschienen, besonders zu kennzeichnen (in nachfolgender Auswertung grün hinterlegt). Der **Schwellwert** dafür wurde so festgelegt, dass alle Attribute, welche einen **Mittelwert von $\geq 3,3$** haben, als Kernattribute gelten. Dieser Schwellwert wurde so festgelegt, dass dadurch die Top-10 der Attribute mit dem besten gesamten Mittelwert besonders hervorgehoben werden.

6.6 Auswertung der Expertenbefragung

Dimension	Attribut	Fragestellung / Beschreibung	Kommentar	Wichtigkeit	Umsetzbarkeit	Dringlichkeit	Mittelwert	Bestätigt
1+2 Strategie & Leitung	Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte im Unternehmen eine Strategie vorhanden sein, um den Digitalisierungsgrad zu erhöhen?	Kernattribut	3,8	3,2	2,9	3,3	ja
	Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten im Unternehmen Ressourcen konkret für die Realisierung von Industrie 4.0 Projekten vorgesehen werden?	Wurde als sehr wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit und keine allzu hohe Dringlichkeit dafür	3,4	2,9	2,8	3,0	ja
	Aspekte der Industrie 4.0 in den Geschäftsmodellen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Geschäftsmodell Aspekte der Industrie 4.0 berücksichtigen?	Wurde als sehr wichtig eingestuft; Top-10-Kernattribute knapp verpasst	3,5	3,0	2,9	3,1	ja

Dimension	Attribut	Fragestellung / Beschreibung	Kommentar	Wichtigkeit	Umsetzbarkeit	Dringlichkeit	Mittelwert	Bestätigt	
	Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Umsetzung von Industrie 4.0 von der gesamten Führungsebene Ihres Unternehmens aktiv unterstützt und gefördert werden?	Kernattribut	3,8	3,3	3,1	3,4	ja	
	Eignung der Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Führungsebene Kompetenzen zur Umsetzung von Industrie 4.0 besitzen?	Wurde als sehr wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,5	2,9	3,0	3,1	ja	
3	Produkte	Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Möglichkeit bestehen, Ihre Produkte untereinander (intern) bzw. mit Systemen anderer Hersteller (extern) zu vernetzen?	Eher wichtig, allerdings gibt es große Bedenken bei der Umsetzbarkeit. Daher nicht bestätigt, eventuell in Zukunft relevanter	3,0	2,4	2,6	2,7	nein
		Möglichkeit Produkte zu individualisieren	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, Ihre Produkte zu individualisieren?	Wurde als sehr wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit und keine allzu hohe Dringlichkeit dafür	3,3	2,7	2,7	2,9	ja
4	Kunden	Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit neuen Technologien	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihre Kundenzielgruppe offen gegenüber neuen Technologien sein, bzw. sollte diese eine hohe Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien aufweisen?	Wurde als eher wichtig eingestuft, aber Expertenergebnis war recht durchwachsen	3,0	2,9	-	3,0	ja
		Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die gesammelten Daten über Ihre Kunden und deren Verhalten genutzt werden?	Wurde als äußerst wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,6	2,6	3,1	3,1	ja
		Digitalisierung des Kundenkontaktes	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Kundenkontakt Ihres Unternehmens digitalisiert und über das Internet abgewickelt werden?	Wurde als sehr wichtig eingestuft; Top-10-Kernattribute knapp verpasst	3,4	3,0	2,8	3,0	ja

