Technische Hochschule Ingolstadt

Technische Hochschule Ingolstadt

Fakultät: Institut für Akademische Weiterbildung
Studiengang: M. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen Digitalisierung

Masterthesis

Thema: Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau – strategische Handlungsfelder

Verfasserin: Cosima Kaiser

Ausgabedatum: 01.12.2021
Abgabedatum: 29.07.2022

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Gerd Schwandner
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Axel Groha

Ehrenwörtliche Erklärung

Wir erklären hiermit, dass wir die Arbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Landau an der Isar, den 29.07.2022

Cosima Kaiser

Abstract

Die vorliegende Masterarbeit beschreibt die Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau und zeigt strategische Handlungsfelder dafür auf. Der Fokus liegt dabei auf technologischen Trends und Treibern, die für die digitale Transformation notwendig sind. Zudem werden diese entlang eines Geschäftsprozess dargestellt und deren Anwendung beschrieben. Das Ziel dieser Arbeit ist, mittelständischen Maschinenbauern einen Überblick zu geben, welche technologischen Treiber im Bereich der Digitalisierung aktuell sind und wie sie diese nutzen und implementieren können. Grundlage der Erkenntnisse bildet eine umfangreiche Literaturrecherche.

In zwei Fallstudien, zum einen der Maschinenbau in der Landtechnik und zum anderen im Werkzeugbau, werden verschiedene digitale Potentiale, an denen die Digitalisierung anknüpfen und Verbesserungen hervorrufen kann, aufgezeigt. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf den strategischen Handlungsfeldern, die entlang des Geschäftsprozesses von der Entwicklung bis hin zur Inbetriebnahme und Service ausführlich behandelt werden. Prozessunterstützende Aktivitäten, wie Unternehmenskultur, Mitarbeiter oder Strategie werden gleichfalls betrachtet. Ebenso sind die Entwicklungen von digitalen Produkten und Geschäftsmodellen im Maschinenbau ein wichtiger Bestandteil dieser Thesis.

Nach den aktuellen Recherchen lässt sich sagen, dass der mittelständische Maschinenbau im Bereich der Digitalisierung noch stark hinterherhängt und große Konzerne in diesem Bereich schon viel weiter fortgeschritten sind. Für die Erhaltung des deutschen mittelständischen Maschinebaus ist es deshalb notwendig, frühzeitig mit der Transformation zu beginnen. In dieser Arbeit werden mit den kurz-, mittel- und langfristigen Bewertungen der strategischen Handlungsfelder gezeigt, dass eine digitale Transformation für einen mittelständischen Maschinenbauer möglich ist. Das wichtigste ist jedoch, dass das Mindset des Geschäftsführers und die Motivation der Belegschaft für die Digitalisierung vorhanden ist. Zudem ist eine klare und strukturierte Vorgehensweise notwendig, die jedoch von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich ausfallen kann.

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung ..... **II**
Abstract ..... **III**
Inhaltsverzeichnis ..... **IV**
Abkürzungsverzeichnis ..... **VI**
Abbildungsverzeichnis ..... **VII**
Tabellenverzeichnis ..... **IX**

1 Einleitung **1**

1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit 1
1.2 Aufbau der Arbeit 2

2 Digitalisierung im deutschen Maschinenbau **4**

2.1 Facetten und Disziplinen des deutschen Maschinenbaus 4
2.2 Technologische Trends & Treiber der Digitalisierung 6
2.3 Status Quo der Digitalisierung im deutschen Maschinenbau 18
2.4 Geschäftsprozesslandschaft eines mittelständischen deutschen Maschinenbauers 21

3 Digitale Potenziale im Maschinenbau – zwei Fallstudien **24**

3.1 Maschinenbauer für Landtechnik 24
3.2 Maschinenbauer für Werkzeugmaschinen 26
3.3 Schlussfolgerungen für digitale Potenziale im Maschinenbau 28

4 Strategische Handlungsfelder – der Maschinenbau als Anbieter und Anwender der Digitalisierung **30**

4.1 Handlungsfelder und Auswirkungen auf das Unternehmen 31
4.1.1 Strategie 31
4.1.2 Unternehmenskultur & Mitarbeiter 35
4.1.3 Unternehmensorganisation & interne Prozesse 39
4.2 Handlungsfelder und Auswirkungen auf die Marktleistung (Produkte & Services) 44
4.2.1 Bestehende Produkte 45
4.2.2 Produkterweiterung durch neue Geschäftsmodelle 49
4.2.3 Innovation & Entwicklung 58
4.3 Handlungsfelder entlang des Geschäftsprozesses / Leistungserbringung 60
4.3.1 Bereich Forschung & Entwicklung 61
4.3.2 Bereich Marketing / Vertrieb 63
4.3.3 Bereich Engineering 65

4.3.4 Bereich Produktion 69
4.3.5 Bereich Logistik 73
4.3.6 Bereich Service 76

5 Bewertung der strategischen Handlungsfelder 80

5.1 Quick-Wins und dringend notwendige Handlungsempfehlungen 81
5.2 mittelfristige Handlungsempfehlungen 83
5.3 langfristige Handlungsempfehlungen 87

6 Fazit / Ausblick / kritische Würdigung 90

Literaturverzeichnis 93
Anhang 111

Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
B2B	Business to Business
CAD	computer aided design
CPS	Cyber-Physische System
DL	Deep Learning
E2E	End to End
ERP	Enterprise-Resource-Planning
FuE	Forschung- und Entwicklung
IoT	Industry of Things
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine- und mittlere Unternehmen
M2M	Machine to Machine
MES	Manufacturing Execution System
ML	Machine Learning
MVP	Minimal viable Product
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PLM	Product Lifecycle Management
F&E	Research & Development
ROI	Return on investment
SaaS	Software as a Service
VR	Virtual Reality

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systematisierung zentraler Begriffe 8
Abbildung 2: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2020 9
Abbildung 3: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2017 10
Abbildung 4: Trends und Treiber der Digitalisierung 11
Abbildung 5: zeitliche Entwicklung von KI, ML und DL 15
Abbildung 6: Stand von Unternehmen nach Mitarbeitergröße beim Thema Digitalisierung (Stand 2020) 19
Abbildung 7: Hemmnisse und Risiken gegenüber Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau 20
Abbildung 8: Chancen und positive Auswirkungen auf den Maschinenbau 21
Abbildung 9: Struktur eines klassischen mittelständischen Maschinenbauers 22
Abbildung 10: Nutzenpotenziale der Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette 28
Abbildung 11: Wirtschaftliche Potenziale der Digitalisierung 29
Abbildung 12: strategische Handlungsfelder der Digitalisierung im Unternehmen 30
Abbildung 13: Das Digitalisierung-Framework 31
Abbildung 14: Bausteine eines digitalen Strategiehauses 33
Abbildung 15: Prozess zur Entwicklung von Digitalisierungsstrategien 35
Abbildung 16: digitale Trends im Personalwesen 36
Abbildung 17: Traditionelle, Matrix und Netzwerk Organisationsstrukturen 40
Abbildung 18: sichtbare und unsichtbare digitale Technologien von internen Prozessen 42
Abbildung 19: Ansatz zur Digitalisierung von Prozessen 43
Abbildung 20: Aspekte, die Kunden mit der Digitalisierung verbinden 44
Abbildung 21: ganzheitliche Betrachtung von Handlungsfeldern im Bereich Produkte und Services 45
Abbildung 22: Positionierung von Maschinenbauern 46
Abbildung 23: Eigenschaften intelligenter Produkte 47
Abbildung 24: Daten als Grundlage für intelligente Produkte 48
Abbildung 25: Das magische Dreieck eines Geschäftsmodells 50
Abbildung 26: Vorgehensweise zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle 51
Abbildung 27: Traditionelle und ambidextere Sichtweise auf digitale Geschäftsmodelle 52
Abbildung 28: neue Geschäftsmodelle durch die Digitalisierung im Maschinenbau – Strategien und Konkretisierung der digitalen Anwendungen 52
Abbildung 29: verschiedene Möglichkeiten von digitalen Geschäftsmodellen 55
Abbildung 30: as-a-services als transaktionsbasierte Geschäftsmodelle 56

Abbildung 31: Erfolgsfaktoren für digitale Services im Maschinenbau 57
Abbildung 32: Bausteine und Prozessschritte für die erweiterte Innovation 59
Abbildung 33: Technologische Grundlagen und Auswirkungen eines vernetzten Lifecycles 60
Abbildung 34: Geschäftsprozess mit dem Fokus F&E 61
Abbildung 35: Geschäftsprozess mit dem Fokus Marketing & Vertrieb 63
Abbildung 36: Geschäftsprozess mit dem Fokus Engineering 65
Abbildung 37: Kenntnisse und Kompetenz im Bereich Engineering 66
Abbildung 38: Geschäftsprozess mit dem Fokus Produktion 69
Abbildung 39: Chancen der Digitalisierung in der Produktion 72
Abbildung 40: Geschäftsprozess mit dem Fokus Logistik 73
Abbildung 41: Geschäftsprozess mit dem Fokus Inbetriebnahme & Service 76
Abbildung 42: Wartungsstrategien - Kosten gegen Ausfallsicherheit 78
Abbildung 43: Nutzung von Predictive-Maintenance-Anwendungen in Deutschland 2019 ... 79
Abbildung 44: Herausforderungen bei der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten 80
Abbildung 45: dringende & kurzfristige Handlungsempfehlungen 81
Abbildung 46: mittelfristige Handlungsempfehlungen 84
Abbildung 47: langfristige Handlungsempfehlungen 87
Abbildung 48: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus F&E 111
Abbildung 49: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Marketing & Vertrieb 112
Abbildung 50: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Engineering 113
Abbildung 51: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Produktion 114
Abbildung 52: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Logistik 115
Abbildung 53: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Inbetriebnahme & Service .. 116

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fachzweige des deutschen Maschinenbaus 4
Tabelle 2: Definition Mittelstand und KMU der Europäischen Kommission..... 5
Tabelle 3: Definition Mittelstand und KMU nach IfM Bonn..... 6
Tabelle 4: Begriffsdefinition Industrie 4.0, Digitale Transformation und Digitalisierung 7

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit

„There is no alternative to digital transformation. Visionary companies will carve out new strategic options for themselves — those that don't adapt, will fail."[1] Dieses Zitat von Jeff Bezos beschreibt sehr gut, dass die digitale Transformation alle Unternehmen, die in der Zukunft weiterhin erfolgreich sein wollen, beschäftigen wird. Die Motivation für vorliegende Arbeit mit dem Titel *„Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau – strategische Handlungsfelder"* begründet sich im einen darin, dass die Autorin selbst im Bereich des Produktmanagement in einem Maschinenbauunternehmen für die Digitalisierung tätig ist und mit dem Thema Digitalisierung täglich Berührungspunkte hat. Da das Unternehmen ein Konzern ist, hat sich die Autorin die Frage gestellt, wie die Entwicklung von Digitalisierung in kleineren und mittelständischen Unternehmen aussieht. Zum anderen sind durch das Studium „Wirtschaftsingenieurwesen" mit Schwerpunkt „Digitalisierung" viele Inhalte, wie Künstliche Intelligenz, Smart Factory oder Digital Leadership besprochen worden. Wie sie jedoch entlang eines Geschäftsprozess Anwendung finden oder wie eine ganzheitliche Betrachtung und der Zusammenhang zwischen den einzelnen Technologien aussieht, wurde nicht im Detail besprochen.

In dieser Arbeit soll dargestellt werden, wie sich die großen technologischen Trends und Treiber der Digitalisierung auf mittelständische Unternehmen und deren Strategie auswirkt. Hierbei wird primär auf den Maschinenbau eingegangen. Der Grund für diese Eingrenzung ist, dass große Anlagen- und Maschinenbauer im Bereich der Digitalisierung bereits viel weiter als klein- und mittelständische Unternehmen sind. Das liegt zum einen daran, dass deren finanzielle und organisatorische Strukturen viel breiter aufgestellt sind und zum anderen, dass das bereits vorhandene Knowhow bei Weitem mehr Spielraum für die Erprobung der Digitalisierung bietet. Mittelständische Maschinenbauer sind oftmals traditionell geprägt und sehen die Notwendigkeit der Digitalisierung noch nicht, oder überlassen das Thema der nächsten Generation. Somit fehlt des Öfteren auch das notwendige Knowhow in kleinen Unternehmen, um die ersten Schritte in Richtung Digitalisierung gehen zu können. Die digitale Transformation ist im Vergleich zu den anderen großen Revolutionen in der Industriegeschichte viel schneller, agiler und vielfältiger. Ein Aufholen gegenüber der Konkurrenz ist nur schwer erreichbar.

Das Ziel dieser Arbeit ist, mittelständischen Maschinenbauern einen Überblick zu geben, welche Trends und Technologien im Bereich der Digitalisierung aktuell sind und wie sie diese

[1] Clariontech, o. J., www.clariontech.com.

nutzen und implementieren können. Entlang des Geschäftsprozesses werden die verschiedenen Beteiligten näher beleuchtet und Empfehlungen ausgesprochen, die dann umgesetzt werden können. Zudem wird aufgezeigt, dass bei der Digitalisierung viele Themen Prozessübergreifend wirken und nicht isoliert für einige Abteilungen betrachtet werden dürfen. Neben den technologischen Trends werden auch Veränderungen im Bereich der Unternehmenskultur und der neuen Art und Weise zu arbeiten aufgeführt, denn Digitalisierung ist nicht nur ein Thema, dass sich auf die Technik auswirkt. Dies ist der Autorin auch wichtig, da sie selbst in einem großen Konzern erlebt, wie schwer es ist eine digitale Transformation im Unternehmen umzusetzen

In der Arbeit ist kein Schritt-für-Schritt-Leitfaden beschrieben, wie mittelständische Maschinenbauer exakt vorgehen müssen, um die digitale Transformation zu gestalten. Dies hätte zum einen den Rahmen der Arbeit gesprengt und zum anderen, ist dieser Prozess in jedem Unternehmen unterschiedlich zu vollziehen. Es finden sich jedoch einige Anregungen, die dann entsprechend von den Unternehmen vertieft werden können.

Zusätzlich sollen die Leser für das Thema Digitalisierung sensibilisiert, zum Nachdenken und Handeln angeregt werden. Den klassischen Maschinenbauer, der nur mechanische Maschinen oder Komponenten dem Kunden liefert, wird es in Zukunft in dieser Form nicht mehr geben. Neue Geschäftsmodelle, gezielter Fokus auf Software und Anpassung der Maschinen auf neue Anforderungen des Kunden werden die Unternehmen zukünftig beschäftigen und prägen. Dies bedeutet nicht, dass ein mittelständischer Maschinenbauer zum Softwarespezialisten wird, sondern sich in diesem Bereich Knowhow, Expertise und strategische Partnerschaften aufbauen muss. Zudem wird er aber auch an der Weiterentwicklung seiner Maschinen und Komponenten arbeiten müssen. Bezugnehmend zu dem Zitat von Jeff Bezos ist es aus Sicht der Autorin wichtig, sich dem Thema Digitalisierung nicht zu verschließen, denn der mittelständische Maschinenbau in Deutschland ist ein großer Motor unserer Wirtschaft und soll dies auch in Zukunft bleiben.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Gliederung der vorliegenden Arbeit besteht, nach den einleitenden Worten aus vier großen Kapiteln und wird von einem Schlusswort und Fazit abgerundet. In Kapitel 2 werden die verschiedenen Facetten und Disziplinen des deutschen Maschinenbaus, sowie die Eingruppierung in klein- und mittelständische Unternehmen beschrieben. Nachfolgend werden aktuelle digitale Trends und Treiber der Digitalisierung vorgestellt, die dann im Teilkapitel Status Quo der Digitalisierung im deutschen Maschinebau näher betrachtet werden. Das Kapitel wird dann durch den Geschäftsprozess abgeschlossen. Kapitel 3 befasst sich mit zwei Fallstudien, zum

einem mit der Landtechnik und zum anderen mit Werkzeugmaschinen. Abgerundet wird dies dann von Schlussfolgerungen und digitalen Potenzialen im Maschinenbau. Den Hauptteil der Arbeit liefet Kapitel 4, in dem strategische Handlungsfelder im mittelständischen Maschinenbau speziell beschrieben werden. Dabei gliedert sich dieses große Kapitel in drei Teilkapitel, die sich im Ersten mit Auswirkungen auf das Unternehmen, wie Strategie, Unternehmenskultur und -organisation fokussiert. Im Zweiten wird auf die Marktleistung, wie bestehende Produkte, Produkterweiterung und Innovationen näher eingegangen. Als Letztes wird entlang des Geschäftsprozesses jedem Bereich digitale Trends zugeordnet und beschrieben, wie diese angewendet werden können. Eine Bewertung von den strategischen Handlungsfeldern wird in Kapitel 5 durch kurz-, mittel- und langfrische Empfehlungen erörtert. Im Fazit folgen dann die kritische Würdigung und ein Ausblick.

2 Digitalisierung im deutschen Maschinenbau

Diese Arbeit fokussiert sich stark auf den deutschen mittelständischen Maschinenbau. Im folgenden Kapitel werden die Facetten und Disziplinen des deutschen Maschinenbaus und eine Abgrenzung zum Mittelstand definiert. Im Anschluss werden aktuelle Trends und Disziplinen der Digitalisierung aufgezählt und erörtert, die für den deutschen mittelständischen Maschinenbau relevant sind.

2.1 Facetten und Disziplinen des deutschen Maschinenbaus

Ein Unternehmen im Maschinenbau definiert sich dadurch, dass es sich ingenieurwissenschaftlich mit der Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Maschinenteilen und ganzen Maschinen auseinandersetzt.[2] Die Vielfalt und das breite Spektrum in diesem Bereich ist in Tabelle 1 zu sehen, wobei sich diese untereinander stark in der Unternehmensgröße, Beschäftigungs-, Wertschöpfungs- & Produktionsstruktur wie auch bei Service- & Produktangeboten sowie Marktbeziehungen unterscheiden.[3]

Übersicht Fachzweige im Maschinenbau		
Allgemeine Lufttechnik	Fördertechnik	Papiertechnik
Antriebstechnik	Gießereimaschinen	Präzisionswerkzeuge
Armaturen	Holzbearbeitungsmaschinen	Robotik und Automation
Aufzüge & Fahrtreppen	Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik	Textilmaschinen
Baumaschinen	Kunststoff- & Gummimaschinen	Thermoprozesstechnik
Bergbau	Landtechnik	Turbinen
Druckmaschinen	Mess- & Prüftechnik	Verfahrenstechnische Maschinen
Fluidtechnik	Motoren & Systeme	Werkzeugmaschinen
Flüssigkeitspumpen	Nahrungsmittel- & Verpackungsmaschinen	

Tabelle 1: Fachzweige des deutschen Maschinenbaus[4]

[2] vgl. Rahn, 2018, S. 1.
[3] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 6.
[4] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Wiechers, et. al, 2021, S. 25; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 6; Statista, 2021, S. 32.

Der deutsche Maschinenbau gilt, verglichen nach dem Gesamtumsatz, nach China und USA als der größte und wichtigste Maschinenbauer weltweit. In Summe erwirtschaftete er im Jahr 2020 einen Umsatz von 271 Milliarden Euro und ist führend in der Export- und Innovationsbranche.[5] Laut einer Studie des VDMA aus dem Jahr 2021, ist der Maschinenbau in der Europäischen Union der größte Wirtschaftszweig und beschäftigt mehr als 3 Millionen Menschen, wobei knapp 43% (2018) aus Deutschland kommen. Als einer der dominanten Innovationstreiber, vor allem in den Bereichen Industrie 4.0, Energieeffizienz und ressourcenschonender Umweltschutz spiegelt der deutsche Maschinenbau die gesamte Bandbreite des Leistungsvermögens der deutschen Industrie wider. Die Flexibilität und hohe Fertigungstiefe, wie auch der hohe Automatisierungsgrad ermöglichen Deutschland diese hohe Dominanz auf diesem Gebiet. Sie entwickeln und produzieren Produkte und Kleinserien für überwiegend spezielle, kundenspezifische und individuelle Kundenprobleme. [6]

Der Maschinenbau ist sowohl in der EU als auch in Deutschland besonders mittelständisch geprägt, wobei viele Betriebe in Familienbesitz sind und im Durschnitt knapp 175 Mitarbeiter beschäftigen.[7] Die Begriffe mittelständisch, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) oder Familienunternehmen haben bis heute verschiedene Definitionen. Die Definition der EU-Kommission führt in ihrer EU-Empfehlung 2003/361 rein quantitative Kriterien wie die Mitarbeiterzahl, den Jahresumsatz und die Bilanzsumme auf. Wie der Tabelle 2 zu entnehmen ist, zählen Unternehmen zu den KMU, wenn sie einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen € erwirtschaften oder eine Bilanzsumme von 43 Millionen € aufweisen und bis zu 249 Mitarbeiter beschäftigen.[8]

Unternehmens-größe	Zahl der Beschäftigten	und	Umsatz € / Jahr	oder	Bilanzsumme € /Jahr
kleinst	bis 9		bis 2 Mill.		bis 2 Mill.
klein	bis 49		bis 10 Mill.		bis 10 Mill.
mittel	bis 249		bis 50 Mill.		bis 43 Mill
(KMU) zusammen	unter 250		bis zu 50 Mill.		bis zu 43 Mill.

Tabelle 2: Definition Mittelstand und KMU der Europäischen Kommission[9]

[5] vgl. Statista, 2021, S. 4; siehe auch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, (o.J.), www.bmwi.de.
[6] vgl. Wiechers, et. al, 2021, S. 10ff., 19; siehe auch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, (o.J.), www.bmwi.de; Pfeiffer et al., 2016, S. 14.
[7] vgl. Born, 2018, S. 20, siehe auch: Pfeiffer et al., 2016, S. 14; Wiechers, et. al, 2021, S. 18.
[8] vgl. IfM Bonn, 2005, www.ifm-bonn.org. Siehe auch: Becker et al., 2017, S. 286; Söllner, 2014, S. 41.
[9] Eigene Darstellung nach: IfM Bonn, 2005, www.ifm-bonn.org; siehe auch: Söllner, 2014, S. 41.

Das Institut für Mittelstandsforschung Bonn (IfM) definiert die Kleinst- und Kleinunternehmer identisch wie die EU-Kommission und grenzt sich mit den Werten für mittlere Unternehmen ab, wie in Tabelle 3 zu sehen ist. Somit stellt das IfM die deutsche Besonderheit heraus und definiert den Jahresumsatz mit 50 Millionen Euro und die Mitarbeiterzahl auf bis 499. Zudem ist das Kriterium der Bilanzsumme hier nicht Bestandteil der Definition.[10]

Unternehmens-größe	Zahl der Beschäftigten	und	Umsatz € / Jahr
kleinst	bis 9		bis 2 Mill.
klein	bis 49		bis 10 Mill.
mittel	bis 499		bis 50 Mill.
(KMU) zusammen	unter 500		bis zu 50 Mill.

Tabelle 3: Definition Mittelstand und KMU nach IfM Bonn[11]

In dieser Arbeit wird lediglich der mittelständische deutsche Maschinenbauer betrachtet. Zum einen, da wie zuvor beschrieben, der größte Anteil der Maschinenbauer mittelständisch geprägt ist und zum anderen Großkonzerne beim Thema Digitalisierung Vorreiter sind und bei vielen Themen den kleineren Unternehmen voraus sind. Aus diesem Grund wir auch die Definition des IfM Bonn verwendet.

2.2 Technologische Trends & Treiber der Digitalisierung

Das Schlagwort „Industrie 4.0“ wird neben „Digitalisierung“ und „digitale Transformation“ bereits seit vielen Jahren auf unterschiedliche Art und Weise verwendet und oftmals missverständlich abgegrenzt. Tabelle 4 gibt einen ausgewählten Überblick über die Begriffsdefinitionen.

In der ersten Definition wird deutlich, dass Cyber-Physische System (CPS) entscheidende Elemente der Industrie 4.0 sind. Durch die starke Weiterentwicklung von autonomen und leistungsfähigen Kleinstcomputern ist es möglich, eine drahtlose Vernetzung zwischen Systemen und dem Internet zu schaffen. Auf diese Weise werden intelligente Interaktionen möglich, indem Daten und Informationen ausgetauscht werden. Die Verschmelzung von physikalischer und virtueller Welt führt zu den sogenannten CPS. Während der Begriff der Industrie 4.0 eher im deutschsprachigen Raum verwendet wird, werden für die digitale Vernetzung der

[10] vgl. IfM Bonn, 2016, www.ifm-bonn.org, siehe auch: Lies, 2017, S. 2.
[11] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. IfM Bonn, 2016, www.ifm-bonn.org, siehe auch: Lies, 2017, S. 2.

Produktion international Begriffe wie „smart“ bzw. „advanced manufacturing“, „smart production“ oder „smart factory“ verwendet.[12]

Begriff	Definition
Industrie 4.0	*„… meint im Kern die technische Integration von CPS in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industrielle Prozesse – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation.“*[13]
Digitale Transformation	*„Die digitale Transformation – das heißt, die Integration und Implementierung der digitalen Technologien in die bestehende Geschäftswelt – wird einerseits als Chance für einen Wandel bestehender Geschäftsmodelle und die Generierung neuer Geschäftspotenziale angesehen.“*[14]
Digitalisierung	*„Unternehmen stehen heute vor der Aufgabe, die Voraussetzungen für Industrie 4.0 zu schaffen. Daher startet der Entwicklungspfad mit der Digitalisierung, die noch kein Bestandteil von Industrie 4.0 ist, aber durch Computerisierung und Konnektivität die Grundlagen schafft.“*[15]

Tabelle 4: Begriffsdefinition Industrie 4.0, Digitale Transformation und Digitalisierung

Die Definition der digitalen Transformation beschreibt hingegen den Wandel von Geschäftsprozessen, die sowohl strategisch als auch taktische Komponenten beinhaltet. Mit dem Einsatz von digitalen Technologien können auch neue Geschäftspotenziale generiert werden, interne Prozesse verbessert und bestehende Systeme effizienter genutzt werden. Die Entwicklung der Gesellschaft und der Beschäftigten darf jedoch nicht ganz außer Acht gelassen werden.[16] Die Digitalisierung grenzt sich von den beiden anderen Definition insoweit ab, dass IT im Unternehmen sowie bei der Vernetzung von Komponenten eingesetzt wird. Durch Konnektivität und Computerisierung werden wichtige und notwendige Grundlagen für die Vision der Industrie 4.0 und der digitalen Transformation geschaffen. Somit kann die Digitalisierung als Wegbereiter für beide darauffolgende Weiterentwicklungen sein.[17] Die eben aufgeführten Begrifflichkeiten lassen sich in Abbildung 1 nochmals abgrenzen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Industrie 4.0 eine Zukunftsvision darstellt, mit dem Ziel der Selbststeuerung und Echtzeitfähigkeit, sowie der Vernetzung über Wertschöpfungsnetzwerke. Dies kann nur

[12] vgl. Kagermann et al., 2013, S. 17f., 71; siehe auch: o.V. 2020, www.salesforce.com.
[13] Kagermann et al., 2013, S. 18.
[14] Roth 2016, S. 3.
[15] Schuh et al., 2017, S. 15.
[16] vgl. Roth 2016, S. 3; siehe auch: Dahm und Holst, 2020, S. 225.
[17] vgl. Schuh et al., 2017, S. 15f.

durch einen Wandel und die Anpassung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsstrukturen erreicht werden. Dabei dient die Digitalisierung als Fundament und Werkzeugkasten.

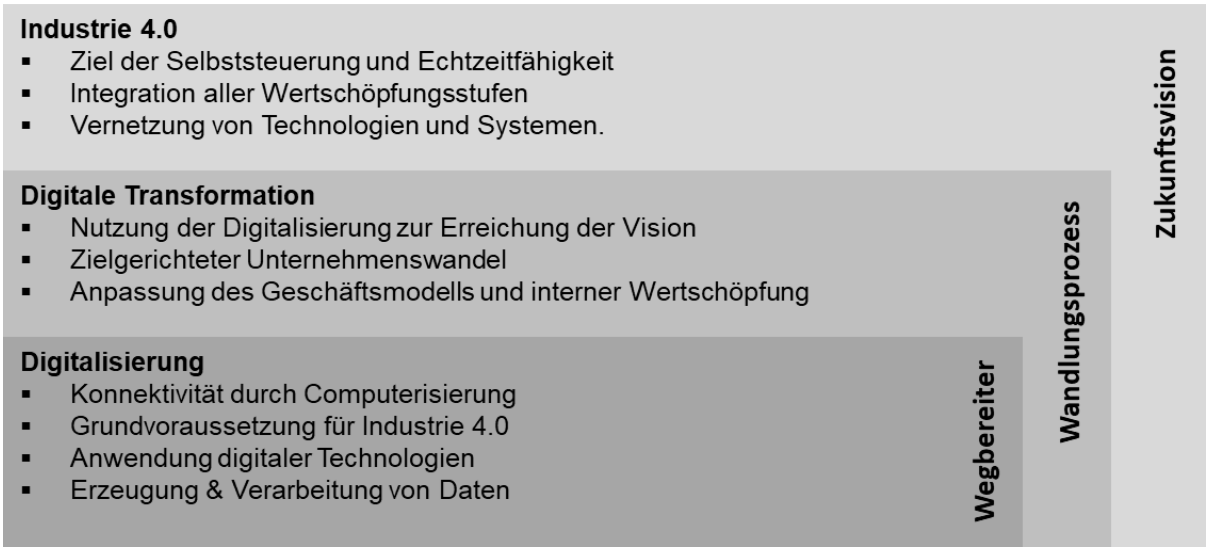


Abbildung 1: Systematisierung zentraler Begriffe[18]

Es gibt viele neue Technologien und zentrale Treiber, die als Basis der Digitalisierung in der Wirtschaft und in Unternehmen gesehen werden und sich positiv auf die Erreichung der Zukunftsvision und Entwicklung der Industrie 4.0 auswirken. Hierbei ist es wichtig, Trends und Technologien früh zu erkennen, um sich zeitig mit den Themen auseinandersetzen zu können. Zudem ist es ratsam, sich regelmäßig über deren aktuellen Entwicklungsstand zu informieren und entsprechende Ableitung zu treffen. Im Folgenden werden technologische Trends und Treiber näher ausgeführt und beschrieben.

Der Gartner Hype Cycle ist einer der bekanntesten Darstellungsformen, der einen Überblick über die aktuellen Anwendungen und Technologien gibt und wie sich diese im Laufe der Zeit entwickeln könnten. Dabei durchlaufen (neue) Technologien verschiedene Phasen, angefangen beim technologischen Auslöser über den Gipfel der überzogenen Erwartung bis zur Ebene der Produktivität. Diese beschreibt die ausgereifte Entwicklung der Technologie.[19] In Abbildung 2 ist der Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2020 abgebildet. Auffallend ist, dass der Fokus auf künstlicher Intelligenz (KI) liegt, wie zum Beispiel responsible AI, Embedded AI oder Explanable AI, aber auch self-supervised learning oder generative AI. Wichtig ist dabei, dass das Vertrauen in die künstliche Intelligenz weiter ausgebaut wird, um diese Technologien in den nächsten Jahren auch Erfolgsversprechend einsetzen zu können.

[18] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Kersten, von See, Indorf, 2018, S. 104.
[19] vgl. Gartner, o.J. www.gartner.com.

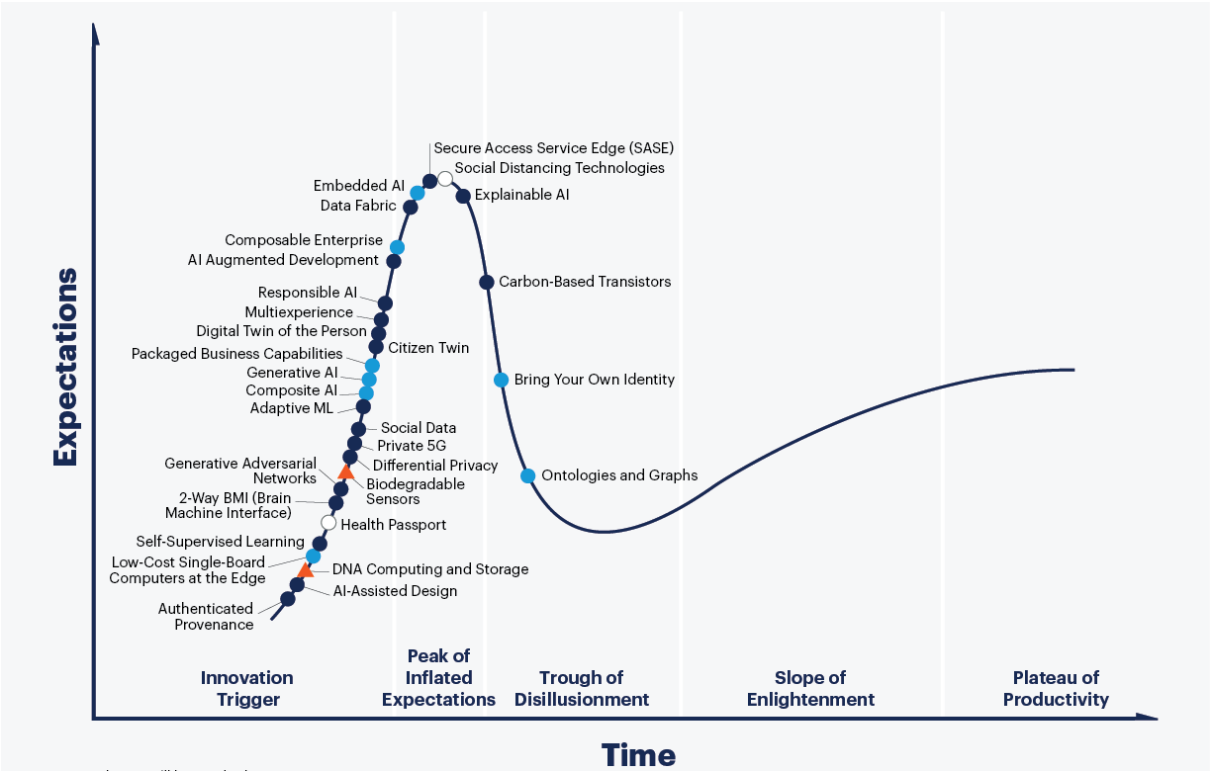


Abbildung 2: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2020[20]

Diese beschriebenen Technologien werden von den Vorreitern der Digitalisierung heute schon getrieben und auch zum Teil angewendet. Nur wenige deutsche Maschinenbauer sind aber auf dieser Stufe der Digitalisierung, wie in Kapitel 2.3 näher beschrieben wird. Aus diesem Grund wird der Gartner Hype Cycle von 2017 herangezogen, welcher in Abbildung 3 abgebildet ist. Auf diesem sind einige wichtige Trends, die die Digitalisierung bei deutschen mittelständischen Maschinenbauern beschleunigt, dargestellt. Als Beispiel sind der Digital Twin, Edge Computing, Smart Robots, IoT Platforms, Machine Learning, in einer kleinen Anwendungstiefe, Augmented Reality und Virtual Reality zu nennen.

[20] vgl. Panetta, 2021, www.gartner.com.

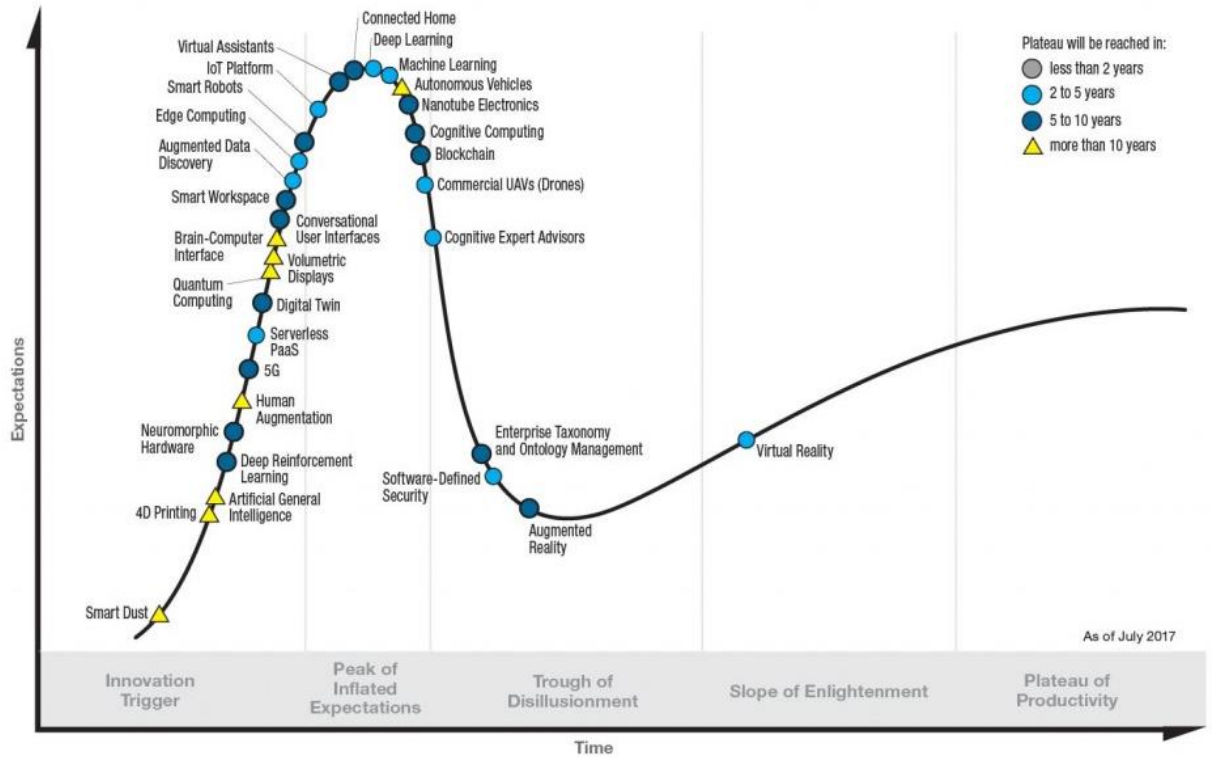


Abbildung 3: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2017[21]

Doch nicht nur Gartner beschäftigt sich mit Trends für die Industrie 4.0. In Abbildung 4 ist eine Übersicht über alle relevanten Technologien für den Maschinenbau aus verschiedenen Quellen dargestellt. Auf den Maschinenbau werden drei große Strömungen in den nächsten Jahren einwirken:

- Verschiebung der Wachstumschancen von der Hardware in Richtung Software und Services
- Beeinflussung und Auswirkung der Digitalisierung auf die Investitionsgüterindustrie und
- Flexibilität und stärke Kooperationen mit Wettbewerbern, Digitalexperten und Kunden.

Durch richtiges Handeln und einer strategischen Ausrichtung, ist es dann Maschinenbauern möglich, sowohl Impulse für neue digitale Produkte und Geschäftsmodelle zu erzielen als auch einige interne Prozesse zu verbessern.[22]

[21] Panetta, 2017, www.gartner.com.
[22] Vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 10, 19; siehe auch: Rahn, 2018, S. 14.

