INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Digitalisierung industrieller Wertschöpfung

Transformationsansätze für KMU

Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Birgit Buchholz
Jan-Peter Ferdinand
Jan-Hinrich Gieschen
Uwe Seidel

Impressum
Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0
iit-Institut für Innovation und Technik in der
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1 | 10623 Berlin

Alfons Botthof
alfons.botthof@vdivde-it.de
www.autonomik40.de

Berlin, April 2017

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

Management Summary **4**

1 Wandel der industriellen Wertschöpfung **7**

1.1 Entwicklungsdynamiken im Spannungsfeld aus Industrie 4.0 und Mittelstand 7

1.2 Ziele der Studie 8

2 Analyserahmen: Primär- und Unterstützungsaktivitäten industrieller Wertschöpfung **10**

3 Auswirkungen der Digitalisierung auf Wertschöpfungsprozesse **12**

3.1 Primäraktivitäten 12

3.1.1 Produktion 12

3.1.2 Logistik 14

3.1.3 Vertrieb und Vermarktung 17

3.1.4 Services 19

3.2 Unterstützungsaktivitäten 22

3.2.1 Innovation und Transformation 22

3.2.2 Vernetzung und Kooperation 23

3.2.3 Daten und Analytik 26

3.2.4 Organisation der Arbeit 28

4 Zentrale Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für KMU **30**

5 Anhang: Überblick zu den befragten Projekten **33**

6 Literaturverzeichnis **37**

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einfluss der Digitalisierung auf einzelne Wertschöpfungsbereiche 4

Abb. 2: Schrittweise Veränderung der Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle 6

Abb. 3: Paradigmatischer Wandel der Produktionssysteme; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Koren (2010) 7

Abb. 4: Wertschöpfungskette; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Porter (1985) 11

Abb. 5: Nutzeneffekte der Digitalisierung im Vertrieb; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Elste (2016). 18

Management Summary

Die digitale Transformation stellt eine Kernherausforderung des industriellen Mittelstands in Deutschland dar und führt zu tiefgreifenden Veränderungen. Nach einer repräsentativen Umfrage des Digitalverbands Bitkom, in der Geschäftsführer und Vorstandsmitglieder von 507 Unternehmen aller Branchen mit einer Größe ab 20 Mitarbeitern befragt wurden, haben vier von zehn Unternehmen (40 Prozent) infolge der Digitalisierung bereits neue Produkte oder Dienste auf den Markt gebracht. 57 Prozent haben bestehende Angebote angepasst und 12 Prozent der Unternehmen musste wegen des digitalen Wandels Waren oder Dienstleistungen vom Markt nehmen (vgl. Bitkom e.V. 2016).

Obwohl der industrielle Mittelstand die umfassende Digitalisierung von Wertschöpfungsketten oft als bedrohliches Szenario wahrnimmt, setzt die vorliegende Studie ihren Fokus auf die daraus resultierenden Chancen, die jedoch aktiv ergriffen werden müssen. Sie soll eine Hilfestellung liefern, indem sie den umfassenden Einfluss der Digitalisierung auf mittelstandsrelevante Wertschöpfungssysteme beschreibt und daran geknüpfte Auswirkungen praxisnah diskutiert.

Über Interviews wurden Experten der Industriepartner aus Verbundvorhaben der Förderprogramme AUTONOMIK für Industrie 4.0 und Smart Service Welt als Beispiele für die Entwicklung und Implementation neuer Wertschöpfungsansätze in die Studie eingebunden. Durch die Mitwirkung in den Verbundvorhaben haben sich diese Unternehmen als frühe Anwender mit den Herausforderungen der digitalen Transformation auseinandergesetzt. Die durch die Interviews gewonnenen Erkenntnisse wurden systematisiert und zu prägnanten Kernbotschaften, Chancen und Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Diese sollen insbesondere KMU eine Orientierung dafür liefern, die Herausforderungen des digitalen Wandels aktiv anzunehmen und positiv für die Weiterentwicklung der Wertschöpfungsprozesse zu nutzen.

Den Analyserahmen und die Struktur der Studie bilden die Prozesse und Aktivitäten der industriellen Wertschöpfung, unterteilt in **Primäraktivitäten** (Produktion, Logistik, Vertrieb und Marketing, Services) und **Unterstützungsaktivitäten** (Innovation und Transformation, Vernetzung und Kooperation, Daten und Analytik, Organisation der Arbeit).

Betrachtet man die Primäraktivitäten der Wertschöpfung, haben sich in den befragten Unternehmen nach Einschätzung der Interviewpartner insgesamt die Prozesse in der Produktion und im Bereich Marketing und Vertrieb bisher am stärksten unter dem Einfluss neuer digitaler Technologien geändert. (vgl. Abbildung 1).

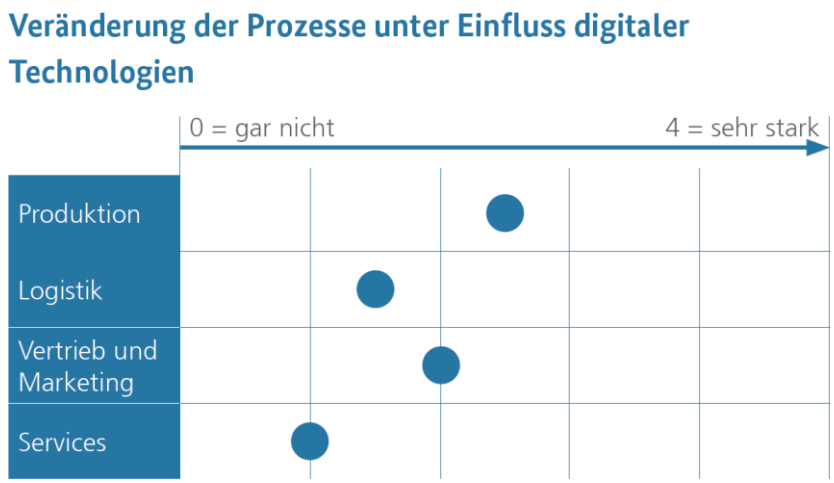

Abbildung 1: Einfluss der Digitalisierung auf einzelne Wertschöpfungsbereiche

Die Treiber im Bereich Produktion sind primär die Effizienzgewinne, während die Digitalisierung im Bereich Marketing und Vertrieb eher von einer verbesserten Erfüllung der Kundenbedürfnisse und -erwartungen geprägt ist. Im Bereich Logistik wird der Einfluss neuer Technologien von den meisten Interviewpartnern vergleichsweise als geringer bewertet. Zwar bestehen viele Konzepte und Ideen schon seit Jahren, aber technologische Neuerungen werden in der Logistik in den letzten Jahren eher verhalten eingeführt. Das Fehlen von definierten Schnittstellen für das Zusammenwirken von produzierenden Unternehmen und Zulieferern einerseits und zwischen den verschieden Verwaltungssystemen zur Verknüpfung von z. B. Liefersystemen, Lagerbeständen und Abrechnungssystemen andererseits stellen noch große Herausforderungen für ein systemisches Zusammenspiel der Akteure und Prozesse im Bereich der Logistik dar. Im Bereich Service hat die Veränderung der Wertschöpfung durch neue digitale Technologien aus Sicht der meisten Interviewpartner noch eine nachgelagerte Priorität. Obwohl den Interviewpartnern die zunehmende Bedeutung bewusst ist und die Option, Services anzubieten als Chance gesehen wird, werden Optionen für neue servicebasierte Geschäftsmodelle bislang noch wenig genutzt.

Betrachtet man die Unterstützungsaktivitäten, werden in vielen Bereichen, wie z.B. Mitarbeiterrekrutierung, Arbeitsplanung oder Kommunikation, innovative digitale Tools genutzt. Dennoch werden die Veränderung oftmals noch als Insellösungen umgesetzt und gezielte und umfassende Digitalisierungsstrategien sind noch selten. Im Vertrieb wird neben der Nutzung von digitalen Tools und Plattformen weiterhin der direkte Kontakt zu Kunden, z.B. im Rahmen von Beratungs- und Verkaufsgesprächen, als erforderlich angesehen. Die Innovationsaktivitäten werden bei vielen befragten Unternehmen noch zu sehr auf das jeweilige eigene Fachgebiet fokussiert, so dass hier durch Vernetzung und interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Partnern und Kunden noch große Potenziale erschlossen werden können. Durch die Nutzung digitaler Plattformen ist die Öffnung gegenüber neuen Partnern und Kunden möglich. Hemmnisse sind jedoch die bestehenden Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit und der Sorge davor, dass Kundenbeziehungen verloren gehen, wenn Plattformen nicht selber betrieben werden. Bei den Themen Datenerhebung und –analyse wird großes Potenzial gesehen, obwohl die Unternehmen noch am Anfang der Umsetzung stehen. Viele Potenziale bleiben hier aufgrund von fehlenden Know-hows, befürchtetem Datenabfluss und Haftungsrisiken noch ungenutzt. Der Einfluss der Digitalisierung auf Inhalte und Organisation der Arbeit wird bei den befragten Unternehmen dagegen bereits deutlich wahrgenommen und Ansätze der Weiterbildung und Qualifikation stellen ein prioritäres Handlungsfeld dar.

Als Gesamtfazit kann festgestellt werden, dass bei den befragten Unternehmen das Bewusstsein und die Offenheit hinsichtlich umfassender Veränderungen und neuer technologischer Trends vorhanden sind. Neue digitale Technologien und der Einfluss der Kunden werden als wesentliche Treiber für die Änderung von Wertschöpfungsprozessen und für zukünftige Geschäftsmodelle erkannt. Die frühen Anwender von neuen digitalen Technologien haben in den Primäraktivitäten Produktion, Logistik und Vertrieb bereits Effizienz-gewinne generiert und erwarten durch die zunehmende Digitalisierung noch weitere. Die Unterstützungs-aktivitäten werden aufgrund ihrer integrativen Bedeutung für die Umsetzung digitalisierter Wertschöpfungs-prozesse einen zunehmend größeren Hebel für die Chancen der Digitalisierung und die Zukunftsfähigkeit der Unternehmen bilden.

Um die Chancen der Digitalisierung adäquat zu nutzen und sich mit ihren Geschäftsmodellen und Werteversprechen in dynamischen Märkten behaupten zu können, müssen Unternehmen in den benannten Dimensionen nachhaltige und zukunftsfähige Strukturen schaffen. Erfolgsfaktoren sind insbesondere die Öffnung für **neue Partnerstrukturen** und **Kooperationen** und die **Kundeneinbindung über digitale Technologien** in einzelne Prozessschritte der Wertschöpfung. Die Umsetzung einer geeigneten **Digitalisierungsstrategie** ist Chefsache und sollte neben der Entwicklung und dem Einsatz neuer digitalen Technologien auch organisatorische Innovationen und Investition in spezifische **Qualifikation und Kompetenzen** der Mitarbeiter umfassen.

Empfohlen wird eine **schrittweise Neupositionierung**, die ausgehend von den Kundenbedürfnissen neue Geschäftsmodelle identifiziert und auf einem **erweiterten Verständnis von Innovation** basiert, das neben der Technologie-Entwicklung auch organisatorische Innovationen und Change-Management umfasst. Ein iterativer Gesamtprozess für eine solche Neupositionierung wird in Abbildung 2 dargestellt.

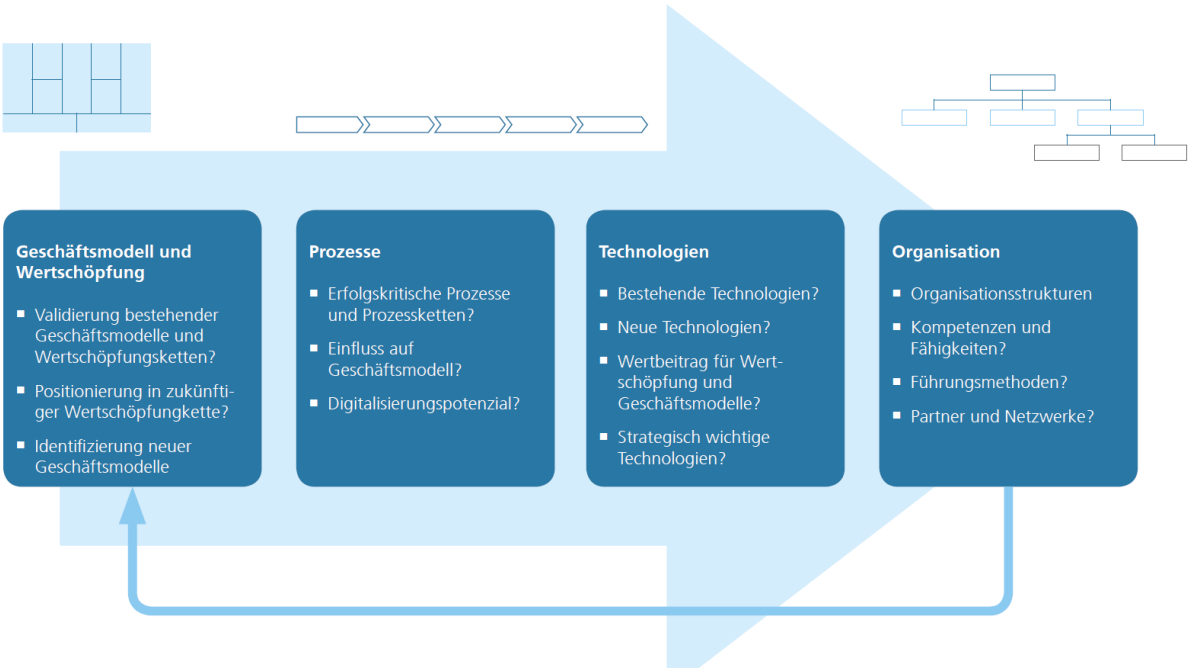

Abbildung 2: Schrittweise Veränderung der Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle

1. Wandel der industriellen Wertschöpfung

1.1 Entwicklungsdynamiken im Spannungsfeld aus Industrie 4.0 und Mittelstand

Die Auseinandersetzung mit der Digitalisierung hat seit der Jahrtausendwende einen interessanten Wandel für produzierende Unternehmen vollzogen. Standen zunächst die rein digitalen Geschäftsmodelle der „New Economy“ im Zentrum des Interesses, steht in jüngerer Vergangenheit die digitale Transformation der Industrie im Zentrum der Diskussion über Veränderung von Märkten, Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsketten. Da die verarbeitenden Gewerbe, der Maschinen- und Anlagenbau sowie das Ingenieurwesen traditionell zu den Ankern der deutschen Wirtschafts- und Wissenschaftslandschaft zählen, fallen an das Leitbild der Industrie 4.0 geknüpfte Themen wie das „industrielle Internet“ oder „cyber-physische Systeme“ auf besonders fruchtbaren Nährboden.

Die zunehmende Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung von Produktionssystemen löst dabei weitreichende Veränderungen industrieller Wertschöpfungsprozesse aus. Deren zukünftige Gestaltung stellt eine der wesentlichen Herausforderungen für den mittelfristigen Erfolg der deutschen Wirtschaft dar. Obwohl bereits einschlägige Erfolgsgeschichten des digitalen Wandels sichtbar sind, befinden sich insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) noch in einer frühen Phase, in der noch viel Raum für strategische Potentiale durch die Digitalisierung der Geschäftsprozesse vorhanden ist (vgl. Abramovici und Herzog 2016; Saam et al. 2016)

Obwohl die Konsequenzen der Digitalisierung in der Industrie 4.0 oft als Revolution vermittelt werden, ist die technologische Basis dieser Entwicklung dennoch eher durch die kontinuierliche Weiterentwicklung industrieller Wertschöpfungsparadigmen geprägt. Dabei lösen die neuen Technologien keinen vollständigen Wandel zuvor etablierter Muster aus, sondern erweitern sukzessive das Spektrum an Optionen, in denen sich Wertschöpfung umsetzen lässt. Wie Abbildung 3 zeigt, bildet das Verhältnis aus Losgröße und Produktvielfalt ein Spannungsfeld, in dem sich die Effekte digitaler Technologien entsprechend unterschiedlich darstellen können. Daran anschließend lassen sich Skaleneffekte am ehesten in großen, automatisierten und auf Effizienz ausgerichteten Fabriken realisieren. Die Herstellung einer möglichst hohen Produktvielfalt bedarf hingegen flexiblerer Werkstätten, in denen die Anpassung der Produktionsanlagen auf teilweise kundenindividuelle Bedarfe umgesetzt wird.

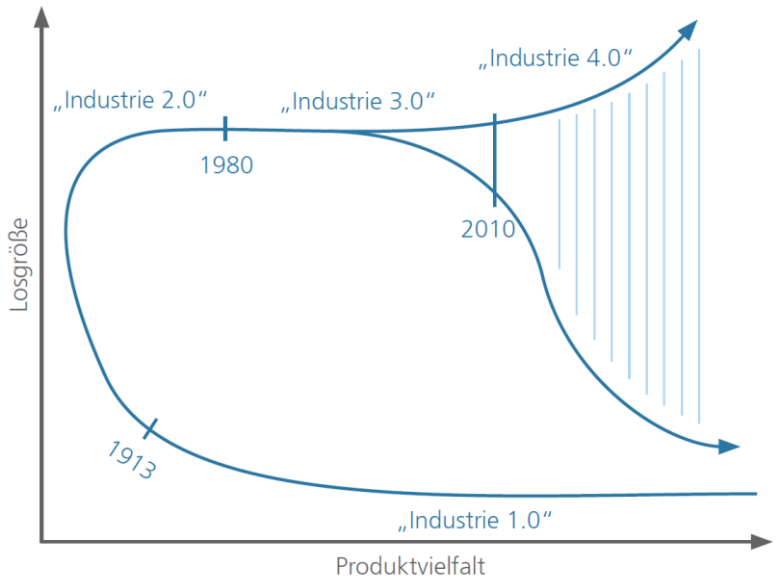

Abbildung 3: Paradigmatischer Wandel der Produktionssysteme; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Koren (2010)

Eine besondere Qualität digitaler, vernetzter Herstellungs- und Steuerungsprozesse liegt darin, dass sie beide Pfade prägen und zwischen den Eckpunkten hochskalierter und hochgradig angepasster Produkte das Kontinuum möglicher Wertschöpfungskonstellationen erweitern können. Innerhalb dieses Möglichkeitsraums schaffen digitale Technologien ein breites Spektrum an Implementationsansätzen, aus dem Unternehmen die für sie geeigneten Lösungen bestimmen können. Je nachdem wie sich Unternehmen im digitalen Wandel aufstellen wollen, können sie entweder die Effizienz ihres etablierten Wertschöpfungsmodells steigern, die Variabilität und Flexibilität ihres Produktionssystems erhöhen oder völlig neue Geschäftsmodelle erschließen. Die Wertschöpfung findet künftig stärker zwischen vielen eng vernetzten und in Echtzeit kommunizierenden Akteuren statt. Dies führt zu einer größeren Arbeitsteilung über die gesamte Wertschöpfungskette und starre Wertschöpfungsketten entwickeln sich zu dynamischen Wertschöpfungsketten. Auch wenn man aus technologischer Sicht nicht von einer Revolution sprechen kann, wird die zunehmende Digitalisierung grundlegende Änderungen der Prozesse, Kompetenzen und Geschäftsmodelle zur Folge haben.