Dimension	Attribut	Fragestellung / Beschreibung	Kommentar	Wichtigkeit	Umsetzbarkeit	Dringlichkeit	Mittelwert	Bestätigt	
5	Geschäftsprozesse	Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die internen Wertschöpfungs-, bzw. Informationsprozesse stark miteinander integriert und vernetzt werden?	Wurde als äußerst wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,7	2,9	3,1	3,2	ja
		Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens stark standardisiert werden?	Wurde als sehr wichtig eingestuft, allerdings gibt es große Bedenken bei der Umsetzbarkeit und keine allzu hohe Dringlichkeit dafür	3,5	2,7	2,8	3,0	ja
		Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten sich die Wertschöpfungsprozesse Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Anforderungen anpassen lassen?	Kernattribut	3,7	2,9	3,2	3,3	ja
6	Kultur	Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter eng in stattfindende interne Veränderungsprozesse eingebunden werden?	Kernattribut (100% Zustimmung bei „Wichtigkeit“!)	4,0	3,3	3,6	3,7	ja
		Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Unternehmenspartner offen gegenüber Innovation und Veränderung stehen?	Kernattribut	3,8	3,4	-	3,6	ja
		Vereinbarkeit der Unternehmenskultur mit Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die gelebte Unternehmenskultur mit Industrie 4.0 vereinbar sein?	Wurde als sehr wichtig eingestuft, allerdings gibt es große Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,4	2,7	3,1	3,1	ja
		Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) einen vergleichsweise hohen Stellenwert im Unternehmen besitzen?	Wurde als sehr wichtig eingestuft; Top-10-Kernattribute knapp verpasst	3,5	3,0	3,1	3,2	ja

Dimension	Attribut	Fragestellung / Beschreibung	Kommentar	Wichtigkeit	Umsetzbarkeit	Dringlichkeit	Mittelwert	Bestätigt	
7	Mitarbeiter	Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter neuen Technologien offen gegenüberstehen und Kompetenzen im Umgang mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien aufweisen?	Kernattribut	3,6	3,4	-	3,5	ja
		Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter gefördert werden, eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen?	Kernattribut	3,7	3,4	3,3	3,5	ja
		Autonomie der Mitarbeiter	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter ihre Aufgaben mit hoher Eigenständigkeit erfüllen?	Kernattribut	3,7	3,2	3,4	3,4	ja
		Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten Ihre Mitarbeiter dazu bereit sein, ihre Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren, um den Anforderungen der Industrie 4.0 gerecht zu werden?	Wurde als wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,4	2,8	3,0	3,1	ja
8	Governance	Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten die technologischen Standards Ihres Unternehmens geeignet sein, um den technologischen Anforderungen der Industrie 4.0 zu genügen?	Kernattribut	3,6	3,0	3,2	3,3	ja
		Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen eine Strategie zum Schutz der Privatsphäre Ihrer Mitarbeiter und Kunden, bzw. zum Schutz sensibler Daten und Ihres geistigen Eigentums verfolgen?	Wurde als sehr wichtig eingestuft; Top-10-Kernattribute knapp verpasst	3,5	3,1	3,1	3,2	ja
		Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Programme unterstützen, um die Idee von Industrie 4.0 vorzustellen, zu verbreiten und zu realisieren?	Wurde als wichtig eingestuft, allerdings gibt es Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,3	2,7	2,8	2,9	ja

Dimension	Attribut	Fragestellung / Beschreibung	Kommentar	Wichtigkeit	Umsetzbarkeit	Dringlichkeit	Mittelwert	Bestätigt	
	Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter zur Erhöhung der Industrie 4.0-Kompetenz anbieten?	Wurde als sehr wichtig eingestuft	3,3	3,0	3,0	3,1	ja	
9	Technologie	Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollten in Ihrem Unternehmen moderne Informations- und Kommunikationstechnologien implementiert und diese auch mobil genutzt werden?	Kernattribut	3,7	3,4	3,3	3,4	ja
		Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Maschinenpark Ihres Unternehmens schnell und einfach auf veränderte Produktionsanforderungen angepasst werden können?	Wurde als äußerst wichtig eingestuft, allerdings gibt es große Bedenken bei der Umsetzbarkeit	3,6	2,7	3,0	3,1	ja
		Vernetzung von Produktionsmaschinen	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte der Maschinenpark Ihres Unternehmens in der Lage sein, selbstständig Informationen auszutauschen, bzw. zu kollaborieren (M2M)?	Eher wichtig, allerdings gibt es sehr große Bedenken bei der Umsetzbarkeit und keine hohe Dringlichkeit dafür. Daher nicht bestätigt, eventuell in Zukunft relevanter	3,0	2,2	2,5	2,6	nein
		Nutzung von Cloud Services	Für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0: Sollte Ihr Unternehmen Cloud Services nutzen?	Wurde als nicht allzu wichtig eingestuft, allerdings gibt es große Bedenken bei der Umsetzbarkeit und keine hohe Dringlichkeit dafür. Daher nicht bestätigt, eventuell in Zukunft relevanter	2,9	2,7	2,4	2,7	nein