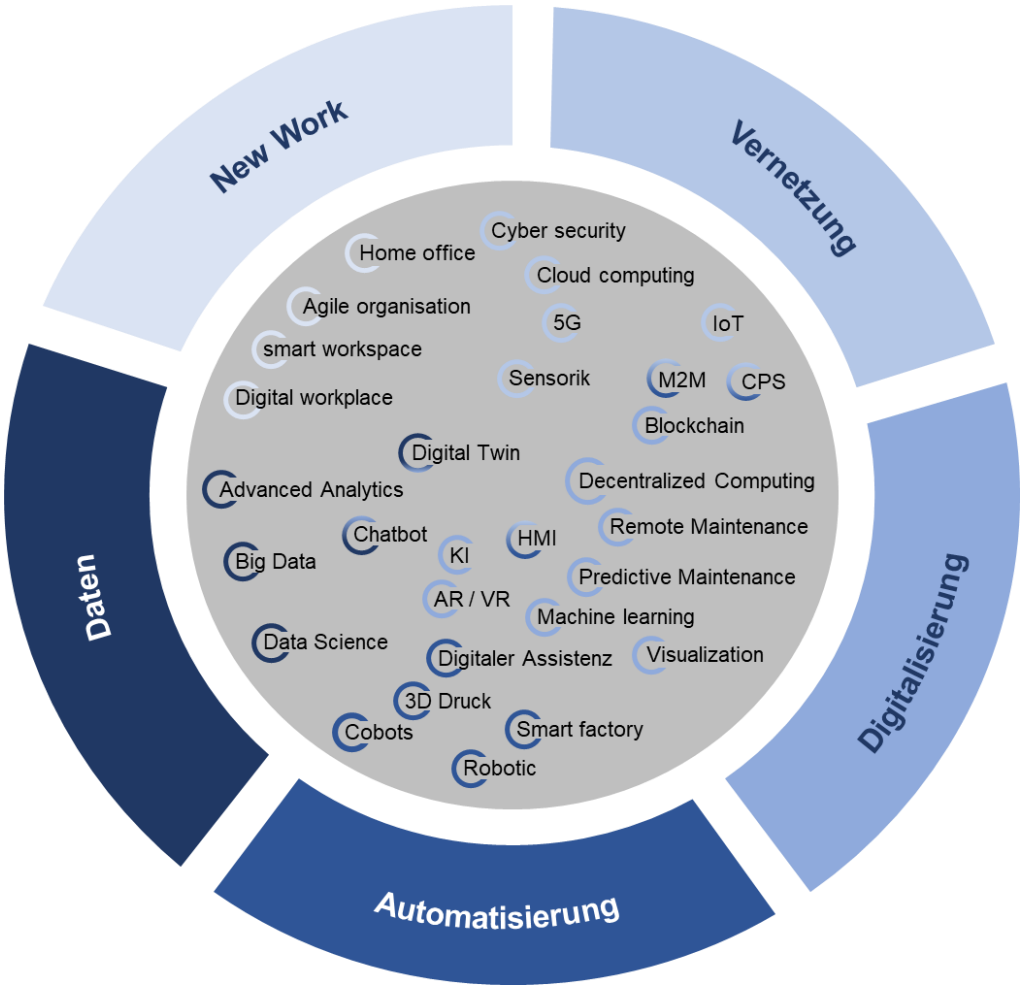


Abbildung 4: Trends und Treiber der Digitalisierung[23]

Einige Technologien sind für den mittelständischen Maschinenbau nicht relevant und daher werden nur ein paar ausgewählte Trends im Folgenden näher beleuchtet und im weiteren Verlauf beschrieben.

Augmented & Virtual Reality

Im Deutschen versteht man unter Virtual Reality (VR) die „virtuelle Realität“, die das Eintauchen in eine rein virtuelle, computergenerierte Welt ermöglicht, wo jeder Bezug zur realen Umwelt fehlt. Anwender tauchen dabei in diese völlig virtuelle Welt über sogenannte VR-Brillen ein. Bei dieser geschaffenen virtuellen Welt kann es sich um rein fiktive Umgebungen,

[23] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.

Nachbildungen bereits existierender oder Modelle künftiger Systeme handeln.[24] Zu den Einsatzgebieten zählen zum Beispiel die Visualisierung von Produkten bei Kundenberatungen, der Support beim fachgerechten Umgang mit Maschinen oder bei Wartungen und Montage von Maschinen. Auf diese Weise hat VR einen positiven Effekt auf den Umsatz, denn die Fehlerrate kann gesenkt werden und Zeit gespart werden.[25]

Im Gegensatz dazu beschreibt Augmented Reality (AR) die „angereicherte Realität" und ist eine computergestützte Erweiterung der Realität. Anwendern ist es möglich, mit Hilfe eines mobilen Devices oder einer AR-Brille, weitere Informationen zur Realität zu erhalten oder zusätzliche Gegenstände eingeblendet zu bekommen. Dabei erfasst eine Kamera das reale Umfeld und die Raumposition für das virtuelle Objekt, anhand von markanten Konturen und Markierungen. Somit werden virtuelle und reale Elemente miteinander kombiniert, um in der realen Umwelt Information visuell und in Echtzeit zu erhalten. Ein Bereich, bei dem AR-Devices immer häufiger eingesetzt werden ist die Produktion, wo dem Nutzer zum Beispiel millimetergenaue Positionsdaten für ein Einbauteil zu Verfügung stehen oder auch eine Schritt-für-Schritt-Anleitung eingeblendet werden können. [26]

Big Data

Der Begriff „Big Data" hat viele Erklärungen und Beschreibungen, die sich immer wieder erweitern und erneuern. Mehrere Quellen definieren dies als die drei V-Begriffe (Volume, Variety, Velocity), da es Daten sind, die in großer Menge, Vielfalt und hoher Geschwindigkeit anfallen. Somit handelt es sich um komplexere und größere Datensätze und -quellen, die spezifische Technologien und analytische Systeme bedürfen, um die Daten überhaut verwerten zu können. Diese enormen Datenvolumina ermöglichen jedoch, neue und bisher unlösbare geschäftliche Probleme mit Hilfe von wiederholbaren Mustern zu lösen. [27]

Für die Verwendung der Daten durch den Menschen müssen un- bzw. semistrukturierte Daten zuerst verdichtet werden. Mit Hilfe von Algorithmen entstehen aus Big Data sortierte, strukturierte und auswertbare Daten, sogenanntes Smart Data. Ziel ist es, aus der großen und unüberschaubaren Datenflut, einfach zu verarbeitende und genauer auswertbare Daten zu erzeugen, um so sinnvolle Erkenntnisse, wie zum Beispiel die Nutzung datengestützter

[24] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 262; siehe auch: trendone, o.J., S. 37; Lieberoth-Leden et al., 2017, S. 466f.; Dombrowski, Stefanak, Krenkel, 2017, S. 186.
[25] vgl. o.V., 2021, S. 6.
[26] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 263; siehe auch: Fuhrich, 2016, S. 75; trendone, o.J., S. 37; vgl. Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org; Dombrowski, Stefanak, Krenkel, 2017, S. 186.
[27] vgl. Krüger et al., 2017, S. 99; siehe auch: de Mauro, Greco, Grimaldi, 2014, S. 6; Mockenhaupt, 2021, S. 125; Oracle, o.J., www.oracle.com; Sommerhalder, 2020, www.digitalcreators.ch.

Entscheidungsfindung, ziehen zu können. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass Kundenwünsche schneller sichtbar sind und gezielter behandelt werden können.[28]

Cloud Technologie

Eine der wichtigen technologische Anforderung in der Industrie 4.0 und der Schlüssel für den unüberschaubaren Datenfluss sind Cloud Technologien. Cloud Computing ist dabei ein Bestandteil und wird beschrieben als Speicher und Rechenleistung für digital unterstützte Services. Die Rechenleistung, Datenspeicherung und Softwareanwendungen laufen dabei nicht auf einem lokalen Rechner, sondern werden im Internet ausgeführt. Es stellt die Voraussetzung für mobile Services, die sowohl Plattform- und Infrastrukturlösungen als auch Anwendungen über private oder öffentliche Netzwerke zur Verfügung stellen. Der Zugriff auf die großen Datenmengen wird somit weltweit, jederzeit und in Echtzeit garantiert, ohne große Nutzung von Highend-Geräten. Cloud Technologien werden somit zur unternehmensübergreifenden Kommunikation und Integration eingesetzt. Auf diese Weise werden alle Akteure dynamisch an die Wertschöpfungskette angeschlossen und ein agiler, leicht steuerbarer und flexibler Verbund entsteht.[29]

Digitaler Zwilling / Digital Twin

Ein Digitaler Zwilling (engl. Digital Twin) stellt das digitale Abbild eines physischen Produkts oder Systems dar. Dabei werden alle Prozesse, die darauf Einfluss ausüben, und relevanten Information über den gesamten Produktlebenszyklus, abgebildet.[30] Anforderungen wie die Reduzierung von Produktionszeiten, oder der Termin- und Kostendruck stellen zentrale Herausforderungen an Produktionssysteme. Die Zeit für ausgiebige Versuche in der Praxis, wie sie früher möglich war, ist heute nicht mehr vorhanden. Mit Hilfe des Digitalen Zwillings lassen sich durch die Virtualisierungstechnologie reale, oft hochkomplexe Prozesse virtuell in Echtzeit abbilden. Der Vorteil, im Vergleich zur Simulation, ist, dass der Digitale Zwilling zum einen das reale Abbild den ganzen Lebenszyklus über begleitet und zum anderen, dass über die komplette Wertschöpfungskette mehr Transparenz erreicht wird. Durch den kontinuierlichen Austausch mit der der Sensorik werden Daten erfasst und mit dem virtuellen Abbild abgeglichen.

[28] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 128; siehe auch: Sommerhalder, 2020, www.digitalcreators.ch.
[29] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 20; siehe auch: Fuhrich, 2016, S. 124; trendone, o.J., S. 35.
[30] vgl. Dorst, 2019, S. 9, siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 260; trendone, o.J., S. 51.

So kann erreicht werden, dass Vorhersagen über denkbare Störungen gemacht werden können oder Maschinen optimiert werden.[31]

IoT & digitale Plattformen

Das Internet der Dinge, englisch Internet of Things (IoT), hat seinen Ursprung 1991 mit der Idee von Mark Weiser vom Ubiquitous Computing, was eine nahtlos integrierte Umgebung darstellt, in der Objekte mit Sensoren ausgestattet sind und Informations- & Kommunikationstechnologien vernetzt sind. Bei IoT ist zusätzlich noch der Mensch mit all seinen Alltagsgegenständen physisch und virtuell vernetzt, die er über Audio- und Videoausgabegeräte steuern kann. Als Dinge (things) zählen unter anderem Aktoren, Sensoren und Software, die jeweils eine eigene Identität, zum Beispiel eine IP-Adresse, erhalten und so Auskunft über ihren Zustand gegeben können. Auf diese Weise können Maschinen selbstständig untereinander Aufgaben koordinieren, abstimmen und steuern. Somit bedeutet IoT nicht nur den reinen Datenaustausch, sondern auch eine autarke Kommunikation zwischen den beteiligten Dingen. Mit IoT können die Effizienz gesteigert, Kosten gesenkt und eine bessere Ressourcenauslastung erzielt werden.[32]

Unter dem Begriff „IoT“ tauchen oft auch digitale Plattformen auf. Diese stellt eine Verbindung mehrerer unterschiedlicher Akteursgruppen (z.B. Lieferanten, Kunden, Nutzer, Dienstleister) zwischen realer und virtueller Welt her. Dieses Gateway bietet einen Datenaustausch zwischen Produkten und Nutzern, integriert Daten aus anderen Systemen, externen Datenquellen oder Produkten. Zudem ist es möglich, auf der Plattform Analysen und Daten zu speichern und Anwendungen auszuführen. Über diese Plattformen ist es Unternehmen möglich, neue Märkte und Kundensegmente zu erschließen, den Austausch zwischen Kunden und Zulieferern zu automatisieren und neue Produkte, in Form von Services, anzubieten.[33] Unternehmen sehen in digitalen Plattformen die Verbesserung von Kundennutzen und damit eine engere Kundenbindung. Vor allem die Sicherheit und Erhaltung der Anlagen, sowie deren hohe Verfügbarkeit.[34]

Ein weiterer Bestandteil, der auch als Kerntechnologie des IoT gesehen wird, ist die Machine-to-Machine (M2M) -Kommunikation. Sie beinhaltet alle Technologien, die vernetzte Einheiten

[31] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 260f. siehe auch: trendone, o.J., S. 51f.; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[32] vgl. Rahn, 2018, S. 8; siehe auch: Fuhrich, 2016, S. 124f.; Mockenhaupt, 2021, S. 248; Sommerhalder, 2020, www.digitalcreators.ch.
[33] vgl. Lundborg, Gull, 2019, S. 4, 6; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[34] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 29.

in die Lage versetzt, automatisch Informationen zwischen den CPS auszutauschen und auf diese Weise Befehle und Aktionen, ohne den Eingriff des Menschen, ausführt. Die hohe Transparenz bietet in der Fertigung eine Steigerung der Performance aber auch eine Entwicklung von komplett neuen Geschäftsmodellen. Zum Einsatz kommt M2M vor allem, um Produktionsressourcen im Unternehmen miteinander zu verbinden, wobei auch unternehmensübergreifende Abläufe nicht unwesentlich sind.[35]

Künstliche Intelligenz – KI

1955 wurde der Begriff „Künstliche Intelligenz“ zum ersten Mal verwendet. Erst durch die Weiterentwicklung mittels Machine Learning (ML), Deep Learning (DP), leistungsfähigen Computern und Big Data in den letzten Jahrzehnten erreichte man erste bahnbrechende Erkenntnisse und Anwendungen. Abbildung 5 gibt dazu einen zeitlichen Überblick.[36]

Abbildung 5: zeitliche Entwicklung von KI, ML und DL[37]

Vereinfacht kann gesagt werden, dass KI dort beginnt, wo Automatisierung an ihre Grenzen kommt und der Mensch bei Abweichungen noch eingreifen muss. Bei KI wird davon ausgegangen, dass Abweichungen autonom geregelt werden können.[38] Große Potenziale ergeben sich durch ML, einem Teilbereich der Informatik, in dem Algorithmen entwickelt werden, vor allem im Hinblick auf die Effizienz- & Produktivitätssteigerungen. Prozesse können beschleunigt werden, indem keine Mitarbeiter mehr eingreifen müssen, womit auch Lohnkosten gesenkt werden können. Hinzu kommt, dass Entscheidungen verbessert werden, da mehr Informationen für die Entscheidungswege herangezogen werden können. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass ML für zwei große Anwendungsgebiete eingesetzt werden kann. Zum einen bei einfachen intellektuellen Tätigkeiten und zum anderen, wenn große Mengen unstrukturierter Daten durch ML automatisiert analysiert werden können.[39] Für Unternehmen gibt es eine Vielfalt an Möglichkeiten, die KI eröffnet: Auswertung großer Datenmengen, Text- und

[35] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 199; siehe auch: Bechtold et al, 2014, S. 21.
[36] vgl. Lakemeyer, 2020, S. 823ff.; siehe auch: Cornelius, 2019, S. 6, 23, 50f.
[37] Eigene Darstellung in Anlehnung an Wittpahl, 2019, S. 22.
[38] vgl. Schmiech, 2018, S. 11.
[39] vgl. FinCompare, 2019, www.fincompare.de; siehe auch: Dahm und Constantine, 2020, S. 339; Lakemeyer, 2020, S. 823ff.; Cornelius, 2019, S. 6, 23, 50f.; Dorst, 2019, S.9.

Bilderkennung, Chatbots als digitale Assistenten oder Unterstützung durch kooperative Roboter (Cobots).[40]

Chatbots

Eine der bisher am weitesten verbreitete und eingesetzte Form von KI ist der Chatbot, der eigentlich nur ein Computerprogramm ist und mittels KI automatisiert und selbstständig definierte Anweisungen ausführt. Mittels gesprochener oder geschriebener Sprache können Nutzer mit dem Chatbot kommunizieren. Der Unterschied zu anderen Messenger-Diensten ist, dass kein realer Mensch, sondern ein Algorithmus antwortet. Verwendung finden Chatbots im Unternehmen, um zu bestimmten Anwendungsgebieten Informationen einzuholen ohne große Recherchen anstellen zu müssen oder sich an andere Mitarbeiten wenden müssen. [41]

Predictive Maintenance

Vorrausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) ist unter Einsatz von IoT und KI eines der großen Trends in der Industrie. Sensoren und Zustandsdaten der Maschinen werden ständig erfasst und in der Cloud gespeichert. Innerhalb der Prozesse werden anhand der Datenströme und mit Hilfe von KI und ML, Anomalien ermittelt, über die die Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall, Versagen, Störungen oder Auffälligkeiten bestimmt werden kann. Auf diese Weise können unnötige Standzeiten von Produktionsanlagen vermieden werden und optimale Zeitfenster für Wartungen genauer bestimmt werden.[42]

New Work

Unter New Work versteht man das Arbeitskonzept mit dem Fokus auf Selbstverwirklichung und -bestimmung im Zusammenhang mit Arbeitszeit und -ort. Zudem spielen der Wandel in Unternehmensstrukturen und zukunftsorientieren Denkmustern eine große Rolle. Hierarchisch getrennte Abteilungen müssen durch Organisationen ersetzt werden, die sich flexibel auf Anforderungen anpassen können. Eine effiziente Kooperation und Vernetzung innerhalb der Mitarbeiter schafft mehr Flexibilität, Zeit und Freiraum. Neben digital-technischen Strukturen, wie Cloud- und Netzwerklösungen und mobile Hardware, die für die ortsunabhängige Arbeitsverrichtung sorgen, ist eine Umstrukturierung des Arbeitsplatzes durch Open-Space-Büros oder

[40] vgl. o.V., 2019, www.digitalisierungsindex.de.
[41] vgl. Joseph, 2020, S. 366f.; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 67.
[42] vgl. Fuhrich, 2016, S. 74; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 278f.

Homeoffice notwendig. Für neue Prozess- und Unternehmensstrukturen ist ein großes Thema die agile Organisation und Arbeitsmethoden.[43]

Robotik

Sensoren, maschinelles Sehen und künstliche Intelligenz ermöglichen es Robotern mittlerweile als eigenständige Produktionseinheit in Fertigung und Produktion zu agieren. Roboter der neuen Generation reagieren viel sensibler und können somit neben dem Menschen Präzisionsaufgaben übernehmen. Durch das starke Wachstum im e-Commerce und den Herausforderungen des demografischen Wandels wird die Entwicklung in diesem Bereich stark beschleunigt. Die Zeit in der Roboter in eigenen Räumen standen ist passe. Heute arbeiten sie in unmittelbarer Umgebung mit dem Menschen zusammen und erfüllen zum Großteil rein automatisierte Fertigungsaufgaben. Die Verknüpfung mit der KI ermöglicht eine weitere Entwicklung der Roboter, damit sie noch komplexere Aufgaben übernehmen können.[44]

Cobots

Kollaborierende Roboter (Cobots) sind das Zwischenstück der rein manuellen Arbeit, der Vollautomation und unterstützen den Menschen in einem gemeinsamen und unterstützenden Arbeitsprozess. Kognitive Systeme sind in der Lage, Bedürfnisse selbst zu begreifen und entsprechen zu reagieren, um zum Beispiel in der Montage durch das Heben von schweren Gegenständen den Mitarbeiter zu entlasten (so genannte Exoskelett) oder aber Arbeitsgeräte und Ersatzteile zu besorgen. Durch den Trend zu kleineren Losgrößen, ist es notwendig, dass der Mensch und Roboter immer enger zusammenarbeiten.[45]

Smart Factory / Production

Die intelligente Fabrik (smart factory) und Produktion (smart production) sind in ihrer Endausbaustufe eine sich selbst, ohne menschlichen Eingriff organisierende Produktionsumgebung. Produktions- und Informationssysteme sind vertikal und horizontal miteinander vernetzt, was eine Steuerung von der Bestellung bis zur Ausgangslogistik ermöglicht. Ziel ist es, effizientere Prozesse in Logistik, Lieferketten und Produktion zu erzielen und so die gesamte Wertschöpfungskette zu flexibilisieren und individualisieren. Der Trend nach Individualisierung hat

[43] vgl. trendone, o.J., S. 27; siehe auch: Lufthansa Industry Solutions, o.J., www.lufthansa-industry-solutions.com.
[44] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 23; siehe auch: Haselbauer, 2016, S.124; trendone, o.J., S.21; digitalisierungsindex, 2021, S. 6.
[45] vgl. Fuhrich, 2016, S. 75; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 309; trendone, o.J., S. 24.

erreicht, dass individuelle Kundenwünsche umgesetzt und sogar rentabel produziert werden können. Eine aufwendige Anpassung der Maschinensteuerungen ist nicht mehr notwendig, sondern Automatismen intelligenter Maschinen übernehmen autonom die Fertigung. Smart Factory und der 3D-Druck erlauben es, selbst kurzfristige Änderungen einzubringen, ohne die gesamte Produktion runterfahren zu müssen. Ein weiteres Merkmal der Smart Factory ist, dass Produkte mehr Intelligenz enthalten. Auf diese Weise sind sie eindeutig, bestimmbar, lokalisierbar und kennen ihren aktuellen Stand. [46]

3D-Druck / additive Fertigung

Beim 3D-Druck, auch additive Fertigung, wird Schicht für Schicht Material aufgetragen und so dreidimensionale Gegenstände erzeugt, ohne formgebende Werkzeuge oder manuelle Fertigungs- und Montageschritte zu benötigen. Auf diese Weise ist die Herstellung geometrisch komplexer, funktionsoptimierter und teilweise auch mechatronischer Produkte möglich. Der Einsatz erfolgt meist bei kundenindividuellen Produkten mit niedriger Stückzahl. Der 3D-Druck wird zunehmend bestimmen, wie, wo und wer ein Produkt zukünftig herstellen wird und hat somit eine wettbewerbsrelevante Bedeutung.[47]

2.3 Status Quo der Digitalisierung im deutschen Maschinenbau

Der Megatrend Digitalisierung spielt in der gesamten deutschen Wirtschaft eine immer größere Rolle. Einige Zweige gehören bereits zu den Vorreitern und Pionieren auf diesem Gebiet. Abbildung 6 zeigt, dass in Deutschland der Mittelstand mehr als Nachzügler als Vorreiter gilt. Doch im Maschinenbau finden sich vor allem einige wenige große Unternehmen, die zu den Vorreitern zählen. Gründe, warum große Unternehmen oder Konzerne bei der Digitalisierung als Pioniere gelten, sind

- eigene IT-Abteilungen und -Ausstattungen, die diese Themen vorantreiben und forcieren,
- bereits ein breiteres Wissen auf diesem Sektor,
- größerer Spielraum für Investition- und Entwicklungsaufwände auf dem Gebiet der Digitalisierung,

[46] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 241; siehe auch: Fuhrich, 2016, S. 75; Kagermann, 2013, S. 5, 23; Rüßmann et al., 2019, S. 268; Schmiech, 2018, S. 12; Refa, o.J., www.refa.de.
[47] vgl. Lieberoth-Leden et al., 2017, S. 718; siehe auch: Schmiech, 2018, S. 9f.; Bechtold et al, 2014, S. 23; vgl. Majschak et al., 2017, S. 396.

- ein höherer Automatisierungsgrad – und fortschrittlichere technologische Reife und
- eine bereits verankerte Digitalisierungsstrategie.[48]

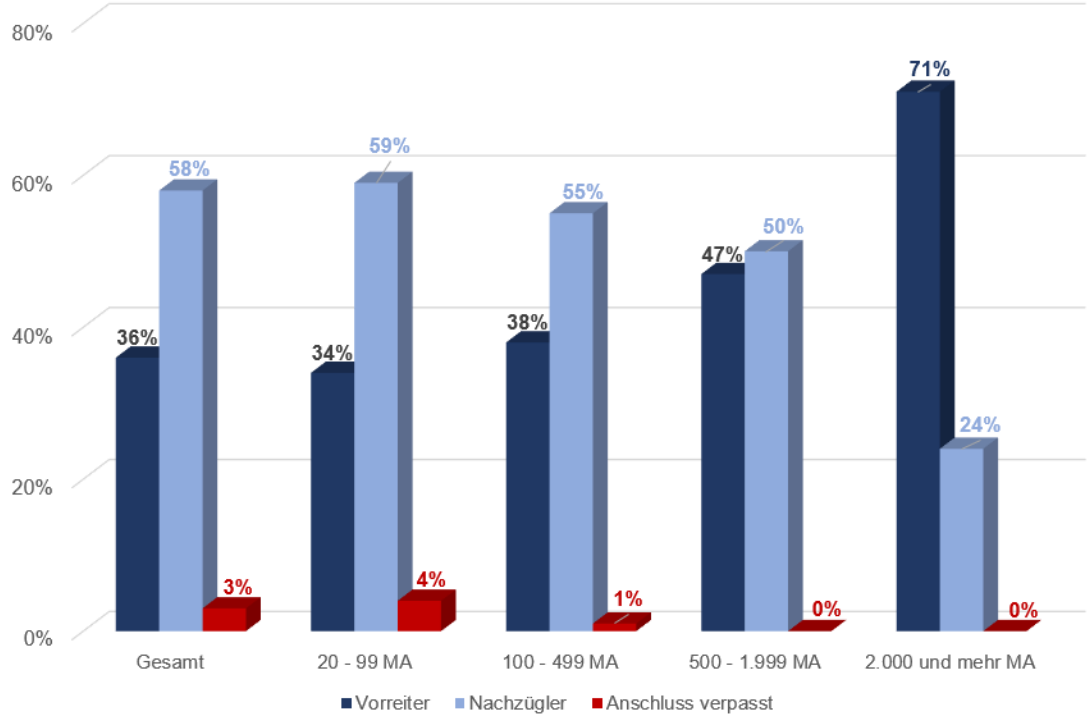


Abbildung 6: Stand von Unternehmen nach Mitarbeitergröße beim Thema Digitalisierung (Stand 2020)[49]

Viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stehen zum Großteil am Anfang der Digitalisierung, denn es fehlt oft schon die Herangehensweise für strategische Ansätze, da erste Konzepte vornehmlich für große Unternehmen gestaltet wurden. Ohne systematische Vorgehensweise ist es schwer, Digitalisierungspotenziale ausfindig zu machen und diese dann strukturiert umzusetzen. Zudem haben sie bei Weitem nicht das ausgeprägte Knowhow und das Budget für mögliche Pilotprojekte. Ein Vorteil von KMU ist aber, dass sie stark von staatlichen Förderangeboten in diesem Gebiet profitieren können. Auf diese wird in dieser Arbeit aber nicht weiter eingeganen.[50] Aufgrund von Hemmnissen, die in Abbildung 7 zusammengefasst sind, wird der Beginn bei einigen KMU noch verzögert.

[48] vgl. Digitalisierungsindex, 2019, S. 9; siehe auch: Zimmermann, 2021, S. 11; Saam, Viete, Schiel, 2016, S. 7; Münnich et al., 2019, S. 154; Rüßmann et al., 2019, S. 268.
[49] Eigene Darstellung in Anlehnung an: o.V., 2020, www.gml.de.
[50] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 18f.; siehe auch: Bosse et al., 2019, S. 32; Mittelstand-Digital, 2020, S. 3; o.V.,2021, www.digital-engineering-magazin.de; Lundborg, Schrade, 2020, S. 282.

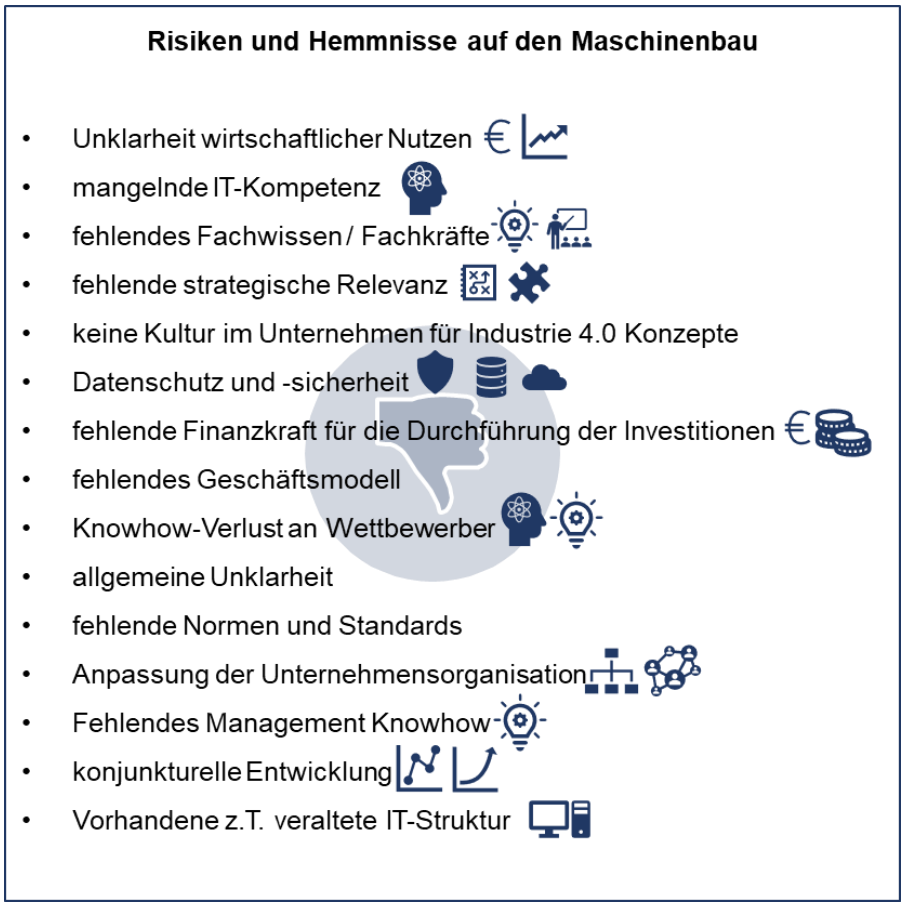


Abbildung 7: Hemmnisse und Risiken gegenüber Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau[51]

Aufgrund der Corona-Pandemie seit dem Jahr 2020, waren einige mittelständische Unternehmen dazu gezwungen, mit der Digitalisierung zu beginnen oder ihr mehr Beachtung und Beschleunigung zu geben. Mit Hilfe von digitalen Tools und Prozessen konnten zum Teil Geschäftsprozesse, Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität beibehalten oder sogar verbessert werden. Investitionen in mobile Endgeräte und der Zugriff auf Anwendungen zu Videokonferenzen, gaben dem Thema Homeoffice eine ganz andere Bedeutung und Präsenz. Viele Maschinenbauer erkannten die Notwendigkeit und steigerten ihre Digitalisierungsaktivitäten und starteten sogar erste Bemühungen im Bereich Forschung und Entwicklung (FuE), begannen mit der Automatisierung oder sogar Digitalisierung ihrer internen Prozesse.[52] *Im Großen und Ganzen konnten viele mittelständische Maschinenbauer aus dieser Situation positive Auswirkungen erfahren beziehungsweise sich mit Chancen für den Maschinenbau, auseinandersetzen, die in Abbildung 8*

Abbildung 8 zusammengefasst ist.

[51] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Lichtblau, 2015, S. 57; siehe auch: VDMA, 2020, S. 22ff.; FinCompare, 2019, www.fincompare.de; Ternès, Schieke, 2018, S. 14, 17; Hermanni, 2016, S. 61; Proff et al., 2016, S. 7.

[52] vgl. Zimmermann, 2021, S. 3; sieh auch: Saam, Viete, Schiel, 2016, S. 6; o.V., 2020, www.digitalisierungsindex.de; Mittelstand-Digital, 2017, S. 2.

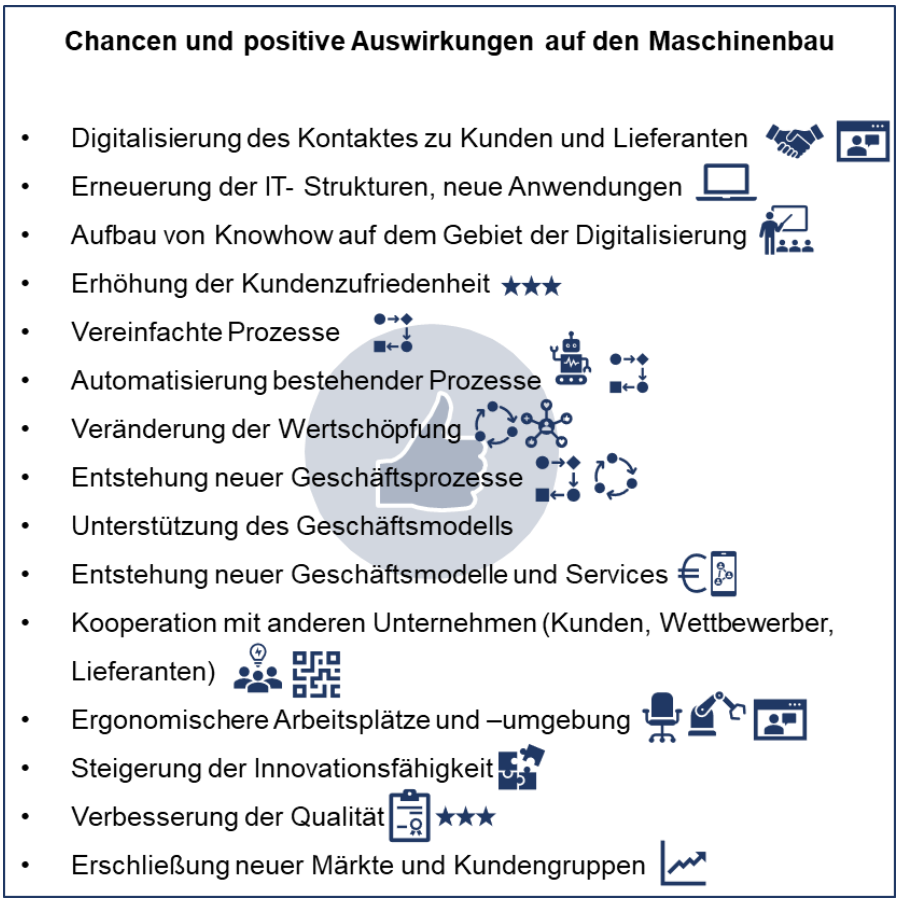


Abbildung 8: Chancen und positive Auswirkungen auf den Maschinenbau[53]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass KMU im Maschinenbau heute innovativ und flexibel agieren müssen, um dem Konkurrenzdruck auf dem globalen Markt standhalten zu können. Das gelingt nur, wenn sie entsprechende Handlungsfelder im Bereich der Industrie 4.0 beachten, neu denken und umsetzen. Unternehmen, die diesem Sprung zu wenig Aufmerksamkeit bieten und sich nicht zeitnah mit den Themen beschäftigen, werden nicht wettbewerbsfähig sein, da sie eine schlechtere Position gegenüber anderen einnehmen, die bereits den Schritt in die Digitalisierung begonnen haben.

2.4 Geschäftsprozesslandschaft eines mittelständischen deutschen Maschinenbauers

In dem vorangegangenen Kapiteln sind technologische Trends und Treiber der Digitalisierung zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit für den deutschen mittelständischen Maschinenbau erörtert worden. Neben der technologischen, organisatorischen und kulturellen Durchdringung ist ein weiterer wesentlicher Faktor für einen erfolgreichen unternehmerischen Wandel in Richtung Industrie 4.0, die Digitalisierung von internen und externen Prozessen. Damit ist gemeint,

[53] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Botzkowski, 2018, S. 118; siehe auch: Zimmermann, 2021, S. 15; Digitalisierungsindex, 2019, S. 11; Proff et al., 2016, S. 10.

dass nicht nur papierbasierte Prozesse durch automatisierte Workflows abgelöst werden, Produktionsprozesse mehr automatisiert werden, sondern dass die horizontale und vertikale Wertschöpfungskette stärker vernetzt und die darin enthaltenen Abläufe digitalisiert werden. Wichtig dabei ist, dass ein Prozessverständnis und digitales Mind-Set im Unternehmen aufgebaut werden, welches den Digitalisierungsprozess intern fördern und unterstützn. Zu Beginn ist es unbedingt notwendig, Prozesse zu verschlanken, da sonst die Gefahr besteht, ineffiziente Prozesse zu digitalisieren. Dies würde dazu führen, dass Ressourcen verschwendet werden und die Digitalisierung nicht zum gewünschten Effekt führt. Der größte Erfolg und das Ziel ist, dass Prozesse im Unternehmen systematisch gestaltet werden, um der immer größer werdenden Dynamik und den kürzeren Lebenszyklen Rechnung getragen werden kann.[54]

Für eine detaillierte Analyse der Prozesse und für die Herausarbeitung von möglichen Handlungsfeldern im Unternehmen ist es notwendig, zuerst die gesamte Geschäftsprozesslandschaft im Unternehmen zu betrachten. In Abbildung 9 ist eine Wertschöpfungskette für den klassischen Maschinenbau dargestellt. Als Grundlage dient hier die Definition von Porter mit Basis- und Unterstützungsaktivitäten für jedes beliebige Unternehmen.

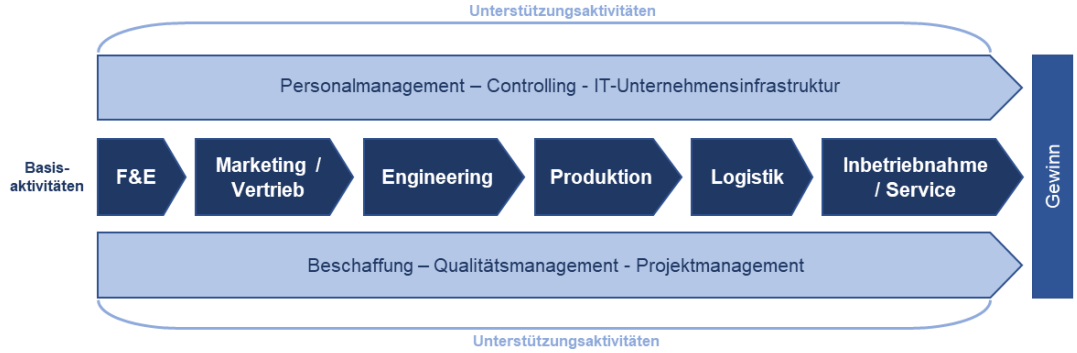


Abbildung 9: Struktur eines klassischen mittelständischen Maschinenbauers[55]

Bei der Wertschöpfungskette wird zwischen den Basisaktivitäten (Research and Development, Marketing / Vertrieb, Engineering, Produktion, Logistik und Inbetriebnahme / Service) und den Unterstützungsaktivitäten (Personalmanagement, Controlling, IT-Unternehmensinfrastruktur, Beschaffung, Qualitätsmanagement und Projektmanagement) unterschieden. Innerhalb dieser Aktivitäten spielen sich einzelne und spezifische Prozesse ab, die alle zum gemeinsamen Gewinn beitragen. Auf diese wird in dieser Arbeit nur bedingt eingegangen, da sie von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich aufgebaut sind.

[54] vgl. Schuh et al, 2017, S.38; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 37; Kagermann, 2013, S. 6; Schmiech, 2018, S. 4, 5, 13, 20; item Industrietechnik GmbH, 2021, S.21; Luick, 2017, www.i40-magazin.de.
[55] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.

Im Zusammenhang mit der Digitalisierung zählen die Basisaktivitäten als Kernfunktionen und sind die, die neu definiert werden müssen bzw. die Intensität der Koordination zwischen ihnen stark zunehmen wird. Viele Trends, wie zum Beispiel der Digitale Zwilling, die Smart Factory oder die Blockchain, kommen hier sehr stark zur Anwendung. Doch auch bei den unterstützenden Aktivitäten sind die Potenziale für die Digitalisierung gegeben, sei es zum Beispiel mit digitaler Assistenz, künstlicher Intelligenz oder der digitalen Arbeitsplatzgestaltung. Wie sich entsprechende Trends und Technologien auf die Geschäftsprozesslandschaft inklusive Teilprozesse im Unternehmen auswirken, wird in Kapitel 4 detailliert ausgearbeitet und dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Digitalisierung alle Ebenen und Tiefen der Wertschöpfungskette des Unternehmens betrifft. Aus diesem Grund ist kann die Verantwortung für eine unternehmensübergreifende digitalisierte Geschäftsprozesslandschaft nicht bei einer Fachabteilung liegen, sondern muss gemeinschaftlich erarbeitet und umgesetzt werden. Gesteuert muss dieses Vorhaben von ganz oben, der Geschäftsleitung, werden.[56]

[56] vgl. Schmiech, 2018, S. 5.