Für die Zielgruppe des industriellen Mittelstands stellt die Umsetzung des digitalen Wandels in ihren Wertschöpfungsprozessen eine große Herausforderung dar. Dies liegt insbesondere daran, dass das Konzept der Industrie 4.0 noch immer zu diffus ist, um konkrete Implementationsstrategien anzubieten. Zwar ermöglicht der technologische Fortschritt eine Reihe neuer Produktionskonstellationen (z.B. Effizienzsteigerungen durch intelligente Roboter, kundenindividuelle Produktion durch 3D-Druck, plattformbasierte Geschäftsmodelle usw.)[1], jedoch bleiben aus Sicht der Unternehmen die daraus resultierenden, konkreten Anknüpfungspunkte nicht eindeutig. So geht aus einer aktuellen Studie zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0 in verarbeitenden Unternehmen hervor, dass 91% der befragten deutschen Unternehmen erwarten, dass Industrie 4.0 die operative Effizienz ihres Unternehmens steigern wird; 76% glauben, dass dies auch einen Einfluss auf ihr Geschäftsmodell haben wird (vgl. McKinsey Digital 2016).

1.2 Ziele der Studie

Die Kernthese der vorliegenden Studie geht davon aus, dass sich die prinzipiellen Wertschöpfungsmöglichkeiten durch Digitalisierung und Industrie 4.0 erweitern. Um daraus resultierende Potenziale nutzen zu können, müssen sich Unternehmen bewusst sein, welche Bereiche ihres Wertschöpfungsmodells sie in welcher Form verändern wollen. Das Spektrum möglicher Ansätze ist weit und kann neben punktuellen Effizienzsteigerungen auch das gesamte unternehmerische Geschäftsmodell umfassen. Auch wenn die Umsetzung entsprechender Strategien gerade kleine und mittelständische Unternehmen vor große Herausforderungen stellt, können deren Größe und direkte Entscheidungsstrukturen einen Vorteil gegenüber meist wenig flexiblen Großunternehmen darstellen.

Im Folgenden wird es nicht primär darum gehen, die Risiken und Herausforderungen aktueller technologischer Entwicklungen darzulegen, sondern den Fokus eher auf die Chancen der Digitalisierung für die Zielgruppe des industriellen Mittelstands zu richten. Das Anliegen der Studie ist es, Hilfestellungen zu liefern, wie KMU neue Technologien und Gestaltungsansätze zur Digitalisierung ihres Wertschöpfungsmodells aktiv ergreifen und gewinnbringend umsetzen können. Auf Basis einer exemplarischen Erhebung von Ausprägungen der Digitalisierung bei den befragten Unternehmen werden praktische Ansätze für den Wandel industrieller Wertschöpfungsprozesse abgeleitet, die eine Orientierung dafür liefern, die Herausforderungen des digitalen Wandels anzunehmen und für die Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle zu nutzen.

[1] Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den genannten Themen erfolgte im Rahmen diverser Studien der Begleitforschung zum Programm AUTONOMIK für Industrie 4.0: Engineering 4.0 Grundzüge eines Zukunftsmodells (vgl. Künzel et al. 2016); Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen (vgl. Engelhardt et al. 2017); Additive Fertigungsmethoden - Entwicklungsstand, Marktperspektiven für den industriellen Einsatz und IKT-spezifische Herausforderungen bei der Forschung und Entwicklung (vgl. Richter und Wischmann 2016). Alle Studien stehen zum Download unter http://www.digitale-technologien.de/SiteGlobals/DT/Forms/Listen/Publikationen zur Verfügung.

Um eine praktische Orientierung für den Umgang mit technologischen und organisatorischen Innovationen zu liefern, wurden einerseits der Stand des Wissens im Rahmen einer Literaturanalyse erhoben und andererseits insgesamt 16 strukturierte Interviews mit Experten der Industriepartner von Forschungsverbünden aus den BMWi Förderprogrammen „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ und „Smart Service Welt“ geführt.[2] Da sich diese im Rahmen themenspezifischer Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit verschiedenen Aspekten des digitalen Wandels industrieller Wertschöpfung auseinandersetzen, wurden sie als frühe Anwender zu den Effekten und Umsetzungsstrategien des digitalen Wandels in ihren Unternehmen befragt. Dadurch konnten praktische Beispiele für die Entwicklung und Implementation neuer Wertschöpfungsansätze in die Studie eingebunden werden.

Der Analyserahmen der Studie, der von den Primär- und Unterstützungsaktivitäten industrieller Wertschöpfung ausgeht, wird im nachfolgenden Kapitel 2 beschrieben. Kapitel 3 stellt den Hauptteil der Studie dar und beschreibt den Einfluss der Digitalisierung auf einzelne Wertschöpfungsprozesse. Zunächst werden die daran geknüpften Effekte auf Basis der Erfahrungen aus der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONONIK für Industrie 4.0 und einer Literarturanalyse diskutiert und anschließend an den Kernaussagen aus den geführten Interviews gespiegelt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden praxisnah diskutiert und zu prägnanten Kernbotschaften zusammengefasst. In Kapitel 4 werden aus den Ergebnissen der Interviews allgemeine Schlussfolgerungen, Chancen und Handlungsempfehlungen abgeleitet, die sowohl eine inhaltliche Orientierung als auch praktische Anknüpfungspunkte für die Entwicklung und Implementierung neuer Wertschöpfungsansätze im industriellen Mittelstand bieten.

[2] Ein Überblick zu den befragten Projekten befindet sich im Anhang. Detaillierte Informationen zu den geförderten Projekten enthalten die jeweiligen Programmbroschüren, Download unter www.digitale-technologien.de

2. Analyserahmen: Primär- und Unterstützungsaktivitäten industrieller Wertschöpfung

Studien großer Beratungsunternehmen belegen deutlich die Notwendigkeit zur Stärkung der „digitalen Reife“ in der deutschen Industrielandschaft und entwerfen umfassende Ansätze und Handlungsorientierungen zur digitalen Transformation der Wirtschaft (vgl. McKinsey Digital 2016; Roland Berger Strategy Consultants 2015; PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2014). Obwohl die dahinter liegenden Konzepte plausible Ansätze und Umsetzungsschritte vorschlagen, berücksichtigen sie zum Teil zu wenig die Rahmenbedingungen der Zielgruppe kleiner und mittelständischer Unternehmen. Da diese oft in Märkten mit vergleichsweise geringer digitaler Durchdringung agieren, äußert sich der Einfluss der Digitalisierung in vielen Branchen bisher weniger disruptiv als proklamiert. Darüber hinaus werden die daran geknüpften Transformationsszenarien von vielen KMU als zu weitreichend empfunden, da sie digitalen Wandel eher als Evolution denn Revolution begreifen und diesen entsprechend sukzessiv umsetzen.

Um praktische Ansätze für den Wandel industrieller Wertschöpfungsprozesse abzuleiten, werden im Rahmen der vorliegenden Studie aktuelle Ausprägungen der Digitalisierung in produzierenden Unternehmen exemplarisch dargestellt. Dabei bildet Porters Konzept von Wertschöpfungsketten (Value Chain) in Unternehmen den analytischen Referenzpunkt, um den Wandel zu beschreiben: „Jedes Unternehmen ist eine Ansammlung von Tätigkeiten, durch die sein Produkt entworfen, hergestellt, vertrieben, ausgeliefert und unterstützt wird. All diese Tätigkeiten lassen sich in einer Wertkette darstellen“ (vgl. Porter 1985). Porter differenziert unternehmerische Wertschöpfungsketten analytisch nach Primäraktivitäten (interne und externe Logistik, Produktion, Marketing und Verkauf, Service) und Unterstützungsaktivitäten (Unternehmens-infrastruktur, Personalwirtschaft, Technologieentwicklung, Beschaffung).

Die Studie geht davon aus, dass die Primäraktivitäten im Spannungsfeld der zuvor skizzierten Pfade durch die Digitalisierung sukzessive weiterentwickelt und angepasst werden. Durch die Einbindung einzelner Wertschöpfungsprozesse in übergreifend vernetzte Systeme kann die Abstimmung zwischen den Primäraktivitäten optimiert werden, was die Effizienz des Gesamtprozesses unmittelbar steigern kann. Im Vergleich dazu wirkt sich die zunehmende Digitalisierung mit Blick auf die Unterstützungsaktivitäten eher indirekt aus: In diesen Bereichen müssen Unternehmen nachhaltige und zukunftsfähige Strukturen schaffen, um die sich ändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingen möglichst gewinnbringend für sich zu nutzen.

Während die benannten Primäraktivitäten auch im digitalen Wandel den Kern industrieller Wertschöpfung bilden und sich durch neue Technologien funktional weiterentwickeln, bedürfen die von Porter vor der Digitalisierung formulierten Unterstützungsaktivitäten eines neuen inhaltlichen Zuschnitts (vgl.**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Abbildung 4). Aktuelle Erfahrungen aus Technologieprojekten zeigen, dass sich die gestiegene Relevanz von Daten, Vernetzung usw. in vier neuen Kontextfaktoren für Wertschöpfung vergegenwärtigt, die teilweise Porters Unterstützungsaktivitäten aufgreifen, darüber hinaus aber auch neue Aspekte ergänzen (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015):

- Unterstützungsaktivitäten im Bereich „Innovation und Transformation“ bilden die hohe Bedeutung von Forschung und Entwicklung und die Transformation durch neue digitale Technologien und organisatorische Innovationen ab.
- Aktivitäten im Kontext von „Vernetzung und Kooperation“ unterstreichen die gestiegene Bedeutung von Kooperationsbeziehungen im Wertschöpfungsprozess.
- Der Umgang mit „Daten und Analytik“ reflektiert einen neuen Aspekt der Wertschöpfung, der sich unmittelbar aus der Digitalisierung der Primäraktivitäten ergibt.
- Aktivitäten im Bereich „Organisation der Arbeit“ adressieren den Zusammenhang zwischen neuen Technologien, Personalstruktur und unternehmerischen Organisationsstrukturen.

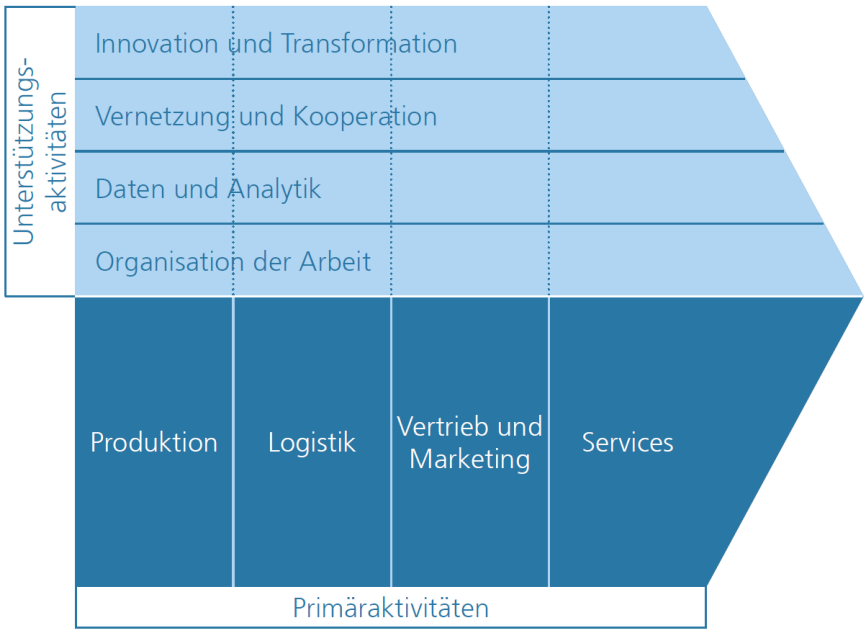

Abbildung 4: Wertschöpfungskette; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Porter (1985)

Die in**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Abbildung 4 dargestellten Primär- und Unterstützungsaktivitäten industrieller Wertschöpfung bildeten sowohl die Orientierung für die Leitfäden der durchgeführten Experteninterviews als auch für die Struktur der folgenden Ausführungen dieser Studie. Die Interviewpartner haben sich im Rahmen der themenspezifischen Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit verschiedenen Aspekten des digitalen Wandels industrieller Wertschöpfung auseinandergesetzt und wurden als frühe Anwender zu den Effekten und Umsetzungsstrategien des digitalen Wandels in ihren Unternehmen befragt.

3. Auswirkungen der Digitalisierung auf Wertschöpfungsprozesse

Entsprechend des angepassten Konzepts der industriellen Wertschöpfung wird der Einfluss der Digitalisierung im Folgenden für die zentralen Primär- und Unterstützungsaktivitäten unternehmerischer Wertschöpfung beschrieben. In den einzelnen Unterkapiteln werden jeweils zunächst in einer theoretischen Analyse das Verständnis der Autorinnen und Autoren sowie Aussagen aus der durchgeführten Literaturrecherche beschrieben, bevor die Praxissicht durch die Kernaussagen aus den geführten Interviews dargelegt wird.

3.1 Primäraktivitäten

Die Primäraktivitäten der Wertschöpfung bilden alle Kerntätigkeiten, die einen direkten Beitrag zur Erstellung und Vermarktung eines Produktes oder produktbezogener Dienstleistungen haben. Entsprechend der analytischen Differenzierung dieser Tätigkeit nach Porter, werden diese nachfolgend in die Teilbereiche Produktion (3.1.1), Logistik (3.1.2), Vertrieb und Vermarktung (3.1.3) sowie Services (3.1.4) unterteilt.

3.1.1 Produktion

Theoretische Perspektive

Die Veränderung von Wertschöpfungsprozessen im Bereich der Produktion bildet den zentralen Anker in der Debatte um die Industrie 4.0. Dabei äußert sich der Einfluss der Digitalisierung auf Produktion in drei zentralen Aspekten: neben den hergestellten Produkten (1) ändern sich auch die Produktionsprozesse (2) sowie die Geräte und Maschinen, mit denen die Produkte hergestellt werden (3):

1. Bezogen auf die Produkte nimmt die Verschränkung von materiellen Gütern und Software deutlich zu. Dies kann sich durch den Einbau von Sensoren zur Erfassung von Nutzerdaten genauso äußern wie im Aufbau eines cloudbasierten Systems, das über die reine Herstellung des Produkts hinausgeht. Um den Produktnutzen über möglichst lange Zeiträume zu gewährleisten, müssen Unternehmen die unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten von Hard- und Software berücksichtigen und Schnittstellen definieren, die eine kontinuierliche Aktualisierung und Weiterentwicklung der Produkte sicherstellen (vgl. Porter und Heppelmann 2014, 2015).
2. Die Produktionsprozesse in der Industrie 4.0 sind durch flexible, modulare Einheiten geprägt, die sich je nach Bedarf an wechselnde Anforderungen und Kundenansprüche anpassen lassen (vgl. Roland Berger Strategy Consultants 2015). Die Steuerung und Planung der zunehmend komplexen Prozesse bedarf einer hohen Informationsdichte und Transparenz, die meist über integrierte Produktionssysteme abgebildet werden.
3. In Hinblick auf die zum Einsatz kommenden Werkzeugmaschinen schreibt der Einfluss der Digitalisierung den Pfad der Automatisierung fort und ergänzt die umfassende Vernetzung einzelner Geräte in übergreifende Produktionssysteme. Die technologischen Facetten dieser Weiterentwicklung sind vielfältig und umfassen neben Innovationen in den Feldern Robotik, Sensorik oder dem Internet der Dinge auch verschiedene assistive Anwendungen aus dem Bereich Mensch-Technik-Interaktion.

Im Produktionsablauf wird die zunehmende Komplexität und Vernetzung innerhalb des Produktionsprozesses durch eine Reihe softwarebasierter Steuerungs- und Planungstools umgesetzt. Während die Produktions-grobplanung sowie die allgemeine Ressourcenbeschaffung auf Unternehmensebene über Enterprise-Ressource-Planning (ERP) Lösungen abgebildet wird, werden die Produktionsprozesse auf Betriebsebene über Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme

(PPS) koordiniert und mittels sogenannter Manufacturing-Execution-Systems (MES) operativ in Herstellungsprozesse überführt.

Praxisperspektiven aus den Interviews

Die bisherige Veränderung der Prozesse unter dem Einfluss neuer, digitaler Technologien wird für den Bereich Produktion von den Interviewpartnern im Vergleich zu den anderen Primäraktivitäten der Wertschöpfung am höchsten bewertet (vgl. Abbildung 1). Grundsätzlich bestätigen die geführten Interviews, dass die Implementierung digitaler Technologien in unternehmerische Produktionsabläufe sehr konkrete Mehrwerte erwarten lässt. Gerade für KMU müssen Entscheidungen über Investitionen in neue Technologien, Maschinen oder Kompetenzen betriebswirtschaftlich sinnvoll sein. Der unmittelbare Nutzen von Investitionen in die Produktionsinfrastruktur resultiert primär aus Effizienzgewinnen, die sich durch eine hohe Transparenz der Abläufe und Auslastungen sowie die Möglichkeiten vorausschauender Instandhaltung von Maschinen erzielen lassen. Die betriebswirtschaftliche Maschinenauswertung wird durch vernetzte Produktion vereinfacht, was wiederum die effiziente Planung und Steuerung im Gesamtablauf ermöglicht.