Tabelle 40: Zusammenfassende Auswertung der Expertenbefragung

Durch die oben beschriebene numerische Zuordnung der Antworten der Expertenbefragung und der Festlegung von intuitiven Schwellwerten konnte das reduzierte, ausgewählte Set an Attributen in der vorliegenden Tabelle nachvollziehbar bewertet und

weiter präzisiert werden. Die Auswertung hat aufgezeigt, dass drei Attribute („Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen“, „Vernetzung von Produktionsmaschinen“ und „Nutzung von Cloud Services“) nicht durch die Experten bestätigt und dadurch nicht im finalen Set an Attributen berücksichtigt werden. Dadurch ergeben sich **26 relevante Erfolgsfaktoren für KMUs**, um Industrie 4.0 im Unternehmen zu implementieren. Zudem wurden aufgrund der besonders eindeutigen Zustimmung der Experten zu einigen Attributen die **Top-10-Kernattribute extra hervorgehoben (grün hinterlegt)**. Diese zeichnen sich durchwegs durch eine hohe Wichtigkeit, eine gute Umsetzbarkeit, aber auch durch eine entsprechend hohe Dringlichkeit aus und sollten daher bei der Umsetzung von Projekten im Bereich von Industrie 4.0 besonders stark berücksichtigt werden.

6.7 Identifizierung der relevantesten Erfolgsfaktoren für KMUs

Das finale Set an Attributen, welches durch die Experten bestätigt wurde, ist in der folgenden Darstellung übersichtlich dargestellt, wobei die Top-10-Kernattribute unterstrichen sind. Die Gliederung erfolgt dabei in 8 Dimensionen (die Dimensionen Strategie und Leitung wurden aufgrund der großen inhaltlichen Schnittmenge zusammengelegt) und dient lediglich einer verbesserten Übersichtlichkeit.

Graphische Darstellung des finalen Sets an Attributen



Abbildung 40: Darstellung des finalen Sets an Attributen

Diese Darstellung soll Entscheidungsträgern von KMUs bei Projekten im Umfeld von Industrie 4.0 eine Orientierungshilfe bieten und bei der Priorisierung und Auswahl von Projektthemen unterstützend wirken. Durch die sehr reduzierte und pragmatische Darstellung der 26 Erfolgsfaktoren ist es rasch möglich, sich einen Überblick über die wichtigsten Attribute zu verschaffen. Die gesonderte Kennzeichnung der Top-10-Kernattribute sollte dies zudem unterstützen. Eine ausführlichere Beschreibung dieser angeführten Erfolgsmerkmale ist der Tabelle in Kapitel 6.6 zu entnehmen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ergebnis dieser vorliegenden Diplomarbeit ist eine kompakte Darstellung relevanter Erfolgsfaktoren, welche bei der Einführung von Industrie 4.0 bei KMUs berücksichtigt werden müssen. Dies sollte besonders Entscheidungsträgern von mittelständischen Unternehmen eine Hilfe bieten, um entsprechende Weichen stellen zu können und das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 voranzutreiben. Gerade langfristige Projekte wie die Entwicklung und Bildung einer entsprechenden Unternehmenskultur, bzw. die Bereitstellung von Angeboten an geeigneten Ausbildungsprogrammen für Mitarbeiter müssen vorausschauend geplant werden. Wie in der Recherche zum Beginn der Diplomarbeit belegt wurde, herrscht dazu besonders im Bereich der Aufklärung und Sensibilisierung entsprechender Entscheidungsträger großer Nachholbedarf. Um dem entgegenzutreten, sollten die Ergebnisse dieser Arbeit eine Orientierungshilfe bieten und dabei helfen im Hinblick auf Industrie 4.0 Hindernisse und Planungsfehler möglichst frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zur Transformation hin zur Fabrik der Zukunft zu unterstützen.