3 Digitale Potenziale im Maschinenbau – zwei Fallstudien

Die Digitalisierung hält für den mittelständischen Maschinebau viele Potenziale bereit, die durch eine sinnvolle Anwendung der vorangegangenen Trends erreicht werden kann. Welchen Herausforderungen sich Unternehmen stellen müssen und wie der Einsatz von Digitalisierung unterstützen kann, wird anhand von zwei Fallbeispielen aufgezeigt. Es werden nicht nur Potenziale innerhalb des Unternehmens beschrieben, sondern auch die Anforderungen des Kunden an das Unternehmen. Bei beiden Unternehmen handelt es sich um frei erfundene Unternehmen, wobei die Prozesse und Herausforderungen aus diesen Branchen real sind.

3.1 Maschinenbauer für Landtechnik

Als ersten Teilbereich des Maschinenbaus wird die Landtechnik näher beleuchtet. Das Kundenspektrum ist hier sehr vielfältig und reicht vom dörflichen Landwirtschaftsbetrieb bis hin zum weltweit aktiven Agrarkonzern. Mit der immer stärker steigende Weltbevölkerung, steigt auch die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Daraus resultieren anspruchsvollere Kundenanforderungen für effizientere Landtechnikprodukte. Der Wandel in Richtung größere Betriebe, umfangreichere Spezialisierung und effizienteren Leistungen gibt dem Teilzweig nochmals einen Schub für innovative Anpassungen und Neuentwicklungen. Status Quo in diesem Bereich ist, dass die Produkte weiterhin in diesem Anwendungsbereich aus Stahl und Eisen sein müssen, die wiederum mit elektronischen und digitalen Eigenschaften ausgestattet werden. Als Beispiele gelten die automatisierte GPS-Steuerung, optische Diagnosesysteme, sensorgestützte Informationsgewinnung und Apps für die Verbesserung und den Kundendienst. Den Betrieben wird damit eine genaue Bewirtschaftung des Ackers, ein kompletter Bericht über die Erzeugung sowie eine maßgeschneiderte Versorgung der Tiere ermöglicht.[57]

Folgende Ausgangslage beschreibt einen mittelständischen Maschinenbauer für Landtechnik mit knapp 70 Mitarbeitern. Das Unternehmen hat bereits erste digitale Produkte, wie ein optisches Diagnosesystem und die sensorgestützte Informationsgewinnung im Portfolio und bei ersten Kunden im Einsatz. Durch die Diagnose werden Wartungsintervalle genauer bestimmt und nicht ohne exakte Notwendigkeit durchgeführt. Auf diese Weise müssen die Servicetechniker nicht mehr zum Kunden fahren beziehungsweise können oftmals die Probleme über Remote lösen.

Gespeicherte Daten der Kunden werden aktuell nur auf einem dedizierten Server abgelegt, auf den nicht alle Abteilungen der Wertschöpfungskette Zugriff haben. Dies hat zur Folge, dass

[57] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 26f.

Ergebnisse und Erkenntnisse nicht in die Forschung und Entwicklung gelangen, um daraus Erfahrungen für Neuentwicklungen zu erhalten. Zu diesen Punkten kommt hinzu, dass die Kundenanforderung sowohl an die mechanischen als auch an die elektronischen Bauteile, sowie an Softwarelösungen gestiegen sind. Die Abwicklung der Aufträge über Serienfertigung wird somit immer schwieriger und erfordert mehr Flexibilität.

Die Digitalisierung hält für diese Situationen Lösungen und Potenziale für das Unternehmen bereit. Die freigewordenen Ressourcen aus dem Wartungsservice kann das Unternehmen neu strukturieren und einsetzen, um neue Serviceangebote im Hinblick auf Datenaufbereitung, -auswertung und Maschinenoptimierung weiter auszudehnen. Mit Hilfe von weiteren neuen Tools und Services, lassen sich Betriebsdaten leichter sammeln, übertragen und auswerten. Hierzu können die Mitarbeiter aus dem früheren Service und der Wartung eingesetzt werden, da sie die Maschinen und deren Verhalten beim Kunden kennen und so auch die Daten richtig interpretieren und aufbereiten können.

Durch die Überwachung der Maschinen aus der Entfernung („Remote Monitoring“) können die Vorhersagen über ein mögliches Laufverhalten und notwendige zukünftige Abweichungen („Predictive Maintenance“) angefertigt werden. Das Unternehmen kann so das Risiko der abnehmenden Auslastung des Servicepersonals entgegentreten und somit zugleich dem Kunden eine innovative Lösung bieten, mit dem Vorteil, dass ihre Maschinen auf Dauer effizienter laufen und der Verschleiß zurückgeht. Mithilfe der neuen Tools und Services ermöglichen sich auch neue Geschäftsmodelle und Produkte, die weiter ausgebaut werden müssen und damit einen weiteren betriebswirtschaftlichen Beitrag im Unternehmen erbringen. Durch Speicherung der Daten auf zentralen Servern oder in der Cloud mit Zugang für die Mitarbeiter der Forschung und Entwicklung, Engineering und Service ist es möglich, technische Weiterentwicklungen sowohl an den mechatronischen Bauteilen als auch in der Software zu erreichen.

Zusätzlich ist sicherzustellen, dass diese Ergebnisse auch über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg ohne große Schnittstellenbrüche durchgängig weitergegeben werden können. Eine einheitliche Softwarelösung sollte deshalb eine sehr hohe Priorität erhalten. Damit wird auch erreicht, dass Kundenanforderungen schnell eingearbeitet werden und Komponenten schnell beim Kunden getauscht werden können, da die Daten direkt und in Echtzeit beim Lieferanten vorliegen. Neue Technologien, wie der digitale Zwilling ermöglichen es dem Maschinenbauer, flexibler auf Kundenwünsche zu reagieren. Voraussetzung dafür spielt ein hoher Grad der modularen Bauweise der Maschinen. Im speziellen bedeutet dies, dass es Basismaschinen gibt, die dann modular so erweiterbar sind, dass jedem Kunden ein individuelle und preisgünstige Einzellösung zur Verfügung gestellt werden kann. Damit ist der Schritt von der

Serienfertigung hin zu einer Fertigung der Losgröße 1 gemacht. Das Ziel des Betriebs ist das Thema „Smart Farming“ mit digitalen Plattformen für die Landwirtschaft 4.0 inklusive Apps zur Optimierung und Vernetzung der Maschinen, sowie autarke Ernte- und Bearbeitungsmaschinen für die Kunden zu entwickeln, erstellen und zu betreiben.

3.2 Maschinenbauer für Werkzeugmaschinen

Der zweite Teilzweig des Maschinenbaus, der als Fallbeispiel dient, ist ein mittelständischer Werkzeugmaschinenbauer. Charakteristisch für diesen Zweig ist, dass er im klassischen Business-to-Business (B2B-Geschäft) fungiert und damit sehr von den Kundenanforderungen gelenkt wird. Die Erwartungen der Kunden gegenüber dem Werkzeugmaschinenbau sind, dass diese Bearbeitungszentren und andere Maschinen mit hoher Effizienz bauen, die die Produktivität im Unternehmen erhöhen. Als größte Abnehmer zählen die herstellenden Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie, die einen starken Fokus auf hohe Maschinenlaufzeiten, Effizienzsteigerung, Reduzierung der Störanfälligkeiten, Beschleunigung der Umrüstvorgänge und in Summe auf die Gesamtanlageneffektivität (OEE), legen.

Nachstehende Ausgangslage in diesem Fallbeispiel, beschreibt einen Werkzeugmaschinenbauer mit knapp 200 Mitarbeitern, der sowohl als Anbieter, als auch als Anwender der Digitalisierung fungiert. Das Unternehmen schreibt schwarze Zahlen, die Fertigung und Montage laufen auf Hochtouren und der Vertrieb ist gut mit der Akquise von neuen Aufträgen beschäftigt. Die Priorisierung der Aufträge erfolgt auf Zuruf oder durch Entscheidung der Geschäftsleitung, ohne digitale Unterstützung oder Dokumentation. Aufträge werden noch manuell und in Papierform in die Arbeitsvorbereitung, das Engineering und in die Produktion gegeben.

Auch bei der Warenannahme laufen die Prozesse analog. Die Mitarbeiter quittieren den Eingang, doch aktuelle Informationen zu Bestellungen oder Lieferterminen fehlen sowohl dem Einkauf als der Produktion. Es sind zwar einige digitale Insellösungen vorhanden, die aber ohne jegliche definierte digitale Schnittstelle zu anderen Abteilugen entstanden sind. Zwischen den Geschäftsprozessen (Kalkulation, Angebotserstellung, Kapazitätsplanungen, Lagerwirtschaft oder Beschaffungsinformationen) existieren viele Medienbrüche, was eine mangelnde Informationsverfügbarkeit zur Folge hat. Als Behelfslösung werden Excellisten geführt, was viel Zeit für manuelle Arbeiten erfordert und sehr fehleranfällig sind.

In der Produktion sind verschiedene dezentrale Lager eingerichtet, in die fertige oder vormontierte Baugruppen gebracht werden, wobei die Lagersystematik von jedem Mitarbeiter an seinem Arbeitsplatz individuell gestaltet wird. Ein zentraler oder einheitlicher Lagerlogistikprozess ist nicht verfügbar bzw. nur über geführte Excellisten nachverfolgbar. Aufgrund der dezentralen

Produktionsprozesse und der analogen Fertigungsmaschinen an verschiedenen Orten im Unternehmen, ist deren aktueller Status und Instandhaltung erst bei Störungen oder Ausfall ersichtlich, was zu Produktionsstillständen führt.

Zu den internen Handlungsfeldern kommen die Kundenanforderungen, dass die Werkzeugmaschinen digitaler und zukunftsorientierter werden müssen. Unter den Forderungen der Kunden stehen zum Beispiel die Vernetzung der Maschinen in den Bearbeitungszentren, frühzeitige Instandhaltungsmeldung (Predictive Maintenance), Unterstützung bei Rüstprozessen oder die Remote Unterstützung bei Problemen. Darüber hinaus muss das stark diskutierte Thema der Flexibilität und der individuellen Maschine in die Unternehmensstrategie aufgenommen werden und die Umsetzung angesteuert werden.

Aus vorangegangener Ausgangslage können sich durch die Digitalisierung viele Potenziale zunutze gemacht werden. Eines der ersten Meilensteine ist, dass die Geschäftsprozesse analysiert und Gespräche mit den entsprechenden Mitarbeitern geführt werden. So können die notwendigen Stolpersteine genauer herausgearbeitet und gemeinsam an Lösungen gearbeitet werden. Bereits digitale Unterlagen werden beibehalten und neue digitale Workflows, bei denen Ergebnisse automatisiert zur nächsten Abteilung weitergeleitet werden, werden installiert.

Ziel ist es nicht, alle Prozesse auf einmal zu digitalisieren, jedoch werden die Hauptprozesse in der Beschaffung, Produktion und Logistik umgesetzt. Zudem wird ein Softwareunternehmen engagiert, welches ein Dashboard mit Anbindung an das vorhandene ERP-System programmiert, um alle relevanten Informationen für die Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette, über eine Webanwendung darstellen. Dies führt dazu, dass selbst Lagermitarbeiter auf Zeichnungen zugreifen, die Beschaffung und die Produktion den aktuellen Stand von Materialien einsehen können.

Im Bereich der Medienbrüche zwischen dem Engineering und der Produktion vernetzt das Unternehmen die Bereiche CAD, CNC-Programmierung und CAQ und will hier auch die Technologie des digitalen Zwillings einführen. Durch die Einführung eines IT-Systems, welches digitale Informationen speichert, werden logistische Vorgänge und Informationen übersichtlicher dargestellt. Auf diese Weise können die mitarbeiterindividuellen Lagersystematiken aufgelöst, Fehler reduziert und die Zeit der Suche verkürzt werden, da die Mitarbeiter wissen, wo welche Materialien und Baugruppen gelagert werden beziehungsweise welchen Bearbeitungsstatus sie haben. Auch die Priorisierung der Aufträge kann über dieses System gesteuert und abgelesen werden. Dem Problem, dass nicht auf einen Blick ersichtlich ist, welchen Status welche Maschine im Moment hat, rüstet das Unternehmen alte Maschinen nach beziehungsweise bringt alle auf den neusten Stand der Technik mit Hard- und Software, um die Betriebsdaten

entsprechend auslesen zu können. Zudem lässt sie sich eine individuelle Softwarelösung inklusive MES-System entwickeln und implementieren. Auf diese Weise wird auch die Transparenz über die Maschinen und deren Auslastung erreicht.

Neben dem Anwender der Digitalisierung, tritt das Unternehmen als Anbieter für digitalisierte Werkzeugmaschinen auf, um so die Kundenanforderungen zu erfüllen und sich am Markt die Stellung zu sichern. Wie schon in der eigenen Produktion, geht der Betrieb eine Kooperation mit einem Softwareunternehmen ein, um den Kunden die entsprechenden Features bieten zu können. Entsprechend kann der Werkzeugbauer neue Geschäftsmodelle generieren und kann Kunden mit Produkten, wie Steigerung der Fertigungseffizienz, Störungsreduktion, Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit sowie eine leichtere Bedienbarkeit der Anlagen anbieten. Ebenso kann er auf Grundlage der eigenen Erfahrung im Betrieb, die Vernetzung der Anlagen, die Steuerung des gesamten Wertstroms in Echtzeit und die ununterbrochene digitale Dokumentation als Kompetenz gegenüber dem Kunden vorweisen und ihn somit leichter überzeugen.

3.3 Schlussfolgerungen für digitale Potenziale im Maschinenbau

Aus den beiden Fallbeispielen ist ersichtlich, dass es eine große Menge an digitalen Potenzialen im Maschinenbau gibt. Diese wirken sich auf alle Bereiche im Unternehmen aus und bringen entsprechende Vorteile und Verbesserungen mit sich. In Abbildung 10 sind Hebel entlang der Wertschöpfungskette dargestellt, die eine Produktivitätsverbesserung durch die Digitalisierung bewirken.

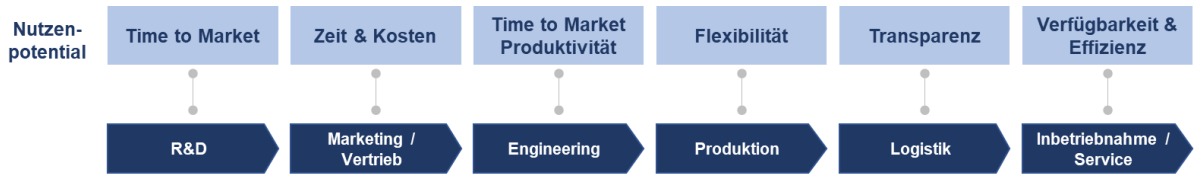


Abbildung 10: Nutzenpotenziale der Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette[58]

Während im Marketing und Vertrieb die größten Nutzenpotenziale in der Zeit- und Kostenreduktion gesehen werden, haben sowohl in der Entwicklung als auch im Engineering die Verkürzung der Time-to-Market das größte Potenzial. Dies bedeutet, dass Entwicklungen schneller in die Pilot- und Serienreife kommen, als auch, dass die Vorgänge im Engineering beschleunigt und damit die Produktivität gesteigert werden kann. In der Produktion ist die größte Auswirkung die Flexibilität, während in der Logistik die Steigerung der Transparenz ausschlaggebend ist. In der Inbetriebnahme und im Service birgt die Verfügbarkeit und die Steigerung

[58] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Illner et al., 2018, S. 12.

der Effizienz durch Remoteunterstützung das größte Potenzial.[59] Neben den Nutzenpotenzialen gibt es auch wirtschaftliche Potenziale der Digitalisierung, die in Abbildung 11 zusammengefasst wird.

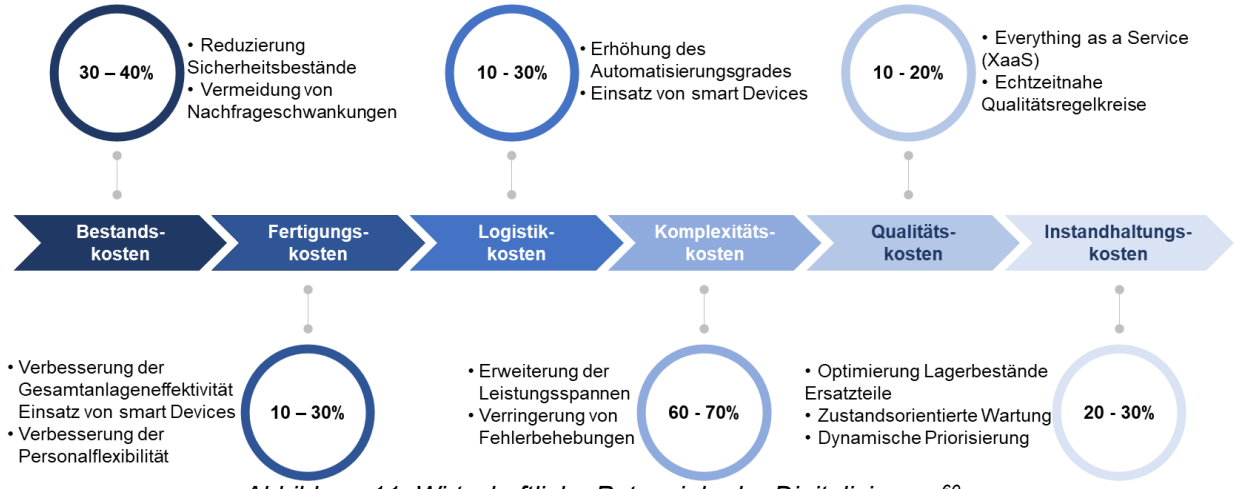


Abbildung 11: Wirtschaftliche Potenziale der Digitalisierung[60]

Betrachtet man sowohl die Nutzenpotenziale und die wirtschaftlichen, kristallisieren sich viele Potenziale auch für den mittelständischen Maschinebau heraus. Oberste Zielsetzung sind Zeitersparnis (Time-to-market), Verbesserung der Qualität, Reduzierung der Kosten, Steigerung der Produktivität und Entstehung neuer Geschäftsmodelle, die mehr in die Richtung Automatisierung und Softwarelösung streben. Weitere Potenziale, die dem Maschinenbauer als Anwender dienen sind die Steigerung der Fertigungs- und Produktionseffizienz durch flexible Prozesse, Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit, 24/7-Verfügbarkeit der Anlage aufgrund der Vernetzung von Systemen und Anlagen sowie die erhöhte Transparenz der Logistikkette vom Material bis hin zum fertigen Produkt. Auch als Anbieter von Digitalisierung eröffnen sich dem Maschinenbauer neue Potenziale, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Dazu zählen die geringe Störanfälligkeit von Maschinen durch Echtzeitdaten, Individualisierung beziehungsweise die Fertigung der Losgröße 1, Verringerung der Reparaturen und Wartung aufgrund Predictive Maintenance und digitale Plattformen für die Zustandsüberwachung beim Kunden und darauf neu aufsetzende digitale Geschäftsmodelle.[61]

Für die Erreichung dieser Potenziale, sind strategische Handlungsfelder zu definieren und umzusetzen. In nachfolgendem Kapitel 4 werden diese Handlungsfelder entlang des definierten Geschäftsprozesses im Detail ausgeführt.

[59] vgl. Illner et al., 2018, S. 12.
[60] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Illner et al., 2018, S. 14.
[61] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S.24ff.; siehe auch: Dupont et al., 2019, S. 305ff.

4 Strategische Handlungsfelder – der Maschinenbau als Anbieter und Anwender der Digitalisierung

Die vielfältigen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Maschinenbauer bedürfen einer Strukturierung von bestimmten Handlungsfeldern. Im Wesentlichen lassen sich sechs elementare Handlungsfelder für die Digitalisierung in einem Unternehmens erkennen, wie aus Abbildung 12 zu entnehmen ist. Jedes der Handlungsfelder kann zwar bedingt für sich gesehen und analysiert werden, in der gesamtheitlichen Betrachtung stellt man sehr schnell fest, dass starke Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen ihnen bestehen.[62]

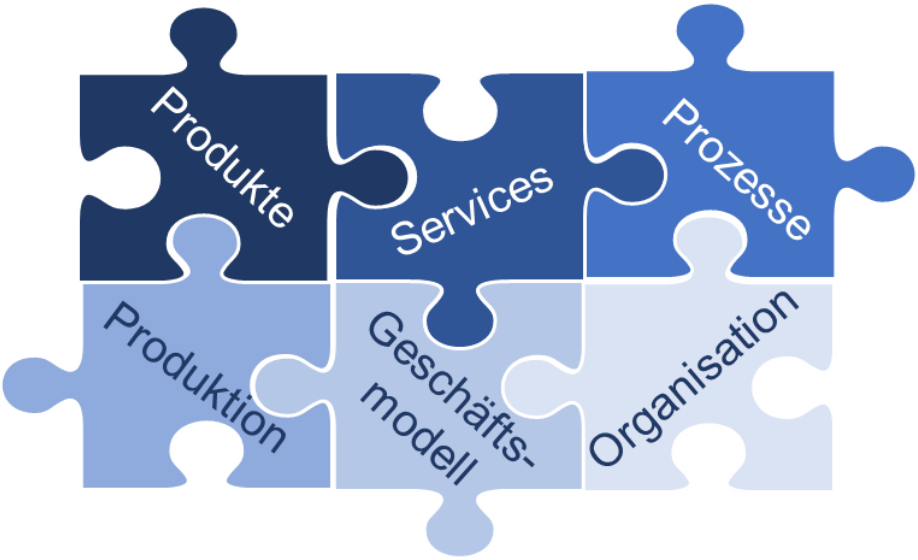


Abbildung 12: strategische Handlungsfelder der Digitalisierung im Unternehmen[63]

Abgeleitet von den strategischen Handlungsfeldern, lässt sich ein Framework für die detaillierte Beschreibung und für ein gemeinsames Verständnis erstellen, welches Abbildung 13 zeigt. Als Basis gelten die technologischen Voraussetzungen, die auch in den technologischen Trends und Treibern beschrieben sind. Den Rahmen der Digitalisierung im Unternehmen bilden die Säulen Organisation und Prozesse, Mitarbeiterführung und Change, Digitale Infrastruktur und das agile Betriebsmodell. Im Inneren sind intelligente Lösungen, Innovation, Lieferketten und die Fabrik beschrieben, die sowohl zur Wachstums- als auch zur

[62] vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 316.
[63] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Lipsmeier et al., 2019, S. 316; siehe auch: Bechtold et al, 2014, S. 28; Bülchmann, 2017, S. 24; Lichtblau, 2015, S. 22; Proff et al., 2016, S. 18; Desmet et al.,2015, www.mckinsey.com.

Effizienzsteigerung beitragen. Dieses Zusammenspiel mündet in zukünftigen Geschäftsmodellen für den mittelständischen Maschinenbau von Morgen.

Abbildung 13: Das Digitalisierung-Framework[64]

Nachdem in den vorherigen Kapiteln Trends und Treiber der Digitalisierung und zwei Fallbeispiele für digitale Potenziale dargestellt wurden, soll dieses Kapitel strategische Handlungsfelder beleuchten. Dabei wird der Einsatz der technologischen Trends entlang des definierten Geschäftsprozesses untersucht und deren Anwendung beschrieben.

4.1 Handlungsfelder und Auswirkungen auf das Unternehmen

Dieser Abschnitt geht näher auf die internen Handlungsfelder im Unternehmen ein. Dazu zählen die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie, der Einfluss der Digitalisierung auf die Unternehmenskultur und die Mitarbeiter und als Letztes, wie die Unternehmensorganisation und interne Prozesse angepasst werden müssen.

4.1.1 Strategie

Für das Umsetzen der digitalen Transformation gibt es keine Vorlage oder allgemeingültige Lösung, die man einfach so als Unternehmen einführen kann. Auf Grundlage der unternehmensindividuellen Ausgangssituationen ist es notwendig eine strategische Agenda zu

[64] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Bechtold et al, 2014, S. 5.

gestalten und in der Unternehmensstrategie fest zu verankern. Die Digitalisierungsstrategie dient damit zur Planung und Abstimmung der digitalen Transformation des Unternehmens und gibt Leitplanken vor, die zielgerichtet Digitalisierungsaktivtäten initiieren und steuern. Das Fehlen einer entsprechenden Digitalisierungsstrategie führt dazu, dass kleine, voneinander isolierte Projekte auf der operativen Ebene gestartet werden, die nicht langfristig auf die Ziele des Betriebes einzahlen und die ohnehin schon knappen Ressourcen abschöpfen. Die Bedeutung der Digitalisierungsstrategie ist aber nicht nur für die unternehmensinternen Stakeholder von großer Wichtigkeit, sondern auch für Unternehmensexterne, wie Finanzinstitute oder Investoren, die die Zukunfts- und Leistungspotenzial eines Unternehmens beurteilen.[65]

Bei der Gestaltung der digitalen Strategie sind zwei grundlegende Ansätze zu beachten. Zum einen die Optimierung und Weiterentwicklung des Bestandgeschäfts, im Falle eines Maschinenbauers, der Bau von mechanischen Maschinen. Zum anderen die Transformation des Geschäftsmodells mit starkem Fokus auf individuelle Bedürfnisse von möglichen Kundengruppen. Dazu ist es nützlich, die Ziele des Unternehmens klar zu definieren, wie zum Bespiel Effizienzsteigerung, Steigerung der Kundenzufriedenheit, Portfolioinnovation, Unternehmenswachstum oder Kostensenkung. Eine auf diese Ziele angepasste Digitalisierungsstrategie kann dauerhafte Erfolge einbringen. Diese besteht aus unterschiedlichen Bausteinen und beinhaltet Handlungsschwerpunkte, die die Digitalisierung des Portfolios und der Wertschöpfungskette fokussieren und als Stoßrichtungen angesehen werden können.[66] In Abbildung 14 wird ein Strategiehaus für eine digitale Strategie beschrieben und zeigt genau diese beiden Schwerpunkte. Damit verbunden sollten sich Unternehmen beispielhafte Fragen stellen:

- Auf welche Weise kann die Digitalisierung unterstützen, Produkte und Services schneller, effizienter und kundenorientierter umzusetzen?
- Welchen Mehrwert können wir für Kunden und Geschäftspartnern mit Hilfe von Digitalisierung anbieten?
- Wie können unsere Geschäftsprozesse und tägliche Arbeit, gleich ob produktionsseitig oder administrativ, robuster, transparenter, effizienter und angenehmer durch Digitalisierung beeinflusst werden?[67]

[65] vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 315, 318.
[66] vgl. Becker et al., 2017, S. 293; siehe auch: Dorst, 2019, S. 9; Weber, 2021, S. 84, 87; Lerch, 2020, www.digital-experts.com.
[67] vgl. Lerch, 2020, www.digital-experts.com; siehe auch: vgl. Tanguy, Scanlan, Willmott, 2015, www.mckinsey.com.

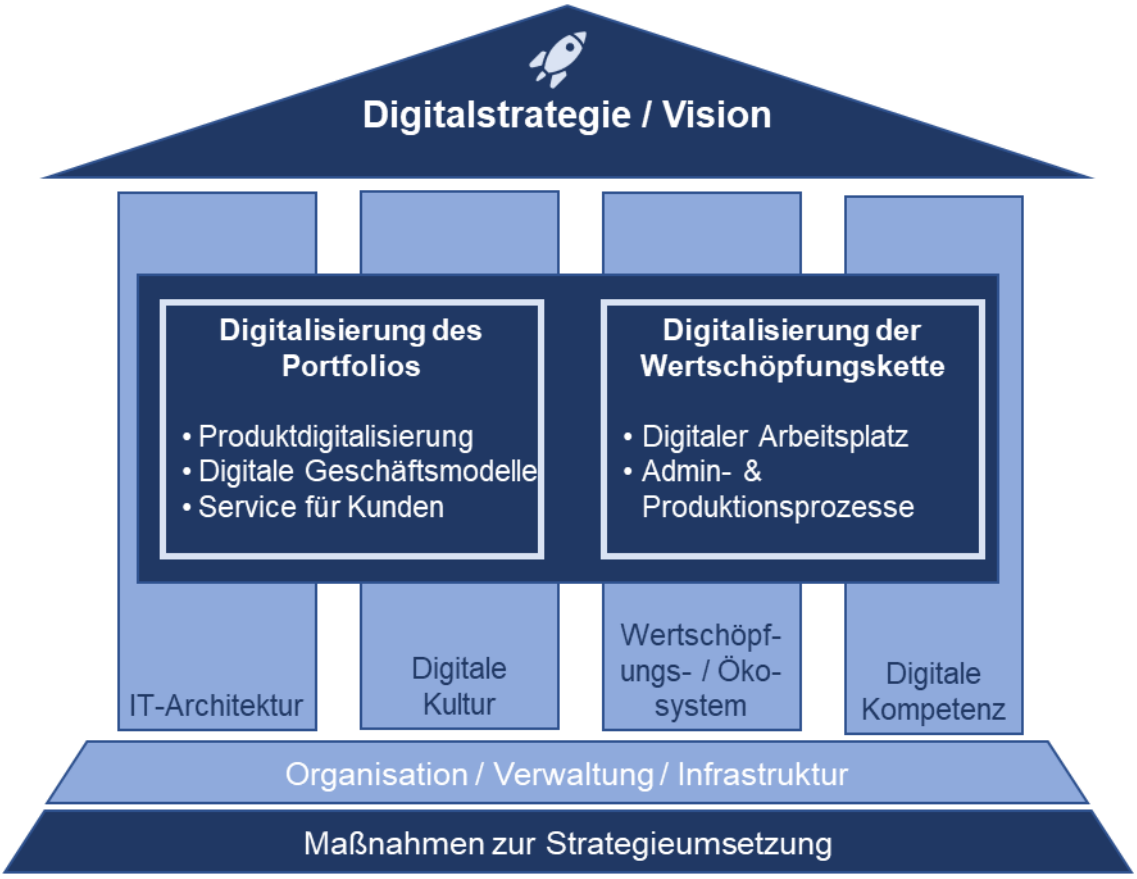


Abbildung 14: Bausteine eines digitalen Strategiehauses[68]

Das Strategiehaus basiert auf neun Strategieelementen und ist in primäre und sekundäre Strategieelement aufgegliedert. Die primären Elemente beinhalten die „Digital Strategie / Vision“, die strategischen Stoßrichtungen und die „Maßnahmen zur Strategieumsetzung“ und sind für die Definition, Konkretisierung und Realisierung verantwortlich. Sekundäre Strategieelemente beschreiben die notwendigen Voraussetzungen für die Verwirklichung der übergeordneten Ziele und sind definiert als „IT-Architektur“, „Digitale Kultur“, „Wertschöpfungs- / Ökosystem“, „Digitale Kompetenz“ und „Organisation / Verwaltung / Infrastruktur“. Die „Digitalstrategie / Vision“ ist die Basis und beschreibt ein konkretes, erfüllbares und distanziertes Zukunftsbild des Unternehmens, im Hinblick auf die Digitalisierung und sollte in einem Zeithorizont von circa 5 Jahren erreicht werden. Diese Vision wird schriftlich in einem digitalen Leitbild festgehalten, das die digitale Mission, die digitalen Grundwerte und die digitalen Ziele enthält.

Die Mission beschreibt die bedeutenden Gründe für die Durchführung der Digitalisierung, wohingegen die digitalen Grundwerte die wesentlichen Werte und Prinzipien des Handels des Unternehmens im Zusammenhang mit der Digitalisierung darstellen. Zu diesen Werten zählen

[68] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schneider et al. 2019, S. 129; siehe auch: Lipsmeier et al., 2019, S. 321; Lerch, 2020, www.digital-experts.com.

Verhaltensgrundsätze beziehungsweise Digital Leadership, Datennutzung, IT-Sicherung, digitale Innovationen und die Organisationsanpassung. Aus diesen Beiden wird dann schließlich das digitale Zielbild gefolgert und enthält Kommunikationsmittel für Führungskräfte und Mitarbeiter. Die „Maßnahmen zur Strategieumsetzung“ werden im operativen Bereich umgesetzt, indem digitale Projekte und Programme ins Leben gerufen werden. Wichtig bei der Definition von diesen ist, dass eine Abgrenzung zu „nicht digitalen“ Projekten getroffen wird.

Zudem ist eine Kategorisierung notwendig, die in „Digitales Kleinprojekt“, „Digitales Projekt“ und „Digitales Programm“ unterschieden wird. Als Kriterien dienen hierbei der Umfang, inhaltliche Komplexität, Organisatorische Komplexität, Auswirkungen auf die Organisation und das Risiko. Das sekundäre Strategieelement „IT-Architektur“ umfasst strategische Vorgaben zum Aufbau der Infrastruktur für die technische Durchführung der Digitalisierungsmaßnahmen. Dabei müssen, je nach Stand des Unternehmens folgende drei Anwendungsbereiche harmonisiert werden: Business-Support-IT, Produkt-IT und Smart-Factory-IT. Zudem sind Entscheidungen und Festlegungen zu dem Thema Data Governance und Data Management in diesem Bereich zu treffen.

Die „Digitale Kultur“ spielt bei der Umsetzung von Digitalisierung eine der größten Rollen. In diesem strategischen Element wird geregelt, wie sich die Unternehmenskultur im Zusammenhang mit der Digitalisierung entwickeln und ausbauen wird. Hierbei dient das digitale Leitbild als elementares Fundament der Soll-Kultur. Im strategischen Element „Wertschöpfungssystem / Ökosystem“ werden Vorgaben und Entscheidungen getroffen und bildet die Positionierung der übergreifenden Wertschöpfungssysteme ab. Hierzu zählen die Intensität, die Machtrelation und die Kooperation mit anderen Unternehmen im Rahmen der Digitalisierung.

Die „Digitale Kompetenz“ bildet die letzte Säule und legt fest, welche Kompetenzen zur Realisierung erforderlich sind. Ein zentraler Punkt ist hier, welche digitalen Kompetenzen intern und welche über Fremdbezug oder Partnerschaften aufgebaut werden sollen. Das letzte strategische Element, die „Organisation / Verwaltung / Infrastruktur“, bildet die Koordination und Verantwortung für die Digitalisierungsaktivitäten und gibt strategische Vorgaben zu den Verantwortlichkeiten und dem Budget für die Digitalisierungsaktivitäten.[69] Zur Prozessualen Veranschaulichung dient Abbildung 15, die aber hier nicht näher erläutert wird.

[69] vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 321f.,326ff.; siehe auch: vgl. Schneider et al. 2019, S. 130; item Industrietechnik GmbH, 2021, S. 6.

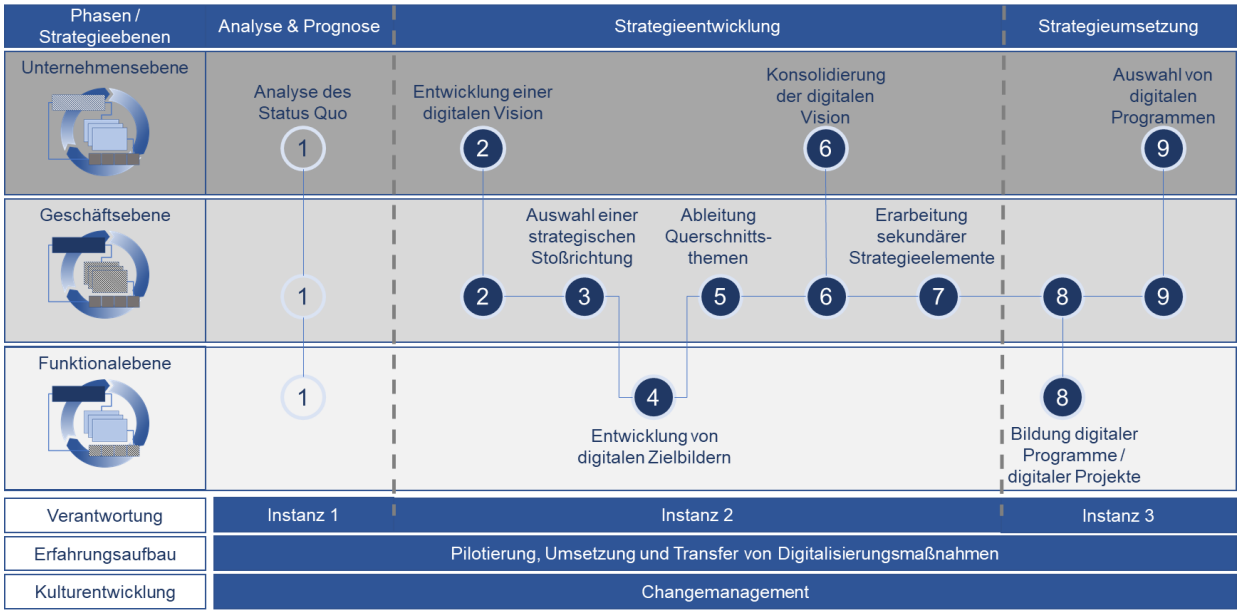


Abbildung 15: Prozess zur Entwicklung von Digitalisierungsstrategien[70]

Zusammenfassend lässt sich zur Digitalisierungsstrategie sagen, dass es eine unternehmensübergreifende Initiative ist und daher die Geschäftsführung zu 100% dahinterstehen und auch der Sponsor der Strategie sein muss. Ohne ein solches Commitment ist das Gelingen der Digitalisierung sehr gering. Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor ist, dass alle Ebenen bei der Vorgehensweise miteinbezogen werden und diese nicht von einzelnen Positionen bestimmt wird. Die Strategie ist mit die wichtigste Basis für die nachfolgenden Bereiche, damit diese dann schnell, effizient und erfolgreich agieren können.[71]

4.1.2 Unternehmenskultur & Mitarbeiter

Eine Digitalisierungsstrategie kann nur dann erfolgreich sein, wenn die Mitarbeiter schon frühzeitig eingebunden werden und durch Schulungen mögliche Vorbehalte gegenüber der Digitalisierung abgebaut werden. Besonders KMU stehen in heutiger Zeit einem großen Konkurrenzdruck gegenüber und müssen innovativ und wandlungsfähig sein. Diese Innovationsfähigkeit und Flexibilität sind auf die einzelnen Mitarbeiter in flexiblen Organisationsstrukturen zurückzuführen, die der Motor des Mittelstandes sind und einen großen Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg beitragen. Diese gilt es auch bei der zunehmenden Digitalisierung beizubehalten.[72]

[70] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 328.
[71] vgl. Ternès, Schieke, 2018, S. 23.
[72] vgl. Ludwig et al., 2016, S. 73ff. siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 19; item Industrietechnik GmbH, 2021, S. 20; Proff et al., 2016, S. 14.

Die Digitalisierung stellt das Personalwesen inklusive der Unternehmenskultur vor große Herausforderungen, die durch Technologietreiber, neue Geschäftsmodelle, neuen Arbeitsumfeldern für Arbeitnehmer und Unternehmensstrukturen verändert werden. Zusätzliche Verknappung von Experten und Spezialisten stellt auch das Personalwesen vor neue Kompetenzen an Mitarbeitern. Folgende digitale Trends schaffen aber Unterstützung und Abhilfe im Personalwesen und sind in Abbildung 16 dargestellt.