Für die Umsetzung transparenter und flexibel steuerbarer Produktionssysteme bilden Manufacturing Execution Systeme (MES) eine zentrale Schnittstelle der digitalen Infrastruktur, über die einzelne Maschinen und Prozessschritte integriert abgebildet werden. Je nach Implementierung und Nutzungsgrad können MES dabei helfen, Betriebs- und Maschinendaten zu erfassen, Qualitätsdaten der hergestellten Güter zu sammeln, den Status von Fertigungsprozessen zu ermitteln oder Nutzungs- und Schichtpläne zu erstellen. Für die Implementation von MES in bestehende Unternehmen existieren drei wesentliche Pfade: Neben der Entwicklung von Individuallösungen bestehen die Möglichkeiten, Standardsysteme zu verwenden oder generische Plattformsysteme auf die unternehmerischen Bedarfe anzupassen. Die Entscheidung über den passenden Weg besteht in der individuellen Abwägung zwischen der gewünschten Eingriffstiefe, dem Preis und der Passfähigkeit der jeweiligen Lösungen. Anpassungen sind relativ teuer, können sich aber mittelfristig rentieren.

Die Ziele von MES sowie unternehmensübergreifenden Kontroll- und Steuerungslösungen (wie ERP, PPS, siehe oben) liegen mit Blick auf die Produktion darin, die entsprechenden Abläufe global zu steuern und dadurch eine hohe Nachvollziehbarkeit und Transparenz aller Prozessschritte zu ermöglichen. Dies bildet für produzierende Unternehmen die notwendigen Voraussetzungen dafür, auch kundenindividuelle Produkte verlässlich herstellen und liefern zu können. In den geführten Interviews deutet sich an, dass Anpassungen bis zur Losgröße 1 insbesondere für viele KMU den Kern ihrer Leistungsversprechen darstellen. Darüber hinaus werden Kunden mitunter in einzelne Prozessschritte mit eingebunden, was einerseits den Anspruch an Flexibilität und Adaptivität, anderseits aber auch die realisierbare Wertschöpfung erhöht.

Im Zusammenhang des Austauschs mit Kunden über Produktanforderungen wird die Bedeutung von Prototyping im Wertschöpfungsprozess deutlich erhöht. Indem digitale Modelle direkt ausgetauscht und verändert werden können, lassen sich Spezifikationen zeitnah abstimmen und notwenige Iteration zeitnah umsetzen. Während dies eine bereits weit verbreitete Praxis darstellt, finden additive Verfahren trotz ihres bewiesenen Mehrwertes im Kontext von Rapid Prototyping bisher jedoch nur vereinzelt Verwendung (vgl. hierzu auch Richter und Wischmann 2016). Perspektivisch ist jedoch nicht auszuschließen, dass Themen wir Leichtbau oder der Umgang mit neuen Materialien 3D-Druck Technologien vorantreiben werden, weswegen der Aufbau entsprechender Kompetenzen von einigen Unternehmen als Investition in die Zukunft gesehen wird.

Neben additiven Fertigungsverfahren wie 3D-Druck und der umfassenden Konnektivität von Maschinen liegt ein weiteres Anwendungsfeld produktionstechnologischer Innovationen im Bereich neuer Mensch-Technik-Schnittstellen. Haben mobile Endgeräte wie Tablets im Kontext von Produktionssteuerung und -überwachung bereits eine recht hohe Verbreitung, finden auch assistive Augmented Reality-Lösungen in Einzelfällen bereits prototypische Anwendungen in verarbeitenden Unternehmen. Obwohl der Einsatz von mobilen Endgeräten oder assistiven Augmented- Reality-

Lösungen in der öffentlichen Diskussion häufig als fortschrittlich angesehen wird, wurden die Erfahrungen mit den neuen Interfaces im Rahmen der Interviews jedoch durchaus kritisch bewertet: So können beispielsweise Tablets nur bedingt mit Schutzhandschuhen bedient werden und die kleinen Displays von Augment Reality Brillen besonders großformatige und/oder detailreiche Modelle und Pläne nur bedingt abbilden. Auch wenn Robotik in den geführten Interviews noch kein prominentes Thema darstellt (vgl. hierzu auch Zühlke 2015), steigert die aktuelle Preisdegression von Roboterplattformen und deren zunehmend App-basierte Steuerung mittelfristig sicherlich deren Attraktivität für KMU, die die Effizienz standardisierter Herstellungsprozesse erhöhen wollen.

Grundsätzlich gehen mit der Implementierung neuer Technologien in etablierte Prozesse diverse Herausforderungen einher. Dies wurde auch in den geführten Interviews immer wieder bestätigt. Die Einbindung des Personals in technische Neuerungsprozesse sowie die Gewährleistung ihrer Nutzungskompetenz bilden in diesem Zusammenhang die zentralen Themen. Gerade kleinere und mittelgroße Unternehmen müssen ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter individuell an digitalisierte Produktionsprozesse heranführen. Freiwilligkeit spielt hier eine zentrale Rolle, die in der Umsetzung jedoch weitestgehend gegeben scheint. Neben der Mitnahme und Qualifizierung der bestehenden Mitarbeiterschaft muss spezifische Technologiekompetenz zumeist durch zusätzliches Personal aufgebaut werden.

In technologischer Hinsicht bildet die Integration existierender Maschinen in übergreifende Produktionssysteme die wesentliche Herausforderung. Ist es einerseits ein Vorteil, dass sich Maschinen hinsichtlich digitaler Schnittstellen „tunen“ lassen, ergibt sich aus dem resultierenden Mangel an Standardinterfaces oft ein hoher Aufwand hinsichtlich ihrer Anpassung und Einbindung in die Systemsoftware – dies kann für viele KMU nur über externe Beratungsdienstleistungen geleistet werden und setzt zumeist die Unterbrechung der Produktionsabläufe voraus.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Digitalisierung in der Produktion zunächst mit hohen Investments und einem großen Implementierungsaufwand verbunden ist. Da Wertschöpfung für KMU oft über Produktvielfalt und individuelle Anpassungen realisiert wird, schaffen digitale Technologien jedoch Ansätze, um die komplexen und anspruchsvollen Herstellungsprozesse effizienter zu gestalten sowie deren Steuer- und Planbarkeit zu erhöhen. Die Treiber der Digitalisierung sind im Bereich der Produktion somit primär die Effizienzgewinne. Die zentrale Herausforderung besteht für viele KMU darin, aus den verfügbaren Hardwarekomponenten und Softwareanwendungen die Lösungen zu finden, die eine hohe Passfähigkeit zu ihren Produktionslinien haben und den durch digitale Technologien erzielbaren Nutzen möglichst schnell sichtbar machen. Hierzu bietet es sich an, mit 1-2 Applikationen zu starten, gemeinsam mit dem Personal eigene Erfahrungen zu sammeln und diese für die sukzessive Transformation der unternehmerischen Produktionsprozesse zu nutzen. Wie in den geführten Interviews mit den Experten deutlich wurde, sollte dabei auch ein besonderes Augenmerk auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle gelegt werden, um die proklamierten Effizienzgewinne realisieren zu können. Denn nicht jede neue Technologie ist für die Anwendung in der Produktion praktikabel. In der Anpassung von Technologien an die spezifischen Erfordernisse der Produktionsumgebung liegt daher noch großes Innovationspotential.

3.1.2 Logistik

Theoretische Perspektive

Das für die Industrie 4.0 zentrale Konzept, die Vernetzung von Gütern und Geräten, ist eine Idee, die für die Logistik nicht grundlegend neu ist. Bereits in den neunziger Jahren konnten durch die RFID-Technologie Warenströme leicht elektronisch erfasst und Güter über mehrere Stationen hinweg verfolgt werden (vgl. Porter und Heppelmann 2015:11).

Die Anforderungen an Steuerung und Optimierung von Materialflüssen, an Transport und Lagerung von Gütern, hat sich im Laufe der Zeit stark verändert und ist zunehmend komplexer geworden. Zum einen kommt es durch die Anpassung an die Kundenanforderungen zu einer immer stärker werdenden Individualisierung der Produkte und dadurch zu immer kleineren Losgrößen. Zum anderen

steigen die Anforderungen an Lieferzeiten und Service sowie der Kostendruck immer mehr an. Darüber hinaus agieren Lieferanten, Hersteller, Groß- und Einzelhändler sowie Logistikdienstleister in Logistiknetzwerken, die nicht mehr nur auf lokaler bzw. nationaler Ebene tätig sind, sondern auch international. In Zeiten einer Dezentralisierung und Individualisierung der Produktion mit dem Ziel möglichst geringer Bestandshaltung, verschieben sich die Aufgaben der Logistik daher immer mehr in Richtung einer flexiblen und hinsichtlich der Größen Kosten, Zeit und Ressourceneinsatz optimierten Wegefindung (vgl. Günthner et al. 2014). Aber auch neue Produktionstechnologien sorgen für Veränderungen in der Logistik, wie z. B. 3D-Druck, mit dessen Hilfe Produkte direkt vor Ort erstellt werden können. Diese Veränderungen erfordern eine Flexibilisierung der Logistik und eine optimale Koordination aller Akteure, Güter und Geräte des Logistikprozesses.

Mit Hilfe der Digitalisierung können alle an der Logistikkette beteiligten Akteure und Objekte vernetzt und die Mitglieder einer Wertschöpfungskette vertikal oder mehrere Wertschöpfungsketten horizontal integriert werden. Durch die Einbindung von Sensoren oder GPS-Ortung können Güter in Echtzeit über den gesamten Logistikprozess verfolgt und Produktionsprozesse getriggert werden. Echtzeitdaten zu Standort, Zustand und örtlichen Bedingungen für jeden einzelnen Bestandteil der Lieferkette ermöglichen somit eine optimierte Logistik. Der gesamte Materialfluss von der Eingangs- zur Ausgangslogistik kann automatisiert und hinsichtlich seiner Transparenz, Effizienz oder Geschwindigkeit optimiert werden, während gleichzeitig Fehler über den gesamten Logistikprozess hinweg reduziert werden können. Auch unternehmensübergreifend kann dieser Materialfluss koordiniert und gesteuert werden und so beispielsweise die automatische Anpassung der Warenlieferungen zwischen Zulieferern und Produzenten an den Produktionsbedarf ermöglichen. Zukünftig können sich die Materialien für ein Produkt selbst zusammensuchen und das fertige Endprodukt wird sich selbst seinen Weg zu den Kundinnen und Kunden suchen können.

Die Erfassung und Verarbeitung der Daten in Enterprise Ressource Planning (ERP)-Systemen spielen hierbei ebenso eine wichtige Rolle wie der Datenaustausch über Cloud Services, welcher die Vernetzung und Integration der Akteure und Prozesse ermöglicht. In der Eingangslogistik können Materialien auf virtuellen Plattformen und E-Marketplaces rund um die Uhr angefordert werden. Dies kann „manuell“ durch den Menschen geschehen oder aber auch automatisch, wenn z. B. über Sensoren an das System mittgeteilt wird, dass für die Produktion benötigte Materialien zur Neige gehen. Auch in der Ausgangslogistik spielt die Digitalisierung zukünftig eine große Rolle, wie z. B. mit intelligenten Tourenplanungssystemen, um optimale Auslastungen der Transportfahrzeuge zu gewährleisten oder eine Verfolgung der Güter in Echtzeit („Track & Tracing“) (vgl. Springer Gabler Verlag 2017). Perspektivisch wird es keine getrennten ERP- oder Transportmanagementsysteme (TMS) mehr geben. Denn alle benötigten Geräte, Akteure und Güter werden zentral über die Cloud gesteuert und koordiniert werden können (vgl. Hompel 2013).

In der Literatur (vgl. Porter und Heppelmann 2015; Hompel und Henke 2014) wird auf die enormen Potentiale für die Logistik hingewiesen, die durch die Digitalisierung ermöglicht werden, ebenso wie auf die Bedeutung der digitalen Transformation der Logistik für die Wertschöpfung. Gleichzeitig wird aber derzeit auf dem Weg in die Fabrik der Zukunft nur ein geringer Veränderungsbedarf in der Logistik wahrgenommen (vgl. Abramovici und Herzog 2016).

Praxisperspektiven aus den Interviews

In den Interviews bestätigt sich dieser Eindruck. Die bisherige Veränderung der Prozesse unter dem Einfluss neuer, digitaler Technologien wird für den Bereich Logistik von den Interviewpartnern im Vergleich zu den Bereichen Produktion und Vertrieb als geringer bewertet (vgl. Abbildung 1). Viele neue Entwicklungen in Bezug auf die Logistik wurden in den letzten Jahren eher langsam und kontinuierlich umgesetzt, da viele Konzepte und Ideen hier schon seit Jahren bestehen (z. B. Just-In-Time Lieferung) und sich bewährt haben. Dies ist vor allem bei größeren Unternehmen der Fall. Am Beispiel des Maschinenbaus, bei dem die Materialbeschaffung zwischen Großunternehmen und Zulieferern schon seit Längerem über ERP-Systeme verläuft, zeigt sich aber, dass KMU, die sich mit

der Digitalisierung ihrer Logistik beschäftigen, hierbei auch von den Erfahrungen und bestehenden, soliden Beziehungen profitieren können.

Vor allem im automatischen Ankauf von Materialien und der Verfügbarkeit in Online Shops bzw. bei der Anlieferung von Waren, die durch Track und Tracing der Lieferungen für alle beteiligten Akteure transparenter und planbarer gemacht werden, werden von den interviewten Experten große Vorteile gesehen. Dadurch könnten Risiken in der Produktion vermieden werden. Besonders KMU profitieren von diesen Entwicklungen durch die bessere Integration in Lieferketten oder die digitale „Übergabe" von Prozessen in ERP. Außerdem könnten KMU dadurch weitere Kosten für Materiallager einsparen.

Aber nicht nur in der Anwendung dieser bewährten Konzepte sehen die im Rahmen dieser Studie befragten Experten Potentiale für Unternehmen, auch neue Technologien und innovative Konzepten bieten große Chancen, um die Logistik weiter zu optimieren. Ein Beispiel bildet die Verwendung digitaler Zwillinge[3]. Durch die digitalisierte Abbildung können Änderungen am Produkt bzw. in der Produktion den Zulieferern schnell und ohne Reibungsverluste zugänglich gemacht werden, um den veränderten Materialanforderungen zu genügen. Dies erlaube es zusätzlich, Zulieferer sehr gezielt auszusuchen und gemeinsame Abstimmungsprozesse aufzubauen. So können Unternehmen flexibler sein und sich neue Wertschöpfungspartnerschaften ergeben, die nicht in Abhängigkeiten von den Zulieferern resultieren.

Dennoch wurde in den geführten Interviews auch deutlich, dass in den Unternehmen nach wie vor einige Herausforderungen existieren. Ein wiederkehrendes Problem ist das Fehlen von definierten Schnittstellen. Dies betrifft sowohl das Zusammenwirken von produzierenden Unternehmen und Zulieferern als auch zwischen den verschieden Verwaltungssystemen zur Verknüpfung von z. B. Liefersystemen, Lagerbeständen und Abrechnungssystemen. Dies stellt noch eine der größten Herausforderungen für ein systemisches Zusammenspiel der Akteure und Prozesse im Bereich der Logistik dar. So seien zwar in den Unternehmen oftmals bereits einzelne Prozesse digitalisiert, durch fehlende Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemen, etwa zwischen ERP- und MES-System, kommt es hierbei aber zu Effizienzverlusten bei der Prozessübergabe. Teilweise wurde das Problem der fehlenden Schnittstellendefinition dadurch gelöst, dass Lieferanten verpflichtet werden, ein System vom produzierenden Unternehmen zu übernehmen. Als ebenso problematisch erwiesen sich außerdem fehlende bzw. unvollständige Informationen, vor allem über Lagerbestände. Dies kann zur Folge haben, dass davon abhängige Prozesse zu früh oder zu spät initiiert werden. Ein fälschlicherweise als voll angenommenes Lager kann so z. B. für eine automatische Auffüllung des Lagers zur Folge haben, dass Nachschub zu spät bzw. gar nicht geordert wird.

Insgesamt ist festzustellen, dass der Einfluss neuer, digitaler Technologien im Bereich Logistik von den meisten Interviewpartnern im Vergleich zu anderen Elementen der Wertschöpfungskette geringer bewertet wird. Zum einen besteht weniger Anpassungsbedarf, da viele Konzepte und Ideen schon seit Jahren existieren, zum anderen werden technologische Neuerungen in der Logistik eher verhalten eingeführt. Denn das Fehlen von definierten Schnittstellen für das Zusammenwirken von produzierenden Unternehmen und Zulieferern einerseits und zwischen den verschieden Verwaltungssystemen zur Verknüpfung von z. B. Liefersystemen, Lagerbeständen und Abrechnungssystemen andererseits, stellen noch große Herausforderungen für ein systemisches Zusammenspiel der Akteure und Prozesse im Bereich der Logistik dar. Werden diese Herausforderungen gelöst, können Unternehmen und besonders KMU von den Möglichkeiten der Digitalisierung der Logistik profitieren, durch die große Kosteneinsparungspotentiale und Effizienzgewinne für die Wertschöpfung realisiert werden können. Von der langjährigen Erfahrung vieler Unternehmen mit digitalisierten Konzepten und Prozessen können insbesondere KMU profitieren, die in bestehende Kooperationen eintreten.

Große Chancen bietet schließlich auch die Verwendung von Online-Plattformen (vgl. Engelhardt et al. 2017). Sie ermöglichen es Unternehmen, sich aus Abhängigkeiten wie z. B. von bestimmten

[3] Ein digitaler Zwilling ist eine digitalisierte (3D-)Abbildung eines zu erstellenden Produkts, in der eine Vielzahl von Parametern und Eigenschaften abgebildet werden können.