Die Erkenntnisse, welche aus den Ergebnissen der Diplomarbeit gewonnen wurden, waren teilweise auch überraschend. Entgegen den ersten persönlichen Einschätzungen zur Wichtigkeit unterschiedlicher Attribute hat sich herausgestellt, dass nicht technologische Aspekte, bzw. die Bereitstellung von entsprechenden Ressourcen oberste Priorität bei der Einführung von Industrie 4.0 haben. Viel mehr haben die Umfrageergebnisse aufgezeigt, dass besonders die Dimensionen Kultur und Mitarbeiter für die Einführung von Industrie 4.0 von herausragender Bedeutung sind! Dabei dominieren Themen rund um die Mitarbeiter die wichtigsten Erfolgsfaktoren: Etwa die Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse, deren Offenheit und Kompetenz im Umgang mit neuen Technologien, deren Autonomie oder deren Motivation, eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen. Diese Attribute sind auch ein Indiz dafür, dass trotz aller technologischer Neuerungen und fortschreitender Digitalisierung die Mitarbeiter das zentrale und wichtigste Element des Fortschrittes darstellen. Abgesehen davon sind aber auch die Unternehmenspartner, bzw. entsprechende Strategien zur digitalen Transformation und die Bereitschaft der Unternehmensführung zur Veränderung besonders wichtig. Folglich kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Sensibilisierung der Belegschaft und die Schaffung geeigneter organisatorischer Maßnahmen zur Unterstützung der geforderten Attribute für die Mitarbeiter von zentraler Bedeutung sind. Da das Schaffen entsprechender Rahmenbedingungen Aufgabe der Unternehmensleitung ist, kann daher auch von einer top-down getriebenen Transformation der Unternehmen hin zu Industrie 4.0 gesprochen werden.

Als weniger wichtig für die Einführung von Industrie 4.0 haben sich die Dimensionen Produkte und Technologie herausgestellt. Gerade Themen rund um die Individualisie-

rung und Autonomisierung von Produkten, bzw. die Vernetzung von Produktionsmaschinen, Nutzung von Cloud Services, Embedded Systems, oder generativer Fertigungsverfahren sind in der Anfangsphase nicht so sehr entscheidend wie es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Im Hinblick auf Limitierungen und Eingrenzungen der Diplomarbeit sollte erwähnt werden, dass das Orientierungsmodell, bzw. das zugrunde liegende Reifegradmodell auf produzierende Unternehmen ausgerichtet ist und sich die Unterscheidungsmerkmale primär auf für Industrie 4.0 relevante Bereiche beschränken. Zudem sollten die vorliegenden Erfolgsfaktoren keinesfalls als Step-by-step Anleitung verstanden werden, sondern primär als ein abstrahiertes Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dienen. Da die ausgearbeiteten Attribute dem schnellen technologischen Fortschritt unterliegen, müssen diese ständig aktualisiert werden. Dies bedeutet, dass die vorliegende Arbeit bereits in wenigen Jahren eine Überarbeitung und eine neue Expertenbefragung notwendig macht, um die technologischen Entwicklungen berücksichtigen zu können. Besonders Attribute aus den Dimensionen Produkte und Technologie, welche aus heutiger Sicht noch nicht allzu relevant erscheinen, können durch rasante Weiterentwicklungen in wenigen Jahren massiv an Bedeutung gewinnen und so zu entscheidenden Erfolgsfaktoren heranwachsen.

Weiterführende Forschungsarbeiten des vorgestellten Orientierungsmodells liegen darin, dieses in KMUs bei realen Projekten einzusetzen und so die ausgearbeiteten Erfolgsfaktoren nicht nur theoretisch, sondern auch im Praxiseinsatz zu bestätigen. Im Zuge dessen können Anpassungen und Optimierungen am Orientierungsmodell vorgenommen und der Benefit der vorliegenden Arbeit für KMUs demonstriert werden.