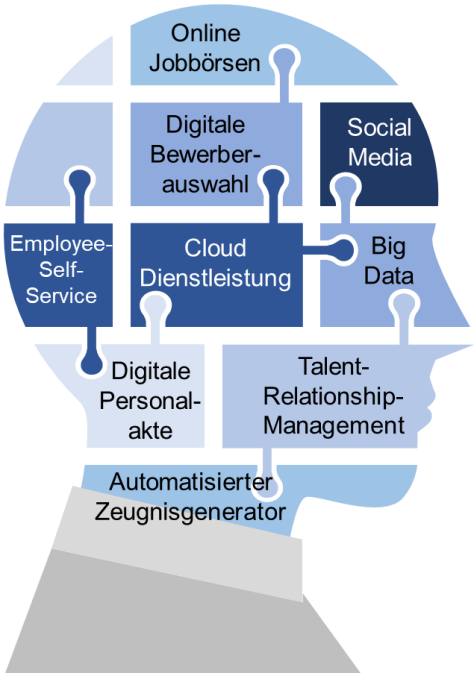


Abbildung 16: digitale Trends im Personalwesen[73]

Der erste digitale Trend ist die **digitale Personalakte**, die bestimmt schon in vielen großen Unternehmen zum Standard gehört, jedoch in einigen kleine Maschinenbauern in analoger Papierform vorliegt. Personifizierte Daten können digital gespeichert werden, sind Teil des Dokumentenmanagements und können auf diese Weise gleich in die Arbeitsabläufe integriert werden. Das **Employee-Self-Service** dient als Mitarbeiterportal und ist der IT-Marktplatz im Internet. Entsprechend können so wichtige Informationen gebündelt und den Mitarbeitern wichtige Daten digital bereitgestellt werden. Auch personenbezogen Daten, wie zum Beispiel Arbeitsstunden oder Lohnabrechnungsdaten, sind auf diesem Portal hinterlegt, wobei diese durch einen personalisierten Zugriff bei Anmeldung geschützt sind. Der dritte digitale Trend sind **Cloud-Dienstleistungen**, wie zum Beispiel „Software as a Service“ (SaaS). Wichtig hierbei ist, dass vornehmlich einfach standardisierbare Prozesse übergeben werden. Prozesse und Funktionen, die strategisch wichtig sind oder bei denen es zur Speicherung von

[73] Eigene Darstellung

Mitarbeiterdaten kommt, bleiben weiterhin im Unternehmen. Diese Entwicklung birgt jedoch aktuell noch große Probleme im Hinblick auf den Datenschutz. Für die Unterstützung im Bewerbungsprozess dient die **digitale Bewerberauswahl**, ein Tool, das neben den schon verbreiteten Telefoninterviews langsam in den Markt drückt. Zum Einsatz kommen sogenannte Online-Assessment-Center, die eine Vorauswahl der Bewerber treffen. In Amerika und Asien ist dies schon anerkannt und verbreitet, wohingegen es in Deutschlang noch am Vormarsch ist. Auch hier gibt es aber aktuell noch Vorbehalte, zunehmend wegen dem Problem des Bias. Um einen breiteren Bewerberkreis anzusprechen, dient **Social Media**, wie zum Beispiel Xing, LinkedIn oder Stepstone, als weiterer Kanal im e-Recruiting. Sowohl die Selbstdarstellung des Unternehmens oder das Ausschreiben von vakanten Stellen als auch die aktive Suche nach potenziellen Mitarbeitern wird hier vorangetrieben. Neben dem Einstellen von neuen Mitarbeitern, der reaktiv und passiv ist, gibt es das **Talent-Relationship-Management**, das ein Bereich im Personalwesen ist, das im Gegensatz zu anderen Maßnahmen im Recruiting, den Fokus auf das Finden und Halten von potenziell neuen Mitarbeitern hat, bevor überhaupt eine vakante Stelle verfügbar ist. Der interessanteste Trend im Personalwesen ist **Big Data**, durch dessen Einsatz die Zuordnung der Beschäftigten zu einer Stelle optimal gestaltet werden kann. Auswertungen von Beschäftigtendaten wie Interessen, Weiterbildung oder Fähigkeiten mit internen und externen Daten, können soweit eine Aussage treffen, dass eine Über- oder Unterforderung vermieden werden kann. Das Personalwesen, genauso wie die Arbeitswelt und Unternehmen werden sich wandeln und es ist nur eine Frage der Zeit und des Umfangs, wann Big Data im Personalwesen eingesetzt wird. Als letzter Trend ist die **automatisierte Zeugnisgenerierung** zu nennen. Die meisten Unternehmen verwenden zur Zeugniserstellung manuelle Textverarbeitungsprogramme. Durch spezielle Software und digitalisierte HR-Prozesse kann ein Zeugnis bereits nach einer Stunde ausgehändigt werden.[74]

Neben den Trends im Personalwesen muss sich auch die Kultur im Unternehmen auf den digitalen Wandel einstellen, was Unternehmenskulturen, die offen mit Veränderungen umgehen, leichter fällt. Dies nennt man auch Grad der Offenheit und lässt sich an folgenden Punkten festmanchen:

- Das Unternehmen übt keine Fehlerkultur aus und ist fehlertolerant oder sanktioniert die Fehler, die seine Mitarbeiter machen nicht.
- Im Unternehmen herrscht eine „Sharing“-Kultur, d. h., das Teilen von Wissen in einzelnen Abteilungen bzw. mit Kollegen folgt nicht dem Prinzip „Wissen ist Macht“.

[74] vgl. Haselbauer, 2016, S. 60ff.

- Das Testen von Lösungsansätzen mit den Kunden verläuft schnell und unkompliziert, bevor das Produkt auf den Markt geht.
- Digitale Vernetzung und soziale Netzwerke werden zunehmend von Wissensarbeitern genutzt, um das Netzwerk zu stärken, Ergebnisse mit möglichst vielen Kollegen geteilt und dafür Feedback eingeholt, damit die Qualität der täglichen Arbeit stetig verbessert wird. Agieren die Mitarbeiter in virtuellen Teams und etablieren so ein standortunabhängiges Gemeinschaftsgefühl.

Zusätzlich gehört zur neuen Kultur, dass Informationsveranstaltungen und Kommunikationsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Digitalisierung frühzeitig durch Einbeziehung der Mitarbeiter, und nicht nur der Führungskräfte, begonnen wird. Nur durch die Sensibilisierung der Mitarbeiter und das Teilen von digitalem Wissen, wird das Leben der neuen Kultur ermöglichen. Dazu ist auch das Fördern von Trainings und Weiterbildungen, entsprechend auf die Bedürfnisse der jeweiligen Mitarbeiter notwendig. Ingenieure müssen beispielsweise auf die immer komplexer werdenden Systeme und Prozesse durch entsprechende Methoden und Tools vorbereitet werden. In der Smart Factory müssen die Mitarbeiter zunehmend auf die echtzeitorientierte Steuerung von Arbeitsinhalten und -prozessen herangeführt werden. Mit Hilfe von begleitenden Qualifizierungsmaßnahmen können Referenzprojekte initiiert werden, an denen sich Mitarbeiter herantasten können. Im Großen und Ganzen bilden die intelligenten Assistenzsysteme die Möglichkeit, dass die Mitarbeiter sich auf die wertschöpfenden und kreativen Tätigkeiten konzentrieren können, da sie durch die Digitalisierung von den Routineaufgaben entlastet werden. Ein weiterer Benefit für die Mitarbeiter ist, dass sie durch die immer flexibler werdende Arbeitssituation die Work-Life-Balance besser kombinieren können.[75]

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich Aufgaben- und Kompetenzprofile der Mitarbeiter stark verändern und eine entsprechende Unternehmenskultur mit einer lernförderlichen Arbeitsorganisation und einer Qualifizierungsstrategie zwingend notwendig sind. Vor allem die Kompetenzen im Beriech Datensicherheit / Kommunikationssicherheit, IT-Infrastruktur, Automatisierungstechnik, Datenanalyse, Entwicklung und Anwendung von Assistenzsystemen und der Nutzung von Plattformlösungen sind von Unternehmen zu fördern und eine Basis für die Qualifikation von guten Mitarbeitern. Ziel ist es auch, dass die Mitarbeiter zum einen breiter einsetzbar und zugleich leistungsfähiger werden, ohne körperlicher oder kognitiver Mehrbelastung.

[75] vgl. Ternès, Schieke, 2018, S. 40; siehe auch: Lipsmeier et al., 2019, S. 329; Schmiech, 2018, S. 5; Proff et al., 2016, S. 14; Kagermann, 2013, S. 5f.; Dahm und Holst, 2020, S. 224; Weber, 2021, S. 84.

4.1.3 Unternehmensorganisation & interne Prozesse

Im Zuge der Digitalisierung des Maschinebaus ist es zwingend erforderlich, die Organisation bzw. die Hierarchie und die internen Prozesse auf den Prüfstand zu stellen. Die traditionellen hierarchischen Stab-/Linien-Organisationen können mit der sich schnell wechselnden digitalen Welt nicht mithalten. Die Hierarchie und der klar geregelte Informationsfluss über die Vorgesetzten sind stark durch funktionale Silos geprägt. Viele mittelständische Maschinenbauer haben solch eine Organisationsstruktur, wobei einige mit folgenden Problemen konfrontiert werden.

Der sehr volatile und sich schnell ändernde Markt erschwert zunehmend eine exakte und langfristige Geschäftsplanung. Der Informationsfluss erfolgt aufgrund der mehr und mehr übergreifenden Themen, nicht mehr vertikal, sondern horizontal, wobei auch nicht mehr Führungskräfte als Knowhow Träger gelten, sondern die Spezialisten, in den einzelnen Bereichen. Zudem bilden sich neue Projektteams, die eine größere Bedeutung haben als die übergeordneten Linienorganisationen. Im Vergleich zu Softwareunternehmen wird der digitale Wandel beim Maschinenbau um einiges größer ausfallen, da neben der Integration von Software, Datenanalytik oder der Cloud weiterhin komplexe Maschinen oder Produkte entwickelt und produziert werden müssen. In der klassischen Organisation agieren funktionale Einheiten, wie F&E, Marketing, Vertrieb, Fertigung und Montage, Logistik, Kundendienst und IT weitestgehend autonom. Die Integration untereinander erfolgt weitergehend über die Führungskräfte und durch bürokratische Prozesse. Durch immer mehr vernetzte und intelligente Produkte ist der Produktlebenszyklus kontinuierlich und endet nie, womit auch die Koordination entlang des Lebenszyklus länger aufrechterhalten werden muss. Regelmäßiger Austausch und Übergaben werden zur intensiven, laufenden Koordination über viele Funktion hinweg notwendig.

Eines der größten Probleme der traditionellen Organisation im Zusammenhang mit der Digitalisierung ist, dass Verzögerungen in Entscheidungsprozessen auftreten und somit auch das Realisieren von neuen digitalen Produkten, Prozessen und Veränderungen. Aus diesem Grund hat sich ein neuer Ansatz etabliert, der auch evolutionäre, oder auch Netzwerk- / Matrixorganisation genannt wird. Geprägt ist sie durch eine flache Hierarchie, die ein hohes Maß an Selbstorganisation in interdisziplinären Teams voraussetzt, die für die Planung, Durchführung und Entscheidung verantwortlich sind. Im Idealfall erhalten Mitarbeiter so viele Informationen und sind befähigt, eigenständig Entscheidungen im Unternehmen treffen können. Dies führt, im Gegensatz zur traditionellen Organisation, zu einer Beschleunigung von Entscheidungen, ermöglicht ein schnelles Agieren und fördert die Innovationskraft des Maschinenbauers. Das große Thema Führung erhält in dieser Form eine andere Bedeutung, da nicht mehr

nach exakten Zielen geführt wird, sondern über die neuen Werte, Prinzipien, Ansichten und Einstellungen, die in der Strategie festgelegt wurden. Mitarbeiterführung wird viel funktionaler und zielorientierter, was dazu führt, dass viel weniger Führungskräfte in den flachen Hierarchien benötigt werden. Ein wichtiges Stichwort in diesem Zusammenhang ist agiles Arbeiten, was auch im Maschinenbau die Digitalisierung enorm erleichtert. Denn durch viele einzelne Projekte lassen sich Änderungen vor allem im Bereich der F&E schnell umsetzen.[76] Abbildung 17 zeigt die schematische Darstellung der traditionellen und der evolutionären Organisationsstruktur.

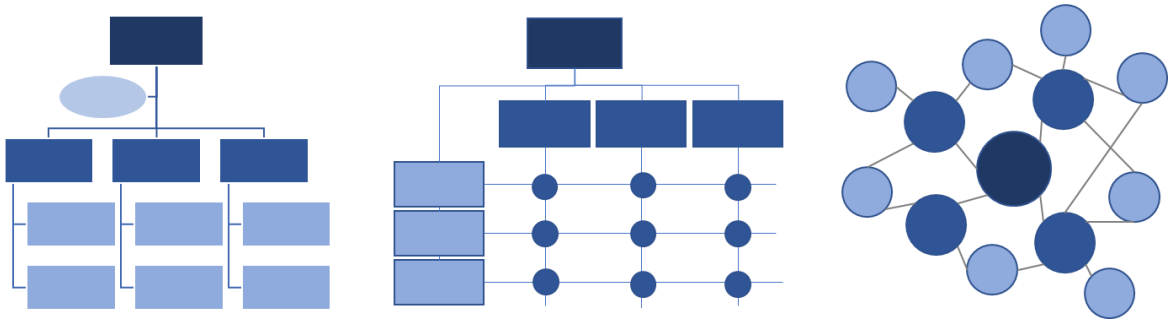


Abbildung 17: Traditionelle, Matrix und Netzwerk Organisationsstrukturen[77]

Die strukturelle Anpassung macht nicht bei der Organisation Halt, sondern wirkt sich auch auf die unteren Ebenen, wie zum Beispiel dem Arbeitsplatz aus. Einer der Trends im Zusammenhang mit der Digitalisierung ist Desk Sharing und mobiles Arbeiten. Dabei ist es wichtig, dass veraltete Hardware gegen mobile Endgeräte getauscht werden, um mobiles und flexibles Arbeiten zu ermöglichen. Mit der Corona-Pandemie im Jahre 2020 wurde gezeigt, dass durch dieses Konzept, viele Unternehmen weiterhin die Wertschöpfung aufrechterhalten konnten. Desk Sharing bietet viele Vorteile für Unternehmen, da sie weniger Bürofläche und Büroausstattung benötigen. Zusätzlich fördert dies bei den Mitarbeitern die Kreativität, da sie an unterschiedlichen Orten im Unternehmen gemeinsam mit anderen Abteilungen leichter arbeiten können. Durch das Schaffen von kleinen Besprechungsecken und Insellösungen für Diskussionen bleiben die Mitarbeiter mehr in Bewegung und der Austausch untereinander wird angeregt.[78]

Die Organisationsstruktur hat nicht nur Auswirkungen auf das gemeinsame Arbeiten oder den Führungsstil, sondern auch auf die internen Prozesse im Unternehmen, die eines der

[76] vgl. Ternès, Schieke, 2018, S. 35; siehe auch: Schuh et al, 2017, S. 10; Disler, 2018, www.adigiconsult.ch; FinCompare, 2019, www.fincompare.de; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[77] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Disler, 2018, www.adigiconsult.ch.
[78] vgl. Hölzle et al., 2019, S. 145.

Kernelemente der Digitalisierung sind. Die meisten mittelständischen Maschinenbauer sind noch bei weitem nicht auf dem Niveau, um von digitalen oder automatisierten Prozessen zu sprechen. In großen Industrieunternehmen ist bereits sichtbar, dass digitale Prozesse die Abläufe bestimmen und ausschlaggebend für Erfolg oder Nicht-Erfolg sind. Für den Maschinenbau bedeutet dies, dass sie die wachsenden Herausforderungen annehmen müssen, um die komplexen Produktionsprozesse zu digitalisieren und die Digitalisierung in der gesamten Wertschöpfungskette umsetzen. Für den Anfang oder als Denkanstoß können folgende Fragen gestellt werden:

- Sind Ihre Prozesse bereits automatisiert oder digitalisiert und wenn ja, wie weit?
- Sind Ihre Prozesse über die Organisation hinweg verflochten und stabil?
- Können Sie zeitnah, flexibel und schnell auf Veränderungen und Kundenwünsche reagieren?
- Können Sie innovative und neue Prozesse durch die Digitalisierung realisieren?

Durch die Digitalisierung ist nicht nur die Automatisierung von bereits vorhandenen Prozessen möglich, vielmehr können neue Prozesse geschaffen werden. Wichtig ist bei beiden, dass sie kontinuierlich angepasst und automatisiert werden.[79] Auf diese Weise können Zeit- und Ressourcen eingespart werden und die Wettbewerbsfähigkeit wird weiterhin aufrechterhalten. Dieser Punkt darf nicht vernachlässigt werden, da sowohl die Konkurrenz weitere neue disruptiven Geschäftsmodelle entwickelt, aber auch die Kunden die Digitalisierung und digitalisierte Prozesse voraussetzen.[80]

Aus Sicht des Anwenders des Maschinenbaus wird die Digitalisierung der internen Prozesse eher als unmerkliche Änderung wahrgenommen, da man sie oftmals nicht real sehen kann, bzw. erst später die Resultate erkennt. Abbildung 18 zeigt einen kleinen Vergleich, was sichtbare und unsichtbare digitale Technologien der internen Prozesse sind.

[79] vgl. Ternès, Schieke, 2018, S. 37; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 21; Schmiech, 2018, S. 20; o.V.,2021, www.digital-engineering-magazin.de.
[80] vgl. Luick, 2017, www.i40-magazin.de; siehe auch: Plovs, 2021, www.visioneleven.com; item Industrietechnik GmbH, 2021, S. 6.

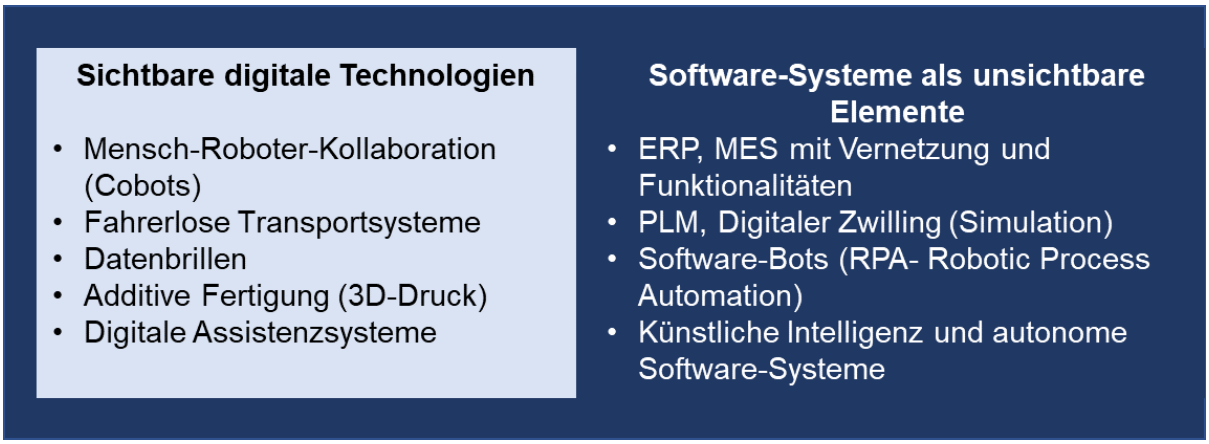


Abbildung 18: sichtbare und unsichtbare digitale Technologien von internen Prozessen[81]

Eines der Ziele ist die Vernetzung von Unternehmensprozessen mithilfe von CPS, um die komplette Wertschöpfungskette von der Entwicklung bis zum Service komplett zu erfassen und mithilfe echtzeitdaten-basierten Untersuchungen Optimierungen durchzuführen. Dabei handelt es sich nicht nur um eine vertikale Vernetzung, sondern auch um die horizontale, bruchlose Vernetzung der Prozesse. Somit wird der Fokus nicht auf eine Abteilung, sondern auf den kompletten Produktionsoptimierungsprozess inklusive vor- und nachgelagerter Abläufe gelegt.[82] Einer der größten digitalen Trends findet hier seine Anwendung: Software-Bots bzw. RPA. Diese Programme ermöglichen es, Arbeitsschritte im Bereich der Aufnahme und Bearbeitung von Informationen zu automatisieren. Beispielsweise kann so die Ausführung einer Dateneingabe in ein ERP-System bzw. ein gesamter Vorgang durch sie dargestellt werden. Ein großer Benefit im Bereich der administrativen und produktionsnahmen Tätigkeiten wird bei der Steigerung der Effizienz und Produktivität gesehen. Daten werden automatisch und maschinell aus dem System geladen und nicht mehr händisch aufgenommen. Durch den Wegfall von stupiden Routineaufgaben ist es nun möglich, neue, kreative und anspruchsvollere Aufgaben zu erledigen. Der Mitarbeiter wird somit gewinnbringender für Aufgaben und Planungsprozesse eingesetzt und die Abläufe verlaufen reibungsloser.[83]

Einen Überblick zur Vorgehensweise für die Digitalisierung von Prozessen stellt Abbildung 19 dar. Bei der „Basis-Transformation“ werden durch den Einsatz von IT-Systemen effektivere, flexiblere und effizientere Prozessschritte von einzelnen Funktionsbereichen erreicht. Hier können auch erste Piloten gestartet werden, um zu sehen, was über die gesamte Prozesskette möglich sein kann. Die „Evolutionäre Transformation“ hat die schrittweise Digitalisierung der

[81] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 33.
[82] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 33, 36.
[83] ebenda, siehe auch: Dorst, 2019, S. 9; Groombridge, 2021, S. 11; Hölzle et al., 2019, S. 144; Tanguy, Scanlan, Willmott, 2015, www.mckinsey.com; Desmet et al.,2015, www.mckinsey.com.

Prozesse im gesamten Unternehmen im Fokus. Bestehende Prozesse werden zu End-to-End-Prozessen umgewandelt und mit dem Einsatz von IT-Systemen werden die Abläufe automatisiert und von A bis Z eingegliedert. Dazu ist es auch notwendig, dass neue Organisationseinheiten für Systeme und Abläufe installiert werden, womit auch die bisherigen Verantwortlichkeiten verlagert werden. Die letzte Stufe beschreibt die grundlegende Transformation und Reform von Systemen, Strukturen und Prozessen. Ziel ist es auch hier, Flexibilität, Effektivität und Effizienz sprunghaft zu steigern.[84]

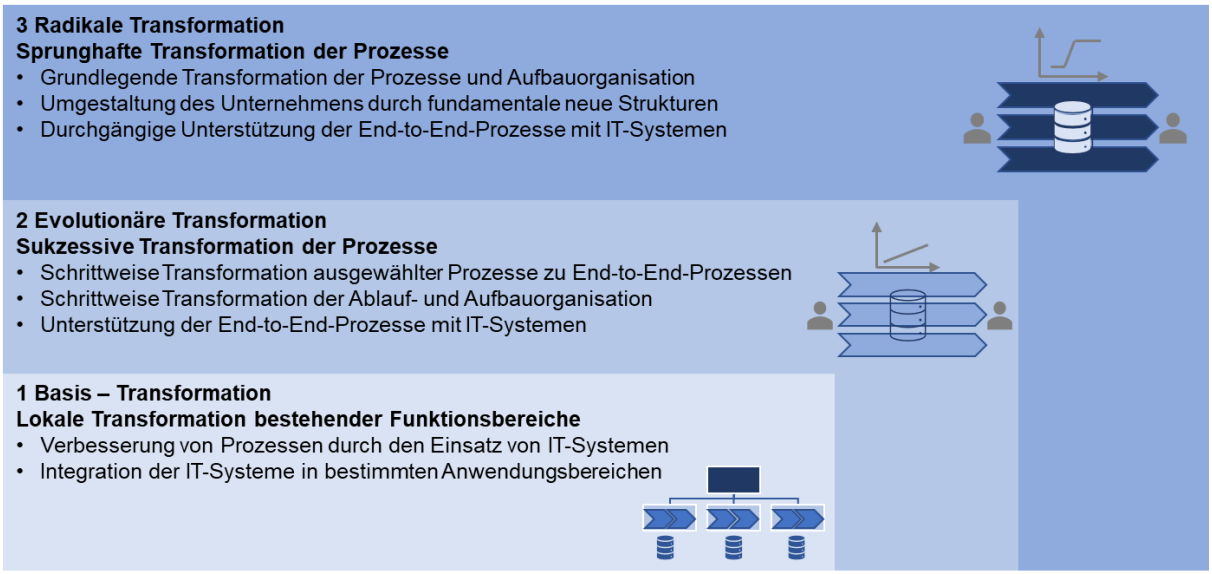


Abbildung 19: Ansatz zur Digitalisierung von Prozessen[85]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass erst durch die Anpassung der Organisation und der Prozesse Agilität, Effizienz und Schnelligkeit entstehen. Auch der Wandel des direkten Arbeitsplatzes mit mobilen Endgeräten in der Produktion oder dem mobilen Arbeiten, ist nicht außer Acht zu lassen, damit die Mitarbeiter auch weiterhin motiviert bleiben. Zu Beginn sind kleinteilige Prozesse zu betrachten, die dann zur Realisierung der gesamten Geschäftsprozesse genutzt werden können. Es macht wenig Sinn, überall Prozesse zu digitalisieren, sondern nur da, wo sie wirklich Potenziale haben. Hierzu können auch qualitative und quantitative Aspekte hinzugezogen werden, die sich auch positiv auf die Produktivität auswirken. Bei der Auswahl von IT-Systemen ist darauf zu achten, dass deren integrative Betrachtung auch zu ganzheitlichen Produktionssystemen führt.[86]

[84] vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 325.
[85] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Lipsmeier et al., 2019, S. 325.
[86] vgl. Weber, 2021, S. 87.

4.2 Handlungsfelder und Auswirkungen auf die Marktleistung (Produkte & Services)

Dieses Kapitel beschreibt die Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau, die Kundenfokussierung und die Auswirkungen auf das Produktportfolio. Viele Unternehmen beginnen meist zuerst mit der Optimierung und Einführung von digitalen Tools bei sich intern, um schneller und effizienter zu werden, was zuvor beschrieben wurde. Dabei kann es vorkommen, dass die Anforderungen der Kunden im Zusammenhang mit der Digitalisierung und den Maschinen außer Acht gelassen werden. Abbildung 20 führt Aspekte auf, die Kunden von Maschinenbauern erwarten oder zum Teil sogar schon als Selbstverständlichkeit sehen.

Abbildung 20: Aspekte, die Kunden mit der Digitalisierung verbinden[87]

Um die Anforderungen der Kunden weiter erfüllen zu können, ist es wichtig, nicht nur das Kerngeschäft zu sichern, sondern auch an Produkterweiterungen und neuen Geschäftsmodellen zu arbeiten. Zur besseren Übersicht, welche Handlungsfelder auf den Maschinenbau zukommt, ist in Abbildung 21 zusammenfassend beschrieben. Eine detaillierte Ausführung erfolgt in den folgenden Teilkapiteln.

[87] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Plovs, 2021, www.visioneleven.com; siehe auch: Deloitte, 2020, S. 7.

Sicherung Kerngeschäft	Transformative Geschäftsmodelle	Disruptive Geschäftsmodelle
• Prozessdigitalisierung • Nutzung digitaler Marketing- und Vertriebskanäle • Erlernen neuer Methoden	• Erschließung neuer digitaler Geschäftsmodelle • Nutzung von z.B. datenbasierten Service-, Nutzungs-, oder Pricing-Modellen	• Revolutionierung bestehender Geschäftsmodelle • Entwicklung innovativer Produkte und Angebote
Effekt • Effektivitäts- und Effizienzsteigerung • Steigerung Umsatzpotential • Stärkung der Wettbewerbsposition	**Effekt** • Gewinnung neuer Zielgruppen • Erschließung neuer Erlösquellen	**Effekt** • Proaktivität mit Blick auf zukünftige Entwicklungen • Aktive Disruption – statt disruptiert zu werden

Abbildung 21: ganzheitliche Betrachtung von Handlungsfeldern im Bereich Produkte und Services[88]

4.2.1 Bestehende Produkte

Das Kerngeschäft des mittelständischen Maschinenbauers besteht meistens aus einem Produkt, besser gesagt einem „Hardware-Produkt“, zum Beispiel einer Maschine, einem Modul oder einer integrierten Systemlösung und zunehmend auch Dienstleistungen im Sinne von Service- und Wartungsdienstleistungen. Mit diesen Produkten besetzt der Maschinenbauer eine Nische, die durch Produktinnovationen und ständigen technischen Verbesserungen erhalten bleibt und die er innerhalb der wirtschaftlichen und technischen Realisierbarkeit umsetzen kann. Die Maschinen sind meist hochspezialisiert und exakt auf Kundenanforderungen angepasst, die durch die Erfahrung, der technischen Lösungsfindung und dem zusammengetragenen Prozesswissen den Platz in der Nische sichert. Zusätzlich zeichnet den mittelständischen Maschinenbau Individualität, Qualität und Flexibilität inklusive einem hohen Anpassungsgrad aus, wodurch der enge Kundenkontakt stets gepflegt wird. Im Bereich der Dienstleitungen stehen primär die Beratung im Bereich des Customizings und das Engineering, sowie die Instandhaltung oder der Retrofit von Maschinen oder integrierten Systemlösungen. Die Nachfrage nach erweiterten und digitalisierten Dienstleistungen wird auch im Bereich des Maschinenbaus immer stärker, was in Kapitel 4.2.2 näher beschrieben wird. Aktuell sieht sich der Maschinenbau eher als Produkthersteller und nicht als Service-Provider, wie Abbildung 22 darstellt.[89]

[88] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Wachter, o.J., www.wdp.de.
[89] vgl. Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 105; siehe auch: Born, 2018, S. 20; Vogt et al., 2021, S. 522ff.; Pfeiffer et al., 2016, S. 64.

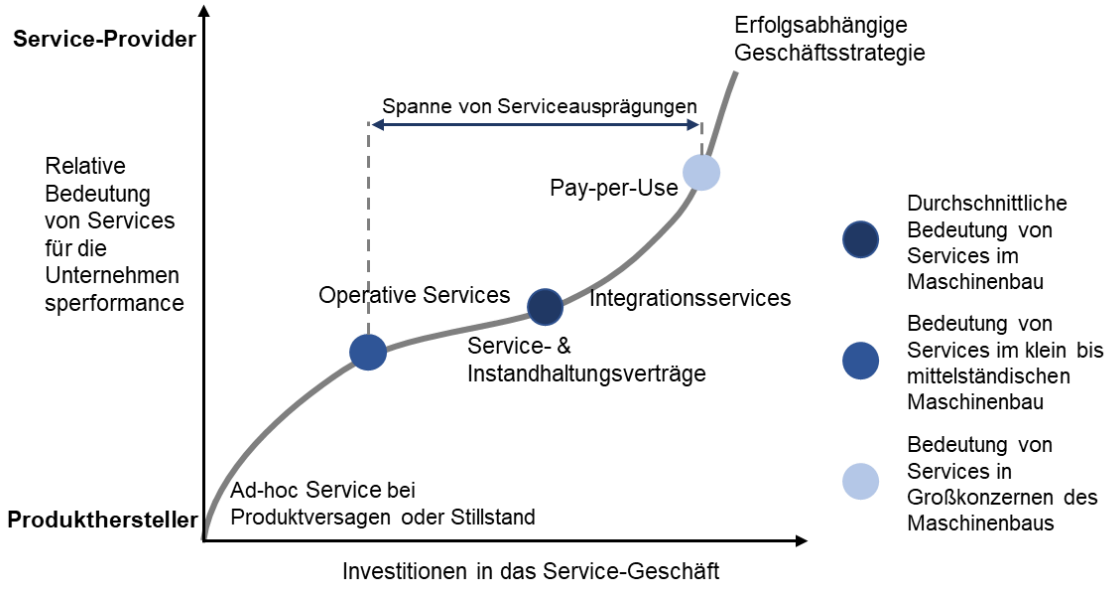


Abbildung 22: Positionierung von Maschinenbauern[90]

Einige Maschinenbauer stagnieren bei den Weiterentwicklungen der Maschinen, indem sie konstruktiv, materiell oder technologisch an die Grenzen geraten und somit den Kunden keine Neuerungen liefern können. Die Digitalisierung wird oftmals als Schlüssel für weitere neue Innovationen im Maschinenbau gesehen, die sich sowohl in bereits vorhandene als auch neue Produkte integrieren lassen. Sogenannte „Intelligente Produkte“ oder „Smart Products“ sind CPS, die dem Kunden und dem Unternehmen aufgrund von Vernetzung neue Funktionen und Eigenschaften selbst bieten. Mit Hilfe der eingebauten Sensoren in den Maschinen oder Komponenten können Informationen über die Umgebung und den Status abgerufen werden. Sowohl die Konnektivität, die eine Machine-to-Machine Kommunikation ermöglicht, als auch die integrierten Schnittstellen, die die Interaktion mit dem Benutzer erlaubt, sind Beispiele für die Funktionen von intelligenten Produkten. Kommunikationsfunktionen und Selbstmanagement, gepaart mit dezentraler Entscheidungsfindung und autonomen Arbeitsabläufen der Smart Products bringen ganz neue Geschäftsmodelle auf den Weg. Welche Eigenschaften typisch für intelligente Produkte sind, wird in Abbildung 23 abgebildet und zusammenfassend erklärt.[91]

[90] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S.107; siehe auch: Altmann, 2017, www.deloitte.com
[91] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 6

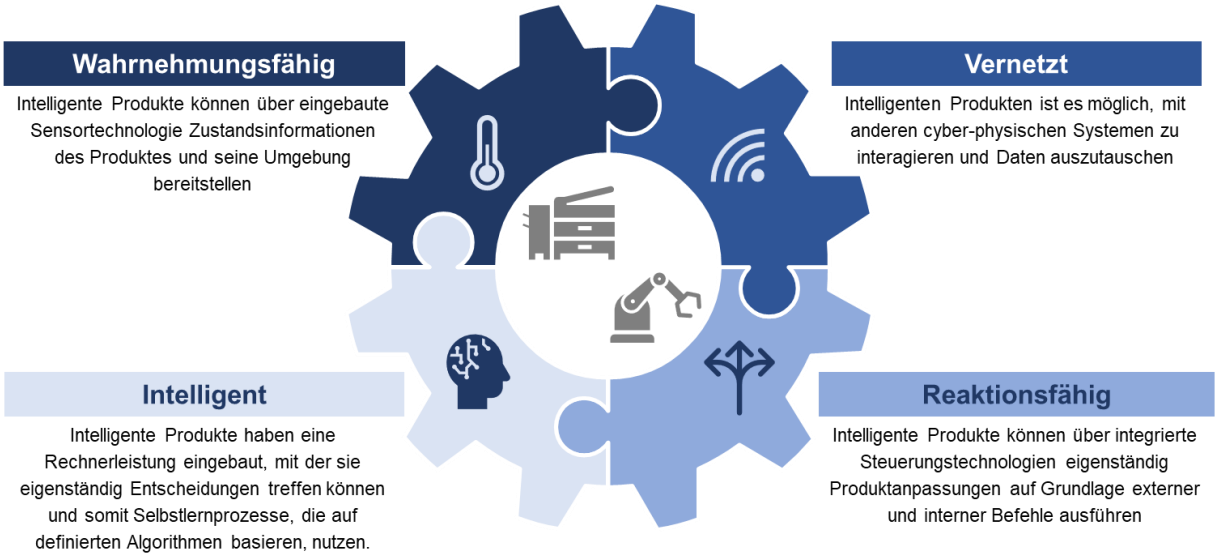


Abbildung 23: Eigenschaften intelligenter Produkte[92]

Durch CPS werden nicht nur Maschinen intelligent, auch beim Kunden können die Maschinen im Verbund als intelligente Fabrik wirken. Über diese Infrastruktur sind folgende Produktfunktionen möglich:

- Intelligente Produkte überwachen ihren Zustand. Daraus lassen sich auch Erkenntnisse zur Nutzung und Leistung der jeweiligen Maschine oder dem Verbund ziehen.
- Komplexe Produktvorgänge können über Fernzugriffsoperationen gelenkt werden. Auf diese Weise können Nutzer Leistung, Funktion oder die Schnittstelle von Produkten anpassen, ohne vor Ort sein zu müssen.
- Die Kombination aus diesen beiden, also den Überwachungsdaten und der Fernsteuerung, bieten neue Möglichkeiten zur Optimierung durch Algorithmen. Diese können Leistung, Betriebszeit und Auslastung entscheidend verbessern, oder aber die Zusammenarbeit in Netzwerken positiv beeinflussen.
- Das endgültige Zusammenspiel von Überwachungsdaten, Optimierungsalgorithmen und Fernsteuerung gestattet Autonomie. So können Produkte lernen, sich an das Umfeld anpassen, sich selbst zu aufrechtzuerhalten und eigenständig zu arbeiten.