Zulieferern zu befreien und flexibel andere Zulieferer einzubinden. Diese Flexibilität ermöglicht die Realisierung gleichwertigerer Partnerschaften. Gleichzeitig liegt in dieser Chance aber auch eine Gefahr darin, hier den Marktanschluss zu verlieren, wenn Unternehmen aufgrund fehlender technischer Möglichkeiten nicht in der Lage sind, ebenfalls Partnerschaften mit anderen Unternehmen einzugehen. Zukünftig werden sich dabei auch weitere Möglichkeiten durch die Verwendung von digitalen Zwillingen ergeben.

3.1.3 Vertrieb und Vermarktung

Theoretische Perspektive

Obwohl der Schwerpunkt der Umsetzung von Industrie 4.0 nach wie vor im produktionsnahen Bereich liegt, wird in den Unternehmen immer mehr bewusst, dass der Denkansatz die gesamte Wertschöpfungskette und damit auch die Vertriebs- und Marketingprozesse umfasst. Die mit der Digitalisierung einhergehenden Veränderungen der Kundenwünsche und -anforderungen bezüglich Individualität und hoher Flexibilität machen es erforderlich, auch in den Vertriebs- und Vermarktungsstrukturen neue Denkweisen und Prozesse zu implementieren. Dabei umfasst die Digitalisierung im Vertrieb und Marketing nicht nur die Nutzung digitaler Kommunikations- und Vertriebskanäle, wie Social Media, E-Commerce und digitale Vermarktungsplattformen. Auch kundeninnovierte Produkte durch Open-Innovation-Ansätze, kundenindividuelle Produkte in Losgröße 1 und After-Sales-Modelle, mit denen die Unternehmen ihr Portfolio um Services entlang des gesamten Lebenszyklus der Produkte erweitern, sind als Elemente einer innovativen und digitalen Marketingstrategie zu verstehen.

Neue Technologien ermöglichen für den Vertrieb ganz neue Perspektiven der Individualisierung und der emotionalen Interaktion mit Kundinnen und Kunden. Beispielsweise lässt sich das klassische Customer-Relationship-Management (CRM) kontinuierlich um mobiles CRM oder das Beziehungsmanagements über soziale Medien erweitern. Kundeninformationen können über Webinare und Videos vermittelt und Simulation sowie Virtual und Augmented Reality (VR, AR) bieten ganz neue Möglichkeiten der Kundenintegration und Produkte erlebbar zu machen. Auch im After-Sales-Service werden immer mehr Videoanleitungen eingesetzt und die Fernwartung gewinnt an Bedeutung.

Wie in Abbildung 5 dargestellt, führt die Digitalisierung in allen Phasen des Vertriebs, von der Kundenidentifikation bis zum After-Sales-Service, derzeit zu Veränderungen und Vereinfachung der Prozesse. Dabei können Unternehmen nicht nur von Kostensenkung, effizienteren Prozessen und einer Reduzierung der Prozesskomplexität profitieren, sondern auch von nachhaltigen Wettbewerbsvorteilen. Durch Daten zu Märkten, Endkundinnen/Endkunden und Trends sowie deren systematische Auswertung und Interpretation kann ein nachhaltiger Informationsvorsprung generiert werden. Gezielte Kommunikation über digitale Kanäle und Nutzung von Multiplikatoreffekten kann den Bekanntheitsgrad der Marke, des Unternehmens oder das Image erheblich stärken (vgl. Elste 2016).

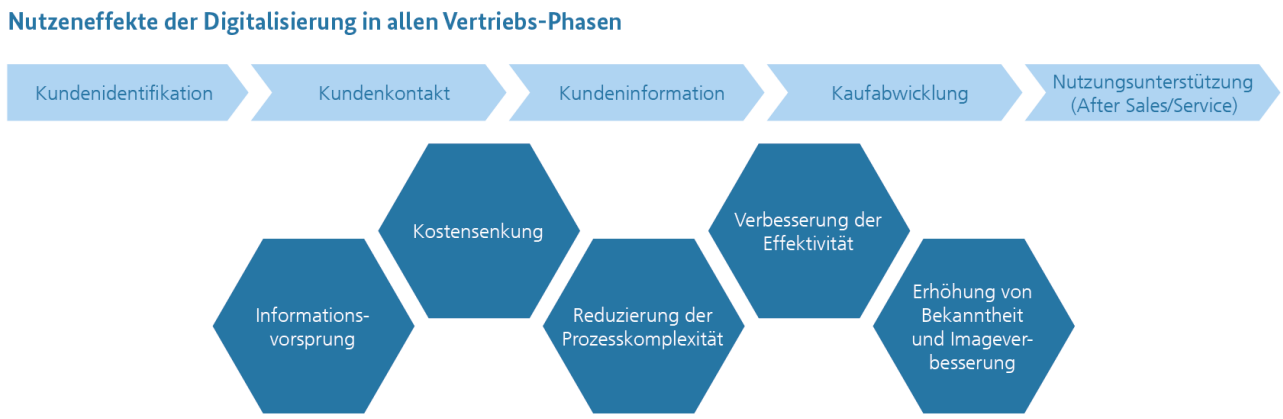

Abbildung 5: Nutzeneffekte der Digitalisierung im Vertrieb; Quelle: Eigene Abbildung in Anlehnung an Elste (2016).

Im Vergleich zum B2C-Markt, steckt die Digitalisierung im B2B-Vertrieb aber oftmals noch in den Kinderschuhen. Die Studie „The digital future of B2B sales“ von Roland Berger und Google Deutschland zeigt dass 58% der befragten deutschen Unternehmen bei der Digitalisierung des Vertriebs keine Strategie verfolgen, keinen Ausbau digitaler Strukturen planen oder dies nicht einschätzen können (vgl. Roland Berger GmbH 2015:8). Eine andere Studie belegt, dass die Bedeutung der Digitalen Transformation im B2B-Vertrieb von den befragten Vertriebsmanagern durchaus erkannt wird. Die Kernaussage der weltweiten A.T. Kearney-Studie Future of B2B Sales (vgl. A.T. Kearney 2015) ist, dass aus Sicht der befragten Manager die Einfachheit von Angeboten und Kundenintegration zum wettbewerbsrelevanten Faktor werden und digitale Technologien auch den B2B-Vertrieb bei gleichzeitiger Steigerung der Vertriebsproduktivität wesentlich verändern werden. Weiterhin wird von der Mehrheit der in der Studie befragten Manager erwartet, dass

- Marktgestaltung und –schaffung sowie Partnerschaften wichtiger werden,
- es zukünftig keinen B2B-Vertrieb ohne Online-Interaktion geben wird,
- neue digitale Absatzmittler und Intermediäre an Bedeutung gewinnen,
- Big-Data-basierte und vorausschauende Analysen relevanter werden
- und der B2B-Vertrieb B2C-artig wird.

Die Schnittstelle zu den Kunden wird in zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken eine strategisch zentrale Schlüsselrolle einnehmen. Der Kunde ist der entscheidende Treiber der Veränderung der Wertschöpfungsprozessse. Dementsprechend stellt die Verbesserung und die Kontrolle der Schnittstelle zum Kunden einen sehr großen Mehrwert dar (vgl. fortiss GmbH 2016:89ff.).

Praxisperspektiven aus den Interviews

Die bisherige Veränderung der Prozesse unter dem Einfluss neuer, digitaler Technologien wird von den Interviewpartnern für den Bereich Vertrieb und Marketing am zweithöchsten (nach der Produktion) bewertet (vgl. Abbildung 1). Die geführten Interviews bestätigen, dass die ursprünglich im B2C-Markt entwickelte Digitalisierung des Marketings und Vertriebs schrittweise auch im B2B-Vertrieb des deutschen Mittelstands Einzug hält und digitale Technologien in Zukunft einen größeren Stellenwert für die Zusammenarbeit mit Kunden haben werden. Neben den klassischen Kanälen nimmt die Nutzung von Internetvertriebswegen und zusätzlicher Social Media Kanäle bei den befragten Unternehmen zu. Auch der Einsatz von Virtual Reality-Technologien zu Präsentationszwecken und E-Learning-Plattformen im After-Sales ist im Aufwind, denn Kundinnen und Kunden wollen unmittelbar zu neuen Technologien und mit neuen Medien informiert und geschult werden. Es wurde betont, dass der Grad der Digitalisierung im Vertrieb abhängig davon ist, inwiefern die Kundinnen und Kunden dies

fordern. Wenn diese es zulassen, wird der After-Sales-Service beispielsweise zunehmend per Remotezugriff gelöst.

In den Interviews wurde jedoch auch betont, dass sich nicht alle Prozesse im Vertrieb und Marketing vollständig digitalisieren lassen. Bei komplexen Lösungen wird nach wie vor der direkte Kundenkontakt im Rahmen von Beratungs- und Verkaufsgesprächen und Messen und auch im After-Sales-Service als erforderlich angesehen. Generell besteht jedoch weitgehend Einigkeit darüber, dass der personalintensive Vertrieb von komplexen Lösungen durch die zunehmende Digitalisierung von Prozessen noch deutlich zu optimieren ist und die Vertriebsproduktivität weiter gesteigert werden kann. Der Nutzen bzw. das Optimierungspotenzial ist jedoch nicht so offensichtlich und leicht messbar wie in den Bereichen Produktion und Logistik. Dagegen ist die schrittweise Digitalisierung der Prozesse im Vertrieb einfacher umzusetzen als in der Produktion.

Die Bedeutung von digitalen Vermarktungsplattformen ist bei den befragten mittelständischen Unternehmen angekommen aber noch nicht vollständig gereift bzw. mit allen Konsequenzen verstanden. Auch bestehen Unklarheiten darüber, wer welche Rollen übernimmt (z.B. Plattformbetreiber) und wie die Abhängigkeiten sich gestalten. Zudem besteht die Angst, dass durch digitale Vermarktungsplattformen der direkte Kundenbezug verloren geht.

Insgesamt wurde deutlich, dass sich bei den befragten Unternehmen bereits viele Marketing- und Vertriebsprozesse unter dem Einfluss neuer digitaler Technologien geändert haben, aber das Potenzial, das durch die Digitalisierung erreicht werden kann, aus Sicht der meisten Interviewpartner noch nicht ausgeschöpft wird. Chancen ergeben sich, wenn digitale Vertriebsprozesse nicht nur als Instrument der Kostensenkung verstanden werden, sondern auch zur Generierung weiterer Wettbewerbsvorteile genutzt werden. Nutzenpotenziale können sich insbesondere durch den Ausbau des Informationsvorsprungs, die Erhöhung der Kundenzufriedenheit, Imageverbesserung sowie eine größere Sichtbarkeit und Reichweite am Markt ergeben. Ein großes zukünftiges Potenzial für zusätzlichen Kundennutzen und Wertschöpfung wird auch für Bündelangebote aus Produkt und Services bzw. Software gesehen.

Über klassische Optimierungen im Vertrieb und Marketing hinaus, können Potenziale durch eine Integration von physischen (offline) und digitalen Kanälen (online) zum Aufbau neuer Kundenbeziehungen und zur Verbesserung des Kundenerfahrungsmanagements generiert werden (Omnichanel-Ansatz). Die Kunden-integration ermöglicht, die Produkte und Services besser auf die Kundenbedürfnisse zuzuschneiden. Dabei ist auch die Nutzung von Einfachheit (Usability) ein wesentlicher wettbewerbsrelevanter Faktor. Ein Patentrezept für die Digitalisierung der Vertriebsprozesse gibt es jedoch nicht: Eine für das Unternehmen passende Digitalisierungsstrategie, die von der Führungsebene und Mitarbeiterinnen sowie Mitarbeitern gemeinsam getragen wird und eine stufenweise Umsetzung vorsieht, verspricht den größten Erfolg.

3.1.4 Services

Theoretische Perspektive

Bereits heute sind Daten und vernetzte Prozesse bestimmend für den Erfolg industrieller Produktionssysteme. Begleitende Services sind dagegen noch weitgehend unentwickelte Optionen, die neue Wertschöpfung ermöglichen. Die veränderten Beziehungsgeflechte verlangen nach innovativen Dienstleistungen, sowohl im B2B (zwischen Maschinenhersteller und produzierendem Unternehmen) als auch im B2C, immer dann wenn die Endkunden Einfluss auf die Produktgestaltung und die Produktionsprozesse nehmen können.

Unter Services können in diesem Zusammenhang ganz allgemein komplementäre Leistungen verstanden werden, die nicht im traditionellen Kompetenzbereich der Anbieter von Produktionsanlagen liegen. Services verschieben die Positionierung in der Wertschöpfungskette und bieten Akteuren neue Angebots- und Kooperationsoptionen. Klassische Hardwareanbieter entdecken neue Geschäftsoptionen durch den Schulterschluss von Vertrieb und Produktion. Aus dem

Verständnis, was die Kundinnen und Kunden wirklich brauchen, werden neue und bedarfsorientierte Serviceangebote entwickelt.

Klassisch werden Serviceleistungen in den Bereichen der Einrichtung von Maschinen, der Schulung von Personal, der turnusmäßigen Wartung und Instandhaltung sowie eventueller Reparaturen erbracht. Anbieter bleiben in Kundenkontakt, weil die Nutzung der Maschinen Unterstützung nötig macht, die zumeist in der Hardware und deren Verschleiß begründet liegt. Diese Form des Services ist für die Maschinennutzer mit Kosten verbunden und damit aus Kundensicht auf ein Mindestmaß zu minimieren. Das Maschinen-Know-how macht den Anbieter in dieser klassischen Form zum Garant für eine möglichst ausfallfreie Produktion. Es sichert dem Kunden die zugesicherten Maschineneigenschaften über einen möglichst langen Zeitraum.

Die Sichtweise, dass Serviceleistungen im Digitalisierungszeitalter weit über Verantwortung für die Maschinenperformance hinausgehen, ist in der Praxis noch wenig ausgeprägt. Anbieter von Produktionsanlagen haben die Chance, zum wertvollen Partner des Nutzers zu werden und das bereits in der Frühphase der Produktionsvorbereitung. Dies ermöglicht einerseits Entlastungen für die Maschinenbetreiber, aber auch zunehmende Einblicke in die Produktionsabläufe durch den Anbieter, der die Lizenzierung der Funktionalität als seinen Service durchsetzt. Aktiver Datenaustausch und zunehmende Vernetzung bedeuten damit eine immer enger werdende Abhängigkeit.

Was bedeutet der B2B-Begriff der Services nun in der Praxis? Maschinenbauer A steht bereit, seine neue Maschinengeneration gegenüber dem langjährigen Kunden B anzubieten. Er tut dies nicht zum Zeitpunkt des unmittelbaren Bedarfs (der Maschinenpark des B muss ergänzt oder partiell erneuert werden), sondern deutlich früher. Dazu nimmt die Entwicklungsabteilung des A direkten Kontakt mit den Produktplanern des B auf („welche Produkte sollen in 3-5 Jahren produziert werden?“). Sollten in diesen fachlichen Abstimmungen klare Anforderungen definierbar sein, so bildet der A die zukünftigen Produktionsprozesse in einem Datenmodell (virtuelles Modell) ab und konfiguriert die individuelle Ausgestaltung der späteren Maschine. Dabei bleiben A und B im ständigen Austausch, um Veränderungen zu berücksichtigen, die die Konfiguration beeinflussen können. Das „Vertriebs“-Angebot ändert sich ebenso wie das „Einkauf“-Verhalten. Beide Seiten müssen Produktionsexpertise in ihre Verhandlungen einbeziehen. Produkt- und Prozessmanagement wachsen zusammen und sind nicht mehr länger ausschließlich im eigenen Unternehmen gekapselt, sondern nur dann optimal zu gestalten, wenn sich das Unternehmen öffnet und Gestaltungsspielräume zusammen mit den Anbietern von Maschinen erschließt. Dies umfasst den gesamten Lebenszyklus von Maschinen. Die Digitalisierung und Vernetzung bietet auch erhebliche Chancen aus permanenter Datenauswertung (frühzeitiges Erkennen eines sich abzeichnenden Schadens) oder des Fern- oder Condition-Monitoring bzw. der Fern-Wartung, zum Nutzen des Kunden. Ein Risiko kann für ihn dann entstehen, wenn das Optimierungspotential der Fertigungsprozesse nur noch durch den Maschinenbauer zu erschließen ist und er sich dieses Know-how teuer bezahlen lässt.

Produktbezogene Dienstleistungen sind aber nicht nur im B2B, sondern zunehmend auch im B2C relevant. Endkunden erwarten neben hoher Produktqualität zu günstigen Preisen und Zuverlässigkeit immer häufiger eine Individualisierung ihrer Produkte. Dafür nutzen sie Kommunikationskanäle über Portale um direkt mit Herstellern oder mit Gruppen von Anwendern zu interagieren. Die zukünftigen Produkte werden mit ihren Anforderungen an Design und Performance zur weitgehend individuellen Ausgestaltung in integrierte Engineeringtools eingespeist und in die Produktionsprozesse der Anbieter übernommen. Im Ergebnis entsteht aus dem virtuellen Maschinenkonzept eine kundenindividuell kommissionierte Realmaschine, im Extremfall als Unikat.

Die Studie Engineering im Umfeld von Industrie 4.0 – Einschätzungen und Handlungsbedarf der acatech (vgl. Abramovici und Herzog 2016) hat bei mehr als der Hälfte der Befragten eine Steigerung produktbezogener Services als erforderliche Entwicklung zur Realisierung von Industrie 4.0 sowie einen Veränderungsbedarf in der Service-Erbringung erhoben. Die Produkt-/Service-Entwicklung bildet dabei den wichtigsten wahrgenommenen Punkt im organisatorischen Änderungsbedarf. Als erforderliche Entwicklungen zur Realisierung von Industrie 4.0 werden u.a. die zunehmende

Vernetzung bestehender Produkte, die Entwicklungen neuer Geschäftsmodelle und ein steigender Anteil von mit Produkten gekoppelten Services angesehen (vgl. Künzel et al. 2016).