8 Literaturverzeichnis

- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2011). Cyber-Physical Systems - Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-27567-8>
- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Retrieved from https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf
- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2015a). *Industry 4.0, Urban Development and German International Development Cooperation - Position Paper*.
- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2015b). Smart Service Welt - Abschlussbericht Langversion.
- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2016). *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0*.
- Arentz, O., & Münstermann, L. (2013). *Mittelunternehmen statt KMU? Ein Diskussionsbeitrag zum Mittelstandsbegriff* (No. 01/2013). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/96409>
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Becker, W., Staffel, M., & Ulrich, P. (2008). *Mittelstand und Mittelstandsforschung*.
- BMWi. (2015a). *Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland*.
- BMWi. (2015b). *Studie - Erschließung der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand*.
- Botthof, A., & Hartmann, E. A. (2015). *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Springer Vieweg. <http://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7>
- Centre for Strategy and Evaluation Services. (2012a). Final Report - Evaluation of the SME Definition.
- Centre for Strategy and Evaluation Services. (2012b). Final Report - Evaluation of the SME Definition - Executive Summary.
- Corrall, C. J., Wyer, P. C., Zick, L. S., & Bockrath, C. R. (2002). How to find evidence when you need it, part 1: Databases, search programs, and strategies. *Annals of Emergency Medicine*, 39(3), 302–306. <http://doi.org/10.1067/mem.2002.122149>
- Dangayach, G. S., Pathak, S. C., & Sharma, A. D. (2005). Managing Innovation: An action plan to accelerate innovation among SMEs. *Asia Pacific Tech Monitor*, 22(3), 30–33.
- Deloitte. (2013). Digitalisierung im Mittelstand. Retrieved from <http://www2.deloitte>

tte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Mittelstand/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf

Deloitte. (2014). Werkplatz 4.0 Herausforderungen und Lösungsansätze zur digitalen Transformation und Nutzung exponentieller Technologien, 28. Retrieved from <http://www2.deloitte.com/ch/de/pages/manufacturing/articles/manufacturing-study-industry-4.html>

Dombrowski, U., Herrmann, C., Lacker, T., & Sonnentag, S. (2009). *Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen - Ein ganzheitliches Konzept*. <http://doi.org/10.1007/978-3-540-92927-7>

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56–58. <http://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079>

Europäische Kommission. Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (2003/361/EG), Pub. L. No. 2003/361/EG (2003).

Europäische Kommission. (2015). *Benutzerleitfaden zur Definition von KMU*. <http://doi.org/10.2873/07772>

Europäisches Parlament und Rat. (2016). Datenschutz-Grundverordnung (Verordnung (EU) 2016/679).

Gechter, D., Nothacker, M., Khan, C., Rütters, D., Mavergames, C., Motschall, E., ... Meerpohl, J. J. (2013). Manual Systematische Literaturrecherche für die Erstellung von Leitlinien. *Deutsches Cochrane - Zentrum, Arbeitsgemeinschaft Der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften - Institut Für Medizinisches Wissensmanagement, Ärztliches Zentrum Für Qualität in Der Medizin*, 1. Auflage, 1–54. <http://doi.org/10.6094/UNIFR/2013/2>

Grenz-Farenholtz, B. (2013). Systematische Literaturrecherche.

Guba, B. (2008). Systematische Literatursuche. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 158(1–2), 62–69. <http://doi.org/10.1007/s10354-007-0500-0>

Günterberg, B., & Kayser, G. (2004). *SMEs in Germany: Facts and Figures 2004*. Retrieved from <http://www.econstor.eu/handle/10419/52278>

Günterberg, B., & Wolter, H.-J. (2002). *Unternehmensgrößenstatistik 2001/2002: Daten und Fakten*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/52245>

Hansjürgen, P. (2016). Industrie 4.0: Annäherung an ein Konzept. *Forschung Aktuell, Institut Arbeit Und Technik (IAT), Gelsenkirchen No. 05/2016*.