Weitere Vorteile, die Smart Products mit sich bringen, sind beispielsweise die adaptiven Leistungsmerkmale oder die schnelle Angleichung an Kundenwünsche. Ein Beispiel dafür ist eine Maschine, die in einem maschinellen Netzwerk interagiert und eigenständig Wartungsbedarfe

[92] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Bechtold et al, 2014, S. 6.

festlegen kann. Mit diesem Selbstmanagement ist ein Eingreifen nur noch bei Wartung oder Support durch den Menschen notwendig. Durch die IoT sind die vernetzten Maschinen in der Lage, Anbieter und den Kunden näher zu verbinden. Mit den produktbasierten Daten der Maschine ist es dem Hersteller möglich, weiterhin Produktinnovationen an der Maschine vorzunehmen, neue Servicemodelle zu entwickeln oder Kundennutzen zu schaffen.[93]

Als Grundlage für intelligente Produkte und Basis für CPS dienen Daten. Diese liefern Erkenntnisse aus den vernetzten Maschinen, die sowohl Unternehmen, Partner als auch den Kunden von Nutzen sein können, um die Produkte und deren Leistung zu verbessern. Mit Hilfe von einfachen Analysen, die von den Maschinen auf ihre eigenen Daten betrieben werden, liefern sie entscheidende Einsichten, wohingegen bei anspruchsvolleren Analysen, die auf die Maschinen betrieben werden, sowohl externe als auch unternehmenseigene Datenquellen zusammengeführt und angewandt werden, weit tiefere Einsichten liefern. Abbildung 24 hat dies als ein Prozessablauf kompakt zusammengefasst.[94]

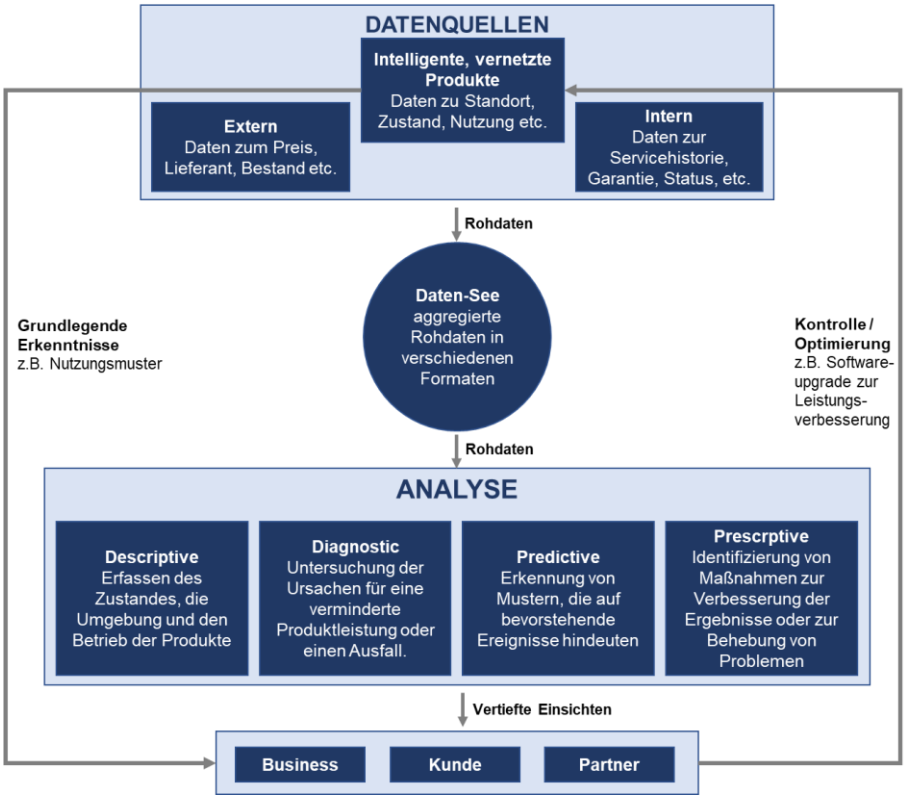


Abbildung 24: Daten als Grundlage für intelligente Produkte[95]

[93] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 6; siehe auch: Digitalisierungsindex, 2019, S. 6; Dorst, 2019, S. 9; Kagermann, 2013, S.5; Vogt et al., 2021, S. 521; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org; Schuh et al, 2017, S. 10, 38; Lichtblau, 2015, S. 13.
[94] vgl. Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[95] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Digitalisierung viele Möglichkeiten im Bereich der bereits bestehenden Produkte bietet, die die Unternehmen auf jeden nutzen müssen, da sie zum einen unter dem Handlungsdruck von Seiten des Kunden stehen und zum anderen die Wetterbewerber auch diese Technologien nutzen. Als größte Trends in diesem Bereich sind die moderne Datenanalyse, Data Science, Big Data, KI, IoT, M2M, Sensorik, Remote- & Predictive Maintenance und Smart Factory zu nennen. Nachdem die Datenbasis in den Maschinen geschaffen wurde, sind entsprechende CPS zu integrieren. Aus dem gemeinsamen Zusammenspiel von aller Faktoren, lässt sich ein Wissensmanagement im Unternehmen generieren, welches charakteristisch für moderne mittelständische Maschinenbauer ist. Der Fokus „Kunde“ darf dabei niemals aus den Augen gelassen werden und er muss bereits bei bestehenden Produkten die Basis für die späteren neuen Geschäftsmodelle gelegt werden. Das bedeutet auch, dass bereits hier erste Benefits erzeugt werden müssen, die dann als Standard bei allen Maschinen oder Komponenten gelten.

4.2.2 Produkterweiterung durch neue Geschäftsmodelle

In Kapitel 4.2.1 wird erwähnt, dass immer mehr Kunden auch im Maschinenbau neue Geschäftsmodelle fordern. Wie in Abbildung 22 dargestellt, ist der mittelständische Maschinenbau noch am Anfang der Investitionen für das Service-Geschäft. Welche Geschäftsmöglichkeiten mit der Digitalisierung offenstehen und wie diese in der Strategie verankert werden können, wird nun näher erläutert. Betrachtet man die heute schon existierenden digitalen Plattformen und deren Mehrwertdienste, zeigt sich, dass die Mehrheit der Maschinenbauer diese als Absicherung der Wettbewerbsfähigkeit, ohne eigene Monetarisierung, nutzt. Auch Modelle wie „X-as-a-Service“ wird von der Mehrheit als wenig relevant angesehen, was jedoch daran liegen mag, dass die strategische Notwendigkeit noch zu wenig gesehen wird.[96] Durch die vernetzten und intelligenten Maschinen im IoT können Daten in allen Lebensphasen erzeugt werden, aus denen neue Serviceangebot, Ertrags- und Geschäftsmodelle entwickelt werden. Im Fokus des Unternehmens darf nicht nur das Produkt und die Produktion stehen, sondern muss um die Dienstleistungen und Services erweitert werden. Hinzukommt, dass mehr ergonomische Tools auf den Markt drängen, wie zum Beispiel Analysemodule oder automatische und intelligente Entscheidungsfindungen für Handlungsempfehlungen.[97]

[96] vgl. VDMA, 2020, S. 23; siehe auch: Becker et al., 2017, S. 284f.
[97] vgl. Vogt et al., 2021, S. 522f.; siehe auch: Bechtold et al, 2014, S. 7; Dorst, 2019, S.8; Schuh et al, 2017, S. 42f.

Als Grundlage für neue digitale Geschäftsmodelle kann, wie bei den bisherigen Geschäftsmodellen auch, das magische Dreieck von Gassmann verwendet werden, welches in Abbildung 25 dargestellt ist, in diesem Zusammenhang aber nicht näher erläutert wird. Kunde, Nutzenversprechen, Wertschöpfungskette und Ertragsmechanik, sind auch bei digitaler Innovation zu erfüllen, um das neue Produkt erfolgreich werden zu lassen.[98]

Abbildung 25: Das magische Dreieck eines Geschäftsmodells[99]

Bei der Vorgehensweise zur Entwicklung von digitalen Geschäftsmodellen ist eine Unterscheidung zur traditionellen Entwicklung zu sehen. In Abbildung 26 werden allgemein beide Vorgehensweisen gegenübergestellt und näher beschrieben. Bei der Transformation werden anhand digitaler Technologien Mehrwerte für Mitarbeiter, Partner im Geschäftsumfeld und Kunden geschaffen, woran zu erkennen ist, dass es nicht nur das Unternehmen, sondern alle betrifft. Ein großer Vorteil bei der State-of-the-Art Vorgehensweise ist, dass die Kunden beim Prozess ständig inkludiert sind und nicht erst nach der kompletten Entwicklungszeit das Endergebnis sehen. Durch agiles Arbeiten und die Nutzung von Design Thinking und dem Minimal viable Product (MVP) können auf diese Weise zielgerichtet Kundenanforderungen aufgenommen und eingearbeitet werden.[100]

[98] vgl. Gassmann, Frankberg, Choudury, 2021, S. 9; siehe auch: Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 5ff.
[99] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Gassmann, Frankberg, Choudury, 2021, S. 9.
[100] vgl. Lerch, 2020, www.digital-experts.com.

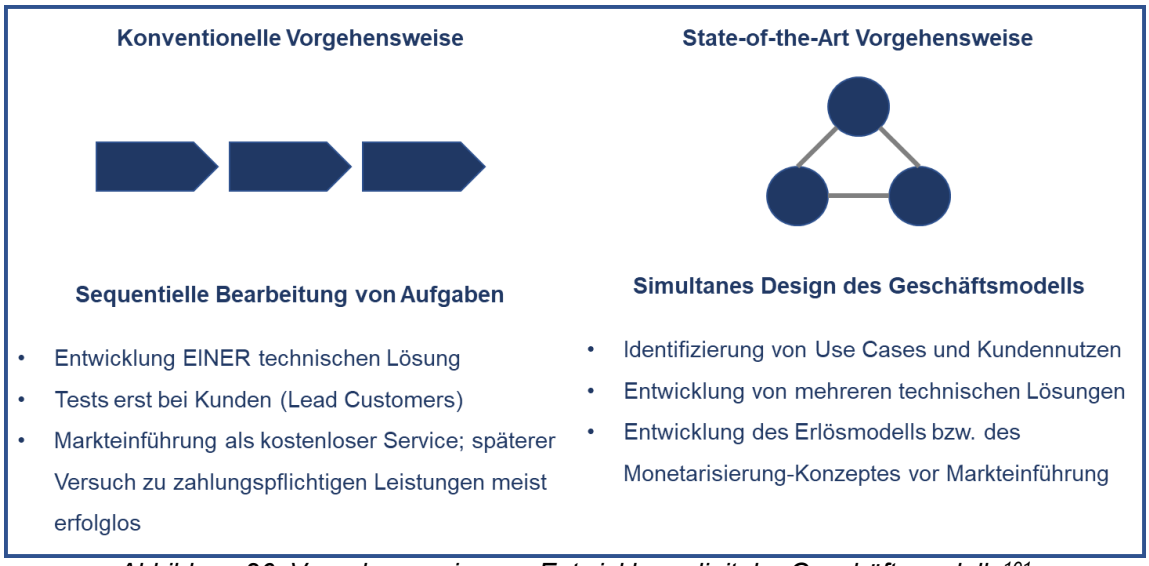
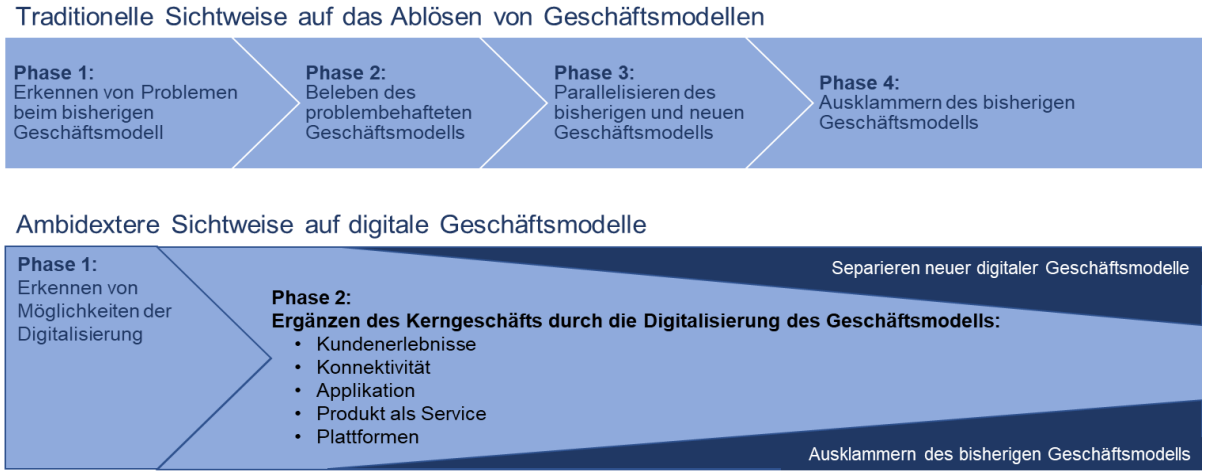


Abbildung 26: Vorgehensweise zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle[101]

Bei der Ablösung von Geschäftsmodellen lassen sich bei einer Gegenüberstellung traditioneller und digitaler Geschäftsmodellen große Unterschiede erkennen, die in Abbildung 27 als Prozessdarstellung abgebildet sind. Bei der klassischen Sichtweise werden bisherigen Geschäftsmodelle von digitalen vollständig abgelöst und marginalisiert, wie im oberen Strang in den vier Phasen dargestellt ist. Bei der neuen Sichtweise folgt dem Erkennen von Digitalisierung eine Phase der Ergänzung, in der das Unternehmen die alten Geschäftsmodelle nicht ablöst, sondern durch digitale Geschäftsmodelle ergänzt. Auf diese Weise können beide Geschäftsmodelle Hand in Hand betrieben werden und die digitalen Produkte sichern zusätzlich Wachstum. Zusätzlich stärken sie die Position des Maschinenbauers im Wettbewerbskampf und führt zu mehr Produktivität im Unternehmen selbst.[102]



[101] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Bellersheim, 2016, S. 17.
[102] vgl. Dorst, 2019, S. 28; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org; Lichtblau, 2015, S. 47; Weber, 2021, S. 83.

Abbildung 27: Traditionelle und ambidextere Sichtweise auf digitale Geschäftsmodelle[103]

Auf Grundlage des magischen Dreiecks und dem Bewusstsein, wie traditionelle und digitale Geschäftsmodelle zu sehen sind, werden im nächsten Abschnitt verschiedene neue Geschäftsmodelle aufgezeigt und kurz beschrieben. In Abbildung 28 sind fünf generelle Konzepte zusammengefasst und nach disruptiven und evolutionären Ausprägungen eingeordnet.

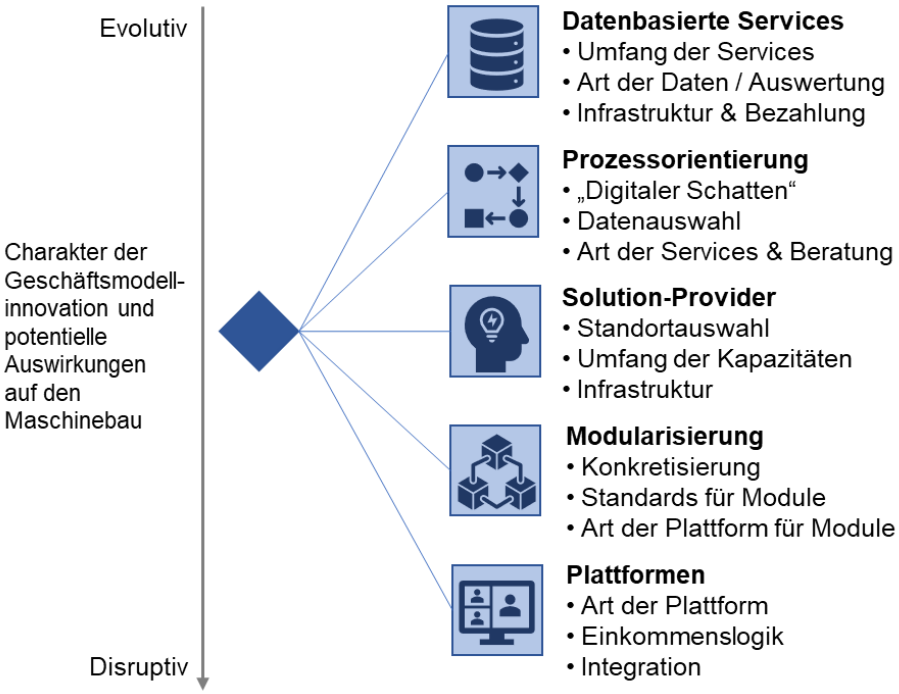


Abbildung 28: neue Geschäftsmodelle durch die Digitalisierung im Maschinenbau – Strategien und Konkretisierung der digitalen Anwendungen[104]

Datenbasierte Services

Ziel dieses Geschäftsmodells ist es, die Produktivität, Energieeffizienz und Qualität zu steigern, je nach Anforderung der Kunden. Trends wie Predictive Maintenance oder sogar die intelligente Optimierungsdienstleistung spielen hierbei eine große Rolle. Als Beispiel dient hier die Zusage zur Optimierung des OEE oder die Einsparung von Energiekosten, die auf Grundlage von Datenauswertungen Kennzahlen ausgeben und verfolgt werden können. Das Kernelement ist die zeitnahe Datenübermittlung, womit die Echtzeitfähigkeit der Daten in einer IT-Umgebung, wie zum Beispiel der Cloud erfolgen muss. Im Nachgang sind performante Datenauswertungen und Simulationen notwendig, damit Verbesserungspotenziale abgeleitet

[103] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Dorst, 2019, S. 28.
[104] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 116.

werden können. Als Bezahlkonzepte können „Pay-per-Improvement“ (Prozessverbesserung) oder „Pay-per-Saving“ (Einsparung durch Verbesserung) gesehen werden.[105]

Prozessorientierung

Dieses Geschäftsmodell zielt auf Prozessoptimierung von ganzen Fertigungsprozessen ab, wobei die datenbasierten Services mit den Einzelmaschinen als Basis vorhanden sein müssen. Als Weiterentwicklung zum vorherigen Service wird das Prozess-Knowhow der kompletten Fertigungsprozesse gesehen. Mit dieser Ausprägung ist es beispielsweise möglich, dass eine neue Maschine für den Kunden automatisch aus den vorhanden Datensätzen vorgeschlagen werden kann. Für die interne Kommunikation zwischen Anlagen- und Produktentwickler können diese Daten zum einen eine Beschleunigung und Verbesserung des Informationsaustausches, zum anderen eine gesteigerte Transparenz bieten.[106]

Solution-Provider

Als Lösungsanbieter zielt dieses Modell darauf ab, durch digitale Überwachung dem Kunden hochverfügbare Anlagen oder Komponenten zur Verfügung zu stellen, die er rein nach Nutzen bezahlt. Das Betreibermodell wird somit durch die Digitalisierung möglich, da der Finanzierungsaspekt und die Kostenstruktur klarer aufgezeigt werden können. Auf diese Weise kann der Kunde durch Umwandlung seiner fixen Kosten für die Maschine durch variable Kosten für die Nutzung erhöhen. Hierbei ist es aber wichtig, dass der Maschinenbauer das Prozess-Knowhow des Kunden hat und somit auch für dessen Prozess die Verbesserungen rausholen kann. Denn jede Verbesserung bringt Geld für den Unternehmer und nicht für den Kunden. Bezahlungsmodelle können hier zum Beispiel das „Pay-per-Piece“ oder „Pay-per-Hour“ sein. Gewinnbringend ist dieses Modell vorwiegend durch den Einsatz von Fernwartung und vorausschauender Instandhaltung auf Basis von Sensordaten. Servicemitarbeiter werden nur dann vor Ort geschickt, wenn wirklich die Notwendigkeit besteht, um die Wartung oder Instandhaltung durchzuführen.[107]

Modularisierung

Diese Strategie fußt darauf, dass durch Daten und unterschiedliche Anforderungsprofile, Prozesse auf Hard- und Softwareebene gebündelt werden. So können Maschinen schnell und individuell an die Anforderungen des Kunden angepasst werden. Über den Verkauf oder die

[105] vgl. Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 117; siehe auch: Bechtold et al, 2014, S. 7; Lichtblau, 2015, S. 13.
[106] ebenda, S. 118; siehe auch: Hermanni, 2016, S. 59.
[107] ebenda, S. 118f.; siehe auch: Gassmann, Frankberg, Choudury, 2021, S. 331ff.

Vermietung von Modulen, wohingegen bei der Software monatliche Raten vorstellbar sind, wird ein Erlös erzielt. Bei der Entwicklung der Hardware sind zunehmend die Zulieferer miteinzubinden, wobei auch ein Auslagern der Entwicklungsleistungen denkbar ist. Die Softwareentwicklung der Module sollte aber im eigenen Unternehmen behalten bleiben.[108]

Plattformen

Die letzte Geschäftsform sieht IT-Plattformen im Fokus, über die Produkte, vornehmlich Software-Apps oder Hardware Module verkauft werden können, oder aber die Interaktion und der Austausch mit dem Kunden stattfindet. Über diese Plattform kann sich der Kunde über Neuheiten erkundigen, Softwareupdates laden oder gar komplette Module neu bestellen. Das Erlösmodell hinter diesem Modell ist eine Gebühr, die je nach Strategie monatlich oder jährlich bezahlt werden muss. Services, die über dies Plattform angeboten werden, haben jedoch ein eigenes Erlösmodell hinterlegt und bergen zusätzliche Kosten für den Kunden. Wichtige Kriterien bei den Plattformfunktionalitäten sind Verfügbarkeit, Performance, Skalierbarkeit und Kundenfreundlichkeit. Zusätzlich stehen Kunden die Applikationen und die Dokumentation der einzelnen Mehrwerte im Vordergrund.[109]

Zu den Strategien gibt es auch Erlösmodelle, über die sich Maschinenbauer im ersten Schritt klar werden und sie verstehen müssen. Auf diese Modelle bauen die einzelnen Geschäftsmodelle auf. Auch die Anpassung von Prozessen oder der Aufbauorganisation, vorwiegend der Finanzprozesse und der entsprechenden Systeme, ist ein nicht zu unterscheidender Faktor.[110] Abbildung 29 zeigt sieben verschiedene Erlösmodelle auf. Bei der Einmalzahlung bezahlen Kunden traditionell die Maschine, die nach dieser in deren Besitz übergeht. Beschafft sich ein Kunde die Maschine über Leasing, so kauft er diese nicht komplett, sondern zahlt monatlich eine fixe Gebühr und kann diese nach Ablauf der Vertragslaufzeit „herauskaufen“. Eine Besonderheit hierbei ist, dass eine Kooperation zwischen dem Maschinenbauer und einer Leasinggesellschaft geschlossen wird. Somit geht eine mögliche Bestellung nicht nur an das Fertigungsunternehmen, sondern auch an die Leasinggesellschaft, die diese prüft und dann mit dem Kunden zusätzlich einen Vertrag schließt.

[108] vgl. Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 120; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[109] ebenda, S. 122f.; siehe auch: VDMA, 2020, S. 26; 29; Plovs, 2021, www.visioneleven.com.
[110] vgl. Weber, 2021, S. 86f. siehe auch: Deloitte, 2020, S. 9.

Abbildung 29: verschiedene Möglichkeiten von digitalen Geschäftsmodellen[111]

Ein schon neueres und noch nicht so verbreitetes Modell ist der Servicevertrag. Dabei kauft der Kunde über Einmalzahlung oder Leasing die Maschine, der Maschinenbauer bietet zusätzlich aber noch ein „Rundum-sorglos-Paket", das regelmäßige Wartungen und Inspektionen der Maschinen und Verschleißteile sowie Reparaturen beinhaltet. Bei der Verfügbarkeitsgarantie steht der Maschinenbauer für seine Maschine ein und übernimmt die operative Garantie, indem er die Kontrolle über die Wartung hat. Normalerweise kauft der Kunde die Maschine und entrichtet monatlich einen servicerelevanten Anteil an den Maschinenbauer. Im Gegenteil dazu wird bei der monatlichen Subskription keine Maschine mehr gekauft, sondern der Kunde zahlt monatliche eine fixe Nutzungsgebühr. Dieses Paket enthält sowohl Service, Wartung, Software-Updates und Verschleißteile. Das Nutzungsbasierte Erlösmodell ist noch stärker auf die reine Nutzung der Maschinen ausgerichtet, was bedeutet, dass wenn die Maschine steht und nicht produziert, der Kunde auch nicht dafür bezahlt. Eines der extremsten Modelle ist das Output-basierte Subskriptionmodell, da hier der Kunde lediglich das Ergebnis, welches die Maschine generiert, bezahlt.[112]

Diese Erlösmodelle werden über lösungsgetriebene Dienstleistungsgeschäftsmodelle betrieben, die zunehmend gefertigte Produkte ergänzen oder zum Teil sogar ablösen. Diese transaktionsbasierten Geschäftsmodelle sind auch als „as-a-Service"-Modelle bekannt, die in Abbildung 30 bildlich für den Maschinenbau zusammengefasst sind, jedoch nur einen Bruchteil der Möglichkeiten darstellen. Charakteristisch für diese Modelle ist, dass Kunden Zugang zum Produkt erhalten, indem sie eine Gebühr zahlen, welche auf der realen Verwendung oder nutzenorientierten Messgrößen basiert. Der Kern dieser Modelle ist, dass der Kunde rein die

[111] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Deloitte, 2020, S. 9.
[112] vgl. Deloitte, 2020, S. 9; siehe auch: Gassmann, Frankberg, Choudury, 2021, S. 331ff.

Nutzung oder das Ergebnis bezahlt und nicht somit nicht die Produkte als Ganzes kauft oder bezahlt.[113]

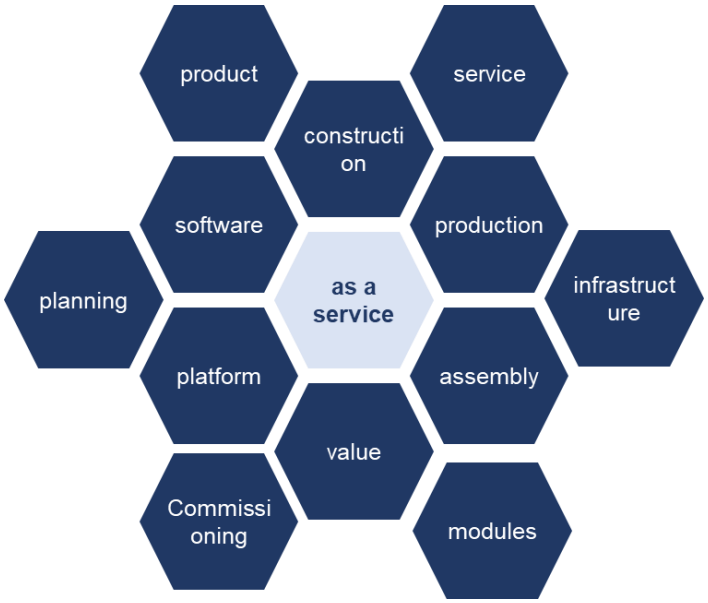


Abbildung 30: as-a-services als transaktionsbasierte Geschäftsmodelle[114]

Die Einführung von digitalen Service-Geschäftsmodellen bedarf langer und guter Vorbereitung, da sowohl die technische Komplexität als auch die Umstellung des Unternehmens bestimmter Faktoren unterzogen werden muss. Abbildung 31 zeigt fünf der wichtigsten Erfolgsfaktoren für digitale Geschäftsmodelle auf. Um dem Kunden datenbasierte Services anbieten zu können, ist die Voraussetzung, Daten verfügbar zu machen. Dabei müssen ältere Maschinen nachgerüstet werden, damit sie mit dem Internet verbunden sind. Bei neuen Maschinen sollte es zum Standard gehören, diese mit Sensortechnik und Anbindung an eine Connectivity-Plattform, an den Kunden auszuliefern. Als zweiten Schritt ist es wichtig, die richtigen Kunden für erste Serviceangebote auszuwählen, denn nicht alle Kunden wollen oder sind für diese Services geeignet. Hierzu ist es sinnvoll eine ausführliche Kundenanalyse vorzunehmen, in der Faktoren wie Dauer der Kundenbeziehung, Maschinenparkzustand oder Kompetenz des internen Wartungsteams hinzugezogen werden. Wie zuvor beschrieben, ist es wichtig, Prozesse, vor allem im Finanzbereich anzupassen. Subskriptions- oder output-basierte Modelle wirken sich auf die Zahlungsströme anders als die traditionellen Einmalzahlungen aus und könnten bei einer kompletten Umstellung eine enorme Cashflow-Veränderung auslösen.

[113] vgl. Schuh et al, 2017, S. 42f.; siehe auch: Gassmann, Frankberg, Choudury, 2021, S. 274ff., 372ff.; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[114] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Born, 2018, S. 44ff.; siehe auch: Schuh et al, 2017, S. 42; Dorst, 2019, S. 28f.; Haselbauer, 2016, S. 198; Mockenhaupt, 2021, S. 200; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

Hierzu ist es sinnvoll, sich bei Leasingfirmen, Versicherungsunternehmen oder Banken, die sich auf genau solche Zahlungsmodelle spezialisiert haben zu informieren. Wie schon in Kapitel 4.1.2 beschrieben, ist bei den neuen Services ein wichtiger Erfolgsfaktor, dass die Mitarbeiter in diesem Veränderungsprozess inkludiert werden. Als letzter Erfolgsfaktor ist das Nutzen von Predictive Maintenance-Technologie, durch die Wartungskosten enorm gesenkt werden können. Maschinenbauer übernehmen durch einige Services oder Geschäftsmodelle auch das Risiko von Maschinenausfällen und auch die Verantwortung für optimale Wartungsarbeiten. Mithilfe dieser Technologie ist eine Identifikation, Organisation und Durchführung der Wartungsarbeiten und interne Kosteneinsparungen möglich.[115]

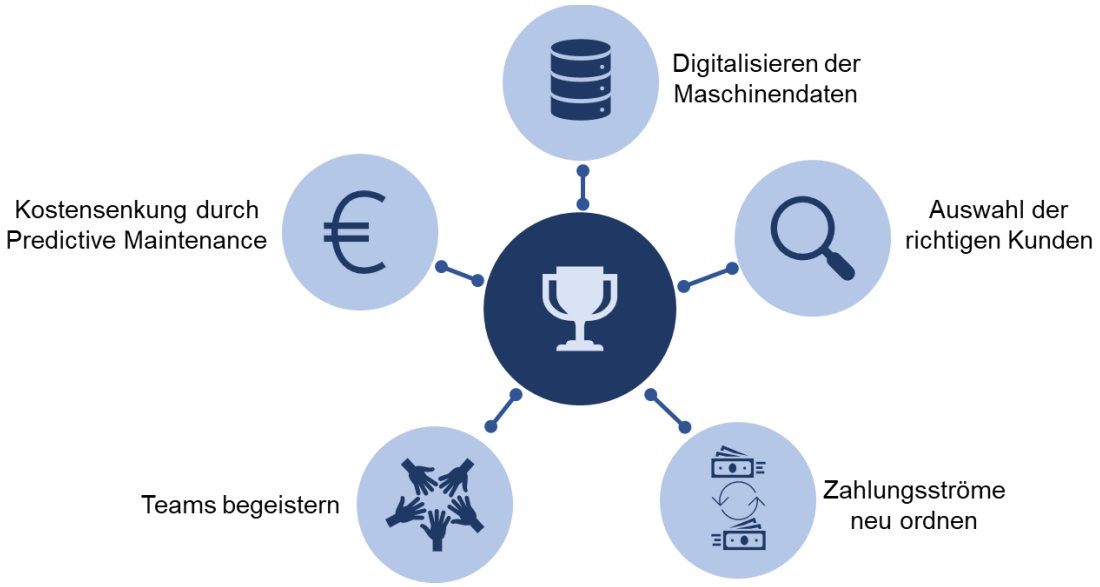


Abbildung 31: Erfolgsfaktoren für digitale Services im Maschinenbau[116]

Viele dieser Geschäftsmodelle und Trends finden schon heute Anwendung im Maschinenbau. Im Bereich der Aufzüge und Fahrtreppen sind Plattformen und Monitoring-Tools für zukünftig auftretende Wartungen und Störungsmeldung im Einsatz. In der Fördertechnik kommen fahrerlose Transportsysteme, vernetzte und hochautomatisierte Intralogistiklösungen oder digitales Flottenmanagement zum Einsatz. Die Holzverarbeitung beispielsweise wendet den Digitalen Zwilling bei der virtuellen Inbetriebnahme und der Losgröße-1- Fertigung beim Kunden an. App-basierte Steuerungs- und Bediensysteme und Plattformen für Condition Monitoring für die zukünftige Wartung sind digitale Tools im Werkzeugmaschinenbau. Doch auch Trends wie

[115] vgl. Deloitte, 2020, S. 18 ff.
[116] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Deloitte, 2020, S. 17.

Data Analytics, Augemented Reality, Predicitve Technologien, Remote-Monitoring, -Service, -Inbetriebnahmen oder Robotik finden Anwendung in den neuen Geschäftsmodellen.[117]

Im Großen und Ganzen stehen für den Endkunden des Maschinenbaus sowohl Plattformen als auch Mehrwertdienste im Vordergrund, wobei ersteres als „Enabler“ für Analytics-Applikationen fungiert. Bei den Services entscheiden Kunden nach ROI-Kriterien, die sich dann positiv sowohl operativ als auch finanziell positiv niederschlagen müssen oder ein dringendes Problem beim Kunden sichtlich lösen. Beispiele für Kennzahlen sind OEE, Wartungs- und Instandhaltungskosten, Ressourcenverbrauch oder Stillstandzeiten. Durch die Fokussierung auf das Kundenerlebnis, die Applikation, die Konnektivität, der Plattform und dem Produkt als Service, können Maschinenbauer Kundenbeziehungen und -erlebnisse verbessern und sich gegenüber dem Wettbewerb differenzieren. Durch die Datengewinnung aus den Services lernen sie nicht nur den Kunden besser kennen, sondern auch ihre eigenen Produkte, die sie dadurch noch mehr optimieren oder neue Services schnüren können.

4.2.3 Innovation & Entwicklung

Veränderungen gibt es nicht nur bei den bestehenden oder neuen digitalen Produkten, sondern auch bei deren Weiter- und Neuentwicklung, sowie bei Innovationen und Prozessinnovationen. Die Geschäftsmodelle des Maschinenbaus sind aktuell traditionell und kaum dynamisch, was sich auch beim Innovationsfokus bemerkbar macht. Dieser liegt primär auf der Verbesserung von Technologien und Qualität der physischen Maschinen und Modulen. Geprägt durch Start-Ups im Bereich der Digitalisierung entwickeln sich neue Herangehensweisen, wie Design Thinking, agiles Vorgehen, wie schon in Kapitle 4.1.3 kurz beschrieben wurde oder die Idee über Unternehmensgrenzen hinweg erweiterte Innovationen voranzutreiben. Ziel dabei ist, dass Innovationen und Ideen mit einer breiten Unterstützung angetrieben werden, indem aber auch Innovationsprozesse für Kunden und Partner offengelegt werden. Für den klassischen Maschinenbauer auf den ersten Blick undenkbar, denn darin lagen die größten Unterschiede zum Wettbewerber. Aus der Erfahrung der IT-Branche ist dieses Konzept als Open-Source-Plattform bekannt und funktioniert sehr gut. Die Weitergabe von Knowhow und Austausch mit externen Partnern führt dazu, dass nachhaltige Innovationen und Wettbewerbsvorteile entstehen. Innovationsaktivitäten der Maschinenbauer werden sich stärker an den Kunden ausrichten und durch einen intensiveren Informationsaustausch deutlich an Fahrt aufnehmen. Mit Hilfe eines gemeinsamen Innovationsprozesses zwischen Partner und Kunden

[117] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 22; siehe auch: Lichtblau, 2015, S. 44; Mockenhaupt, 2021, S. 199f.; VDMA, 2020, S. 31; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

wird erreicht, dass sich die Markteinführung und die Innovationstätigkeiten beschleunigt werden. Über das Lösungsökosystem werden Informationen regelmäßig ausgetauscht und führen so zu nachhaltigen Erfindungen. Dies ist in Abbildung 32 bildlich zusammengefasst. [118]

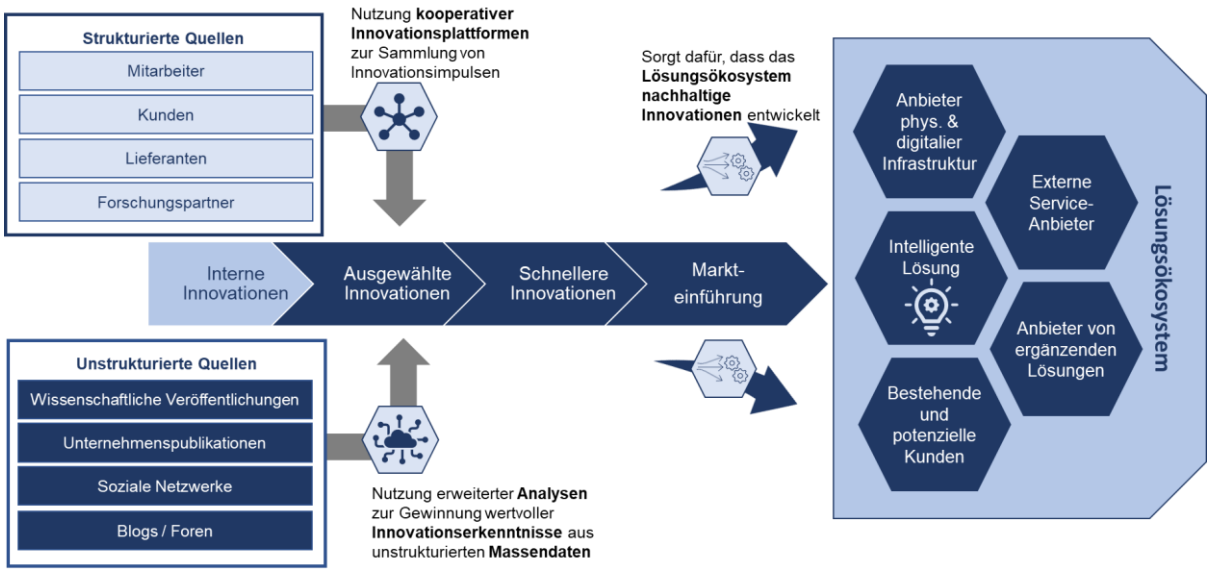


Abbildung 32: Bausteine und Prozessschritte für die erweiterte Innovation[119]

Das Potenzial für Innovationen liegt jedoch nicht nur in Ideen und Neuentwicklungen. Die Digitalisierung bietet neue Möglichkeiten, im speziellen durch die Daten, die entlang des gesamten Produktlebenszyklus gesammelt und durch digitale Tools analysiert werden. Der Unterschied zum bisherigen Product Lifecycle Management (PLM) ist, dass Informationen durch z. B. Maschinenparameter oder Kundendaten verknüpft werden, die wiederum durch Analyse und Verarbeitung für neue Innovation herangezogen werden. Auf diese Weise können beispielsweise Kaufverhalten von Kunden vorhergesagt und Vertriebsaktivitäten können auf Basis von relevanten Daten effizienter und erfolgversprechender gestaltet werden. Voraussetzung für diese Lifecycle Innovationen ist, dass ein weltweiter Zugriff auf dieses System, die Kopplungsmöglichkeit mit übrigen Geschäftsanwendungen und die Bemächtigung, auf Daten anderer ERP-System und MES Systeme möglich ist. Über den „Datensee“ werden so mehr Quellen von Daten zusammengezogen als bei traditionellen PLM Systemen. Abbildung 33 zeigt nochmal das genaue Zusammenspiel. Wie auch die erweiterte Innovation trägt die Lifecycle Innovation zur Steigerung der Innovationsfrequenz und Beschleunigung des Markteintrittes bei. Dies führt zu einem höheren Wachstumspotenzial und Betriebseffizienz, wobei die

[118] vgl. Ternès, Schieke, 2018, S. 37; siehe auch: Bechtold et al, 2014, S. 10f.; Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 104; Plovs, 2021, www.visioneleven.com.
[119] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Bechtold et al, 2014, S. 10.