In der Studie von Porter und Heppelmann wird ausgeführt, dass die Dienstleistungsorganisation dahingehend umstrukturiert werden muss, dass über die generierten Daten der eingesetzten Geräte vorbeugende Wartung und Fernwartung möglich werden. Dieses Feedback wirkt sich anschließend auch auf die Produktion aus, damit zukünftige Ausfälle und Fehler ganz vermieden werden können (vgl. Porter und Heppelmann 2014).

Praxisperspektiven aus den Interviews

Die bisherige Veränderung der Prozesse unter dem Einfluss neuer digitaler Technologien wird für den Bereich Services von den Interviewpartnern im Vergleich zu den anderen Primäraktivitäten der Wertschöpfung am geringsten bewertet (vgl. Abbildung 1).

„In Zukunft wird die Digitalisierung einen größeren Stellenwert für die Zusammenarbeit von Produzenten und Kunden einnehmen“ – dies war trotz der geringen Gewichtung des Themas Konsens in den geführten Interviews. Die Unternehmen wissen um die zunehmende Bedeutung oder ahnen zumindest, dass diese sie zukünftig erreichen wird. Das Angebot von Services als zusätzliches Leistungsversprechen wird als Chance für die Zukunft begriffen. Neue Geschäftsoptionen erscheinen den Unternehmen grundsätzlich möglich. Deutlich wurde aus den Gesprächen mit den Experten kleiner und mittlerer Unternehmen aber auch, dass sie auf diese neuen Kooperationsformen noch nicht ausreichend vorbereitet sind. Sie haben sich mit diesen Themen aufgrund knapper Ressourcen noch nicht ausgiebig beschäftigt. Oftmals ist den Unternehmen noch nicht bewusst, welche Services einen wirklichen Mehrwert erbringen. Die Unternehmen sind noch stark mit der Ausrichtung ihres eigenen Unternehmens auf die anstehenden Veränderungsprozesse beschäftigt und dabei noch nicht im Austausch mit ihren Lieferanten. Produktbezogene Services haben im Wertschöpfungsprozess daher bisher eine noch nachgelagerte Bedeutung.

Der Schulterschluss aus Produktion und Vertrieb lässt aber neue Services und attraktive Vergütungsmodelle entstehen. Services werden auf den Maschinen abgebildet und dann als Zusatzleistung vertrieben. Obwohl den Interviewpartnern die zunehmende Bedeutung bewusst ist und die Option, Services anzubieten, als Chance gesehen wird, werden neue servicebasierte Geschäftsmodelle bislang noch wenig in Erwägung gezogen und die Potenziale der Anreicherung traditioneller Geschäftsmodelle durch produktbezogene Dienstleistungen von KMU noch vergleichsweise selten genutzt.

Werden Services in das Leistungsangebot übernommen oder die Serviceleistungen Dritter genutzt, führt dies in der Regel zu komplexeren Prozessabläufen. Zu ihrer Bewältigung müssen Kompetenzen und Ressourcen aufgebaut werden. Obwohl Informationsdisparitäten und die unterschiedlichen Reifegrade der Datenbestände und deren Verarbeitungsmöglichkeiten (IT-Prozesse in unterschiedlichen Systemwelten) zu Hindernissen für Wertschöpfungsbeziehungen führen können, gibt es bereits erfolgreiche Ansätze, diese zu überwinden. Durch standardisierte Kommunikationsabläufe und Hardware-Updates können sich auch KMU besser aufstellen. Wichtig sind klare Regelungen von Kompetenzen der verantwortlichen Personen in Unternehmen kleiner und mittlerer Größe. Bei unklarer Informationslage können sich die Verantwortlichen der Anbieter damit besser auf die Situation ihrer Wertschöpfungspartner einstellen. Insbesondere in kleineren Unternehmen können unklare Entscheidungsstrukturen und Überforderungen durch die Ansprüche der Anbieter zu negativen wirtschaftlichen Folgen führen.

Zusammenfassend sind die möglichen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Serviceleistungen von produzierenden Unternehmen komplex und vielschichtig und können Wertschöpfungsprozesse anreichern. Die zunehmende Vernetzung bezieht sich dabei nicht nur auf die Technologien, sondern auch auf Prozesse und Serviceleistungen über Unternehmensgrenzen hinweg mit Kunden und Partnern.

3.2 Unterstützungsaktivitäten

Während die Primäraktivitäten der Wertschöpfung einen direkten Beitrag zur Erstellung und Vermarktung der betrieblichen Outputs liefern, gestalten die Unterstützungsaktivitäten möglichst nachhaltige Rahmenbedingungen für die Umsetzungen der Wertschöpfung. Dabei geht es sowohl um technologische Aspekte wie Maßnahmen zur Entwicklung und Aneignung neuer Technologien (3.2.1) als auch um die Vernetzung unternehmerischer Tätigkeiten (3.2.2), zunehmend relevante Fragen des sicheren Umgangs mit Daten (3.2.3) sowie die Bedingung einer zukunftsfähigen Organisation der Arbeit (3.2.4).

3.2.1 Innovation und Transformation

Theoretische Perspektive

Mit der zunehmenden Digitalisierung ist nicht nur die Nutzung und Entwicklung neuer Technologien für das Überleben eines Unternehmens relevant. Vielmehr geht es um Innovation, Erneuerung und Transformation aller Wertschöpfungsprozesse. Dementsprechend ist die klassische Unterstützungsaktivität der Technologie-Entwicklung weiter zu fassen und sollte neben der Entwicklung und Nutzung neuer Technologien auch organisatorische Innovationen und Change-Management implizieren.

Erforderlich sind flexible Organisationsstrukturen und Geschäftsprozesse sowie eine übergreifende Planung. Anknüpfungspunkte dafür geben die zunehmende digitale Erfassung und Nutzung von Daten und Informationen auf allen Prozessebenen zum einen und Lean-Konzepte und agile Methoden zum anderen. Bei diesen Konzepten steht nicht mehr die Rationalisierung einzelner Prozesse im Vordergrund, sondern die systemische Optimierung und Organisation des Gesamtprozesses durch neue agile Arbeitsabläufe. Dabei finden sich beim industriellen Mittelstand jeweils unterschiedliche Strategien und Konzepte sowie Reifegrade dieser Entwicklung. Aktuell ist insbesondere die Einführung von Lean-Methoden in der industriellen Forschung und Entwicklung (FuE) ein strategischer Trend. Die Verknüpfung agiler Methoden in der FuE mit Lean-Management-Konzepten führt in einem nächsten Schritt zur Neustrukturierung der Wertschöpfungsprozesse im gesamten Unternehmen (vgl. Boes et al. 2016).

Treiber für die digitale Transformation sind die steigenden Kundenerwartungen und darüber hinaus eine Offenheit für neue digitale Technologien und die Entwicklung innovativer kooperativer Geschäftsmodelle. Dabei werden Cocreation sowie funktions- und organisationsübergreifende Zusammenarbeit, wenn nötig auch mit Wettbewerbern (Coopetition) für den Innovationsprozess zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Praxisperspektiven aus den Interviews

Die frühzeitige Beschäftigung mit den Potenzialen neuer Technologien ist bei einem Großteil der befragten Unternehmen gang und gäbe: Die meisten Unternehmen setzen sich mit neuen Technologien, wie z.B. subtraktive und additive Fertigung, adaptive Steuerung, Cloudtechnolgien, Simulation, Virtual- und Augmented-Reality und Data-Analytics intensiv auseinander bzw. setzen diese bereits ein. Im Vergleich zu anderen Wertschöpfungsprozessen ist bei den Entwicklungsprozessen die Nutzung innovativer Konzepte (Simulation, schlanke und agile Entwicklungsprozesse durch Kanban oder Scrum) weit fortgeschritten. Durch die digitale Anbindung vor- und nachgelagerter Prozesse (z.B. Entwicklungsprozess, Rückfluss von Kundenwissen) und weitere Optimierung des Entwicklungsprozesses, wird versucht, weitere Effizienzsteigerungen in der Produktion zu generieren. Mit 3D-Druck werden erste Versuche, z.B. im Prototypenbau gemacht. Großes Potenzial wird bei den Themen Predictive Maintenance und Unterstützung der Arbeiterinnen und Arbeiter durch Assistenzsysteme gesehen. Unsicherheit besteht nach wie vor bei den Aspekten

Angreifbarkeit und IT-Sicherheit sowie bei der Umsetzung von Analytikthemen mit externen Partnern bzw. den eigenen Aufbau von Analytik-Know-how, um ungewollten Datenabfluss zu verhindern.

Obwohl ein grundsätzliches Bewusstsein bei den Unternehmen vorhanden ist und insbesondere im Bereich Entwicklung innovative Konzepte umgesetzt werden, wurde bei den Interviews deutlich, dass organisatorische Innovationen noch selten im Rahmen von klaren und umfassenden Digitalisierungsstrategien umgesetzt werden. Aufgrund flacher Hierarchien, der Möglichkeit für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, eigenständig zu arbeiten, agiler Teamstrukturen und höherer Flexibilität können die meisten KMU jedoch Wettbewerbsvorteile im Vergleich zu Großunternehmen generieren. Es wurden neue Strukturen innerhalb von Teams und zwischen unterschiedlichen Unternehmensbereichen geschaffen, um den zunehmenden Informationen gerecht zu werden und Kommunikation und Informationsaustausch zu fördern. Viele KMU sind generell offen für Veränderungen und folgen dabei auch aktuellen technologischen Trends. In vielen Bereichen, wie z.B. Mitarbeiterrekrutierung, Arbeitsplanung oder Kommunikation werden innovative digitale Tools, wie z.B. Rekruitingplattformen, Chat-Dienste und Videokonferenzen genutzt, was bereits zur Veränderung einzelner Wertschöpfungsprozesse geführt hat.

Es wird erkannt, dass Digitalisierung und der Einfluss der Kunden wesentliche Treiber für Veränderung der Wertschöpfungsprozesse aber auch für zukünftige Geschäftsmodelle darstellen. Von Kunden werden gewisse Standards, die auch den Umgang mit neuen digitalen Technologien betreffen, erwartet. Die Web-Einbindung der Kunden mit Einflussnahme auf Design und Prozessinformation ist teilweise in Planung. Wenn die Kunden große Industriebetriebe sind, deren Prozesse typischerweise stärker von digitalen Technologien durchzogen sind, wird die digitale Transformation von KMU nicht nur als Wahl, sondern als Notwendigkeit angesehen um die Anschlussfähigkeit an die Prozesse der Kunden sicherzustellen. Wo bereits entsprechend der Kundenvorgaben in Losgröße 1 gefertigt wird, hat sich durch die Digitalisierung der gesamte Wertschöpfungsprozess von der Übermittlung der Datensätze mit Anforderungsspezifikationen über die Konstruktion, die Materialbeschaffung, das Prototyping bis hin zur Dokumentation der Konstruktion für den Kunden deutlich verändert.

Insgesamt wurde deutlich, dass sich die digitale Transformation bereits auf bestehende Strukturen und Prozesse bei den befragten Unternehmen auswirkt. Flexible Strukturen und eine Offenheit für neue digitale Technologien und Innovationen sind breit vorhanden. Bei vielen KMU sind einzelne Wertschöpfungsprozesse bereits agil und schlank und unter Nutzung von innovativen digitalen Instrumenten organisiert. Innovation und Transformation wird im produzierenden Mittelstand zwar in unterschiedlichen Bereichen, aber oftmals noch als Insellösungen und noch nicht durchgängig umgesetzt. Da viele KMU ihre Innovationsaktivitäten derzeit noch auf das eigene Fachgebiet fokussieren, können durch ein interdisziplinäres und vernetztes innovieren noch große Potenziale erschlossen werden. Chancen ergeben sich insbesondere durch effizientere Prozesse, der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Vereinfachung der Kommunikation mit Kunden, Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeitern und Partnern, aber auch durch Möglichkeiten für neue digitale und kooperative Geschäftsmodelle.

3.2.2 Vernetzung und Kooperation

Theoretische Perspektive

Herstellung und Produktion sind praktisch seit jeher durch Arbeitsteilung gekennzeichnet. Arbeitsteilung bedeutet aber auch Zusammenarbeit, Kooperation und Vernetzung, damit aus den „einzelnen Schritten“ des Herstellungsprozesses ein fertiges Produkt werden kann. Diese Prämisse gilt besonders für die Industrie 4.0, wo Menschen und Maschinen auf verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette in einem komplexen Netzwerk zusammenarbeiten.

PWC sieht in ihrer Studie beispielsweise als den mit Abstand größten Treiber für die verstärkte Kooperation die bessere Erfüllung von Kundenwünschen (vgl. PricewaterhouseCoopers

Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2014, 34). Als weiterer zentraler Treiber hinter der gestiegenen Notwendigkeit zur Kooperation und Vernetzung wird in der Literatur auch die veränderte Bedeutung von Daten gesehen, die eine engere Kooperation und Vernetzung aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette bis hin zum Kunden notwendig macht (vgl. Porter und Heppelmann 2015). Hersteller, Gerät und Kunden sind über die Nutzung eines Produktes zukünftig im ständigen Austausch und datenbasierte Dienstleistungen entstehen vermehrt um dieses Produkt herum. Anders als bisher werden diese Daten nun auch zentral und zusammenhängend über die Cloud bereitgestellt. Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Vernetzung und Kooperation sind vielfältig und bieten ebenso vielfältige Chancen. Sie lassen sich dabei auf verschiedenen Ebenen betrachten.

Obwohl der persönliche „face-to-face"-Kontakt auch in Zukunft nicht an Bedeutung verlieren wird, ergeben sich hinsichtlich der digitalen inter- und intraorganisationalen Vernetzung Möglichkeiten für eine flexiblere und effizientere Zusammenarbeit. Dies betrifft nicht nur die Zusammenarbeit von räumlich verteilten Teams, Arbeitsgruppen oder Organisationseinheiten, sondern auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Unternehmen im B2B-Bereich. Neben E-Mail, Telefon- und Videokonferenzen gewinnen vor allem Messengerdienste mit der Verbreitung von Smartphones im Unternehmenskontext zunehmend an Bedeutung. Durch die digitale Abbildung ganzer Arbeitsprozesse bis hin zur Verwendung von Augmented- oder Virtual Reality-Systemen können auch über zeitlich-räumliche Grenzen hinweg verschiedene Teams und Unternehmen an einem Produkt arbeiten oder weitergehende Services anbieten. Aber auch die Vernetzung mit ganz neuen Akteursgruppen, die bisher nicht erreichbar waren oder deren Einbindung nicht praktikabel war, wird durch die Digitalisierung erleichtert, ebenso wie die stärkere Kooperation über Branchengrenzen hinweg. So können beispielsweise mit der Kundenintegration in den Produktionsprozess neue Wissensquellen erschlossen und somit offene Innovationsprozesse initiiert werden, bei denen Produkte in enger Zusammenarbeit entstehen und Kundinnen und Kunden diese Produkte individuell mitgestalten können (vgl. Hippel 2011; Chesbrough 2006).

Die Digitalisierung ermöglicht ganz neue Kooperationsformen mit bzw. zwischen Mensch und Maschine. Verschiedene Formen der Zusammenarbeit sind dabei denkbar. Die Maschine kann dem Menschen als Kooperationspartner im Produktionsprozess dienen und unterstützen und ihm so beispielsweise schwierige oder gefährliche Arbeiten abnehmen. Aber auch die Zusammenarbeit an einer gemeinsamen Aufgabe ist möglich und kann in Zukunft sogar „auf Augenhöhe" geschehen (vgl. Haag 2015).

Als Herausforderungen für die Kooperation und Vernetzung wird in der Literatur vor allem die Verbindung der Office- und Shopfloor-Ebenen aufgrund der stark voneinander abweichenden Anforderungen dieser Ebenen beschrieben. Auch wenn die Office- und Shopfloor-Ebenen bereits immer mehr mit einander vernetzt werden und sich die Grenzen zwischen den Ebenen auflösen (vgl. it's OWL Clustermanagement GmbH 2015). In der Umsetzung dieser Kooperationen und Vernetzung über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg wird eine der größten Herausforderungen für die Implementierung von Industrie 4.0 gesehen. So hat McKinsey in einer Studie herausgefunden, dass zu den größten Barrieren für die Einführung der Industrie 4.0 neben dem klassischen „Silodenken" von verschiedenen Abteilungen, die eine Zusammenarbeit innerhalb einer Organisation erschweren, auch Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit in der Zusammenarbeit mit Drittanbietern gehören. Dadurch werde die unternehmens- und branchenübergreifende Zusammenarbeit erschwert (vgl. McKinsey Digital 2016:12f.). Für neue Wertschöpfungsmodelle ist der Abbau dieser Barrieren daher unerlässlich.

Praxisperspektiven aus den Interviews

In den Interviews wird der Eindruck bestätigt, dass die Digitalisierung Unternehmen vor allem Chancen in Bezug auf die Öffnung für Wertschöpfungspartnerschaften bietet. So können nicht nur neue Kundengruppen in Produktionsprozesse mit eingeschlossen werden, sondern auch die Kooperation über Branchengrenzen hinweg verbessert werden. Auch in der Möglichkeit einer flexiblen Zusammenarbeit mit Start-Ups sehen einige der befragten Unternehmen eine Chance. Neue

Wissensquellen und Innovationen können so schneller in den Produktionsprozess eingebunden und genutzt werden.

Ermöglicht wird dies in der inter- und intraorganisationalen Kooperation u. a. durch die Nutzung von vergleichsweise „klassischen“ Kommunikationsmitteln (E-Mail, Messenger, Telefon- und Videokonferenzen), die mittlerweile angekommen und auch in kleineren Unternehmen gut etabliert sind. Dennoch wurde die Wichtigkeit des persönlichen Kontaktes stets betont und vor allem in kleineren Unternehmen sind persönliche Absprachen und Kontakte in der unternehmensinternen Kooperation auch nach wie vor die Regel. Als positiv wahrgenommen wurde ihre Bedeutung vor allem in Hinblick darauf, dass durch sie kleinere Dienstreisen ersetzt und spontane Abstimmungen auch über räumlich verteilte Akteure umgesetzt werden können. Dadurch werde eine flexible Zusammenarbeit ermöglicht. Vor allem aber könnten durch den Wegfall der Dienstreisen auch deutlich Kosten eingespart werden.