Herstatt, P. D. C., Buse, D. S., Tiwari, R., & Umland, M. (2007). *Innovationshemmnisse in kleinen und mittelgroßen Unternehmen*. Retrieved from <https://doi.org/10.15480/882.277>

Hirsch-Kreinsen, H., & Weyer, J. (2014). *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*. *Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014*.

Immerschitt, W., & Stumpf, M. (2014). *Employer Branding für KMU*. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-01204-5>

- Ingenics. (2014). *Industrie 4.0: Eine Revolution der Arbeitsgestaltung*.
- Jaeschke, R.-I., Hogueve, C., Läzer, K. L., & Drazek, R. (2010). *Einführung in die systematische Literaturrecherche mit den Datenbanken „PsycINFO“, „Pubmed“ und „PEP – Psychoanalytic Electronic Publishing“ sowie in das Literaturverwaltungsprogramm „Citavi“*. Retrieved from https://www.uni-kassel.de/fb01/uploads/media/Tutorial_Literaturrecherche_30.4.2010_01.pdf
- Kirsch, A., Kletti, J., Wießler, J., Meuser, D., & Felser, W. (2015). *Industrie 4.0 Kompakt - Systeme für die kollaborative Produktion im Netzwerk*.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnline*, 48(3), 1870–1875. <http://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- López-Ortega, E., Canales-Sanchez, D., Bautista-Godinez, T., & Macias-Herrera, S. (2016). Classification of micro, small and medium enterprises (M-SME) based on their available levels of knowledge. *Technovation*, 47, 59–69. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.10.001>
- Ludwig, T., Kotthaus, C., Stein, M., Durt, H., Kurz, C., Wenz, J., ... Wulf, V. (2015). *Arbeiten im Mittelstand 4.0 – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels. Springer Fachmedien Wiesbaden*. <http://doi.org/10.1365/s40702-015-0200-y>
- Mandl, I. (2008). *Overview of Family Business Relevant Issues - Final Report*.
- McKinsey Digital. (2016). *Industry 4.0 after the initial hype*.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Academia and Clinic Annals of Internal Medicine Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264–269. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed1000097>
- Moher, D., Tetzlaff, J., Tricco, A. C., Sampson, M., & Altman, D. G. (2007). Epidemiology and reporting characteristics of systematic reviews. *PLoS Medicine*, 4(3), 447–455. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.0040078>
- Motschall, E. (2005). *Effiziente Literatursuche in der Medizin*. Retrieved from https://www.akademie-zwm.ch/uploads/tx_scpublications/Literatursuche-Internet-2005.pdf
- Mugler, J. (1995). *Betriebswirtschaftslehre der Klein- und Mittelbetriebe*.
- Pfohl, H.-C. (2013). *Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung*.
- Pfrommer, J., Schleipen, M., Usländer, T., Epple, U., Heidel, R., Urbas, L., ... Beyerer, J. (2014). *Begrifflichkeiten um Industrie 4.0 - Ordnung im Sprachwirrwarr*.
- PWC. (2014). *Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*. Retrieved from <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>
- Ramsauer, C. (2013). Industrie 4.0 – Die Produktion der Zukunft. *WINGbusiness*, (3), 6–12. Retrieved from http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/7521_0_DieProduktionderZukunft_ChristianRamsauer.pdf

- Schröder, C. (2016). *Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand*.
- Sendler, U., Baum, G., Borchering, H., Broy, M., Eigner, M., Huber, A. S., ... Stümpfle, M. (2013). *Industrie 4.0 - Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9>
- Ziegler, A., Antes, G., & König, I. (2011). Bevorzugte Report Items für systematische Übersichten und Meta-Analysen: Das PRISMA-Statement. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 136(8), e9–e15. <http://doi.org/10.1055/s-0031-1272978>
- Zimmermann, D. V. (2012). Innovationshemmnisse im Mittelstand. *KfW Economic Research*, 6. Retrieved from <https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-Volkswirtschaft-Nr.-6-September-2012.pdf>