F&E-Aufwendungen gesenkt werden. Zusätzlich werden Produktlebenszyklen verlängert und der Wert des Lebenszyklus optimiert.[120]

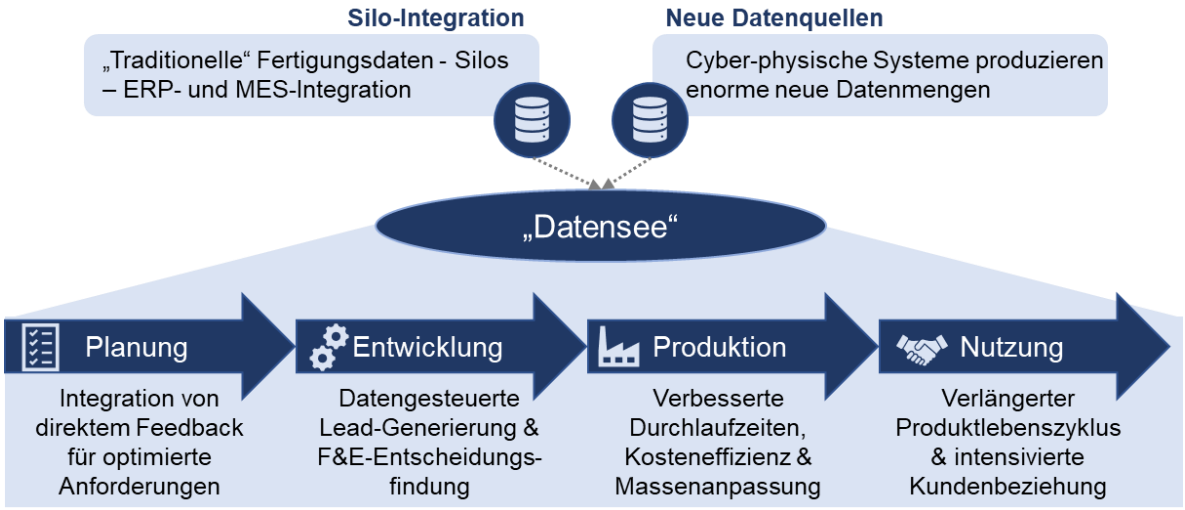


Abbildung 33: Technologische Grundlagen und Auswirkungen eines vernetzten Lifecycles[121]

Insgesamt ist festzuhalten, dass zukunftsweisende Produktinnovation durch die Digitalisierung nach und nach bei den Maschinenbauern ankommen wird. Anforderungen, Anpassungs- oder Veränderungserfordernisse werden durch Kunden formuliert und müssen sich in einer nachhaltigen Produktentwicklung niederschlagen. Der Maschinenbau muss rechtzeitig die Signale der Kunden aufnehmen, um weiterhin den Markt bedienen zu können, der mehr und mehr auf die Digitalisierung ausgelegt ist.[122]

4.3 Handlungsfelder entlang des Geschäftsprozesses / Leistungserbringung

In Kapitel 2.4 wurde die Geschäftsprozesslandschaft eines mittelständischen Maschinenbauers erörtert und in Abbildung 9 dargestellt. Nachdem in den vorangegangenen zwei Kapiteln die Unterstützungsaktivitäten beschrieben wurden, wird hier auf den Hauptprozess eingegangen und beleuchtet. Digitale Technologien und Treiber werden entsprechend ihren Anwendungsfeldern zugeordnet und Herausforderungen für den Prozessschritt näher ausgeführt. Im Allgemeinen ist es wichtig, die bisherigen Geschäftsprozesse zu analysieren und zu überprüfen, welche digitalen Veränderungspotenziale bewertet können. Als Bewertungskategorien können beispielsweise Zeit, Raum, Finanzen und Qualität herangezogen werden. Zusätzlich ist es erforderlich, dass die gesamte Wertschöpfungskette mit vor- und nachgelagerten Prozessen betrachtet wird, und nicht nur auf die Produktionsoptimierungsprozesse geachtet wird.

[120] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 11f.; siehe auch: Plovs, 2021, www.visioneleven.com.
[121] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Bechtold et al, 2014, S. 11.
[122] vgl. Pfeiffer et al., 2016, S. 64; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

Bei der Digitalisierung der Prozesse wird sowohl auf die vertikale als auch horizontale Integration geachtet, um eine bruchlose Vernetzung des Unternehmens zu erreichen. Viele digitale Trends können nur ausgiebig genutzt werden, wenn sie über mehrere Prozessschritte hinweg angewendet werden. Auf ein sogenanntes Reifegrad-Modell wird nicht eingegangen, da dies den Rahmen der Arbeit sprengen würde.[123]

4.3.1 Bereich Forschung & Entwicklung

Am Beginn des Geschäftsprozesses steht die Forschung & Entwicklung (Research & Development), siehe Abbildung 34, vor der die schnelle Veränderung durch die Digitalisierung in technologischer, organisatorischer und kultureller Sicht nicht Halt macht.

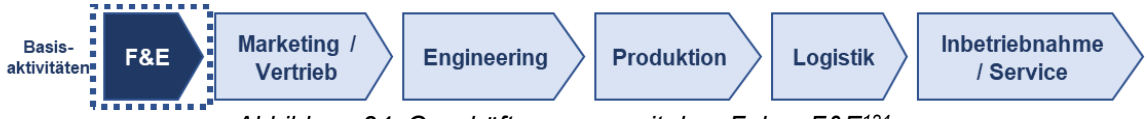


Abbildung 34: Geschäftsprozess mit dem Fokus F&E[124]

Einer der größten Veränderungen zur traditionellen Entwicklung ist, dass die Methode für mechatronische Systeme, wie sie in den VDI-Richtlinien 2221 und 2206 steht, von der Erfahrung abgelöst wird, dass nicht alle Kundenanforderungen zu Entwicklungsbeginn vorhanden sind. Anstelle von starren und fertigen Produkten treten nun Produktvisionen und MVPs, die durch ständig neue Anforderungen und Änderungsanforderungen während der Entwicklung und im Betrieb angepasst werden. Für Funktionstests und Beziehungen von Modulen, Forderungen und Änderungen wird es notwendig sein, die Entwicklung in das PLM-System miteinzugliedern. Auf dieser Grundlage ist es möglich, ausgefeilte Analysen aus den gesammelten Daten von den installierten Maschinen zu erstellen. Damit können auch Prototypen digital entworfen und Untersuchungen in gemischte virtuell-physischen Lösungsverfahren validiert werden. Aus diesen Daten lassen sich Rückschlüsse auf beispielsweise Fehlnutzungen oder häufige Störungen ziehen, die dann Ansätze für Verbesserungen der zukünftigen Maschinen liefern und diese besser auf den Kunden zugeschnitten werden. Zudem kann die Entwicklungszeit verkürzt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Entwickler für solche Aufgaben und Tätigkeiten, wie dem integrierten Systemdenken, aus- bzw. weitergebildet werden.[125]

[123] vgl. Bülchmann, 2017, S. 26; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 36; Lipsmeier et al., 2019, S. 317, 327.
[124] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[125] vgl. Schuh et al, 2017, S. 38f.; siehe auch. Deloitte, 2020, S. 22; Lichtblau, 2015, S. 50; o.V.,2021, www.digital-engineering-magazin.de; Plovs, 2021, www.visioneleven.com.

Einige Trends und Technologien lassen sich bereits im Bereich der F&E im Maschinenbau anwenden und Erhöhen die Produktivität und Arbeitsqualität in diesem frühen Prozessschritt. Abbildung 48, im Anhang 1, zeigt den Trendkreis, bei dem die wichtigsten Themenfelder fett hinterlegt sind.

Im Bereich des New Work sind alle vier Technologien in der F&E umzusetzen und werden zum Großteil auch schon in Unternehmen umgesetzt. Die agile Organisation und Arbeitsweise ist ein längerer Prozess und sollte bei sinnvollen Produkten und Services erprobt werden. Daten spielen nicht nur bei den neuen Services eine wichtige Rolle, sondern einen beträchtlichen Vorsprung bei der Entwicklung. Durch die „Datenseen“ ist es möglich, diese Daten für detaillierte Analysen zu verwenden und mit anderen Daten zu koppeln. Mit Analytics und künstlicher Intelligenz können die Auswertungen und Interpretationen automatisiert und schneller zur Verfügung gestellt werden. Zudem erleichtert es die Recherche in Literatur- oder Patentdatenbanken und verschafft den Entwicklern mehr Zeit für neue Innovationen. Big Data „füttert“ die Datenbanken und die KI kann zudem weiter angelernt werden.

Über Chatbots kann sich die F&E eine Wissensplattform aufbauen, bei der die Dokumentation von Ergebnissen und Erkenntnissen für alle im Unternehmen digital zugänglich ist. RPA gelten auch als wichtige Werkzeuge in der Entwicklung, da sie die Anwenderschnittstelle nicht verändern, wie zum Beispiel die Prozessautomatisierung. Zudem können mit ihrer Hilfe Daten gesammelt, extrahiert und strukturiert werden und so Routineaufgaben von den Entwicklern abnehmen.

Mit AR und VR lassen sich konstruierte Module und Maschinen vorab aus dem CAD System visualisieren. Dies unterstützt nicht nur die Entwicklung, sondern gibt dem Kunden vorab einen Einblick, ob die Vorstellung seinen Anforderungen entspricht und kann gegebenfalls angepasst werden. Mit Hilfe der Visualisierung können programmierte Softwareprogramme oder Steuerungen schon vor Auslieferung der Maschinen getestet werden. Dadurch werden Anpassungen auf der Serviceseite eingespart. Sollte es doch Anpassungen vor Ort geben, kann der Entwickler dies über die Vernetzung einsehen und bei anderen, funktionsgleichen Maschinen noch vor Auslieferung anpassen. Der Digitale Zwilling ist einer der wichtigsten Trends, denn mit ihm ist es jedem entlang der Wertschöpfungskette möglich, die Gedanken und Ideen des Entwicklers nachzuvollziehen. Alle Daten und Schritte werden im Zwilling abgelegt und sind individuell für jedes Produkt.

4.3.2 Bereich Marketing / Vertrieb

Das zweite Glied in der Geschäftsprozesskette ist das Marketing und der Vertrieb, siehe

Abbildung 35, die im mittelständischen Maschinenbau meist in einer Abteilung vertreten sind. Die wesentlichsten E2E-Kundenprozesse im Maschinenbau sind im Vertrieb und Marketing zu finden und bieten ein großes Potenzial für die Digitalisierung. Im Marketing-Bereich sind Automationslösungen noch wenig im Einsatz und Printmedien, wie Flyer oder Produkt-Broschüren sind stark vertreten. Wer im B2B-Verieb digital erfolgreich sein möchte, muss seinen Fokus auf Online-Marketing-Maßnahmen setzen, die Zusammenarbeit zwischen Marketing und Sales vertiefen und genauer abstimmen, damit der Wandel von analog auf digital reibungslos von statten geht.[126]

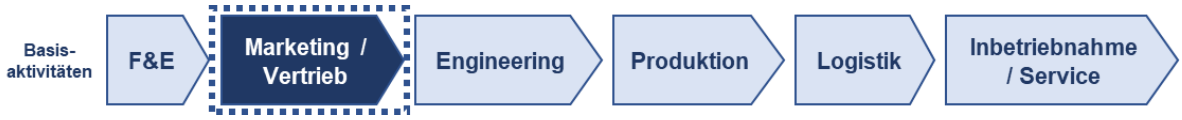


Abbildung 35: Geschäftsprozess mit dem Fokus Marketing & Vertrieb[127]

Im Vertrieb setzt die Transformation durch die Digitalisierung an zwei Seiten an, da die Mitarbeiter sowohl intern mit ihr in Kontakt kommen, weil sich Abläufe und Tätigkeiten im Unternehmen verändern als auch extern, da Kundenwünsche flexibler, Produkte erklärungsreicher und komplexer werden. Somit ist der Vertriebsmitarbeiter nicht nur Verkäufer, sondern Supply-Chain-Manager, IT-Manager und Fertigungsmanager. Eine Offenheit gegenüber neuen digitalen Produkten und Services ist zwingend notwendig, die auch von Mitarbeitern im Marketing und Vertrieb verlangt wird. [128]

Vertriebsaußendienstmitarbeiter stehen vor der Herausforderung in Echtzeit zu wissen, welchen individuellen Wunsch der Kunde hat und wie er diesen so schnell wie möglich erfassen und anbieten kann. Dabei geben Beratungs-Apps und Tablets eine neue Möglichkeit, um komplexe Themen oder Produkte dem Kunden spielerisch näher zu bringen. Somit kann die Servicequalität der Kundenberatung und die Kundenbindung erheblich verbessert und die Position gegenüber Wettbewerbern gestärkt werden. Zusätzlich werden die Kommunikationskanäle, wie „Social communities“, e-Magazine oder interaktives Fernsehen zu Dialogfunktionen, über die der Kunde mit dem Vertrieb kommuniziert. Bedarfsgerechte Informationen in Form von online bereitgestellten Produktvisualisierung oder weiterführende automatisierte

[126] vgl. Plovs, 2021, www.visioneleven.com.
[127] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[128] vgl. Saam, Viete, Schiel, 2016, S. 65; siehe auch: Schuh et al, 2017, S. 45; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

Informationen über das Produkt, bieten einen Mehrwert, der beim Kauf unterstützt. Mit den neuen Interaktionsmöglichkeiten können individuelle Anforderungen bei der Produktgestaltung auch direkt in der Entwicklung oder Produktion eingearbeitet werden.[129]

Digitale Trends und Treiber unterstützen den Vertrieb und das Marketing, die in Abbildung 49, im Anhang 2 fett gedruckt abgebildet sind. Mit Hilfe des Digitalen Zwillings ist es möglich, Kunden, die sich Automatisierungsprojekte schwer vorstellen zu können, eine Simulation des gesamten Lebenszyklus zu zeigen. Das bedeutet, dass der Kunde die Anbindung der Maschine, die Inbetriebnahme und sogar Update- und Upgrade Möglichkeiten virtuell vorab mit einer VR-Brille sehen kann. Dies hilft sowohl dem Kunden als auch dem Vertriebsmitarbeiter, da gezeigt werden kann, wie Maschine oder komplette Anlage in der Fertigungshalle aussehen wird und wie Prozesse gegeben falls schon früher effizienter organisiert werden könne. VR-Brillen werden auch im Produktmarketing verwendet, um Produkte dem Kunden näher zu bringen[130]

Mit Hilfe von Datenanalysen aus BI, Big Data oder sonstigen Quellen, entstehen Handlungsempfehlungen für das Marketing. Echtzeitanalysen und automatisierte Auswertungen von Big Data, wie das Kaufverhalten oder Preisinformationen, ermöglichen eine personalisierte Marketingaktion oder Empfehlung, die auf den Kunden zugeschnitten sind. Data Analytics, Big Data oder Social Analytics eröffnen zusätzliche Möglichkeiten für das Marketing, eine Fülle an Daten über die Verbraucher zu erhalten.[131]

Weitere Innovation und Trends, die im Vertrieb eines mittelständischen Maschinenbauers zum Einsatz kommen sind, zum Beispiel Bewegtbildkommunikation und Produktvideos, der Aufbau einer eigenen Social-Media-Präsenz und Social Media Marketing und Produktplattformen für mobile Endgeräte inkl. Produktunterstützung durch Mobile-Apps auf Smartphones und Tablets. Daraus ergeben sich Vorteile wie, Erweiterung der Vertriebsreichweite, agile Reaktion auf neue Marktbedingungen und Nutzerverhalten, höhere Effizienz aufgrund zentraler und digitaler Produktdatenhaltung und die personalisierte Ansprache des Kunden.[132]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Vertrieb und das Marketing durch Digitalisierung einen Informationsvorsprung, indem systematisch Informationen über Märkte, Konkurrenten und Kunden beschafft und analysiert werden. Dies erzielt bei Anwendung einen Vorteil

[129] vgl. Haselbauer, 2016, S. 67, 71f.; siehe auch: Schuh et al, 2017, S. 45.
[130] vgl. Deloitte, 2020, S. 22; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 262.
[131] vgl. Haselbauer, 2016, S. 70; siehe auch: Lies, 2017, S. 7.
[132] ebenda, S. 68.

gegenüber den Wettbewerbern. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch Prozesskomplexitätsreduzierung technologisch stringente Abläufe beschleunigt und vereinfacht werden können. Auch Kostensenkungspotenziale sind in Form von Arbeitsentlastung, RPA, Reorganisation von Workflows zur Eingliederung digitaler Schritte, Prozessauslagerung oder -verkürzung möglich. Mit Hilfe von digitalen Medien sind eine neue Positionierung und eine höhere Kundenkontaktfrequenz erreichbar. Für die Mitarbeiter in diesem Bereich bedeutet das, dass sie eine IT-Weiterbildung benötigen, um gegenüber dem Kunden kompetent und fachkundig auftreten zu können.[133]

4.3.3 Bereich Engineering

In logischer Konsequenz folgt dem Vertrieb das Engineering, das in diesem Zusammenhang sowohl die Konstruktion von kundenspezifischen Maschinen oder Modulen als auch die Ausarbeitung von Kundenaufträgen beinhaltet.

Abbildung 36: Geschäftsprozess mit dem Fokus Engineering[134]

Die gesteigerte Vernetzung von Systemen und Prozessen führt dazu, dass verschiedene Unternehmensfunktionen, speziell aber die Ingenieurtätigkeiten immer offener werden. Dies bedeutet, dass Ingenieure aus diversen Fachabteilungen noch enger zusammenarbeiten und Komplettlösungen für vernetzte Produktionen schaffen und aufrechterhalten. Die Digitalisierung ist ein Treiber für die Produktions- und Dienstleistungsprozesse. Zum einen ist das Ziel ist ein integrierter und vernetzter Prozess, der von Ingenieuren mit vielfältigen Spezialisierungen, wie Maschinenbau, Elektrotechnik, Automatisierungstechnik oder IT dauerhaft zusammengelebt wird. Zum anderen sollen flexible Arbeitsprozesse geschaffen und entsprechende Qualifikationen und Kompetenzen aufgebaut werden, um im Gesamten ein dynamisches, sich selbst optimierendes und echtzeitoptimiertes Wertschöpfungsnetzwerk zu generieren.[135] Für das Erreichen dieser Ziele kommen immer mehr Anforderungen auf die Mitarbeiter in diesem Bereich zu und somit ändert sich auch deren Anforderungsprofil in Bezug auf notwenige Kenntnisse und Kompetenzen, die in Abbildung 37 zusammengefasst sind. Zu den klassischen Ingenieurkompetenzen kommen immer mehr neue fachliche, soziale und methodische

[133] vgl. Haselbauer, 2016, S. 66f.; siehe auch: Saam, Viete, Schiel, 2016, S.29.
[134] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[135] vgl. Heidling, Neumer, 2021, S. 94, 98.

Verantwortlichkeiten hinzu. Neben den fachlichen Kernkompetenzen im Maschinenbau, sind Fähigkeiten, wie Prozesse und Systeme zu identifizieren und verstehen eine der elementaren Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0. Dadurch sind die Anwendungen von Digitalisierung im Unternehmen leichter zu implementieren und nachhaltiger zu nutzen. Die Anforderungen gehen soweit, dass nicht im Produkt gedacht wird, sondern die Wertschöpfung betrachtet werden soll und die dem Ingenieur durch Simulationen veranschaulicht wird.[136]

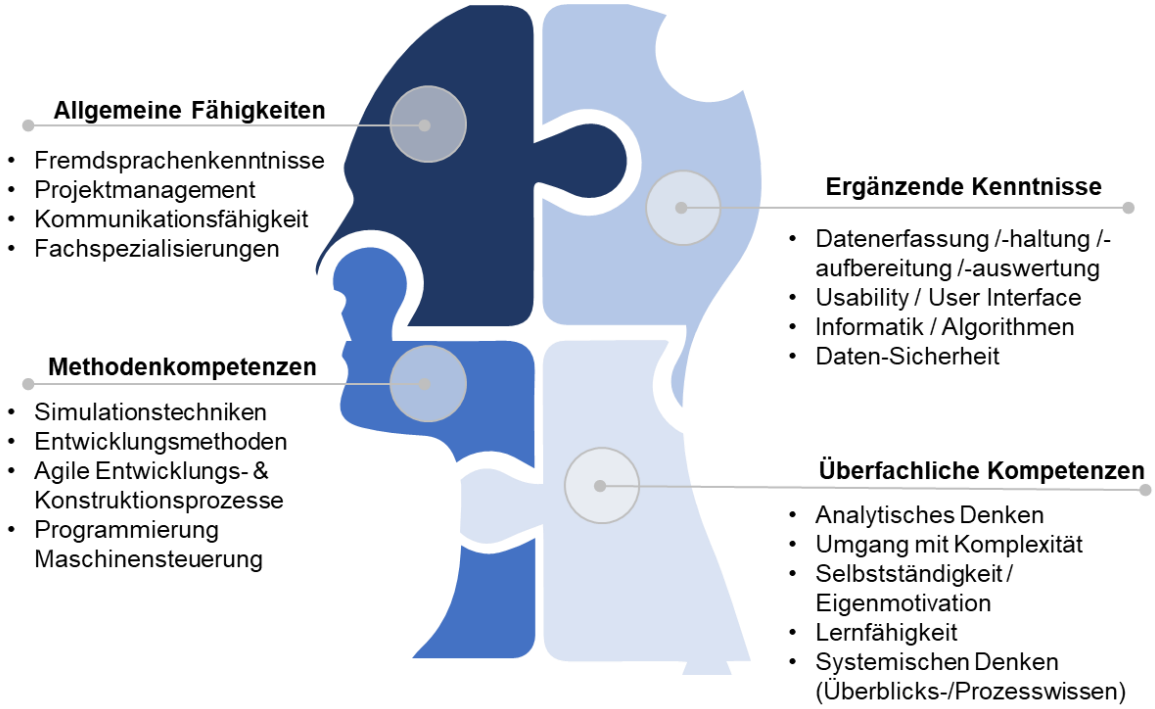


Abbildung 37: Kenntnisse und Kompetenz im Bereich Engineering[137]

Die führt dazu, dass Konstrukteure immer mehr zu Generalisten werden, die ein breites Hintergrundwissen haben. In Zukunft werden sie immer mehr in Schnittstellenfunktionen rücken, da die Elektronik, Mechanik und Software enger zusammenwachsen. Auswirkung wird dies auch auf die 3D-Konstruktionen haben. Mit Hilfe der Digitalisierung ist es möglich, umfassende und zeitnahe CAD-Daten zu erhalten. Datenverfügbarkeit, Datenaustausch und Datenschutz sind die wichtigsten Schlagworte in diesem Zusammenhang. Diese ermöglichen eine einfachere Kundenabstimmung, eine Verschlankung der Prozesse, da sie nicht von anderen Abteilungen abhängig sind und 3D-Daten ersetzen Zeichnung, die eine schnellere Visualisierung der Produkte mit sich bringt. Dies können über Simulationen schon vor der Fertigung und Montage auf dem Rechner getestet werden.[138]

[136] vgl. Heidling, Neumer, 2021, S. 98f.
[137] ebenda, S. 99f.; siehe auch: item Industrietechnik GmbH, 2021, S. 19.
[138] vgl. item Industrietechnik GmbH, 2021, S. 5; 16.

CAD (Computer Aided Design) und CAM (Computer Aided Manufacturing) sind universtelle Schnittstellen und profitieren von der Digitalisierung im Maschinenbau. Einige kleinere Unternehmen haben noch veraltete Systeme und nutzen diese Technologie nicht. Der immense Fortschritt dieser Schnittstelle ist, dass in CAD neue Bauteile konstruiert werden. Existiert bereits ein ähnliches Bauteil, kann dieses aus dem Datenspeicher abgerufen und angepasst werden. Durch die CAM-Technologie können alle relevanten Datensätze direkt an die Produktionsmaschine geleitet werden. Was früher ein Ordner mit Papieren war, der durch verschiedene Bereiche gereicht wurde, kann heute Dank Digitalisierung als File sogar direkt an den Leitrechner geschickt werden.[139]

Mit der Transformation der Wertschöpfungskette werden neue und mehr Daten verfügbar sein. Diese in Kombination mit neuen Konfigurationstools, die über Visualisierungen leichter zu bedienen sind und durch die Verbindung zu den Produkten wird es für die Ingenieure möglich, die alten Funktionen zu verändern. Fehleranfällige Konstruktionen können schon früh behoben werden, Automatisierungen in Maschinen schon im Haus und nicht erst beim Kunden vor Ort getestet werden. Durch die Digitalisierung der Wertschöpfungskette können zum einen signifikante Kostenvorteile genutzt werden, zum anderen wird auch die Wettbewerbsfähigkeit verbessert, da das Unternehmen intern, aber auch extern mit anderen vernetzt ist.[140]

Abbildung 50, im Anhang 3, zeigt alle Trends und Treiber der Digitalisierung im Engineering. Wie zuvor schon erwähnt, spielen Simulation und Visualisierung eine große Rolle im Maschinenbau. In einigen kleinen Unternehmen werden Prototypen, sei es mechanischer Art oder Software beim Kunden eingesetzt und getestet. Doch die Informationen werden oftmals nicht zurück in die Abteilungen kommuniziert oder vor Ort behoben. Mit der Digitalisierung erreicht man, dass dies schon inhouse erprobt wird und somit Zeit und Kosten gespart werden. Der Digitale Zwilling hilft hierbei auch, dass die Daten für eine Maschine abgelegt werden. Vor allem bei Maschinenbauern, die sehr kundenindividuelle Maschinen oder Komponenten bauen, unterstützt dieser, dass er alle Informationen beinhaltet, da er über die gesamten Wertschöpfungskette verläuft und integriert ist. Chatbots helfen, Informationen zu sammeln und auch für andere Konstrukteure abrufbar zu machen. In Maschinenbauunternehmen, die schon lange Tradition haben und wenig aufgeschrieben wurde, sondern nur von einer Person zur nächsten gereicht wurde, ist dies ein enormer Fortschritt. Big Data und Data Science sind aufgrund ihrer Schnittstelle zur IT aber auch in der Softwareprogrammierung notwendig. Big Data hilft den Konstrukteuren, eine Vielzahl von Datensätzen zu haben, mit denen sie zum

[139] vgl. o.V. 2020, www.salesforce.com; siehe auch: Dupont et al., 2019, S. 307f.
[140] vgl. Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org; siehe auch: Bley, Leyh, 2016, S. 35.

Beispiel Test durchführen können, sowohl in der Automatisierung als auch in der Mechanik. Data Science ist vorwiegend in der Softwareprogrammierung von großer Bedeutung.

Künstliche Intelligenz unterstützt oftmals bei der Simulation, wo gewisse Systeme aufgebaut wurden und dann mit verschiedenen Daten bespielt werden können. Die KI erkennt, ob das System so auf diese Weise funktionieren kann oder nicht. AR und VR sind, wie auch schon in den vorherigen Kapiteln genannt, Unterstützer bei der Vorstellung im Raum. Für Ingenieure ist es sehr hilfreich schon vorab zu sehen, ob eine Maschine beim Kunden vor Ort auf den vorgesehenen Platz passt, oder ob Änderungen vorgenommen werden müssen. Zudem können mögliche Schnittstellen vorab genauer untersucht und sichtbar gemacht werden. Auch die Unterstützung des Service kann durch AR / VR und der Konstruktion helfen, da oftmals Knowhow bei den Ingenieuren vorhanden ist. Der 3D Druck dient als Zeitersparnis, wenn Konstrukteure neue Bauteile oder Module konstruieren und diese aufwendig in eine Fertigung geben müssten und diese dann nicht passen. Mit dem 3D Druck können so erste Prototypen erstellt werden und auch getestet werden. Zusätzlich stellt er die Möglichkeit dar, dass komplex gefertigte Bauteile umkonstruiert werden und über den 3D Drucker laufen. Dies macht vor allem bei kleinen Stückzahlen, Ersatzteilen oder stark verschleißanfälligen Teilen Sinn.

Umfassend lässt sich sagen, dass im Engineering, sowohl die Anforderungen an das Profil durch die Digitalisierung steigt, da Konstrukteure immer mehr zu Generalisten und Koordinatoren werden, also auch die Prozesse und Arbeitsschritte betroffen sind. Was früher in einem einfachen Zeichenprogramm erstellt wurde, wird heute in 3D Tools inklusiver Datenschnittstelle konstruiert. Die Anforderungen, nicht nur den Prozess des Produktes zu wissen, sondern auch vor- und nachgelagerte Prozesse zu kennen, kann mit dem Digitalen Zwilling sehr gut abgefangen werden. Allgemeine Routineprozesse können von RPA übernommen werden und der Konstrukteur kann sich noch genauer auf die eigentlichen Aufgaben, wie Klärungen der Anforderungen des Kunden, Abstimmung mit anderen Beteiligten oder der Konstruktion kümmern.

4.3.4 Bereich Produktion

Dieses Teilkapitel befasst sich mit dem Geschäftsprozess der Produktion, wie in Abbildung 38 am Gesamtprozess dargestellt ist.

Abbildung 38: Geschäftsprozess mit dem Fokus Produktion[141]

In Zukunft wird die Produktion mit Fertigung und Montage das Herzstück der Maschinenbauer sein wird. Wie auch schon andere Prozessschritte, steht die Produktion vor großer Veränderung, vor allem die Art und Weise der Herstellung von Maschinen, die noch mehr auf Kundenbedürfnisse ausgerichtet sein wird. Dies fordert die Unternehmen, neue Konzepte für die Wertschöpfung in der Produktion zu erstellen, was zum Beispiel damit einhergeht, dass sich auf Kernkompetenzen fokussiert wird und ein Teil der Wertschöpfung an Lieferanten ausgelagert wird. Um in diesem Bereich effizienter und wettbewerbsfähig zu werden, ist es notwendig, eine bessere Entscheidungsgrundlage im Shopfloor Bereich aufzubauen, was durch die Digitalisierung möglich gemacht wird.[142] Der Wandel zur digitalen Produktion geschieht nicht von heute auf morgen, sondern besteht aus vielen kleinen Etappen, die realisiert und implementiert werden müssen. Wobei Produktindividualisierung, Produktivitätssteigern und Flexibilität, bis hin zur Losgröße 1, eine große Rolle spielen.[143]

Eine weitere Herausforderung für die Produktionsprozesse resultiert aus den dynamischen Absatzmärkten und der Globalisierung, welche durch die Volatilität von Nachfragen, der Produktindividualität und dem Fachkräftemangel verstärkt wird. Die Prozesse müssen noch reaktions- und anpassungsfähiger sein. Durch die Werkzeuge der Digitalisierung ist es möglich, diese Herausforderung zu meistern und flexiblere Prozesse zu gestalten.[144] In Abbildung 51, im Anhang 4, sind die Trends in der Produktion hervorgehoben und werden nun detaillierter beschrieben.

Als einer der wichtigen Trends in der Produktion gelten die CPS. Sie treten als dezentrale Produktionssteuerung an die Stelle der bisherigen zentralen Fertigungssteuerung, um lokale Entscheidungen möglich zu machen. Auf diese Weise lässt sich die erforderliche Individualität

[141] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[142] vgl. Schuh et al, 2017, S. 40.
[143] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 230f.; siehe auch: Weber, 2021, S. 84; Saam, Viete, Schiel, 2016, S. 60; o.V. 2020, www.salesforce.com.
[144] vgl. Merhar et al., 2019, S. 280.

und Komplexität bewältigen.[145] Zusätzlich ermöglichen CPS, ein echtzeitoptimiertes, dynamisches und unternehmensübergreifendes zukünftiges Wertschöpfungsnetzwerk zu beschleunigen, damit sowohl intern also auch extern mit Systemen wie z.B. mit denen von Lieferanten, interagiert werden kann. Dadurch lassen sie eine große Menge an Zustandsdaten, Qualitätsdaten oder Prozessparameter gewinnen, um diese dann über Datenanalysen für Entscheidungen zu verwenden. Mit Hilfe von CPS sind Maschinen und Anlagen miteinander vernetzt und haben eine eingebaute Funktechnologie, um Sensordaten aufnehmen und diese dann Aktoren steuern. Folglich ist es möglich, Prozesse, wie zum Beispiel Materialflüsse autonom zu lenken.[146]

Die Produktion wird durch die Vernetzung transparenter und durch die erfassten Daten vom Shopfloor können Information schneller verarbeitet werden. Durch digitale Assistenzsysteme, die weiter unten im Text näher beschrieben werden, können die Entscheidungen umgesetzt werden. Durch die Echtzeitfähigkeit können Materialien in der Produktion genau einem Bearbeitungsschritt zugeordnet werden. Somit können Planvorgaben überwacht und mögliche Abweichungen schon vorzeitig erkannt werden. Dies hat auch Auswirkungen auf die direkten Mitarbeiter, da ihnen einige Entscheidungen schon vorab abgenommen werden und sie flexibler auf mehreren verschiedenen Maschinen eingesetzt werden können. Mit CPS wird es möglich, das strategische Ziel einer hohen Ressourcenproduktivität und Ressourceneffizienz zu steigern, da Produktionsprozesse situationsbezogen verbessert werden können. Auch Systeme lassen sich während der Produktion anpassen.[147]

Das IoT dient als Plattform, über die die Fertigungsanlagen oder andere Systeme miteinander kommunizieren können. Über diese werden auch Veränderungen in die Produktion gesteuert, ohne diese vollständig zu unterbrechen. Kundenwünsche können so schnell und kostenoptimiert umgesetzt werden. Eine Vernetzung von mehreren Systemen oder Anlagen kann so weit führen, dass unternehmensübergreifende, sich selbst organisierende Wertschöpfungsnetze entstehen, die sich über die M2M-Kommunikation verständigen. Diese können sich nach Verfügbarkeit, Kosten oder Ressourcenverbrauch optimieren lassen. [148] Es kann sogar so weit eingesetzt werden, dass die Produktion als Gesamtes zur intelligenten Landschaft vernetzt ist

[145] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 17.
[146] vgl. Ludwig et al., 2016, S. 73; siehe auch: Schuh et al, 2017, S.40f.
[147] vgl. Schuh et al, 2017, S.40f.; siehe auch: Kagermann, 2013, S. 18, 20; Merhar et al., 2019, S. 279.
[148] vgl. Haselbauer, 2016, S. 73.

und somit von der Eingangslogistik bis zum Service alles über das IoT abgebildet werden kann.[149]

Weitere digitale Technologien finden in der Produktion im Maschinenbau Anwendung. Über das IoT werden beispielweise Signale beim Stillstand oder Störung an die Smart Watch des Instandhalters geschickt, damit diese dann behoben werden können. Der Mitarbeiter muss somit nicht ständig an einem PC sitzen und schauen, ob die Anlagen laufen, sondern wird benachrichtigt und kann in der Zwischenzeit andere Aufgaben erledigen. Die Vernetzung von beispielsweise Schraubern mit automatischer Drehmomenteinstellung ermöglicht schon vorab eine Qualitätssicherung und gleichzeitig eine Dokumentation bei sicherheitsrelevanten Modulen. Die Qualitätskontrolle wird zusätzlich durch AR unterstützt. Speziell in sehr aufwändigen Montagen können Kontrollen durch die Qualität auch zwischen den Montageschritten durchgeführt werden.[150] AR findet zudem Anwendung bei der Montageunterstützung, indem zum Bespiel über die AR-Brille notwendige Informationen eingeblendet werden, die die millimetergenaue Position für Bauteile anzeigen kann, oder die genaue Anleitung für den Einbau sichtbar wird. Zusätzlich kann beim Bau von Prototypen die Entwicklung oder das Engineering durch Draufschalten auf die Brille remote unterstützen.[151]

Der digitale Zwilling spielt, wie auch schon in den anderen Prozessschritten, eine wichtige Funktion. Nachdem mittels digitalen Zwillings das Produkt simuliert wurde, kann dies auch bei der Produktion angewendet werden. Im Voraus kann bereits eine virtuelle Inbetriebnahme bei komplexen Produktionsanlagen durchgeführt werden und viele verschiedene Ausfallszenarien getestet werden. Auf diese Weise ist eine Verkürzung der Durchlaufzeit und eine bessere Qualität möglich. Somit bildet er Basis für

- eine verkürzte Produkteinführungszeit,
- die virtuelle Inbetriebnahme und damit einhergehender Zeitersparnis bei der Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen,
- geringe Stillstandszeiten für die Fehlerlokalisierung,
- reduzierte Rüstprozesse und damit längerer Maschinenlaufzeiten, sowie
- gesteigerte Transparenz im Produktionsprozess[152]

[149] vgl. Kagermann, 2013, S. 18.
[150] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 35.
[151] vgl. Haselbauer, 2016, S. 74f.
[152] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 37; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S.260f.

Nicht nur Softwarebasierte Trends erleichtern die Produktion. Kollaborierende Roboter, sogenannte Cobots. Diese unterstützen den Werker durch Entlastung bei schwierigen und nichtergonomischen Tätigkeiten. Über kognitive Systeme können sie sich in die Lage des Menschen versetzten und dessen Bedürfnisse erkennen. Somit können sie beispielsweise schwere Gegenstände heben und bei der Montage zu Hilfe kommen. Vorteile hierbei sind konstante Qualität, erhöhte Automatisierung, maximale Flexibilität und Entlastung der Mitarbeiter.[153]

Zusammenfassen lassen viele Trends in der Produktion unter dem Begriff Smart Factory (vernetze Fabrik). Wird die Digitalisierung erfolgreich umgesetzt, kann einen hochautomatisierte und dezentrale Produktion erreicht werden, bei der sich die Werkstücke selbst durch den Prozess steuern und überwachen. In der neuen Produktionsumgebung organisieren sich Produktionsanlagen und zugehörige Logistiksysteme weitestgehend ohne menschliches Zutun. Die Vernetzung der Prozesse trägt damit einen sehr großen Beitrag zur digitalen Wertschöpfungskette bei. Zusätzlich läuft die Datenaufnahme, -verarbeitung, und -speicherung für das digitale Abbild in dieser Umgebung. Die umfangreiche Ausstattung der Fabrikhalle mit Sensoren an den Maschinen und Anlagen erfordert eine hohe Investitionsbereitschaft. Um das Ziel der Erfassung aller Bewegungs- und Prozessdaten in Echtzeit zu erhalten, ist dies aber zwingend notwendig, wird sich aber in Zukunft auszahlen.[154] Die wichtigsten Chancen sind nochmals in Abbildung 39 zusammengefasst.

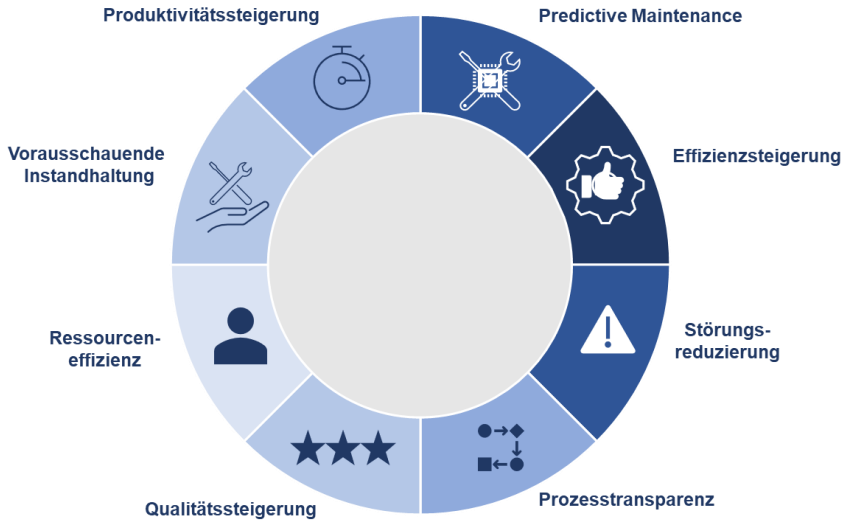


Abbildung 39: Chancen der Digitalisierung in der Produktion[155]

[153] vgl. Mockenhaupt, 2021, S.309f. 242; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 34.
[154] vgl. Lichtblau, 2015, S. 13, 35; siehe auch: Mockenhaupt, 2021, S. 241f.; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[155] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Merhar et al., 2019, S.279; siehe auch: Haselbauer, 2016, S. 74; Lichtblau, 2015, S. 38; Kagermann, 2013, S. 23; Mauerer, o. J., S. 34.

4.3.5 Bereich Logistik

Als einer der am weitesten fortgeschrittene Geschäftsbereich ist die Logistik, die in diesem Teilkapitel näher beleuchtet wird. Abbildung 40 zeigt nochmal die Einordung im Geschäftsprozess eines mittelständischen Maschinenbauers.