Besonders hervorgehoben wurde die Möglichkeit zur Digitalisierung ganzer Arbeitsprozess durch innovative Technologien wie Augmented- bzw. Virtual Reality oder die Verwendung von 3D-Modellen und digitaler Zwillinge. Dies erleichtert die Kooperation über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg und ermöglicht ebenso die Einbindung neuer Kundengruppen in Produktionsprozesse. Mit der Nutzung digitaler Plattformen z. B. für An- und Verkauf ist auch eine Öffnung gegenüber neuen Vertriebspartnern und Kundengruppen verbunden. Dabei werden nicht nur spezialisierte Plattformen genutzt, sondern auch herkömmliche Verkaufsplattformen wie z. B. der Amazon-Marketplace. Gerade kleinere Unternehmen sehen dies als Chance für die Erschließung neuer Wertschöpfungspartnerschaften, die sonst nicht erreichbar wären.

Trotz all der Chancen, die die Digitalisierung in Bezug auf die Einbindung und Erschließung neuer Kunden bietet, wurde in den Interviews ebenso deutlich, dass noch einige Herausforderungen zu bewältigen sind. Denn häufig gibt es gerade auf Seiten von KMU noch die Sorge davor, dass Kundenbeziehungen verloren gehen, wenn Plattformen nicht selbst betrieben werden. Daher müsse KMU der Plattformgedanke noch besser verdeutlicht und der Nutzengewinn klar gemacht werden.

Die durch die Digitalisierung der Arbeitsprozesse gestiegene Transparenz der Produktionsprozesse und die damit verbundenen Möglichkeit auf die Reduzierung von Fehlern wurde in den Interviews als eine große Chance der Digitalisierung wahrgenommen. Dabei wurden aber durchaus Bedenken geäußert. Denn in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit werde auch möglichen Konkurrenten der Zugriff auf Konstruktionspläne o. ä. gewährt. Dies erfordere viel Vertrauen und Offenheit für Kooperationen, was aber in vielen Unternehmen einen Kulturwandel erforderlich mache. Auch viele Unklarheiten in Bezug auf Datenschutz und -sicherheit und die daraus resultierenden Rechtsbedenken, wie z. B. zur Nutzung von Kundendaten, stellen nach wie vor gerade für KMU eine Herausforderung dar und erschweren Kooperationen.

Dass sich durch die Digitalisierung auch die Rollen der verschiedenen Akteure und Kooperationspartner ändern und diese neu gedacht werden müssen, wie z. B. bei geänderten Abhängigkeitsverhältnissen zwischen Zulieferern und Produzenten, wurde in einigen der geführten Interviews hervorgehoben. Dies bedeute für die Unternehmen auch neue Risiken. Beratung spiele daher in diesem Kontext eine immer größere Rolle.

In den geführten Interviews wurde auch deutlich, dass ein Bewusstsein für die Notwendigkeit einer stärkeren Vernetzung von Shop- und Officefloor-Ebenen in den Unternehmen existiert. Beispielsweise ist das Thema Vernetzungsplattform vor allem in größeren Unternehmen mittlerweile bereits gut etabliert und die Umsetzung z. T. schon weit fortgeschritten. Auch in kleineren Unternehmen ist eine Umsetzung teilweise schon geplant. Eine Herausforderung ist derzeit aber vor allem die sehr heterogene Soft- und Hardwarelandschaft, die die Einführung von einheitlichen Vernetzungsplattformen schwierig macht. Daher werden in den befragen Unternehmen oft zunächst nur einzelne Bereiche digitalisiert. Dabei wird eine zukünftige Integration in Vernetzungsplattformen mitgedacht und zukunftssichere Schnittstellen und Standards verwendet.

Weniger im Fokus stand in den Interviews der Aspekt der Kooperation und Vernetzung von Mensch und Maschine. Vereinzelt wurde aber darauf hingewiesen, dass die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen zumindest ein Thema sei und daher eine enge Zusammenarbeit mit den Zulieferern der Produktionsanlagen angestrebt werde.

Insgesamt wurde deutlich, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf Vernetzung und Kooperation vor allem unter dem Aspekt der B2B- bzw. der B2C-Vernetzung diskutiert und hierin zukünftig die größten Chancen auf Erweiterung der Wertschöpfungsmöglichkeiten gesehen werden. Die Möglichkeit zur Digitalisierung ganzer Arbeitsprozesse bietet demnach, durch die Öffnung für neue Wertschöpfungspartnerschaften und Verbesserung von Kooperation über Branchengrenzen hinweg, aus Sicht der meisten Interviewpartner die meisten Chancen. So werden in der durch die Digitalisierung ermöglichte, größere Transparenz von Arbeitsprozessen große Chancen in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit gesehen. Die Zusammenarbeit über „klassische" digitale Vernetzungsplattformen ist außerdem mittlerweile etabliert und ermöglicht nicht nur die zeitlich-räumlich übergreifende Zusammenarbeit, sondern auch die Flexibilisierung der Zusammenarbeit und Einsparung von Kosten. Trotzdem werden persönliche Kontakte weiterhin eine wichtige Rolle in der Zusammenarbeit spielen, die durch die Möglichkeiten der Digitalisierung zwar sinnvoll ergänzt, aber nicht ersetzt werden können.

Von mehreren Interviewpartnern werden aber auch bestehende Machtverhältnisse als Treiber für die digitale Transformation bei mittelständischen Unternehmen gesehen. Aus deren Sicht werden Industrie 4.0 Konzepte und Technologien bei mittelständischen Zulieferern in derselben Intensität ankommen wie bei Großunternehmen. Diese geben den Druck zur Digitalisierung an Ihre Zulieferer weiter, indem Sie die Erfüllung gewisser Standards erwarten, die u. a. den Umgang mit neuen Technologien betreffen.

Das Thema Plattformen bietet für KMU sehr viele Möglichkeiten im Umgang mit neuen Vertriebspartnern und Kunden. Hierfür müssen aber zum einen Vorbehalte auf Seiten der KMU abgebaut und gleichzeitig rechtliche Unsicherheiten geklärt werden, damit KMU diese Potenziale nutzen können. Entsprechende Beratungsangebote können dabei unterstützen.

3.2.3 Daten und Analytik

Theoretische Perspektive

Das Zusammenwachsen von realer und virtueller Welt funktioniert zunehmend über optimale Datennutzung in allen Ebenen der Wertschöpfung und der möglichst umfassenden Beherrschung der Komplexität von Datenaustausch und -analyse. Die wertschöpfende Nutzung von Informationen wird zu einem entscheidenden Erfolgskriterium für die Optimierung von Produktionsabläufen und das Zusammenwirken mit vor- oder nachgelagerten Partnern industrieller Wertschöpfung. Die Menge an Daten nimmt stetig zu. Der Global Information Technology Report 2016 des World Economic Forums sieht die Welt an der Schwelle zur sog. "Zettabyte Era: „global IP traffic will reach 1.1 zettabytes, or over 1 trillion gigabytes. By 2020 global IP traffic will reach 2.3 zettabytes" (vgl. Baller et al. 2016). Mitverantwortlich für dieses immense Wachstum ist die (global) vernetzte Industrie. Bereits im Jahr 2020 (in drei Jahren!) werden nach übereinstimmenden Expertenschätzungen weit mehr als 32 Milliarden miteinander kommunizierender Objekte mit dem Internet verbunden sein und erhöhte Anstrengungen zur Bewältigung und zur Analyse dieser Datenflut erfordern. Nur ein Bruchteil der gesamten Informationen, die geteilt werden, ist wissensbasiert. Es gilt, die immense Datenmenge so zu selektieren, dass wirklich verwertbare Informationen identifiziert und für die Wertschöpfung nutzbar gemacht werden können.

Für die industrielle Wertschöpfung bringt diese Datenflut zunächst die Herausforderung des Umgangs mit der Komplexität und der Analyse der Daten zur Optimierung der eigenen Prozesse mit sich. Sobald Menschen, Maschinen und Produkte miteinander digital vernetzt sind, können bestehende

Geschäftsmodelle neu konfiguriert und optimiert werden. Mit dem nötigen Know-how-Einsatz können hier auch KMU mithalten und insbesondere aus der digitalen Auseinandersetzung mit den Kunden Vorteile erreichen. Die Erschließung neuer Kundengruppen und Marktanteile (z.B. durch Serviceangebote) kann deutlich wirtschaftlicher sein, als inkrementelle Produkt- und Prozessverbesserungen für bestehende Produkte. Individuelle Kundenapplikationen sind über offene „Application Interfaces“ realisierbar. Der Einsatz von Datenmodellen für Automatisierungsprozesse, die virtualisierte Optimierung, schafft neue Optionen für die Ausgestaltung von Wertschöpfungsprozessen. Beispielsweise wird „interdisziplinäres Engineering“, zusammen mit Kunden oder Partnern ermöglicht durch gezielten Datenaustausch in der Phase der Anforderungsdefinition (Systems Engineering), in der Produktionskonzeptphase und während der Kommissionierung der Maschine (Ableitung aus digitalen Modellen) auf Kundenwunsch. Datenströme – die umfängliche Verfügbarkeit sämtlicher entwicklungsrelevanter Informationen und Erfahrungen entlang des Lebenszyklus von Produkten – bestimmen über den Erfolg der Wertschöpfung und benötigen neue Methoden der Verbreitung und der Absicherung. Alle Daten, die der Optimierung vernetzter Produktionssysteme dienen, müssen rechtssicher übermittelt und verarbeitet werden. Daraus entsteht die Notwendigkeit, sich mit datenschutzrechtlichen Herausforderungen ebenso zu beschäftigen wie mit Haftungsfragen für eventuelle Schäden bei der Nutzung von Produkten, die aus digitalisierten Produktionsprozessen entstehen (vgl. Hilgendorf und Seidel 2016). Die Smart Factory mit ihren technisch gesteuerten, autonom realisierten Abläufen stellt in vielen Bereichen neue Anforderungen an den geltenden Rechtsrahmen. Teils völlig neue Entscheidungen über Verursachung oder rechtliche Absicherung müssen getroffen werden. Wie in vergangenen Innovationsperioden kommt die geltende Rechtsprechung der Dynamik technischer Entwicklungen und deren Auswirkungen nicht hinterher.

Eine der wesentlichen Barrieren bei der Etablierung des datenbasierten Internets der Dinge ist auch das weitgehende Fehlen technischer Standards, wie z.B. einheitlich formulierte Übertragungsprotokolle. Mit einheitlichen Regeln wäre sichergestellt, dass sich alle vernetzten Objekte aller Akteure miteinander austauschen können. Offene (Kommunikations-)Standards für die Verbindung von Industriepartnern mit Zulieferern und Kunden sind daher wesentliche Voraussetzung für die Digitalisierung der Wirtschaft.

Die sichere Verarbeitung von Daten ist eines der zentralen Themen in der aktuellen Literatur und den Foren zum Expertenaustausch. Der Wirtschaftsindex Monitoring Report Wirtschaft DIGITAL sieht das verarbeitende Gewerbe beim Digitalisierungsgrad im Jahr 2016 bei 39 von 100 Indexpunkten und damit deutlich hinter den Dienstleistungsunternehmen (57 Punkte). Laut der Studie generieren 43% der Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mehr als 60% ihres Umsatzes mit digitalisierten Produkten und Services und 11% erwirtschaften noch keine digital generierten Umsätze (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2016). Die McKinsey-Studie Industry 4.0 after the initial hype (vgl.McKinsey Digital 2016) sieht bei KMU vor allem fehlendes Fachwissen (z.B. zu wenig Data Scientists) und Unsicherheiten bezüglich Datensicherheit bei Drittanbietern als Barrieren für die Implementierung von Industrie 4.0. In den meisten Abhandlungen zu den Chancen der Digitalisierung werden die Individualisierung von Produkten und Services als wesentliche Vorteile benannt.

Praxisperspektiven aus den Interviews

Für die meisten Interviewpartner stehen die Themen Datenerhebung und -analysen noch am Anfang der Umsetzung. Den Unternehmen ist bewusst, dass über Sensorik und Vernetzung die zu bewältigenden Datenmengen ansteigen werden. Wie sie diese in Geschäftsoptimierungsprozesse oder neue Geschäftsmodelle umsetzen können ist eher Zukunftsmusik. Kunden der KMU reagieren auf mögliche intransparente Nutzung ihrer Daten mit Zurückhaltung, andererseits haben sie aber auch eine hohe Erwartungshaltung an digitale Geschäftsprozesse. Vertrauen ist ein entscheidender Faktor. Für die Einführung von Systemen zur verbesserten Datenanalyse werden teilweise Förderprogramme (z. B. zur Entwicklung von Expertensystemen) genutzt.

Datenschutz und Datensicherheit sind wesentliche Themen. Viele KMU haben Respekt vor den möglichen, oftmals nicht kalkulierbaren Folgen zunehmender Datenerhebung und ihrer Auswertung. Fehlende Rechtsabteilungen und schwer zu findende externe Rechtsexpertinnen und -experten führen eher zur Vermeidung möglicher Digitalisierungseffekte als zum Eingehen eines unklaren Risikos. Vorhandene Methoden zur Datenanalyse bleiben ungenutzt, da sich z. B. Haftungsrisiken nur schwer einschätzen lassen.

Aus den geführten Interviews wird ersichtlich, dass die Digitale Transformation als Thema umfassend in kleinen und mittelständischen Unternehmen angekommen ist, dort aber auf unterschiedliche Resonanz stößt. Da die neueren Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 auf bereits etablierten Technologien computer-und datenbasierter Produktions- und Prozesssteuerung aufsetzen, stellt die „digitale Reife“ von Unternehmen eine Variable dar, die vor allem durch kontinuierliche und inkrementelle Transformationsfähigkeit geprägt ist.

Datenschutz ist für viele der befragten KMU ein wesentliches Thema zur Absicherung des Unternehmens-Know-how in vernetzten Wertschöpfungsprozessen. In einigen use cases muss der Umfang der erlaubten Datenanalytik noch herausgearbeitet werden. Wichtig erscheint auch hier, dass sich Unternehmen mit unterschiedlicher wirtschaftlicher „Augenhöhe“ im Niveau der Datennutzung angleichen können. Neben der Absicherung von rechtlichen Rahmenbedingungen wäre die Entwicklung von Datenplattformen nach standardisierten Vorgaben ein wesentliches Ziel der Transformation.

3.2.4 Organisation der Arbeit

Theoretische Perspektive

So wie der digitale Wandel die technologischen und logistischen Bedingungen industrieller Wertschöpfung beeinflusst, löst er auch Veränderungen in den Inhalten und der Organisation von Arbeit aus: Indem zum Beispiel Industrieroboter und Analysealgorithmen immer stärkeren Einfluss auf die Produktion und die sie umfassenden Prozesse nehmen, ändern sich auch die Arbeitsinhalte der beschäftigten Menschen. Die Wechselbeziehungen zwischen den sozialen und technologischen Effekten der Digitalisierung sind komplex, ihre Folgen weitreichend und die gesellschaftlichen Diskurse um die Zukunft der Arbeit entsprechend intensiv.

Um die absehbaren Konflikte ausgewogen zu moderieren, sind in Deutschland eine Reihe verschiedener Initiativen gestartet, die von verschiedenen Akteuren aus Politik, Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbänden sowie den Gewerkschaften getragen werden und zwischen den Interessen der beteiligten Gruppen moderieren (vgl. Botthof und Hartmann 2015; Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) 2017). Trotz dieser Bemühungen wird sich der praktische Zuschnitt industrieller Arbeit durch die Digitalisierung verändern, was einerseits den Umfang des menschlichen Beitrags zu industriellen Wertschöpfungsprozessen, anderseits aber auch die dafür notwendigen Qualifikationen und Kompetenzen betrifft. Auch wenn sich der grundsätzliche Bedarf an Arbeit vermutlich nicht signifikant verringern wird, wird sich die Bedeutung einzelner Berufsgruppen doch deutlich verschieben.

Praxisperspektiven aus den Interviews

Aus den geführten Interviews wird deutlich, dass der Einfluss der Digitalisierung auf die Inhalte und Organisation von Arbeit in kleinen und mittelständischen Unternehmen bereits deutlich wahrgenommen wird, die daran geknüpften Effekte allerdings noch ambivalent sind. So wird der digitale Wandel von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einiger Unternehmen als diffuses Drohszenario wahrgenommen, während in anderen Fällen gemeinsam mit Betriebsräten Anpassungsstrategien entworfen werden. In welcher Weise der Wandel von Arbeit in Unternehmen gestaltet wird, hängt dabei weniger von deren Größe als vom jeweiligen Geschäftsfeld, der

spezifischen Einbindung in übergreifende Wertschöpfungsprozesse sowie der persönlichen Einstellung der unternehmerischen Entscheidungsträger ab.

Für Unternehmen vergegenwärtigt sich der Wandel der Arbeitswelt einerseits in neuen Tätigkeitsbereichen, die unmittelbar aus der gestiegenen Relevanz neuer Technologien und Prozesse resultieren, sowie anderseits in der sukzessiven Anpassung bestehender Vorgänge und Verfahren. Aus den Interviewaussagen lassen sich in diesem Zusammenhang zwei unterschiedliche Konstellationen verdichten: Da Tätigkeiten, die im Kern auf der Verarbeitung von Daten oder der Anpassung von Software basieren, sehr spezifische Qualifikationen in den Bereichen Data Science und Informatik voraussetzen, müssen Unternehmen hier tendenziell neue Kompetenzen aufbauen. Wenn dagegen zum Beispiel neue Interfaces die Mensch-Maschine-Schnittstellen verändern oder die Softwareapplikationen die Einbindung einzelner Maschinen in übergreifende Produktionssysteme ermöglichen, kann die bestehende Belegschaft über sukzessive Qualifikationsmaßnahmen für die Nutzung neuer Technologien befähigt werden.