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick Vorgehensweise	2
Abbildung 2: Schnittmengen bei der Literaturrecherche	7
Abbildung 3: Vorgehensweise bei einer systematischen Literaturrecherche	8
Abbildung 4: Identifizierung relevanter Studien	11
Abbildung 5: Die vier Stufen der industriellen Revolution	17
Abbildung 6: Smart Factory als Teil des Internets der Dinge	19
Abbildung 7: Definition von "KMU" nach der Europäischen Kommission.....	33
Abbildung 8: Schwellwerte für "KMU" nach der Europäischen Kommission	34
Abbildung 9: Qualitative Einordnung von Mittelstandsunternehmen nach EKAM	39
Abbildung 10: Fachwissen in Abhängigkeit der Unternehmensgröße.....	41
Abbildung 11: Detailergebnis der Umfrage: Existenz einer Strategie zur Implementierung von Industrie 4.0 im Unternehmen	90
Abbildung 12: Detailergebnis der Umfrage: Verfügbarkeit von Ressourcen für Industrie 4.0.....	90
Abbildung 13: Detailergebnis der Umfrage: Aspekte der Industrie 4.0 in den Geschäftsmodellen.....	90
Abbildung 14: Detailergebnis der Umfrage: Bereitschaft der Unternehmensführung zur Umsetzung von Industrie 4.0.....	91
Abbildung 15: Detailergebnis der Umfrage: Eignung der Kompetenzen der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0	91
Abbildung 16: Detailergebnis der Umfrage: Möglichkeit Produkte mit Systemen anderer Hersteller zu vernetzen	91
Abbildung 17: Detailergebnis der Umfrage: Möglichkeit Produkte zu individualisieren	91
Abbildung 18: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit und Kompetenz der Kunden im Umgang mit neuen Technologien	92
Abbildung 19: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung von Daten über Kunden und deren Verhalten	92
Abbildung 20: Detailergebnis der Umfrage: Digitalisierung des Kundenkontaktes ...	92
Abbildung 21: Detailergebnis der Umfrage: Umfassende Integration und Vernetzung der Wertschöpfungs- und Informationsprozesse.....	92
Abbildung 22: Detailergebnis der Umfrage: Standardisierung der Wertschöpfungsprozesse	93
Abbildung 23: Detailergebnis der Umfrage: Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse	93
Abbildung 24: Detailergebnis der Umfrage: Einbindung der Mitarbeiter in Veränderungsprozesse	93
Abbildung 25: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit der Unternehmenspartner gegenüber Innovationen.....	93

Abbildung 26: Detailergebnis der Umfrage: Vereinbarkeit der Unternehmenskultur mit I40	94
Abbildung 27: Detailergebnis der Umfrage: Stellenwert der Informations- und Kommunikationstechnologie im Unternehmen	94
Abbildung 28: Detailergebnis der Umfrage: Offenheit und Kompetenz der Mitarbeiter im Umgang mit neuen Technologien.....	94
Abbildung 29: Detailergebnis der Umfrage: Motivation der Mitarbeiter eigene Ideen in das Unternehmen einzubringen	94
Abbildung 30: Detailergebnis der Umfrage: Autonomie der Mitarbeiter	95
Abbildung 31: Detailergebnis der Umfrage: Bereitschaft der Mitarbeiter Arbeitsbedingungen zu flexibilisieren	95
Abbildung 32: Detailergebnis der Umfrage: Eignung der technologischen Standards für Industrie 4.0	95
Abbildung 33: Detailergebnis der Umfrage: Standards zum Schutz der Mitarbeiter-Privatsphäre bzw. zum Schutz sensibler Daten und geistigem Eigentum	95
Abbildung 34: Detailergebnis der Umfrage: Programme zur Förderung von Industrie 4.0 im Unternehmen	96
Abbildung 35: Detailergebnis der Umfrage: Aus- und Weiterbildungsprogramme für Mitarbeiter im Kontext der Industrie 4.0	96
Abbildung 36: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien	96
Abbildung 37: Detailergebnis der Umfrage: Anpassungsfähigkeit des Maschinenparks	96
Abbildung 38: Detailergebnis der Umfrage: Vernetzung von Produktionsmaschinen	97
Abbildung 39: Detailergebnis der Umfrage: Nutzung von Cloud Services	97
Abbildung 40: Darstellung des finalen Sets an Attributen	104