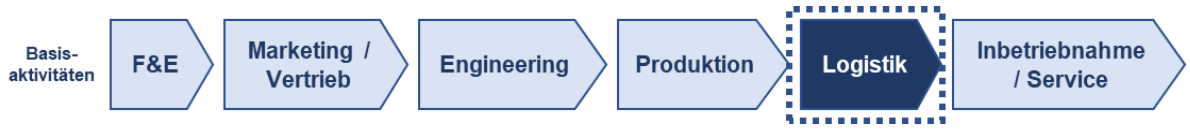


Abbildung 40: Geschäftsprozess mit dem Fokus Logistik[156]

Die Logistik spielt im Zusammenhang mit der Digitalisierung eine bedeutende Rolle, da sie eine wichtige Schnittstellenfunktion darstellt. Sie ist verantwortlich, dass das richtige Gut, in der richtigen Menge, am richtigen Ort und Zustand, zur richtigen Zeit und in richtiger Qualität beim Kunden ist. Die physische Logistik ist in ihren einzelnen Prozessschritten fast vollständig beschrieben und standardisiert. Durch die steigende Vernetzung und die damit einhergehenden Flexibilität ergibt sich die Komplexität in den Prozessschritten. Aus diesem Grund liegt ein starker Fokus auf der Digitalisierung der Logistik, da zudem logistische Kennzahlen, wie Lieferqualität, -flexibilität, -fähigkeit und -zuverlässigkeit durch innovative Technologien optimiert werden können. Die Logistik ist aufgrund der schnell steigenden Komplexität eines der ersten Anwendungsgebiete der Digitalisierung gewesen und in vielen Technologien Vorreiter. Fahrerlose und autonome Transportsysteme, intelligente Ladungsträger oder Shuttles sind hierfür Beispiele, die schon seit mehreren Jahren auch im Maschinenbau schon zum Einsatz kommen.[157]

Die Digitalisierung hat im Bereich der Logistik Auswirkungen auf Ressourcen, Informationssysteme, Kultur und die Organisationsstruktur. Unter Ressourcen werden hier vorrangig Maschinen, Anlagen, sowie Material, Halbfertigwaren und Produkte verstanden. Diese physischen Transporteinheiten müssen mit IT und Lokalisierungstechnologien ausgestattet werden. Am Beispiel eines Staplers bedeutet dies, dass sich dieser selbstständig identifizieren, lokalisieren und Zustandsdaten erfassen muss. Autonome Fahrzeuge sind in der Lage dezentrale Daten zusammenzufassen und im Austausch mit Transporteinheiten und anderen Fahrzeugen zu stehen. Mit der Integration der IT-Systeme ist es möglich, unabhängige Anforderungen durch die Produktion zu implementieren. Diese Vernetzung führt dazu, dass

[156] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[157] vgl. Lieberoth-Leden et al., 2017, S. 451; siehe auch: vgl. ten Hompel, Henke, 2020, S. 5; Schuh et al, 2017, S. 42; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

Transporteinheiten, Lagereinheiten und autonome Fahrzeuge ihre Daten in den digitalen Zwilling abspeichern. Dadurch wird ein virtuelles Abbild erzeugt und ermöglicht die simulationsbasierte Lenkung auf Basis von Echtzeitdaten. In der Praxis bedeutet dies, dass bei einer Abweichung des geplanten Prozesses eine automatische Anpassung des Ist-Prozesses vorgenommen werden kann. Diese werden an Fahrzeuge oder den entsprechenden Fahrer übermittelt, um so eine direkte Umsetzung durchführen zu können.[158]

Die neue Organisationsstruktur in der Logistik ist geprägt von der schlanken dezentralen Disposition, die vor allem durch die Vernetzung ein virtuelles Bild ermöglicht. Die Integration in die Wertschöpfungskette erfolgt über die vor- und nachgelagerten Prozesse. Auch die Zuordnung der Aufträge erfolgt in der Logistik nicht mehr manuell, sondern über IoT Plattformen, die über Kriterien wie Abholort, Liefertermin und Kosten angesteuert werden. Dies führt auch zu Änderungen in der Kultur, da die Entscheidungen in der Logistik ausschließlich auf Daten erfolgt, da die Nutzung von Informationstechnologien und -systemen bereits existiert. Mitarbeiter bringen dennoch ihr Wissen in die Prozesse ein und schaffen so die Basis, dass aus den Daten mehr und mehr Informationen gewonnen werden können.[159]

In Abbildung 52, im Anhang 5, sind einige Trends in der Logistik hervorgehoben, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Robotik, Roboter und Cobots sind wichtige Bestandteile in der Logistik und unterstützen die Mitarbeiter sowohl bei schweren Heben- und Verladearbeiten, aber auch in Kommissionierungsbereichen, wenn die Materialien und Baugruppen nicht zu granular sind, kommen Roboter zum Einsatz. Digitale Assistenzsysteme unterstützen vorwiegend Flurförderfahrzeuge (FFZ), indem sie ihnen mehr Informationen erfassen und dem Fahrer zur Verfügung stellen. Zudem können sie die Darstellung der Informationen verbessern und damit die Erfassungszeit verkürzen. Hierbei spielen auch AR eine wichtige Rolle, die zum Beispiel dem Fahrer Informationen direkt vor sein Auge projizieren kann. Auch VR wird in der Planung und bei Kommissionierungsaufgaben eingesetzt. In der Planung können so komplexe Prozesse vorab schon geprüft werden und damit die Kommissionierleistung erhöhen. Durch sogenannte Head-Mounted-Displays tauschen sie mit Robotern und Kollegen Information aus und können fehlerfrei und hocheffizient agieren.[160]

Cloud Computing bietet zunehmend auch für mittelständische Unternehmen, die unternehmensübergreifende Kommunikation und Integration betreiben, eine schnelle und gute Möglichkeit des Daten-Gateways an. Auf diese Weise können Liefernetzwerke agil, flexibel und

[158] vgl. Schuh et al, 2017, S. 42.
[159] ebenda.
[160] vgl. Haselbauer, 2016, S. 124f.

leichter zu steuern sein.[161] In diesem Zusammenhang ist die Logistik natürlich auch über das IoT verbunden. Das Ziel wird sein, dass sich Pakete und Lieferungen, anhand von Verkehrsinformationen, Wetterinformationen, Track-and-trace Informationen und Bestandsdaten selbst liefern. Somit ist nicht nur der reine Datenaustausch über das IoT gemeint, sondern auch die autonome Kommunikation.[162] In diesem Zusammenhang kommt auch die Blockchain zum Tragen, über die gesicherte Informationen über Lieferungen bis zum Erzeuger verfolgt werden können. Aufgrund der immer komplexeren und globalen Wertschöpfung sind auch Maschinenbauer gefordert, die Koordination von Material- und Informationsflüssen von den Rohstoffen bis zum Endkunden neu zu denken und zu dokumentieren. Hierbei unterstützt auch die Blockchain.[163]

Übergreifend von allen Trends steht meistens die Connected Supply Chain, die eine Abbildung der physischen Prozesse darstellt. Anders als bei herkömmlich horizontalen Supply Chains, ermöglicht die Integration der Connected Supply Chain eine vertikale Integration. Mit zusätzlichen digitalen Techniken können Maschinenbauer durch transparente und automatisierte Abläufe eine erhöhte Wertschöpfung erreichen. Ein großer Vorteil hierbei ist, dass Betriebskosten drastisch gesenkt werden können, da die zugehörigen Prozesse auf digitalen Plattformen abgebildet werden und somit ein virtuelles Abbild geschaffen wird. Dieses erhält man aus CPS, wie etwa der RFID-Kennung, über das Lesen von Transpondern oder QR-Codes. Die durch die Automatisierung der Prozesse frei gewordenen Ressourcen, können wir die Lösung von komplexen Problemen genutzt werden. Die Connected Supply Chain schafft es, die Transparenz zu steigern, indem die Bewegung der Lieferungen anzeigt. Durch Erkennen der Symptome von ineffizienten Abläufen können Risiken schon frühzeitig abgewehrt werden. Zudem werden Prognosen zu Lagerbeständen viel genauer und exakter prognostizierbar.[164]

Zusammenfassen ist zu sagen, dass die Digitalisierung in der Logistik schon weit fortgeschritten ist, weiterhin aber immer noch große Potenziale mit sich bringt, um die Vernetzung im Unternehmen in der Supply Chain zu verbessern, aber auch nach extern mit Lieferanten, Kunden oder staatlichen Behörden zu intensivieren. Sei es das Ausfüllen von Formularen, die Übergabe von Auskünften in das IoT oder die Warensendungsverfolgung über die Blockchain, die Digitalisierung birgt hier keine Grenzen. Durch digitale Technologien im Bereich der Logistik bietet sich für den mittelständischen Maschinenbauer die Möglichkeit für eine höhere Wertschöpfung, mehr Transparenz und automatisierte Prozesse, da diese ein genaues Abbild des

[161] vgl. Haselbauer, 2016, S. 124.
[162] vgl. Lieberoth-Leden et al., 2017, S. 490.
[163] ebenda, S. 451.
[164] vgl. Bechtold et al, 2014, S. 14f.

Liefernetzes ermöglichen. Auf diese Weise kann die Komplexität der Supply Chain reduziert werden und Liefer- und Lagerprozesse mehr und mehr automatisiert werden. Mit den Möglichkeiten der Digitalisierung in diesem Bereich können Ineffizienz und Risiken entlang der Prozesse erkannt, eliminiert und gleichzeitig Kosten gespart werden.

4.3.6 Bereich Service

Das letzte Glied im Geschäftsprozess ist der Service, wie in Abbildung 41 gezeigt, der neben der Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen beim Kunden auch die nachgelagerte Betreuung des Kunden beinhaltet.

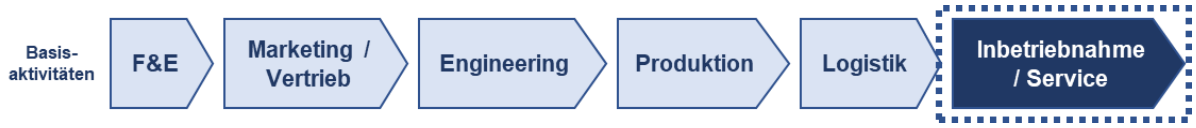


Abbildung 41: Geschäftsprozess mit dem Fokus Inbetriebnahme & Service[165]

Im Maschinenbau war es früher üblich, dass Serviceleistungen erst dann angeboten und verbaut wurden, wenn Kunden aktiv danach gefragt haben. Dieses Geschäftsmodell hat sich heute schon geändert, da viele Unternehmen erkannt haben, dass sie für sich selbst auch Mehrwerte und Erfahrungen generieren können. Durch die Digitalisierung bekommt der Service eine noch größere Bedeutung, vor allem auch in Bezug auf neue Geschäftsmodelle, wie in 4.2.2 beschrieben wurde. Somit sind Serviceleistungen heute schon fester Bestandteil von Angeboten des Maschinenbaus und können mit der Digitalisierung einen entscheidenden Beitrag zum Umsatz und schließlich zum Gewinn leisten. Ziel ist es dabei, dass Prozesse des After Sales, also die Inbetriebnahme, die Instandhaltung und Wartung als eine der größten Stellgrößen im Geschäftsprozess wird, da mit ihm auch die Kundenzufriedenheit und -bindung erhöht werden kann.[166] Um datenbasierte Services dem Kunden anbieten zu können, ist es notwendig, die Maschinen mit entsprechender Sensortechnik auszustatten. Dabei ist es von Vorteil in alle neuen Maschinen bereits standardmäßig eine gewisse Anzahl dieser Technik zu verbauen.[167] Abbildung 53, im Anhang 6, zeigt die wesentlichen Trends und Technologien in der Inbetriebnahme und im Service, die nun an einigen expliziten Beispielen näher beschrieben werden.

[165] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Porter, 2014, S.64; siehe auch: Born, 2018, S.35.
[166] vgl. Plovs, 2021, www.visioneleven.com; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[167] vgl. Deloitte, 2020, S. 17.

Für die Inbetriebnahme beim Kunden gibt es zunehmend mehr Potenziale und Veränderungen. Dies bedeutet, dass sogar Endmontagen in die Inbetriebnahme verlagert werden kann, wo die Steuerung und Software aufgespielt und konfiguriert wird. Hierbei wird einer der Trends, nämlich das Remote Maintenance angewandt, da dies sowohl remote als auch vor Ort durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang soll auch der Remote Service angesprochen werden. Dies bedeutet, dass Servicetechniker nicht zwingend zum Kunden fahren müssen, sondern über Remote auf die Maschinen zugreifen können, diese rebooten, ein Update aufspielen oder den Techniker beim Kunden Anweisungen über die nächsten Schritte geben kann. So können Servicekosten gesenkt und die Kundenzufriedenheit aufgebaut werden[168]

Der Digitale Zwilling ermöglicht dem Kunden, noch vor der Lieferung und Inbetriebnahme der Maschinen, erste Schulungen für das Bedienen und Instandhalten der Maschinen. So werden die Kosten für die Servicetechniker vor Ort gesenkt, da sie weniger Zeit auf der Baustelle verbringen. Mit Hilfe von VR-Brillen kann der Kundentechniker noch leichter unterstützt werden. Auch für Wartungen kommen VR-Brillen zum Einsatz, bei dem der Operator alle Informationen auf der Brille angezeigt bekommt und so ein reibungsloser Ablauf gewährleistet wird. Auch AR findet im Service vermehrt Anwendung, da über ein Smartphone, Tablet oder eine AR-Brille ein digitales Overlay der Maschine erstellt wird. Auf diesem Overlay sind dann Überwachungs-, Betriebs- und Serviceinformationen zu finden, die eine Wartung erleichtern.[169]

Die Wartung von Maschinen oder gar Anlagen ist ein empfindliches und risikobeladenes Thema bei Kunden, da sie sehr schnell sehr kostenintensiv werden könne. Abbildung zeigt verschiedene Arten von Instandhaltung und deren Zusammenhang zwischen Kosten und Zuverlässigkeit.

[168] vgl. Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.
[169] vgl. Deloitte, 2020, S. 23; siehe auch: Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

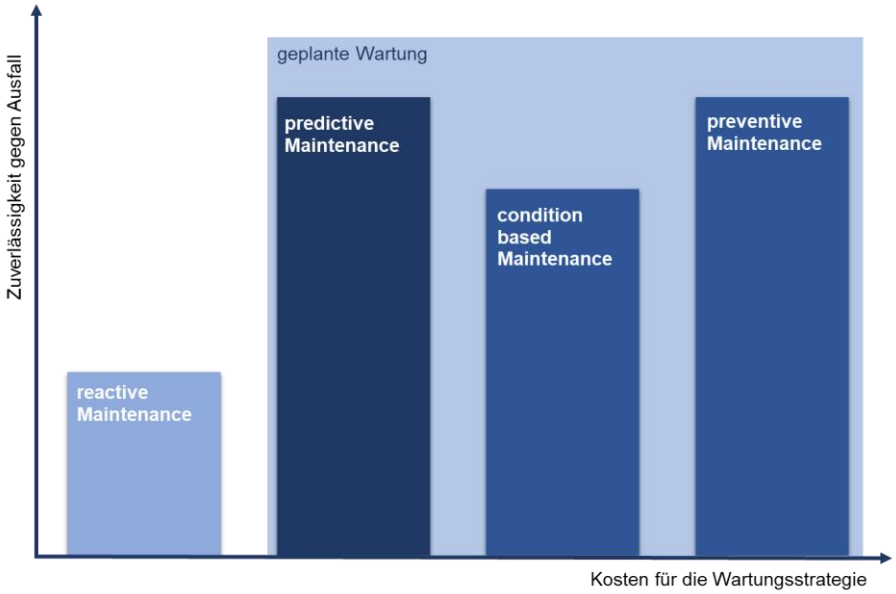


Abbildung 42: Wartungsstrategien - Kosten gegen Ausfallsicherheit[170]

Reactive Maintenance ist die kostengünstige Variante, wenn Ausfälle von Maschinen ohne große Probleme behoben werden können. Das Risiko hierbei ist jedoch, dass ein ungeplanter Stillstand entstehen kann und die Wartung erst beim Ausfall der Maschine durchgeführt wird. Diese ungeplanten Stillstände können durch preventive, predictive und condition based Maintenance verhindert werden. Preventive Maintenance beschreibt die routinemäßige Wartung, die vorbeugend gemacht wird. Condition based Maintenance hingegen beschreibt die Zustandsbasierte Wartung, bei der regelmäßige Inspektionen einen Zustand ermitteln und über IoT angezeigt werden können. Somit können Wartungen schon frühzeitiger eingeplant werden. Predictive Maintenance erkennt mit Hilfe von KI und maschinellem Lernen Anomalien und kann dann mit Unterstützung von Daten die Wahrscheinlich von Ausfällen vorhersagen. Durch diese Technologie können Ausfälle schon frühzeitig verhindert werden, da Wartungen schon weit vorher durchgeführt werden konnten.[171]

Predictive-Maintenance Anwendungen werden kann unterschiedlich von Unternehmen in Deutschland eigesetzt, was in Abbildung 43 zu sehen ist.

[170] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Mockenhaupt, 2021, S. 280.
[171] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 277ff.; siehe auch: Lichtblau, 2015, S. 45; Schuh et al, 2017, S. 42f.; Deloitte, 2020, S. 23; Porter, Heppelmann, 2015, www.hbr.org.

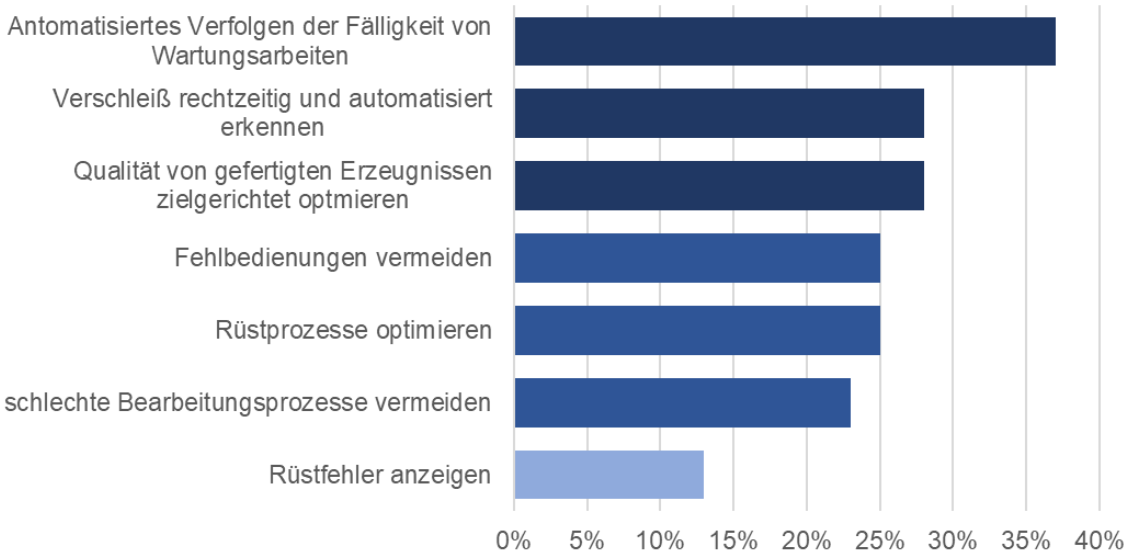


Abbildung 43: Nutzung von Predictive-Maintenance-Anwendungen in Deutschland 2019[172]

Einer der signifikante Nutzen dieser Technologie ist, Wartungskosten zu senken. Früher waren Wartungskosten immer in den Serviceverträgen des Maschinenbauers integriert und das Unternehmen musste oft auf Ersatzteile zum Tausch warten. Mit den neuen Geschäftsmodellen und der Möglichkeit von Predictive Maintenance werden Kosten durch ideale Identifikation, Planung und Durchführung optimiert und der Kunde hat keine Ausfallzeiten. Zusätzlich werden die Kosten der Inspektionen reduziert und das Risiko minimiert. Ausfallzeiten, vor allem ungeplante werden reduziert und die Anlagenverfügbarkeit und sogar die Lebensdauer weiter erhöht. Der Maschinenbauer kann durch die Informationen zugleich seine Wartungen präziser planen und Werkzeuge oder Ersatzteile frühzeitig beschaffen. Die Endstufe hierbei ist das Ganze autonom über das IoT laufen zu lassen.[173]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch Digitalisierung sowohl die Inbetriebnahme, aber auch der nachgelagerte Service zusätzliche und hohe Umsatzsteigerungen und Gewinne hervorbringen kann. Im Zusammenspiel mit intelligenten und vernetzten Maschinen ist ein verbesserter und effizienterer Service umsetzbar, da die Techniker unnötig zum Kunden fahren müssen, um herauszufinden, was an den Maschinen zu warten oder reparieren ist. Hierbei spielt auch der Wandel von reaktiven zu präventiven, proaktiven Wartungen. Die zusätzlich entstehenden Daten können wiederum vom Maschinenbauer selbst verwendet und aufbereitet werden. Dadurch ergeben sich Ableitungen und Anpassungen für sowohl die eigenen mechanischen Baugruppen oder Maschinen, ebenso aber auch für neue digitale Services, die dann dem Kunden angeboten werden können.

[172] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Statista, 2020, S. 19.
[173] vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 279, siehe auch: Deloitte, 2020, S. 19.

5 Bewertung der strategischen Handlungsfelder

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Trends und Technologien der Digitalisierung und deren Anwendung in den einzelnen Geschäftsprozessschritt beschrieben. Im folgenden Kapitel werden kurzfristig notwendige, mittel- und langfristige Handlungsempfehlungen gegeben. Vorab sei gesagt, dass enorme Risiken für Maschinebauer entstehen können, wie zum Beispiel Marktanteilverluste an Wettbewerber, wenn sie sich dem Thema Digitalisierung nicht annehmen.[174]

Besonders bei den mittelständischen Maschinenbauern herrscht immer noch Unsicherheit oder der Mangel an Wissen, wie Digitalisierung am besten in ihrem Unternehmen umgesetzt werden soll. Abbildung 44 stellt einige ausgewählte Herausforderung dar, denen sich Maschinenbauer gegenübersehen.

Abbildung 44: Herausforderungen bei der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten[175]

Um diese Herausforderungen auch als mittelständischer Maschinenbauer bewältigen zu können, ist es wichtig, Hilfeleistungen und -mittel zur Digitalisierung zu beanspruchen, die von Bund und Länder gestellt werden. Zusätzlich ist es sinnvoll sich externe Partner zu holen, die auf solche Themen spezialisiert haben oder Kooperationen mit anderen Maschinenbauern einzugehen, um sich hier Kosten für die gemeinsame Ausarbeitung zu sparen.[176] Das Ziel des mittelständischen Maschinenbauers muss aber sein, die direkte Kundenschnittstelle selbst zu

[174] vgl. Schmiech, 2018, S. 13, 25; siehe auch: Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 11.
[175] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Digitalisierungsindex, 2019, S.13.
[176] vgl. Lundborg, Schrade, 2020, S. 292; siehe auch: Mauerer, o. J., S. 24; Mittelstand-Digital, 2020, S. 9.

kontrollieren und nicht an branchenfremde Anbieter zu verlieren. Zudem sollte seine Anforderung und Ziel an die Digitalisierung sein, dass sein Unternehmen eine höhere Effizienz, bessere Qualität, höhere Flexibilität und kürzere Produkteinführungszeiten und Inbetriebnahmen verzeichnen kann. Eine zusätzliche Produktivitätssteigerung, Erweiterung seines Produktportfolios durch digitale Features an den Maschinen und neuen digitalen Geschäftsmodellen, sind Absichten des Maschinenbauers mit der Einführung der Digitalisierung.[177]

5.1 Quick-Wins und dringend notwendige Handlungsempfehlungen

Dieses Teilkapitel zeigt dringend notwendige Handlungsempfehlung auf und bietet erste Anhaltspunkte und Maßnahmen, die im ersten Schritt für die Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau gemacht werden sollten. Abbildung 45 fasst die häufigsten Hürden und deren dazugehörigen Handlungsfelder zusammen.

Dimensionen der Digitalisierung	Strategie	Kultur & Mitarbeiter	Organisation & interne Prozesse	Smarte Produkte & Service	Smart Factory
Haupthürden	• Digitalisierung spielt noch keine Rolle in der Strategie	• Kompetenzen im Zusammenhang mit Digitalisierung fehlen / sind nur sehr gering vorhanden • Verschlossene Kultur gegenüber Veränderungen	• Traditionelle Organisationsstruktur • Manuelle Prozesse • Kein interner systemintegrierte Informationsaustausch	• Produkte sind nicht für den Datenaustausch ausgestattet • Fokus auf klassische Produkte • Datenbasierte Dienstleistungen werden dem Kunden nicht angeboten	• Keine Anbindung von den Maschinen an ein IT-System für Auswertungen • Keine Erfassung von Maschinen- & Prozessdaten
Hemmnisse	• Unklarheit über wirtschaftlichen Nutzen • Allgemeine Unwissenheit über Digitalisierung		• Fehlende Kompetenzen • Erfordernis des Marktes fehlt		
dringende / kurzfristige Handlungsfelder	• Digitalisierungsstrategie formulieren • Bewusstsein für die Wichtigkeit von Digitalisierung schaffen	• Anpassung der Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen • Offene Kommunikation über Digitalisierungsthemen	• Bewusstsein für die Wichtigkeit von Digitalisierung schaffen • Ansätze von internen und externen Informationsaustausch planen	• Analyse für mögliche digitale Zusatzfunktionen • Beginn mit der Neuausrichtung des Produktportfolios • Definition von datenbasierten Dienstleistungen	• Schrittweise Implementierung von Automatisierung • Aufrüsten von Maschinen für die Erfassung von Maschinen- & Prozessdaten

Abbildung 45: dringende & kurzfristige Handlungsempfehlungen[178]

Zu Beginn ist es zu empfehlen, ein Pilotprojekt zu starten, um Quickwins zu erzielen. Dazu kann es hilfreich sein, ein erstes Verständnis für Digitalisierung und deren Auswirkung auf das Unternehmen und die kulturelle Veränderung aufzubauen. Hierbei ist es wichtig, Fähigkeits-, Talent- und Kompetenzbedarf zu definieren, um die Transformation sinnvoll umsetzen zu können.[179] Das Pilotprojekt kann zum einen dazu verwendet werden, um die wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu ermitteln und zum anderen Best-Practices für die Zukunft zu etablieren. Für den

[177] vgl. Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 22, 28.
[178] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Lichtblau, 2015, S. 58.
[179] vgl. Gartner, 2020, S. 6.

Mittelstand ist es ratsam, hierfür ein Digitalisierungs-Team zu beauftragen, um hier von deren Erfahrung profitieren zu können. Durch Quickwins wird dann erreicht, dass Skeptiker positive Eindrücke überzeugen und mehr Mitarbeiter für die Digitalisierung begeistert werden können. Empfehlenswert sind hierfür auch Prozesse oder Aufgabenstrukturen zu verwenden, die einen geringen Komplexitätscharakter haben.[180]

Für den ersten Schritt in Richtung Digitalisierung sind einige Trends, die sich mit wenig Implementierungsaufwand umsetzen lassen. Zuallererst ist es wichtig, eine Digitalisierungsstrategie zu formulieren und sich die Auswirkungen im Gesamten vor Augen zu führen. Dabei ist es besonders wichtig, dass ein digitales Verständnis in allen Hierarchiestufen aufgebaut wird. Hierbei sollten alle Unternehmensbereiche involviert werden. Im Bereich des New Work muss es Arbeitnehmern möglich sein, eine Art des Homeoffice für sich zu nutzen. Das bedeutet für das Unternehmen, dass eine entsprechende IT-Security aufgebaut werden muss und auch passendes Equipment zur Verfügung gestellt wird. Auf diese Weise bleiben die Mitarbeiter motivierter und können in Ruhe an Themen und Projekten von zuhause arbeiten. Zusätzlich sollten sich Unternehmer mit dem Bereich der agilen Organisation und Entwicklung befassen. Dies wird zunehmend erforderlich, wenn mit anderen Maschinenbauern zusammengearbeitet wird, aber auch bei der Umsetzung der Kundenwünsche. Durch das agile Vorgehen können so schneller und flexibler Änderungen und Wünsche des Kunden eingebracht und umgesetzt werden. Im Bereich der Vernetzung sind erste Schritte im Bereich der Sensorik und der CPS zu planen. Das bedeutet konkret, dass der Maschinenbauer sich Gedanken und eventuell erste Umsetzungen vollzieht, um Daten aus den Maschinen erhalten zu können. Hier schließt sich gleich an, dass sich über die Art der Daten und deren Qualität nachgedacht wird. Je früher hier Konzepte und standardisierte Schnittstellen vorliegen, umso leichter lassen sich später neue Entwicklungen und Geschäftsmodelle aufbauen und umsetzen. Für den Maschinenbau bietet der VDMA eine sehr gute Grundlage und hat bereits Festlegungen getroffen.

Im Bereich der Digitalisierung kann im Bereich der Visualisierung ein großer Schritt gemacht werden. Es gibt viele standardisierte Programme, die eine Einführung in die verschiedenen Berieche ermöglicht und erleichtert. So unterstützen CAD oder CAM Programme bereits das Engineering, aber auch die in der Fertigung und Montage können MES-Systeme leicht integriert werden und unterstützen visuell die Mitarbeiter. Als weiterer Trend in der Digitalisierung, der in den ersten Schritten umgesetzt werden muss ist das HMI, sowohl für die eigenen Mitarbeiter, aber auch an den Maschinen, die zum Kunden gehen. Auf dieser Basis können schon erste kleine Umsetzung von eventuellen Geschäftsmodellen durchgeführt werden. Im Bereich

[180] vgl. Botzkowski, 2018, S. 190.

der Automatisierung ist es angebracht, sich Trends wie Cobots oder Robotik im ersten Schritt anzueignen. Das bedeutet nicht, dass Mitarbeiter auf Fertigungsstraßen oder Montagen komplett durch Roboter ersetzt werden. Viel mehr ist daran gelegen, die Produktivität durch diese Technologie zu verbessern und die Mitarbeiter zu entlasten. Das Thema 3D Druck sollte zudem näher beleuchtet werden und mögliche Umsetzungen ausprobiert werden. Im ersten Schritt ist es nicht sinnvoll, dass sich das Unternehmen das vollständige Equipment dazu anschafft. Mittlerweile gibt es viele Anbieter, die das Equipment wie 3D-Drucker as a Service zur Verfügung stellen.

Im Zusammenhang mit Daten ist die dringend notwendige Handlungsempfehlung, dass sie das Unternehmen ein fundiertes Knowhow über Daten verschafft. Dazu gehören allgemein die Struktur von Daten, die verarbeitet werden soll, der Aufbau und wie mit ihnen verfahren werden soll. Hierzu ist es hilfreich, sich Unterstützung beim VDMA zu holen. Zusätzlich ist es wichtig, dass auch Modelle der Datenverwendung entwickelt werden, heißt, wie nutzt der Kunde und das eigene Unternehmen diese Daten, wie könnte ein Geschäftsmodelle mit den Daten entstehen und wer hat die Hoheit über die Daten. Um dies jedoch dann in den nächsten Schritten umsetzen zu können, ist die Datenstandardisierung der wichtigste erste Schritt.

Zusammenfasend lässt sich sagen, dass für die ersten Quick-Wins viel Konzeptarbeit und Überzeugungsarbeit geleistet werden muss. Für die technologische Umsetzung von ersten Maßnahmen sind kleine Projekte zu starten, die diese dann planen, einsteuern und umsetzen. Als oberste Prämisse gilt, dass der CEO der Haupttreiber der Digitalisierung ist und die Mitarbeiter von den neuen Technologien überzeugt und so den Schritt in eine neue Zukunft gehen kann.

5.2 mittelfristige Handlungsempfehlungen

Im folgenden Teilkapitel werden mittelfristige Handlungsempfehlungen beschrieben, die sich auf den Technologien aus 5.1 aufbauen. In Abbildung 46 werden die Hürden inklusive Maßnahmen zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 46: mittelfristige Handlungsempfehlungen[181]

Bei der mittelfristigen Umsetzung der Digitalisierung muss die Digitalisierungsstrategie fest formuliert und umgesetzt werden. Hierzu gehört auch, dass die organisatorische Ausrichtung sichergestellt wird und die Veränderungsbereitschaft im Maschinenbau entwickelt wurde. Der Aufbau von Kompetenzen durch Qualifizierungen ist in diesem Schritt unerlässlich. Für die Umsetzung dieser ist eine überzeugende Kommunikation von großer Hilfe. Die Zusammenarbeit mit strategischen Partnern hilft sowohl bei der Transformationsvision als auch bei der Identifizierung, Entwerfen und Umsetzen von Geschäfts- und Umsatzmodellen. Es sind einige Maschinenbauer noch am Anfang der Digitalisierung. Durch Synergien kann die Geschwindigkeit der Umsetzung erheblich erhöht werden.[182]

Bei der Betrachtung der fünf großen Themenfelder New Work, Vernetzung, Digitalisierung, Automatisierung und Daten, lassen sich auf mittelfristige Sicht folgende Handlungsempfehlungen herausarbeiten. Im Bereich des New Work sind Homeoffice, agile Organisationen, digitale workplaces und smart Workspace zum Großteil schon im Unternehmen umgesetzt. Im Detail bedeutet dies, dass ein für Arbeitgeber und -nehmer gleichermaßen geltende Regelung für das Homeoffice getroffen wurde und keine Büropflicht herrscht. Die Agilität ist bereits geplant und bei ersten Projekten umgesetzt worden. Durch Anpassungen auf das Unternehmen, kann diese Organisationsform in den Alltag übernommen werden. Hierbei ist es wichtig, dass diese Form nicht 1:1 übernommen wird, sondern auf die Bedürfnisse und Geschehnisse im Unternehmen angepasst wird. Viele Themen sind nicht für reine Softwareunternehmen umsetzbar,

[181] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Lichtblau, 2015, S. 60.
[182] vgl. Gartner, 2020, S. 4f.

aber nicht alles trifft auf den Maschinenbauer zu und ist auch sinnvoll anwendbar. Mit smart Workspace werden Besprechungsräume und auch die Arbeitsplätze neue und modernen gedacht. Durch das Thema Shared Desk nicht auch das Homeoffice eine ganz andere Bedeutung an. Arbeitsplätze werden durch Ruhe-, Brainstorming- und Besprechungsbereiche neugestaltet, so dass nicht mehr nur ein eintöniges Arbeiten am Schreibtisch geboten wird. In den Fertigungen, Montagen und auch in der Logistik sollen digitale Tools, wie Tablets, Bildschirme und HMIs die Produktivität der Mitarbeiter erhöhen und die Arbeit erleichtern.

Im Bereich der Vernetzung ist ein weiterer Meilenstein zu gehen und die ersten Konzepte für Cloud Computing, IoT, CPS und Blockchain sollten für die langfristige Umsetzung aufgesetzt werden. Cloud Computing und IoT sind später die Basis für die meisten smarten Produkte und Services, die dem Kunden verkauft werden. Nicht nur der Kunde profitiert davon, sondern auch das Unternehmen selbst, indem es die Daten, Betriebsstände und weitere Informationen zentral und zum Teil schon aufbereitet abgreifen kann. Das Thema CPS ist weiter zu intensivieren, damit nicht nur die Maschinen, die zum Kunden gehen mit Sensorik und Aktorik ausgestattet sind, sondern auch alte Maschinen nachgerüstet werden. So kann zusätzlicher Umsatz erzeugt werden. Zudem lässt sich die Automatisierung weiter ausbauen war zur Effizienz- und Produktivitätssteigerung beiträgt. Die Blockchain ist als mittelfristige Handlungsempfehlung einzustufen, da es auch für den Maschinenbauer in den nächsten fünf bis zehn Jahren unerlässlich bleibt, seine Bauteile, Materialien und Lieferungen vertrauenswürdig nachverfolgen zu können.

Das Themenfeld Digitalisierung hält für mittelfristige Handlungsfelder viele Trends und Technologien bereit. Die Themen Predictive & Remote Maintenance sind in den nächsten drei bis fünf Jahren unerlässlich und es ist jedem Maschinenbauer dringend zu empfehlen, sich in diesem Themengebiet Knowhow und qualifiziertes Personal anzueignen. Immer mehr Kunden erwarten dies von den Unternehmen. Durch die Coronakrise 2020 hat sich die Erwartung der Kunden noch mehr bestärkt. Viele Unternehmen konnten durch diese Technologien weitestgehend weiterarbeiten und ihre Maschinen beim Kunden in Betrieb nehmen und Kunden unterstützen. Predictive Maintenance bietet zusätzlich die Chance, dem Kunden neue Geschäftsmodelle anzubieten und besser beraten zu können. Der Maschinenbauer selbst kann dadurch Ableitungen treffen und Produkte verbessern oder sogar erweitern. KI und Machine Learning sind auch Projekte und Trends, die auf die mittelfristigen Planungen aufgenommen werden müssen. Konzepte für den internen Einsatz, wie zum Beispiel bei Routineaufgaben in der Verwaltung oder bei der Auswertung von Daten, sind diese eine sehr große Unterstützung. AR und VR sollten mittelfristig in fast allen Bereichen zum Einsatz kommen. Primär ist beim Maschinenbauer der Service der Haupteinsatzort, aber auch die Inbetriebnahme in der Montage

oder die Kundenabnahme profitieren von dieser Technologie. Aus diesem Grund ist hier der erste wichtige Meilenstein zu erreichen.

Im Bereich der Automatisierung sind Themen wie Smart Factory, Cobots, Robotik und 3D Druck schon zum Großteil in der Anwendung im mittelständischen Maschinenbau. Miteinander vernetzte Anlagen im eigenen Betrieb zahlen auf die Smart Factory ein und ermöglichen ein Erfassen von Produktions- und Prozessdaten, die dann zur Optimierung dieser herangezogen werden können. Auch der Digitale Zwilling muss in dieser Phase immer stärker eingebunden werden. Es muss nicht gleich die höchste Ausbaustufe erreicht werden, jedoch können hier die ersten Pilotprojekte gestartet werden und das Zusammenspiel zwischen Engineering und Produktion erheblich angehoben werden. In dieser Phase gelten die Mitarbeiter unterstützenden Cobots als selbstverständlich und nicht mehr als Fremdkörper in der Produktion. Der Einsatz von Robotern sorgt mittelfristig dafür, dass Routinearbeitsschritte nicht mehr von Menschen, sondern von ihnen übernommen werden. Die frei gewordenen Mitarbeiter sind in andere Arbeitsschritte oder für neue Produkte eingesetzt worden. Eine Umsatz- und Profitabilitätssteigerung wurde auf diese Weise erreicht. Der 3D Druck hat sich mittelfristig im Engineering und in der Entwicklung etabliert und wird für viele Prototypen verwendet. Doch auch werden mittelfristig Bauteile mit dem 3D Drucker produziert, zunehmend in Bereichen des Maschinenbaus, wo viele Sonder- bzw. Losgröße 1 Bauteile benötigt werden und komplizierte Bauteile nur schwer und teuer hergestellt werden können.

Bei dem großen Feld der Daten ist viel zu erreichen. Mit der Umsetzung der Trends in der ersten Phase, ist ein großer Pool an Big Data vorhanden, an den nun mit Data Science angeknüpft werden kann. Über die Datenauswertung über Advanced Analytics können im Bereich des Controllings oder der Produktion automatisierte Auswertung gefahren werden. Auf die Kundensicht ist es mittelfristig notwendig, Data Scientists einzustellen, die die Daten vom Kunden vernünftig auswerten, analysieren und bewerten können. Hierbei ist es sehr sinnvoll, Mitarbeiter aus den eigenen Reihen zu befähigen oder hinzuzuziehen, da diese viel Erfahrung von den Maschinen und deren Prozesse mitbringen und unterstützend bei den Ergebnissen sind. Nicht empfehlenswert ist es, komplett Branchen fremde für diese Tätigkeiten einzustellen, da die Einarbeitung in die Thematik des Unternehmens meistens zu viel Zeit beansprucht. Bei den Daten ist es ebenfalls wichtig, mittelfristig eine Datenstrategie festgelegt zu haben, die schon in der kurzfristen Phase vorbereitet wurde. Passen die Daten aus den Maschinen beim Kunden nicht zusammen, oder lassen sie sich nicht miteinander vergleichen, wird es aufwendig und schwierig, neue Services dem Kunden zufriedenstellend anzubieten.