Aus den Interviews geht klar hervor, dass vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und des sich abzeichnenden Fachkräftemangels Ansätze zur Weiterbildung und Qualifikation der Belegschaft ein prioritäres Handlungsfeld der unternehmerischen Entwicklung darstellen. In wissensintensiven Wertschöpfungsprozessen bilden Innovationsstärke und Kreativität die Kernvariablen der Wettbewerbsfähigkeit. Wie bereits angedeutet, liegen die Voraussetzungen dafür einerseits in kontinuierlichen Investitionen in die (digitale) Kompetenz der Belegschaft. Darüber hinaus sollte andererseits eine innovationsfreundliche Kultur etabliert werden, die die Durchlässigkeit guter Ideen in allen Geschäftsbereichen sicherstellt. Während die Schaffung einer offenen Unternehmenskultur im primären Gestaltungsbereich der Unternehmensführung liegt, können organisatorische Maßnahmen wie verstärkte Teamarbeit oder agile Prozessgestaltung in größeren Unternehmen dazu beitragen, einen abteilungsübergreifenden Austausch anzuregen, gegenseitiges Lernen zu ermöglichen und so potenziell innovatives Wissen zu generieren.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Veränderung von Kompetenzen und die Weiterbildung und Qualifikation der Belegschaft von den Interviewpartnern als prioritäres Handlungsfeld der unternehmerischen Entwicklung und Wettbewerbsfähigkeit gesehen wird. Ebenso deutlich wird aber auch, dass der Aufbau von digitaler Kompetenz in Unternehmen einen gewissen zeitlichen Vorlauf und Investitionen in die Belegschaft braucht. Um den durch die Digitalisierung ausgelösten Wandel von Arbeit erfolgreich zu bewerkstelligen, müssen die dafür notwendigen Anpassungsprozesse von der Basis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mitgetragen werden. Eine möglichst transparente Kommunikation schafft in dieser Hinsicht ein geteiltes Bewusstsein und Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen. Insbesondere in den Bereichen Data Science und Informatik müssen neue Kompetenzen und spezifische Qualifikationen aufgebaut und die bestehende Belegschaft für die Nutzung neuer Technologien befähigt werden. Entscheidungen, ob der Bedarf an IT-Know-how über interne Qualifikationsmaßnahmen und optionale externe Services gedeckt werden kann oder den Aufbau zusätzlicher Kompetenz voraussetzt, sollte unternehmensspezifisch abgewogen werden: Während beispielsweise die strategische Neuausrichtung des Geschäftsmodells auf digitale Märkte den Aufbau entsprechender Expertise sehr wahrscheinlich notwendig macht, braucht es diese für die Programmierung und Wartung eines einfachen Webshops sicherlich nicht.

Neben kontinuierlichen Investitionen in die (digitale) Kompetenz der Belegschaft, ist auch die Etablierung einer innovationsfreundlichen Kultur wichtig. Darüber hinaus werden das zunehmende Variantenreichtum und die Individualisierung der Produktion das Wissensvolumen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ebenso erhöhen wie die Notwendigkeit, auch die vor- und nachgelagerten Arbeitsstufen zu verstehen. Gefragt ist das Verständnis von komplexen Prozessen, die über die eigene Abteilung und das Unternehmen hinausgehen.

4. Zentrale Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für KMU

Mit Blick auf Porters grundsätzliche Unterscheidung von Primär- und Unterstützungsaktivitäten zeigen die Ergebnisse der Studie zunächst, dass durch die Implementierung digitaler Lösungen im Kernbereich der Wertschöpfung unmittelbare Effizienzgewinne generierbar sind. Indem sich die Transparenz von Produktions-, Logistik- und Vertriebsprozessen sowie die Kommunikation mit Kunden über digitale Schnittstellen erhöht wird, kann eine bessere, flexiblere und adaptivere Planung der Abläufe realisiert werden.

Sind in Porters Modell die Unterstützungsaktivitäten parallel zu den Primärprozessen konzipiert, sind sie für die Umsetzung zunehmend digitalisierter Wertschöpfungsprozesse von integrativer Bedeutung. Um die Chancen der Digitalisierung adäquat zu nutzen und sich mit ihren Geschäftsmodellen und Werteversprechen in dynamischen Märkten behaupten zu können, müssen Unternehmen in den benannten Dimensionen ihrer Unterstützungsaktivitäten nachhaltige und zukunftsfähige Strukturen schaffen.

Es ist davon auszugehen, dass Aspekte wie die Sicherstellung einer kontinuierlichen Innovationsfähigkeit, die Etablierung von Kooperationen mit wechselseitigem Nutzen, der Aufbau von Kapazitäten zur Datenerhebung und deren sinnvoller Auswertung sowie eine talentfördernde Organisation der Arbeit in der mittelfristigen Perspektive sogar den größeren Hebel für die Chancen der Digitalisierung bilden. Um diese zu realisieren bedarf es jedoch nicht nur Investitionen in technologische Lösungen, sondern insbesondere auch eine (unternehmens-)kulturelle Bereitschaft, die Zeichen der Zeit zu deuten und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen.

Das Spektrum zur Nutzung von Vorteilen der Digitalisierung ist für KMU weit, es kann neben punktuellen Effizienzsteigerungen das gesamte unternehmerische Geschäftsmodell umfassen. Durch schlanke Prozesse kann die Agilität und Effizienz einzelner Unternehmen deutlich erhöht werden. Diesbezüglich haben kleine und mittlere Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil vor Großunternehmen, für die es ein vergleichsweise höherer Aufwand ist, ihre Prozesse anzupassen. Zudem ist es für kleinere Unternehmen oft einfacher, sich durch Vernetzung in übergreifende Gesamtprozesse zu integrieren. Komplexe und anspruchsvolle Herstellungsprozesse lassen sich effizienter gestalten sowie deren Steuer- und Planbarkeit erheblich erhöhen. Die Treiber für die Digitalisierung sind im Bereich der Produktion somit primär die Effizienzgewinne. Chancen ergeben sich neben effizienteren Prozessen vor allem durch die Vereinfachung der Kommunikation mit Kunden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Partnern, aber auch durch Möglichkeiten für neue digitale und kooperative Geschäftsmodelle.

Ausbau der Kundeneinbindung

Kundenindividuelle Produktion bis zur Losgröße 1 kann insbesondere für viele KMU den Kern zukünftiger Leistungsversprechen darstellen. Kunden können durch digitale Technologien in einzelne Prozessschritte der Wertschöpfung eingebunden werden. Dies erhöht die Anforderungen, Flexibilität und Adaptivität, aber auch die realisierbaren Wertschöpfungspotentiale. Es eröffnet Unternehmen die Chance, zum wertvollen Partner des Nutzers zu werden und das bereits in der Frühphase der Produktionsvorbereitung. Beispielsweise lässt sich das klassische Customer-Relationship-Management (CRM) kontinuierlich um mobiles CRM oder das Beziehungsmanagements über soziale Medien erweitern. Gezielte Kommunikation über digitale Kanäle kann zudem den Bekanntheitsgrad und das Image des Unternehmens erheblich stärken. Durch Nutzung von Online-Plattformen ergeben sich bei den Vertriebsaktivitäten auch ganz neue Perspektiven für Interaktion mit Kunden.

Erweiterung des Innovationsbegriffs

Die Unterstützungsaktivität der Innovation sollte weitergefasst werden und neben der Technologie-Entwicklung auch organisatorische Innovationen und Change-Management umfassen. Durch Aufbau

von Wertschöpfungspartnerschaften und einer stärkeren Integration der Kunden können neue Wissensquellen erschlossen und offene Innovationsprozesse initiiert werden. Mit dem Aufbau von entsprechendem Know-how können auch KMU von den Potenzialen der Datenanalytik profitieren. Es gilt die Daten so zu selektieren, dass verwertbare Informationen identifiziert und für die Wertschöpfung nutzbar gemacht werden können.

Ausbau von Vernetzung und Kooperation

Durch die Digitalisierung der Arbeitsprozesse steigen die Transparenz der Produktionsprozesse und die damit verbundene Chance zur Reduzierung von Fehlern. Die Öffnung für neue Partnerstrukturen und Kooperationen, wenn nötig auch mit Wettbewerbern, ermöglicht die gemeinsame Weiterentwicklung von Technologien und die Schaffung von Grundlagen für die Zusammenarbeit, z. B. durch gemeinsame Standards oder Geschäftsmodelle. Vernetzung mit ganz neuen Akteursgruppen, die bisher nicht erreichbar waren oder deren Einbindung nicht praktikabel war, wird durch die Digitalisierung erleichtert. Ebenso wie die stärkere Kooperation über Branchengrenzen hinweg. Erhebliche Chancen werden in der Entwicklung und Nutzung von Online-Plattformen gesehen. Diese ermöglichen es gerade ressourcenschwachen Unternehmen, sich aus Abhängigkeiten beispielsweise von bestimmten Zulieferern zu befreien und flexibel andere Zulieferer einzubinden.

Systematische Datenanalyse

Durch die konsequente Nutzung von Daten zu Märkten, Kunden und Trends sowie deren systematische Analyse und Interpretation kann ein nachhaltiger Informationsvorsprung generiert werden. Durch gezielte Auswertung von Prozessdaten können sich abzeichnende Maschinenschäden frühzeitig erkannt werden oder durch Fern- oder Condition-Monitoring bzw. der Fern-Wartung gar nicht erst entstehen.

Umsetzung einer Digitalisierungsstrategie

Die Digitalisierung ermöglicht es Unternehmen, neue Services als Zusatzleistungen anzubieten und eröffnet so die Chance, neue Geschäftsfelder zu erschließen. Der industrielle Mittelstand kann zu den Gewinnern der Digitalisierung werden, wenn es ihm gelingt, die Chancen zu nutzen und die Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle anzupassen. Dabei ist die Umsetzung einer geeigneten digitalen Strategie Chefsache und sollte neben der Entwicklung und dem Einsatz neuer digitalen Technologien auch organisatorische Innovationen umfassen. Ausgehend von der Führungsebene sollten sich alle Bereiche des Unternehmens im Sinne des Change-Managements mit den Chancen der digitalen Transformation beschäftigen. Dabei sollte bei der Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse nicht nur die Kostensenkung durch neue Technologien im Fokus stehen, sondern auch die Chancen der Generierung von Wettbewerbsvorteilen durch neue Services und Geschäftsmodelle und somit einer Erhöhung der Kundenzufriedenheit genutzt werden.

Schrittweise Neupositionierung

Die schrittweise Veränderung der Wertschöpfungsprozesse sollte nicht nur ausgehend von neuen Technologien und möglichen Digitalisierungsansätzen, sondern von den Unternehmenszielen und Anforderungen der Kunden her gedacht werden. Demnach ist ein erster Schritt die Validierung der bisherigen Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle in Hinblick auf die Erfüllung der Kundenanforderungen und der Geschäftsziele (z.B. Erreichung neuer Kundengruppen, Steigerung der Kundenzufriedenheit, Aufbau neuer Kooperationsbeziehungen, Steigerung von Effizienz, Qualität und Umsatz). Vor dem Hintergrund einer veränderten strategischen Bedeutung einzelner Elemente der Wertschöpfung können dann Optionen zur Positionierung in der künftigen Wertschöpfungskette

erarbeitet und neue Geschäftsmodelle identifiziert werden. In einem nächsten Schritt können dann die für die Umsetzung der Geschäftsmodelle notwendigen Prozesse bzw. Prozessketten identifiziert und deren Digitalisierungspotenzial bewertet werden. Erst darauf aufbauend schließt sich eine Analyse der Technologieunterstützung an. Im Fokus sollte dabei der Wertbeitrag von bestehenden und neuen Technologien für künftige Wertschöpfung und neue Geschäftsmodelle stehen. Auf Basis einer entsprechenden Bewertung können dann strategisch wichtige Felder für die Technologieunterstützung und –anpassung abgeleitet werden. Letztendlich müssen auch die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Organisation betrachtet werden: Passende Organisationsstrukturen sowie für die Umsetzung notwendige Kompetenzen, Fähigkeiten, Partner- und Netzwerke sind zu identifizieren. Einzubeziehen sind auch Führungs- und Managementmethoden, die die Umsetzung der digitalen Transformation unterstützen.

Investition in spezifische Qualifikation und Kompetenz

In wissensintensiven Wertschöpfungsprozessen werden die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie der Aufbau von spezifischen Qualifikationen, z.B. in den Bereichen Data Science und Informatik, zunehmend zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Die Voraussetzungen dafür liegen einerseits in kontinuierlichen Investitionen in die (digitale) Kompetenz der Belegschaft und andererseits in der Etablierung einer innovationsfreundlichen Kultur, die die Durchlässigkeit guter Ideen in allen Geschäftsbereichen sicherstellt.

Sensibilität für juristische Herausforderungen

Die Smart Factory mit ihren technisch gesteuerten, autonom realisierten Abläufen stellt in vielen Bereichen neue Anforderungen an den geltenden Rechtsrahmen. Datenschutz ist für viele KMU ein wesentliches Thema zur Absicherung des Unternehmens-Know-how in vernetzten Wertschöpfungsprozessen. können durch Aufbau von juristischer Kompetenz minimiert werden. Erforderlich sind eine Sensibilität für neue juristische Herausforderungen bei geistigem Eigentum, Haftung und Datenschutz in unternehmensübergreifenden Engineering- und Produktionsnetzwerken und bei Bedarf die Einbindung von juristischen Experten.

Gemeinschaftliche Entwicklungsprojekte und Gremienarbeit

Pilotprojekte und gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit Forschungseinrichtungen, Hochschulen und anderen Unternehmen bilden ein gutes Format, um gemeinsam neue Lösungen zu erproben und sich als KMU aktiv in die Gremienarbeit zur Formulierung von Schnittstellen, technischen Standards oder rechtlichen Rahmenbedingungen einbringen zu können. Hierfür könnten auch bestehende Unterstützungsstrukturen, wie z.B. die Mittelstandskompetenzzentren[4] genutzt werden.

[4] https://www.mittelstand-digital.de/DE/Foerderinitiativen/Mittelstand-4-0/kompetenzzentren,did=726302.html

5. Anhang: Überblick zu den befragten Projekten[5]

AutASS - Autonome Antriebstechnik durch Sensorfusion für die intelligente, simulationsbasierte Überwachung & Steuerung von Produktionsanlagen
Im Projekt AutASS wurde durch die Integration sensorischer Funktionen in elektrische Antriebssysteme ein permanenter "Gesundheits-Check" für Maschinenanlagen ermöglicht. Es wurden intelligente und autonome Diagnosefähigkeiten (Selbstdiagnose) einzelner Komponenten des Antriebssystems und des Prozesses geschaffen und so ein sogenannter mechatronischer Regelkreis realisiert. Dabei wird frühzeitig und verlässlich der "Gesundheitszustand" (Überlastung, Verschleiß, Lebensdauerprognose usw.) elektrischer Antriebe ermittelt. Auch nachfolgende Prozesse können durch Auswertung von Messsignalen über flexible und modulare Zusammenführung von Sensorfunktionen bezüglich ihrer "Gesundheit" bewertet werden.
Konsortialpartner: Hanning Elektro-Werke GmbH & Co. KG (Konsortialführer)*; Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen; Hochschule Ostwestfalen-Lippe; Interroll Trommelmotoren GmbH; RWTH Aachen; Universität Paderborn
www.autonomik.de/de/autass.php
APPsist - Mobile Assistenzsysteme und Internetdienste in der intelligenten Produktion
Im Projekt APPsist wurde ein ganzheitlicher Ansatz für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in der Produktion entwickelt. Softwarebasierte Assistenzsysteme stellen sich anhand spezifischer, vorhandener Kompetenzen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern automatisch auf deren Unterstützungsbedarf ein. Es wurden Unterstützungen und Lernprozesse für die unterschiedlichsten Anforderungen entwickelt, wie z.B. für die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Wartung, Reparatur und vorbeugende Instandhaltung von Anlagen. Durch diese passgerechte Unterstützung können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit unterschiedlichem Vorwissen umfassender als bisher eingesetzt werden.
Konsortialpartner: Festo Lernzentrum Saar GmbH (Konsortialführer), Brabant & Lehnert GmbH*, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Festo AG, Fraunhofer IAO, imc information multimedia communication AG, MBB Fertigungstechnik GmbH, Ruhr-Universität Bochum
www.appsist.de
CAR-BITS.de: Datenschutzkonforme Nutzung von Autodaten
Das Projekt CAR-BITS.de entwickelt eine Service-Plattform, die eine datenschutzkonforme Nutzung der Fahrzeugdaten für neue Dienste ermöglicht. Am Beispiel von Dienste-Prototypen soll gezeigt werden, wie sich mit dynamischen Einträgen in digitalen Landkarten die Verkehrssicherheit steigern lässt, Autos fehlende Fahrbahnmarkierungen automatisch melden und eine Vernetzung von verschiedenen Autobauern und Zulieferern rechtskonform gelingt.
Konsortialpartner: Uniscon GmbH (Konsortialführer); Continental Automotive GmbH*; Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.; Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
www.car-bits.de
CoCos - Plug&Play-Vernetzung in der Produktion
Im Projekt CoCos wurde eine intelligente Informations- und Kommunikationsinfrastruktur entwickelt, die eigenständig in der Lage ist, unterschiedlichste Komponenten einer Produktionslinie zu erkennen – wie etwa Maschinen und auch Werkstücke – und miteinander zu vernetzen. Sie soll darüber hinaus

[5] Die befragten Unternehmen aus den einzelnen Projekten sind in der Liste mit ***** gekennzeichnet.