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Suchbegriffe identifizieren und festlegen.....	10
Tabelle 2: Suchbegriffe Industrie 4.0, Google Scholar	14
Tabelle 3: Suchbegriffe Industrie 4.0, TU Catalog Plus	14
Tabelle 4: Suchbegriffe Industrie 4.0, Science Direct	14
Tabelle 5: Suchbegriffe Industrie 4.0, Statista.....	15
Tabelle 6: Abschätzung der Nutzenpotenziale	22
Tabelle 7: Übersicht Suchbegriffe zur Begriffsdefinition und Abgrenzung	29
Tabelle 8: Suchbegriffe Begriffsdefinition und Abgrenzung, Google Scholar.....	30
Tabelle 9: Suchbegriffe Begriffsdefinition und Abgrenzung, ScienceDirect	31
Tabelle 10: KMU Definition des IfM Bonn	32
Tabelle 11: Einteilung der Unternehmensgröße nach EKAM.....	38
Tabelle 12: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Strategie	43
Tabelle 13: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Strategie	45
Tabelle 14: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Strategie.....	46
Tabelle 15: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Leitung ..	47
Tabelle 16: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Leitung	48
Tabelle 17: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Leitung	49
Tabelle 18: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Produkte	50
Tabelle 19: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Produkte	51
Tabelle 20: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Produkte.....	52
Tabelle 21: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Kunden .	54
Tabelle 22: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Kunden	55
Tabelle 23: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Kunden.....	56
Tabelle 24: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Geschäftsprozesse.....	58
Tabelle 25: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Geschäftsprozesse	60
Tabelle 26: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Geschäftsprozesse	61
Tabelle 27: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Kultur ...	63
Tabelle 28: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Kultur	64
Tabelle 29: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Kultur.....	65
Tabelle 30: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Mitarbeiter	67
Tabelle 31: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Mitarbeiter.....	68
Tabelle 32: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Mitarbeiter	69
Tabelle 33: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede: Governance	71
Tabelle 34: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Governance	72
Tabelle 35: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Governance	73

Tabelle 36: Übersicht der relevantesten demographischen Unterschiede:	
Technologie	75
Tabelle 37: Übersicht der Bewertung der Original-Attribute: Technologie	77
Tabelle 38: Übersicht des reduzierten Sets an Attributen: Technologie	78
Tabelle 39: Zuordnung der Umfrage-Antworten zu numerischen Werten	97
Tabelle 40: Zusammenfassende Auswertung der Expertenbefragung	102

11 Abkürzungsverzeichnis

a.a.O.	am angeführten Ort
AMP	Advanced Manufacturing Partnership
B2B	Business-to-business
B2C	Business-to-customer
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bzw.	beziehungsweise
CPPS	Cyber Physical Production Systems
CPS	Cyber Physical Systems
(e)CRM	(Electronic) Customer Relationship Management
d.h.	das heißt
EIB	Europäische Investitionsbank
EIF	European Investment Fund
EKAM	Europäisches Kompetenzzentrum für Angewandte Mittelstandsfor- schung
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
€	Euro
EUR	Euro
GE	General Electric
h	Stunde
i.d.R.	in der Regel
I40	Industrie 4.0
IfM	Institut für Mittelstandsforschung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol Version 6
IT	Informationstechnik
max.	maximal
MES	Manufacturing Execution System
Mio.	Million
p.a.	per Anno
PLM	Product Lifecycle Management
RFID	Radio-frequency identification
RGM	Reifegradmodell
SME	Small and medium sized enterprise
SMLC	Smart Manufacturing Leadership Coalition
u./o.Ä.	und/oder Ähnliche/s
vgl.	vergleich
z.B.	zum Beispiel