die Kommunikationsbrücke zwischen Produktions-, Logistik- und anderen eingesetzten Managementsystemen bilden, die zukünftig dezentral und virtuell ausgelegt werden können. Auch die eigenständige Vernetzung von unabhängigen Produktionssystemen an unterschiedlichen Standorten soll ermöglicht werden. Sowohl für die Inbetriebnahme der Produktionslinie als auch für erforderliche Anpassungen sind keine tiefgehenden Fachkenntnisse erforderlich.
Konsortialpartner: Robert Bosch GmbH (Konsortialführer)*, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), DMG Electronics GmbH, trustsec IT-solutions GmbH, TU Berlin, XETICS GmbH
www.cocos-project.de
FTF out of the box - Autonom handelnde fahrerlose Transportfahrzeuge mit Sprach- und Gestensteuerung
Im Projekt FTF out of the box wurden Konzepte für Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) auf den Betrieb von Gabelstaplern übertragen und weiterentwickelt. Gabelstapler sollen in die Lage versetzt werden, in Fabrik- und Lagerhallen autonom zu navigieren, eine virtuelle Umgebungskarte eigenständig mithilfe der gewonnenen Sensordaten zu erstellen und zu aktualisieren, sich anhand von markanten Punkten zu orientieren und adaptiv auf Veränderungen zu reagieren. Lagermitarbeiterinnen und -mitarbeiter sollen so ohne spezielle Weiterbildungsmaßnahmen das System bedienen und in der Mensch-Maschine-Interaktion auf einfache Weise per Sprache und Gesten Aufträge an multiple Fahrzeuge erteilen können. Zur Erkennung von Hindernissen, logistischen Elementen wie Paletten und sonstigen Objekten sowie für die Gestensteuerung werden 3D-Kamerasysteme eingesetzt
Konsortialpartner: Jungheinrich AG (Konsortialführer), Basler AG, Götting KG*, Universität zu Lübeck, IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
www.iph-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/?we_objectID=2341
GEMINI - Geschäftsmodelle für Industrie 4.0
Ziel des Projekts GEMINI sind tragfähige Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0. Das in GEMINI entstehende Instrumentarium ermöglicht den beteiligten Unternehmen und Organisationen, mit Hilfe von Methoden, Prozessen und IT-Werkzeugen individuelle Geschäftsmodelle zu entwickeln und in passenden Wertschöpfungsprozesse und -ketten umzusetzen.
Konsortialpartner: Universität Paderborn (Konsortialführer), Atos IT Solutions and Services GmbH*, CONTACT Software GmbH, Fraunhofer IPT, Ruhr-Universität Bochum, SLM Solutions Group AG, UNITY AG
http://www.geschaeftsmodelle-i40.de
InnoCyFer – Bionisch gesteuerte Fertigungssysteme für die Herstellung kundenindividueller Produkte
Im Projekt InnoCyFer wurde eine webbasierte Open-Innovation-Plattform entwickelt, auf der Kundinnen und Kunden selbständig und ohne spezifische Vorkenntnisse mit Hilfe eines Toolkits Produkte im Rahmen der technischen Machbarkeit individuell nach eigenen Vorstellungen gestalten können. Für die Fertigung der kundeninnovierten Produkte wurden neuartige autonome Produktionsplanungs- und Steuerungsmethoden entwickelt, die sich an flexiblen und adaptiven Organisationsformen aus der Biologie orientieren. So können Aufträge kurzfristig eingeplant und Änderungswünsche bis in späte Phasen des Produktionsprozesses zugelassen werden.
Konsortialpartner: TU München (Konsortialführer); Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH; Festo Didactic GmbH & Co. KG*; Fraunhofer IWU; HYVE Innovation Community GmbH
www.innocyfer.de

InSA - Schutz- und Sicherheitskonzepte für die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter in gemeinsamen Arbeitsbereichen
Ziel des Projekts InSA war es, ein umfassendes Sicherheitskonzept zu entwickeln, das die Benutzerin bzw. den Benutzer und die Arbeitsumgebung eines Roboters nicht nur statisch, sondern auch dynamisch während der Tätigkeiten und Interaktionen schützt. In der Umsetzung wird der Mensch mit einer interaktiven Sensorkleidung zur Bewegungserfassung ausgestattet und ergänzend von industriellen Kameras und Sicherheitslaserscannern im Raum erfasst. Anhand der so gewonnenen Informationen kann das Sicherheitssystem Risiken errechnen und Schutzmaßnahmen veranlassen, etwa indem der kollaborative Roboter während eines Risikoszenarios die Geschwindigkeit reduziert. In diesem Sinne können Bewegungsabläufe dynamisch an das Risikogeschehen angepasst werden, ohne Unterbrechung des Produktionsprozesses. Die Gefährdung der Mitarbeiterin bzw. des Mitarbeiters wird auf diese Weise zu jeder Zeit ausgeschlossen.
Konsortialpartner: neusta mobile solutions GmbH (Konsortialführer), Hubert Schmitz GmbH, ThyssenKrupp System Engineering GmbH*, Universität Bremen
www.insa-projekt.de
OPAK - 3D-gestützte Engineering-Plattform für die intuitive Entwicklung und effiziente Inbetriebnahme von Produktionsanlagen
Im Projekt OPAK wurde eine 3D-gestützte Engineering-Plattform für die intuitive Planung, Entwicklung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen entwickelt. Die Plattform ermöglicht, dass Anlagen zunächst herstellerunabhängig anhand rein funktionaler Beschreibungen von Standardkomponenten der Automatisierungstechnik geplant werden können. Erst später erfolgt die Unterlegung durch konkrete Komponenten mit den gewünschten spezifischen Leistungsmerkmalen jeweiliger Anbieter.
Konsortialpartner: Festo AG & Co. KG (Konsortialführer); ASYS Automatisierungssysteme GmbH; elrest Automationssysteme GmbH*; Festo Didactic GmbH & Co. KG; fortiss GmbH; Hochschule Ostwestfalen-Lippe (inIT); 3S-Smart Software Solutions GmbH
www.opak-projekt.de
OpenServ4P - Prozesssteuerung in der Produktion als Dienstleistung nutzen
In dem Projekt OpenServ4P sollen technische Voraussetzungen geschaffen werden, um bestehende, „herkömmliche“ Produktionsanlagen zu Industrie 4.0-fähigen Anlagen aufzurüsten: Durch eine Vernetzung und die Fähigkeit, miteinander zu kommunizieren, werden die Anlagen intelligent. Die Prozesssteuerung und die selbstständige Reaktion von Produktionsanlagen auf veränderte Umgebungsbedingungen sollen als smarte Online-Services an bestehenden Produktionsanlagen erprobt werden.
Konsortialpartner: SALT Solutions GmbH (Konsortialführer)*; Fraunhofer IGCV; Scheer GmbH; SICK AG; SICK STEGMANN GmbH; software4production GmbH; BSH Hausgeräte GmbH
www.openserv4p.de
ReApp – Plug&Play-Integration von Robotern in der Industrieautomatisierung
In ReApp wurden standardisierte Schnittstellen zur herstellerübergreifenden Integration von Soft- und Hardware für Robotersysteme definiert. Zusammen mit einem Katalog wiederverwendbarer intelligenter Dienste (Robotik-Apps) und einer modellgetriebenen Entwicklungsumgebung sollen sich Robotersysteme schneller und kostengünstiger an spezifische Anforderungen vor allem kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) anpassen lassen. Der flexible und wirtschaftliche Einsatz von Robotersystemen soll so auch für KMU in der Fertigung, Montage und Logistik möglich werden.
Konsortialpartner: Fraunhofer IPA (Konsortialführer); BMW AG; Dresden Elektronik Ingenieurtechnik GmbH*; Fischer IMF GmbH & Co. KG; Fluid Operations AG; fortiss GmbH; FZI Forschungszentrum Informatik; InSystems Automation GmbH; ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH; Karlsruher

Institut für Technologie (KIT) – Institut für Prozessrechentechnik, Automation und Robotik; Ruhrbotics GmbH; SICK AG

www.reapp-projekt.de

SePiA.PRO - Optimierung der Kommunikation von Werkzeugmaschinen

Im Projekt SePiA.Pro wird eine Service-Plattform zur intelligenten Verwertung von Sensor- und Auftragsdaten moderner Produktionsanlagen entwickelt. Kernelemente der Verwertung sind Smart Services, die eine detaillierte Regelung, Steuerung, Optimierung und Verhaltensvorhersage einzelner Komponenten sowie kompletter Produktionssysteme ermöglichen. Diese Smart Services tragen zudem dazu bei, die Flexibilität der Produktionsprozesse zu optimieren.

Konsortialpartner: TWT GmbH Science & Innovation (Konsortialführer); Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH; Daimler AG; TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG*; Universität Stuttgart – Institut für Architektur von Anwendungssystemen

www.projekt-sepiapro.de

Smart Farming Welt - Smarte Vernetzung landwirtschaftlicher Prozesse

Im Projekt Smart Farming Welt wird die technologische Basis entwickelt, um landwirtschaftliche Prozesse hersteller- und organisationübergreifend intelligent zu vernetzen. Informationen zur Prozessautomatisierung und zur Entscheidungsunterstützung durch die Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Quellen (Maschine, Partnermaschinen in der Umgebung, Sensoren, Wetter, Planungsinformationen, Hersteller-Expertise etc.) gewonnen und sowohl in Echtzeit auf dem Feld als auch für nachgelagerte Auswertungen bereitgestellt werden. Dadurch können Services wie Einstellungsoptimierung an Maschinen, optimale Dünge- und Erntestrategien und eine Automatisierung der Prozesse angeboten werden.

Konsortialpartner: Logic Way GmbH (Konsortialführer); CLAAS E-Systems KGaA mbH & Co KG*; Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH; Deutsche Telekom AG; Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen; Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG

www.smart-farming-welt.de

Smart Orchestra - Smart-Service-Solisten zu einem großen Orchester zusammenführen

Die im Projekt Smart Orchestra konzipierte cloudbasierte Service-Plattform ermöglicht es, intelligent vernetzte Produkte und Dienste über herstellerspezifische Schnittstellen smart und sicher miteinander zu kombinieren, zu „orchestrieren“ und zu vermarkten. Es soll ein offener und sicherer Marktplatz geschaffen werden, auf dem smarte Services angeboten flexibel genutzt und kombiniert werden können.

Konsortialpartner: StoneOne AG (Konsortialführer)*; Cleopa GmbH; Datenfreunde GmbH; Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.; regio iT Gesellschaft für Informationstechnologie mbh; Universität Stuttgart

www.smartorchestra.de

SPEEDFACTORY – Automatische Einzelstückfertigung von Sportschuhen und Textilien

Sportschuhe werden meist in industrieller Massenfertigung und langen Entwicklungs- und Designzyklen hergestellt. Schnelle Modellwechsel oder eine kostengünstige Kleinserienfertigung sind damit nur schwer realisierbar. Dabei verlangen die Konsumenten genau das: Sie wollen Neuartiges und das sofort – ohne Kompromisse. Um näher an die Konsumenten heranzurücken und sicherzustellen, dass die Konsumenten das erhalten, was sie wollen – und zwar wann immer sie es wollen –, ist der Einsatz intelligenter Planungs- und Steuerungssysteme unabdingbar. Die Vision von SPEEDFACTORY ist es, Kunden in den wesentlichen Absatzmärkten zu ermöglichen, aus vorgegebenen Material- und Designoptionen individuelle Sportschuhe zu konfigurieren und diese in

örtlicher Nähe zum Kunden zu produzieren, um eine möglichst rasche Zulieferung zu ermöglichen.
Konsortialpartner: adidas AG (Konsortialführer); Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH; Deutsche Telekom AG; Dresden Elektronik Ingenieurtechnik GmbH*; Humotion GmbH; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Verein Deutscher Ingenieure
http://www.fortiss.org/forschung/projekte/speedfactory/
STEP - Smarte Techniker-Einsatzplanung für die Instandhaltung von Maschinen
Ziel des Projekts STEP ist es, auf Basis des prognostizierten Instandhaltungsbedarfs von Maschinen den Einsatz von Technikerinnen und Technikern bedarfsgerecht, effizient und automatisiert zu planen. Hierfür werden alle relevanten Daten wie prädiktive Fehlermeldungen, Maschinenspezifikationen und Kontextinformationen gesammelt und basierend darauf Techniker-Aufträge intelligent gesteuert und unterstützt. Über eine Cloud-Plattform lassen sich diese Informationen zentral und datenschutzkonform bereitstellen.
Konsortialpartner: USU Software AG (Konsortialführer); FLS GmbH; Heidelberger Druckmaschinen AG; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG*
www.projekt-step.de

6. Literaturverzeichnis

A.T. Kearney, Inc. (Hg.) (2015): Beyond Limits: The Future of B2B Sales.

Abramovici, Michael; Herzog, Otthein (Hg.) (2016): Engineering im Umfeld von Industrie 4.0 – Einschätzungen und Handlungsbedarf (achatech STUDIE).

Baller, Silja; Dutta, Soumitra; Lanvin, Bruno (Hg.) (2016): The Global InformationTechnology Report 2016 Innovating in the Digital Economy.

Bitkom e.V. (2016): Digitalisierung der Wirtschaft nimmt Fahrt auf. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-der-Wirtschaft-nimmt-Fahrt-auf.html, zuletzt geprüft am 13.04.2017.

Boes, Andreas; Kämpf, Tobias; Langes, Babara; Löhr, Thomas (2016): "Lean“ und „agil“ im Büro – Neue Formen der Organisation von Kopfarbeit in der digitalen Transformation. Hg. v. Hans-Böckler-Stiftung.

Botthof, Alfons; Hartmann, Ernst Andreas (Hg.) (2015): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2017): Weißbuch Arbeiten 4.0. Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a883-weissbuch.pdf, zuletzt geprüft am 30.03.17.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2015): Industrie 4.0. Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland - Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2016): Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2016. Online verfügbar unter http://www.bmwi.de/DIGITAL/Redaktion/DE/Publikation/monitoring-report-wirtschaft-digital-2016.html.

Chesbrough, Henry (2006): Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. 2. Aufl. Boston: Harvard Business Review Press.

Elste, Rainer (2016): Paradigmenwechsel im Vertrieb : Konsequenzen neuer Technologien für das Kundenmanagement.

Engelhardt, Sebastian von; Wangler, Leo; Wischmann, Steffen (2017): Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen. Hg. v. Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0, iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

fortiss GmbH (Hg.) (2016): Digitale Transformation - Wie Informations- und Kommunikationstechnologien etablierte Branchen grundlegend verändern. Der Reifegrad von Automobilindustrie, Maschinenbau und Logistik im internationalen Vergleich.

Günthner, Willibald; Klenk, Eva; Tenerowicz-Wirth, Peter (2014): Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0 - Springer. In: Thomas Bauernhansl, Michael ten Hompel und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung · Technologien · Migration. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 297–323. Online verfügbar unter http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-04682-8_15, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Haag, Michael (2015): Kollaboratives Arbeiten mit Robotern – Vision und realistische Perspektive. In: Alfons Botthof und Ernst Andreas Hartmann (Hg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 59–64.

Hilgendorf, Eric; Seidel, Uwe (2016): Juristische Herausforderungen für digitale Wertschöpfung – strukturierte Lösungswege für KMU. Hg. v. Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0, iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Online verfügbar unter http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Kurzmeldungen/Aktuelles/2016/2016-04-26_Recht%20in%20der%20industriellen%20Fertigung.html, zuletzt geprüft am 12.04.2017.

Hippel, Eric von (2011): Open User Innovation. In: *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 01.01.2011, S. 1–18.

Hompel, Michael ten (2013): Logistik 4.0. Neue vernetzte Wege in der Logistik. AUTONOMIK-Transfer -Industrie 4.0. Berlin, 31.01.2013, zuletzt geprüft am 01.03.2017.

Hompel, Michael ten; Henke, Michael (2014): Logistik 4.0. In: Thomas Bauernhansl, Michael ten Hompel und Birgit Vogel-Heuser (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung · Technologien · Migration. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 615–624.

it‘s OWL Clustermanagement GmbH (Hg.) (2015): AUF DEM WEG ZU INDUSTRIE 4.0: Auf dem Weg zu Industrie 4.0. Erfolgsfaktor Referenzarchitektur.

Koren, Yoram (2010): The global manufacturing revolution. Product-process-business integration and reconfigurable systems. Hoboken, N.J.: Wiley (Wiley series in systems engineering and management).

Künzel, Matthias; Schulz, Jens; Gabriel, Peter (2016): Engineering 4.0 - Grundzüge eines Zukunftsmodells. Hg. v. Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0, iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

McKinsey Digital (Hg.) (2016): Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. Online verfügbar unter https://www.mckinsey.de/files/mckinsey_industry_40_2016.pdf.

Porter, Michael E.; Heppelmann, James E. (2014): Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. In: *Harvard Businessmanager, Sonderdruck* (12).

Porter, Michael E.; Heppelmann, James E. (2015): Wie smarte Produkte Unternehmen verändern. In: *Harvard Businessmanager, Sonderdruck* (12).

Porter, Michael Eugene (1985): Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press.

PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Hg.) (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Online verfügbar unter www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf.

Richter, Stephan; Wischmann, Steffen (2016): Additive Fertigungsmethoden. Entwicklungsstand, Marktperspektiven für den industriellen Einsatz und IKT-spezifische Herausforderungen bei Forschung und Entwicklung. Hg. v. Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH (iit). Online verfügbar unter http://www.iit-berlin.de/de/publikationen/additive-fertigungsmethoden, zuletzt geprüft am 23.01.2017.

Roland Berger GmbH (Hg.) (2015): The digital future of B2B sales. How capital goods firms must adapt to their customers' changing demands.

Roland Berger Strategy Consultants (Hg.) (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Online verfügbar unter http://bdi.eu/media/user_upload/Digitale_Transformation.pdf.

Saam, Marianne; Viete, Steffen; Schiel, Stefan (2016): Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. Hg. v. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Mannheim. Online verfügbar unter https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf.

Springer Gabler Verlag (Hg.) (2017): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Logistik 4.0. Online verfügbar unter http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/-2046105400/logistik-4-0-v2.html, zuletzt aktualisiert am 20.02.2017, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Zühlke, Karin (2015): Intelligent Manufacturing - Ersetzt künstliche Intelligenz den Menschen in der Fabrik? In: *Markt&Technik*. Online verfügbar unter http://www.elektroniknet.de/markt-technik/elektronikfertigung/ersetzt-kuenstliche-intelligenz-den-menschen-in-der-fabrik-120662.html.