5.3 langfristige Handlungsempfehlungen

Zum Schluss werden Empfehlungen auf lange Sicht, im Rahmen von fünf bis zehn Jahren näher beschrieben. Wie in der vorherigen Teilkapiteln, sind in Abbildung 47 Haupthürden und entsprechende Handlungsfelder zusammengefasst.

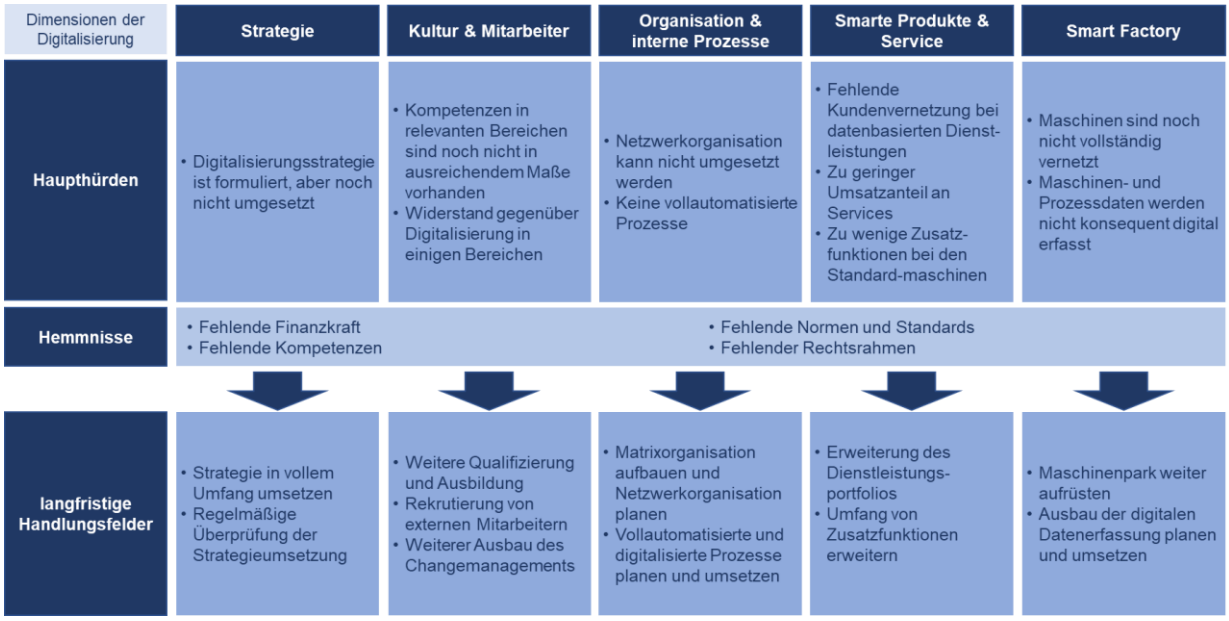


Abbildung 47: langfristige Handlungsempfehlungen[183]

Betrachtet man die Implementierung der Digitalisierung auf lange Sicht, ist festzuhalten, dass die Digitalisierung ein fester Bestandteil der Strategie werden muss, um weiterhin erfolgreich auf dem Markt agieren zu können. Deshalb ist es unerlässlich, die Umsetzung dieser regelmäßig zu überprüfen und entsprechend anzupassen. Durch die sehr schnelllebigen Veränderungen in diesem Bereich, kann sich hier nicht ausgeruht werden. Dafür ist es wichtig, dass die Basis durch die zuvor beschriebenen Technologien geschaffen wurde und nun immer weiter umgesetzt und angepasst wird. Für die langfristige Planung und Umsetzung der Digitalisierung wird sicherlich die Frage der Finanzierungskraft aufkommen. Hier ist zu sagen, dass es sehr viele Förderungen, sei es durch Subventionen für den Aufbau von Infrastruktur ist oder bei der Entwicklung von neuen Technologien in diesem Bereich gibt. Hierzu sollten sich mittelständische auf alle Fälle informieren und diese Unterstützung auf jeden Fall in Anspruch nehmen.

Das Verständnis über Digitalisierung ist in den meisten Bereichen vorhanden, muss aber immerfort aktuell gehalten und gefördert werden. Fehlende Kompetenzen, die bisher nicht aufgebaut wurden, da kein Bedarf vorhanden war, bzw. die Kompetenzen zu spezifisch find,

[183] Eigene Darstellung in Anlehnung an: Lichtblau, 2015, S. 62

können langfristig durch Kooperationen mit anderen Firmen oder Start-Ups abgefangen werden. Dem mittelständischen Maschinenbauer muss klar sein, dass es keinen Sinn macht, sich alle Kompetenzen eines Softwareunternehmens anzueignen, da seine Stärken im Bau von Maschinen oder Komponenten liegen. In der Betrachtung der Organisationsstruktur sollte der Maschinenbauer auf eine Matrixorganisation bauen, um viele Synergien zu erhalten. Die internen und externen Prozesse sind langfristig zu digitalisieren. So wird die gesamte Organisation langfristig effizienter und schneller, was sich auf die Profitabilität des Unternehmens positiv auswirken wird.

Durch neue digitale Produkte, Services und der Nachrüstung von alten Produkten auf die Digitalisierung erhalten Unternehmen den größten Mehrwert. Services wie Ferndiagnose, Ersatzteilanzeige, Anlagenmanagement oder andere digitale Add-ons, sollte im Portfolio des Maschinenbauers auf lange Sicht implementiert werden. Diese haben einen geringeren Implementierungsaufwand, bringen aber einen großen Mehrwert. Um diese umsetzen zu können, muss nicht zwingend eine eigene Entwicklung im Unternehmen aufgebaut werden, sondern es können Partnerschaften dazu aufgebaut werden. Jedoch ist sinnvoll, einige Experten im Haus zu haben, die diese Themen beherrschen und die Leistungen der Dienstleistung verifizieren können. Auf langfristige Sicht werden sich auch as-a-Service Geschäftsmodelle durchsetzen, die nicht nur auf digitale Mehrwerte spezialisiert sind, sondern auch Maschinen-as-a-Service anbieten werden. Diesen Trend sollten sich mittelständische Maschinenbauer auf jeden Fall anschauen und versuchen umzusetzen, da dadurch neue und mehr Kunden angesprochen werden.

Der Trend des smart Factory ist auf jeden Fall eine langfristige Handlungsempfehlung, da sich die Produktion im Hochlohnland Deutschland immer mehr und mehr gegen den Wettbewerb beweisen muss. Auf diese Weise kann die deutsche Ingenieurskunst mit der günstigeren Produktion weiterhin stabil fortgeführt werden. Außerdem lassen sich auf lange Sicht Fertigungsnetzwerke aufbauen, bei denen Maschinen anzeigen, wenn sie freie Kapazitäten haben. Ist ein Maschinenbauer mit seiner Produktion in solchen einem Netzwerk eingebunden, so kann er gewährleisten, dass seine Fertigungsmaschinen oder Montagelinien nicht stillstehen und ausgelastet sind. So ist eine optimale Auslastung von Maschine und Werkern gesichert.

Wird der Blick auf die Trends und Technologien gerichtet, werden sich vorangegangene Strömungen weiter ausbauen und vertiefen. Auf die langfristige Sicht sind Technologien wie 5G im eigenen Unternehmen, aber auch beim Kunden, Blockchain und der digitale Zwilling eines der großen Themen. Bei KI sind noch viele Themen offen, die aus der Sicht von Bias und der

Sicherheit weiter erforscht werden. Das Thema IoT wird sich immer weiter ausbauen und sowohl intern als auch extern beim Kunden eine immer zentralere Rolle spielen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es im Bereich der Digitalisierung von Unternehmen langfristige, mittelfristige und dringend notwendige Handlungsempfehlungen gibt, die sich ein mittelständischer Maschinenbauer bewusst machen muss. In jeder dieser Phasen gibt es Herausforderungen und Hürden. Mit den oben beschriebenen Empfehlungen lassen sich diese Hürden beseitigen und umsetzen. Ein wichtiger Geschichtspunkt ist zudem, dass nicht alle Technologien auf einmal umgesetzt werden können, sondern nach einem Stufenplan geplant und implementiert werden müssen. So lässt sich der größte Mehrwert für das Unternehmen erzielen.

6 Fazit / Ausblick / kritische Würdigung

Die vorliegende Masterthesis befasste sich mit der Digitalisierung im mittelständischen Maschinenbau und zeigte die wichtigsten strategischen Handlungsfelder auf. Sie hatte zum Ziel technologische Trends und Treiber der Digitalisierung den Unternehmen näher zu bringen und mögliche Anwendungen zu beschreiben. Zudem sollten die Leser zum Nachdenken für den Bereich Digitalisierung angeregt werden.

Die wichtigsten Trends für den mittelständischen Maschinenbauer, die in Kapitel 2 dargestellt wurden, sind zum einen der digitale Zwilling, die Cloudlösungen und Smart Factory. Im Vergleich zu großen Unternehmen oder Konzernen, ist zum einen der Maschinenbau an sich, im speziellen aber der Mittelstand, noch weit im Rückstand bei der Digitalisierung. Die genannten Technologien entwickeln sich zudem von Jahr zu Jahr weiter und kommen immer mehr Innovationen in diesem Bereich auf den Markt. Aus diesem Grund ist es noch wichtiger für Maschinenbauer, hier auf den Zug aufzuspringen und mit ersten Umsetzungen anzufangen, bevor der Abstand zu den Wettbewerbern zu groß wird.

Die digitalen Potenziale aus Kapitel 3 lassen sich nicht nur für zwei genannten Fallstudien im Bereich der Landtechnik und Werkzeugmaschinen anwenden, sondern sind auf fast alle Disziplinen des Maschinenbaus anwendbar. Die Nutzenpotenziale der Digitalisierung sind „Time to Market“, Zeit & Kosten, Produktivität, Flexibilität, Transparenz, Verfügbarkeit und Effizienz. Aus diesen lassen sich auch die sechs wichtigsten wirtschaftliche Potenziale ableiten, die zur Reduzierung vom Bestands-, Fertigungs-, Logistik-, Komplexitäts-, Qualitäts- und Instandhaltungskosten beitragen.

Im vierten Kapitel wurden die verschiedenen strategischen Handlungsfelder beschrieben, die den Maschinenbauer sowohl als Anwender als auch den Anbieter der Digitalisierung beschreiben. Als Anwender muss er eine Digitalisierungsstrategie ausarbeiten und umsetzen. Ebenso muss die Unternehmenskultur einen Veränderungsprozess durchlaufen, da sich auch die Anforderungen an die Mitarbeiter mehr auf digitale Kompetenzen ändert. Die Berufsbilder werden sich in diesem Zusammenhang ebenso ändern, wie Produkte und Geschäftsmodelle. Darauf muss sich das Unternehmen mit seinen Prozessen und der Organisation aufstellen und anpassen. Eine der größten Veränderung spielen sich im Bereich der Entwicklung von neuen Produkten ab, die nicht nur rein mechanisch funktionieren, sondern auch Softwarekomponenten beinhalten müssen. Zusätzlich kommen neue Trends aus dem Bereich digital Work hinzu, was eine Umstellung und Veränderung für die Mitarbeiter mit sich bringt. Mit agilen Arbeitsweisen werden die Kundenanforderungen ganz anders in die Entwicklung und den

Geschäftsprozess eingesteuert als bisher. In den einzelnen Prozessschritten konnten aus den großen Trendbereichen New Work, Vernetzung, Digitalisierung, Automatisierung und Daten die jeweils größten Treiber mit Beispielen zugeordnet werden. Hier ist zu sagen, dass es sich auf derzeit aktuelle Trends bezieht, die sich immer weiterentwickeln. Daher ist er ratsam, sich immer die neusten Innovationen bei Gartner oder trendone zu holen.

Kapitel 5 fasst nochmals zusammen, welche Handlungsfelder die wichtigsten sind und mit welchen am ersten begonnen beziehungsweise, welche lange Bearbeitungszeiten haben und schon geplant werden sollten. Es wurden auch erste Vorgehensweisen beschrieben, wie digitale Pilotprojekte begonnen werden können.

Als Ausblick ist zu sagen, dass der richtige Mindset sowohl beim Geschäftsführer, aber auch im Großteil in der Belegschaft tragen positiv zum Gelingen einer digitalen Transformation bei. Das erste und wichtigste ist, sich überhaupt einmal mit dem Thema Digitalisierung zu befassen und mit einem oder zwei Pilotprojekten in diesem Gebiet zu beginnen. Bereitwillige, offene und motivierte Mitarbeiter unterstützen dieses Vorhaben ungemein und werden positive Erfolgen erzielen. Digitalisierung ist nicht ein Thema von heute auf morgen, sondern ist ein längerer Prozess, der jedes Unternehmen vor immer neue Herausforderungen stellen wird. Langfristig werden die Handlungen Früchte tragen und das Unternehmen zum Erfolg führen.

Fazit dieser Arbeit ist, dass sich mittelständische Maschinenbauer auf das Thema Digitalisierung einlassen müssen, ein tragfähiges Geschäftsmodell entwickeln, planen und umsetzen müssen. Dabei können Technologien, wie die Cloud viele Möglichkeiten bieten und der Aufbau von Knowhow, vorwiegend im Bereich der Softwareaktivitäten. Diese ermöglichen, nicht nur im Hinblick auf neue Geschäftsmodelle, sondern auch für bestehende Produkte neue Innovationsschritte. Mit der Digitalisierung wird zudem der Kundenstamm erweitert und die die Beziehung zu diesen auch intensiviert, da man nicht nur der Lieferant, sondern auch ein Systempartner wird. Neben der Performancesteigerung der Maschinen darf auch die Steigerung der Prozessperformance nicht außer Acht gelassen werden. Die Digitalisierung bietet hierfür sehr viele Möglichkeiten um Umsetzungshilfen, die auch im mittelständischen Maschinenbau Anwendung finden müssen.

Für das Mithalten im Wettbewerb ist es zudem wichtig, dass sich mittelständische Unternehmen nicht mehr nur als Rivalen sehen, sondern auch als Partner, die gemeinsam gegen große Konzerne antreten können. Dafür ist der Zusammenschluss in einigen Entwicklungsbereichen, von großem Vorteil. Ebenso ist die Partnerschaft mit Softwareunternehmen anzustreben, welche die Ideen und neuen Geschäftsmodelle umsetzen können. Der digitale Wandel im Maschinenbau bedeutet nicht, dass es in Zukunft keinen Maschinenbauer, sondern nur noch

Softwareanbieter geben wird. Ohne Maschinen lassen sich in Zukunft auch keine neuen Geschäftsmodelle anbieten. Deshalb wird es den Maschinenbauer weiterhin geben, nur mit erweitertem Portfolio und auf die digitalen Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten Produkte.

Bei der Betrachtung des Zitates von Jeff Bezos vom Beginn dieser Masterthesis kann jetzt gesagt werden, dass die Zukunft von mittelständischen Maschinenbauern durch die Digitalisierung nicht nur bewahrt wird, sondern auch gestärkt wird. Befolgt er die Handlungsempfehlung dieser Arbeit und setzt diese sogar um, wird er nicht als Verlierer, sondern als Gewinner hervorgehen. Der Prozess der Veränderung wird nicht leicht und sicherlich mit einigen Schwierigkeiten verbunden sein, jedoch zeigen viele kleine Vorreiter, dass es gelingen kann.

Literaturverzeichnis

ALTMANN, Florian, 2017. Innovation in Familienunternehmen [online]. München: Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft [Zugriff am: 29.12.2021]. Verfügbar unter: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/mittelstand/contents/interview-innovation.html

ANDERSON, James und Paul PROCTOR, 2019. Digital Business KPIs: Defining and Measuring Success [online]. Stamford: Gartner, Inc. [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/doc/documents/3803509-digital-business-kpis-defining-and-measuring-success.pdf

BACKHAUS, Julian und andere, 2017. Montage 4.0 [online]. In: REINHART, Prof. Dr.-Ing Gunther Hrsg. Handbuch Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.12.2021]. S. 513-554. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-446-44989-3

BECHTOLD, Jochen und andere, 2014. Industrie 4.0 – Eine Einschätzung von Capgemini Consulting [online]. Der Blick über den Hype hinaus. Berlin: Capgemini [Zugriff am: 08.07.2021]. Verfügbar unter: https://www.capgemini.com/ch-de/wp-content/uploads/sites/26/2017/08/industrie-4.0-de.pdf

BECKER, Wolfgang und andere, 2017. Industrie 4.0-Geschäftsmodelle systematisch entwickeln [online]. In: SCHALLMO, Daniel und andere Hrsg., Digitale Transformation von Geschäftsmodellen - Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-12388-8. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-12388-8_11

BELLERSHEIM, Volker, 2016. Digitale Geschäftsmodelle und Trends im Maschinenbau [online]. München: Dr. Wieselhuber & Partner GmbH, November 2016. Verfügbar unter: https://www.wieselhuber.de/modules/file/232/WP_DigitalisierungMaschinenbau_CECIMO.pdf

BITKOM, 2015. Big Data und Geschäftsmodell-Innovationen in der Praxis: 40+ Beispiele [online]. Berlin: BITKOM [Zugriff am: 22.02.2022]. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/151229-Big-Data-und-GM-Innovationen.pdf

BLEY, Katja und Christian LEYH, 2016. Digitalisierung: Chance oder Risiko für den deutschen Mittelstand? – Eine Studie ausgewählter Unternehmen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik [online]. 53, 29–41 [Zugriff am: 02.05.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-015-0197-2

BORN, Hans-Jürgen, 2018. Geschäftsmodell-Innovation im Zeitalter der vierten industriellen Revolution [online]. Strategisches Management im Maschinenbau. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-21171-4. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-21171-4

BOSSE, Christian K. und andere, 2019. Digitalisierung im Mittelstand erfolgreich gestalten [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_2.

BOTZKOWSKI, Tim, 2018. Digitale Transformation von Geschäftsmodellen im Mittelstand [online]. Theorie, Empirie und Handlungsempfehlungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-20333-7. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-20333-7

"BRECHER, Christian und andere, 2017. Die vernetzte Werkzeugmaschine [online]. In: REINHART, Prof. Dr.-Ing Gunther Hrsg. Handbuch

Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.12.2021]. S. 341-378. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-446-44989-3"

BREQUE, Maija, Lars DE NUL und Athanasios PETRIDIS, 2021. Industry 5.0 [online]. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Brüssel: Europäische Kommission, Generaldirektion Forschung und Innovation [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter:

BÜLCHMANN, Oliver, 2017. Die Digitale Transformation erfordert die Entwicklung Digitaler Führungskompetenz. In: Wirtschaftsinformatik & Management [online]. 9, 20–31 [Zugriff am: 02.05.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s35764-017-0013-6

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ, o.J. Maschinen- und Anlagenbau [online]. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [Zugriff am 13.02.2022]. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html

Clarion, o.J. Why Digital Transformation Is Easy To Start But Difficult To Finish [Zugriff am 26.06.2022]. Verfügbar unter: https://www.clariontech.com/blog/why-digital-transformation-is-easy-to-start-but-difficult-to-finish#:~:text=%E2%80%9CThere%20is%20no%20alternative%20to,t%20adapt%2C%20will%20fail.%E2%80%9D&text=You%20can%20expect%20Jeff%20Bezos,live%20in%20%2D%20do%20or%20die.

COLE, Tim, 2017. Digitale Transformation [online]. Warum die deutsche Wirtschaft gerade die digitale Zukunft verschläft und was jetzt getan werden muss! 2. Auflage. München: Verlag Franz Vahlen [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-8006-5399-7. Verfügbar unter: DOI: 10.15358/9783800653997-235

CORNELIUS, Andrea, 2019. Künstliche Intelligenz - Entwicklungen, Erfolgsfaktoren und Einsatzmöglichkeiten. Freiburg: Haufe-Lexware. ISBN 978-3-648-13202-9

DAHM, Markus H. und Benjamin, CONSTANTINE, 2020. Machine Learning für den Mittelstand [online]. In: DAHM, Markus H. und Stefan THODE Hrsg., Digitale Transformation in der Unternehmenspraxis - Mindset – Leadership – Akteure – Technologien. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-28557-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-28557-9_16

DAHM, Markus H. und Clemens, HOLST, 2020. Auswirkungen der Digitalisierung auf die Wertschöpfungsakteure [online]. In: DAHM, Markus H. und Stefan THODE Hrsg., Digitale Transformation in der Unternehmenspraxis - Mindset – Leadership – Akteure – Technologien. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-28557-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-28557-9_11

DAWSON, Philip, 2021. 2021 Hype Cycle [online]. Innovating Delivery Through Trust, Growth and Change. Stamford: Gartner Inc. [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/intl-de/informationstechnologie/dokumente/2021-hype-cycles-innovating-delivery-through-trust-growth-and-change-de.pdf

DE MAURO, Andrea, Marco GRECO und Michele GRIMALDI, 2014. What is Big Data? A Consensual Definition and a Review of Key Research Topics [online]. Madrid: 4th International Conference on Integrated Information [Zugriff am: 10.03.2022]. Verfügbar unter: DOI: 10.13140/2.1.2341.5048

DELOITTE, 2020. Der zweite Frühling für den Maschinenbau [online]. Servicedigitalisierung als Wachstumstreiber. München: Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft [Zugriff am:

21.05.2021]. Verfügbar unter: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/energy-and-resources/articles/digitale-services-maschinenbau.html

DEMARY, Vera und Henry Goecke, 2021. Digitalisierung der Branchen in Deutschland — eine empirische Erhebung. In: Wirtschaftsdienst [online]. 101, 181-185 [Zugriff am: 03.11.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/s10273-021-2871-z

DEMONT, Anja und Dominik PAULUS-ROHMER, 2017. Industrie 4.0-Geschäftsmodelle systematisch entwickeln [online]. In: SCHALLMO, Daniel und andere Hrsg., Digitale Transformation von Geschäftsmodellen - Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-12388-8. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-12388-8_4

DESMENT und andere, 2015. Six building blocks for creating a high-performing digital enterprise [online]. Singapore: McKinsey & Company, 01.09.2015 [Zugriff am 03.06.2021]. Verfügbar unter: https://www.mckinsey.com/business-functions/people-and-organizational-performance/our-insights/six-building-blocks-for-creating-a-high-performing-digital-enterprise

DISLER, Alexander, 2018. Organisation 4.0 [Zugriff am: 14.04.2022]. Verfügbar unter: https://www.adigiconsult.ch/organisation-4-0/

DISPAN, Jürgen und Martin SCHWARZ-KOCHER, 2018. Digitalisierung im Maschinenbau - Entwicklungstrends, Herausforderungen, Beschäftigungswirkungen, Gestaltungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau [online]. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung [Zugriff am: 15.10.2020]. Verfügbar unter: ISSN 2509-2359

DOMBROWSKI, Uwe, Tobias STEFANAK, Philipp KRENKEL, 2017. Aspekte der Fabrikplanung für die Ausrichtung auf Industrie 4.0 [online]. In: REINHART, Gunther Hrsg., Handbuch Industrie 4.0 - Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446449893

DORST, Wolfgang, 2016. Digitale Strategie 2025 [online]. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.html

DORST, Wolfgang, 2019. Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0 [online]. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter:

https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40.pdf?__blob=publicationFile&v=8

DUPONT, Stefanie und andere, 2019. Einführung eines intelligenten Logistikkonzepts zur Unterstützung der Mitarbeiter in Fertigung und Montage [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_18

FINCOMPARE, 2019. Digitalisierung im Maschinenbau: Enorme Chancen im Mittelstand [online]. Berlin: FinCompare. 15.10.2019 [Zugriff am: 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://fincompare.de/digitalisierung-maschinenbau

FUHRICH, Andreas, 2016. Abt. Produktion & Fertigung [online]. In: HASELBAUER, Daniela, Hrsg. Handbuch Digitalisierung. Vettelstoß: ayway media [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.handbuch-digitalisierung.de/digital-lesen/#p=1

GARTNER Inc., 2020. IT-Roadmap für die digitale Unternehmenstransformation [online]. Auszug. Stamford: Gartner, Inc. [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/intl-de/informationstechnologie/dokumente/it-roadmap-fur-die-digitale-unternehmenstransformation.pdf

GARTNER Inc., 2021. Gartner Identifies Key Emerging Technologies Spurring Innovation Through Trust, Growth and Change [online]. Stamford: Gartner, Inc., 23.08.2021 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-08-23-gartner-identifies-key-emerging-technologies-spurring-innovation-through-trust-growth-and-change

GARTNER, o. J. Gartner Hype Cycle [online]. Wie man Technologie-Hype interpretiert. Stamford: Gartner, Inc. [Zugriff am: 05.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.gartner.de/de/methoden/hype-cycle

GASSMANN, Oliver, Karolin FRANKENBERGER und Michaela CHOUDURY, 2021.Geschäftsmodelle entwickeln [online]. 55+ innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. 3. Auflage. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.06.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-46762-0. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446467620

GERNANDT, Johannes, Thomas STEINWACHS und Ralph Wiechers, 2020. Maschinenbau — Strategische Herausforderungen prae, propter et post Corona. In: Wirtschaftsdienst [online].

100, 666-670 [Zugriff am: 02.05.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-015-0200-y

GROOMBRIDGE, David, 2021. Top Strategic Technology Trends for 2022 [online]. 12 Trends shaping the Future of Digital Business. Stamford: Gartner, Inc. [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/publications/documents/2022-gartner-top-strategic-technology-trends-ebook.pdf

HASELBAUER, Daniela, 2016. Handbuch Digitalisierung [online]. In: HASELBAUER, Daniela, Hrsg. Handbuch Digitalisierung. Vettelstoß: ayway media [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.handbuch-digitalisierung.de/digital-lesen/#p=1

"HEIDLING, Eckhard und Judith NEUMER, 2021. Kompetenzprofile von Ingenieurinnen und Ingenieuren im digitalen Wandel [online]. In: LEHMANN, Lisa. Hrsg., Doris ENGELHARDT und Winfried WILKE, 2021, Kompetenzen für die

digitale Transformation 2020 - Digitalisierung der Arbeit - Kompetenzen - Nachhaltigkeit. Würzburg-Schweinfurt: Springer Vieweg [Zugriff am: 02.06.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-62866-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-62866-9_7"

HERMANNI, Alfred-Joachim, 2016. Business Guide für strategisches Management. [online]. 50 Tools zum geschäftlichen Erfolg. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-12521-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-12521-9

HIRSCH-KREINSEN, 2017. Digitalisierter Maschinenbau [online]. Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit. Frankfurt am Main: IG Metall Vorstand [Zugriff am 03.01.2022]. Verfügbar unter: https://www.google.de/urlsa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwja15Xvt5X1AhXNGewKHW61ANcQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.bw.igm.de%2Fdownloads%2Fartikel%2Fattachments%2FARTID_82346_DTIbnA%3Fname%3DMaschinenbau.pdf&usg=AOvVaw1EqkyAvdGtGwarEknyXF0a

HÖLZLE, Katharina und andere, 2019. Personal digital – Wie ein KMU in einer kaum digitalisierten Branche eine digitale Strategie entwickelt und Möglichkeiten der Digitalisierung für sich nutzt [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_9

ILLNER, Bianca, 2018. Investitionsrechnung für Digitalisierungsprojekte und Industrie 4.0 Vorhaben [online]. Frankfurt am Main: VDM Business Advisory [Zugriff am: 04.02.2022]. Verfügbar unter: https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=b9c42075-a543-53c2-22b7-391f19585678&groupId=34570

INSTITUT FÜR MITTELSTANDSFORSCHUNG BONN, 2005. KMU-Definition der Europäischen Kommission [online]. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung [Zugriff am 01.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.ifm-bonn.org/definitionen/kmu-definition-der-eu-kommission

INSTITUT FÜR MITTELSTANDSFORSCHUNG BONN, 2016. KMU-Definition des IfM Bonn [online]. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung [Zugriff am 01.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.ifm-bonn.org/definitionen-/kmu-definition-des-ifm-bonn

ITEM Industrietechnik GmbH, 2021. Darum führt an der Digitalisierung kein Weg vorbei [online]. Chancen und Anforderungen für Unternehmen im Digital Engineering. Solingen: item Industrietechnik GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. https://www.item24.de//nc/ueber-uns/news-presse/detail/news/digitalisierung-chancen-und-anforderungen-fuer-den-maschinenbau/

ITEM Industrietechnik GmbH, 2021. Wie digital ist der Maschinenbau 2020? [online]. aktuelle Entwicklungen im Digital Engineering. Solingen: item Industrietechnik GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://digital-engineering.de/download-maschinenbau-zukunft?elqTrackId=358742bbddf14852beb511345afce4ff&elq=1008bd4fe92d414fbe481371f9de3cb1&elqaid=6126&elqat=1&elqCampaignId=3641

ITEM Industrietechnik GmbH, 2021. Wie digital ist der Maschinenbau in Europa? [online]. Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung im Ländervergleich. Solingen: item Industrietechnik GmbH [Zugriff am: 27.12.2021]. Verfügbar unter: https://img.en25.com/Web/itemIndustrietechnikGmbH/%7Bc707dd11-20c6-4b1a-adbe-debb359f3182%7D_Digital-Engineering_Europastudie-2021_DE.pdf?elqTrackId=334f2b74bd764aa7adffdbbd87fe584b&elqaid=5176&elqat=2

JOSEPH, Carolin, 2020. Technikakzeptanz und Veränderungsbereitschaft im digitalen Wandel [online]. In: DAHM, Markus H. und Stefan THODE Hrsg., Digitale Transformation in der Unternehmenspraxis - Mindset – Leadership – Akteure – Technologien. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-28557-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-28557-9_18

KAGERMANN, Prof. Dr. Henning, 2013. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt-Industrie 4.0 [online]. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. München: acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: http://digital.bib-bvb.de/view/bvb_single/single.jsp?dvs=1638713214029~771&locale=de&VIEWER_URL=/view/bvb_single/single.jsp?&DELIVERY_RULE_ID=39&bfe=view/action/singleViewer.do?dvs=&frameId=1&usePid1=true&usePid2=true

Kersten, W., von See, B. & Indorf, M., 2018. Digitalisierung als Wegbereiter für effizientere Wertschöpfungsnetzwerke [online]. In: A. Khare, D. Kessler & J. Wirsam (Hrsg.). Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten. Wiesbaden: Springer Gabler [Zugriff am: 02.03.2022]. PDF e-Book. ISBN 8-3-658-21637-5. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-21637-5_8

"KOLBERG, Dennis und andere, 2017. Strategien zur Transformation der Produktionsumgebung [online]. In: REINHART, Prof. Dr.-Ing Gunther Hrsg. Handbuch

Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.12.2021]. S. 213-256. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-446-44989-3"

KRÜGER, Jörg und andere, 2017. Daten, Information und Wissen in Industrie 4.0 [online]. In: REINHART, Gunther Hrsg., Handbuch Industrie 4.0 - Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446449893

LAKEMEYER, Gerhard, 2020. Künstliche Intelligenz 4.0 [online]. In: FRENZ, Walter Hrsg. Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Berlin: Springer Vieweg [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-58474-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-58474-3

LEPPICH, Rene, o.J. Erfahrungen aus vielen Projekten [online].Herausforderungen der Digitalen Transformation. Gütersloh: Arvato Systems GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. Verfügbar unter: https://www.arvato-systems.de/loesungen-technologien/technologien/sap/sap-s-4hana-echtzeit-erp-suite/white-paper-sap-s-4hana-erfahrungen-aus-projekten

LERCH, Alexander, 2020. Die digitale Strategie entwickeln und implementieren. [online]. So funktioniert's. Raubling: Halvotec Digital Experts, 01.10.2020 [Zugriff am: 04.02.2022].

Verfügbar unter: https://www.digital-experts.com/blog/die-digitale-strategie-entwickeln-und-implementieren-digitalisierung-phasen

LERCH, Alexander, 2020. Was ist die Digitale Transformation? [online]. So gelingt die strategische Herausforderung. Raubling: Halvotec Digital Experts, 01.10.2020 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.digital-experts.com/blog/was-ist-die-digitale-transformation-so-meistern-sie-die-strategische-herausforderung

LICHTBLAU, Dr. Karl und andere, 2015. Industrie 4.0-Readiness [online]. Frankfurt: IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik [Zugriff am 05.12.2021]. Verfügbar unter: http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875835/Industrie+4.0+Readniness+IMPULS+Studie+Oktober+2015.pdf/447a6187-9759-4f25-b186-b0f5eac69974;jsessionid=AD922E7A6E86039440E01BFDF424CAE7

LIEBEROTH-LEDEN, Christian und andere, 2017. Logistik 4.0 [online]. In: REINHART, Gunther Hrsg., Handbuch Industrie 4.0 - Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446449893

LIES, Jan, 2017. Die Digitalisierung der Kommunikation im Mittelstand. [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-17365-4. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-17365-4

LIPSMEIER, Andre, 2019. Erfolgsfaktor Digitalisierungsstrategie – Strategisches Management der digitalen Transformation [online]. In: 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Berlin, 21.-22.November 2019. Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut, S. 313-338. ISSN: 2365-4422. Verfügbar unter: https://d-nb.info/1203710798/34#page=313

LUDWIG, Thomas und andere, 2016. Arbeiten im Mittelstand 4.0 [online] – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik [online]. 53, 71-86 [Zugriff am: 02.05.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-015-0200-y

LUFTHANSA INDUSTRY SOLUTIONS, o.J. FAQ New Work: Digitale Lösungen für die neue Arbeitswelt [Zugriff am 14.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.lufthansa-industry-solutions.com/de-de/studien/whitepaper-new-work-digitale-tools-und-prozesse-fuer-unternehmen/?gclid=Cj0KCQjwz7uRBhDRARIsAFqjulnJXxNlUN07EgIBtbxvK1VBunekhMzKNjTZHx_nkiXglqSoYY99jGIaAh8cEALw_wcB

LUICK, Jo, 2017. Strategie schläft Aktionismus [online]. Marburg: TeDo Verlag GmbH, 09.10.2017 [Zugriff am 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://www.i40-magazin.de/fachartikel/digitale-roadmap-strategie-schlaegt-aktionismusbetrachtung-der-fields-of-engagement/

LUNDBORG, Martin und Dr. Isabel Gull, 2019. Digitale Plattformen als Chance für den Mittelstand [online]. Relevanz, Anwendungen, Transfer. Bad Honnef: Begleitforschung Mittelstand-Digital WIK GmbH [Zugriff am: 14.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/digitale-plattformen-als-chance.pdf?__blob=publicationFile&v=3

LUNDBORG, Martin und Lisa SCHRADE, 2020. Fördermaßnahmen zur Digitalisierung des Mittelstandes [online]. In: FORTMANN, Harald R. Hrsg., Digitalisierung im Mittelstand Trends, Impulse und Herausforderungen der digitalen Transformation. Wiesbaden: Springer Gabler [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-29291-1. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-29291-1_26

MAJSCHAK, Jens-Peter und andere, 2017. Verarbeitungsanlagen und Verpackungsmaschinen [online]. In: REINHART, Gunther Hrsg., Handbuch Industrie 4.0 - Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446449893

MAUERER, Jürgen, o. J. Studie Internet of Things 2019/2020 [online]. München: IDG Business Media GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://www.tuvsud.com/de-de/-/media/de/cyber-security/pdf/allgemein/marketing/studie_internet-ofthings_2019_2020.pdf?la=de-de&hash=A7B2170BE5F8474914E1458F94D9EF7.

MEINECKE, Christopher, 2020. Der IT-Mittelstand in Deutschland [online]. IT-Mittelstandsbericht 2020 - Fokus Digitale Plattformen. Berlin: Bitkom e.V. [Zugriff am: 19.01.2022]. Verfügbar unter: https://www.bitkom-research.de/system/files/document/Bitkom_IT_Mittelstandsbericht_2020.pdf

MERHAR, Laura und andere, 2019. Digitale Assistenzsysteme für die Produktion: Von der Zielfindung bis zur Einbindung gemeinsam mit den Mitarbeitern [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_17

MITTELSTAND-DIGITAL, 2017. Neu gedacht, digital gemacht [online]. Wie Mittelständler digitalisieren. Berlin: BVMW - Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband

Deutschlands e.V. [Zugriff am: 29.11.2021]. ISSN 2750-5537. Verfügbar unter: https://digitalzentrum.berlin/wie-mittelstaendler-digitalisieren-ausgabe-1

MITTELSTAND-DIGITAL, 2019. Neu gedacht, digital gemacht [online]. Wie Mittelständler digitalisieren. Ausgabe 2. Berlin: BVMW - Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschlands e.V. [Zugriff am: 29.11.2021]. ISSN 2750-5537. Verfügbar unter: https://digitalzentrum.berlin/wp-content/uploads/2021/09/praxisbroschuere-2-neu-gedacht-digital-gemacht.pdf

MITTELSTAND-DIGITAL, 2020. Neu gedacht, digital gemacht [online]. Wie Mittelständler digitalisieren. Ausgabe 3. Berlin: BVMW - Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschlands e.V. [Zugriff am: 29.11.2021]. ISSN 2750-5537. Verfügbar unter: https://digitalzentrum.berlin/wp-content/uploads/2021/09/broschre-3-wie-mittelstndler-digitalisieren_web.pdf

MOCKENHAUPT, Andreas, 2021. Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion [online]. Grundlagen und Anwendung. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-32773-6. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-32773-6

MÜNNICH, Marc und andere, 2019. Einsatz einer Industrie 4.0-Potenzialanalyse zur methodischen und strukturierten Identifikation von Digitalisierungsmöglichkeiten [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_10

"NIEHUES, Michael und andere, 2017. Organisation, Qualität und IT-Systeme für Planung und Betrieb [online]. In: REINHART, Prof. Dr.-Ing Gunther Hrsg. Handbuch

Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.12.2021]. S. 137-168. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-446-44989-3"

o.V. 2020. Digitalisierung im Maschinenbau: Erfolgreich in die Zukunft [online]. München: Salesforce. 03.11.2020 [Zugriff am: 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://www.salesforce.com/de/blog/2020/11/digitalisierung-im-maschinenbau.html

o.V., 2019. Digitalisierungsindex Mittelstand 2019/2020 [online]. Digitale Status Quo des deutschen Mittelstands. Kassel: techconsult GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. Verfügbar unter: https://www.digitalisierungsindex.de/wp-content/uploads/2019/11/techconsult_Telekom_Digitalisierungsindex_2019_GESAMTBERICHT.pdf

o.V., 2020. Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021 [online]. Der digitale Status quo des deutschen Mittelstands. Kassel: techconsult GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. Verfügbar unter: https://www.digitalisierungsindex.de/wp-content/uploads/2020/12/Telekom_Digitalisierungsindex_2020_GESAMTBERICHT.pdf

o.V., 2020. Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021 [online]. Der digitale Status quo in deutschen Industrieunternehmen. Kassel: techconsult GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. Verfügbar unter: https://www.digitalisierungsindex.de/wp-content/uploads/2020/12/Telekom_Digitalisierungsindex_2020_BRANCHENBERICHT_INDUSTRIE.pdf

o.V., 2021. Digitalisierung im Maschinenbau: Chancen und Risiken erkennen [online]. Vaterstetten: WIN-Verlag. 21.04.2021 [Zugriff am: 02.05.2021]. Verfügbar unter: https://www.digital-engineering-magazin.de/digitalisierung-im-maschinenbau-chancen-und-risiken-erkennen/

o.V., 2021. Digitalisierung im Mittelstand: Schritt halten statt Stillstand [online]. Warendorf: GML Gesellschaft für mobile Lösungen mbH, 13.01.2020 [Zugriff am: 28.11.2021]. Verfügbar unter: https://www.gml.de/digitalisierung-im-mittelstand-schritt-halten-statt-stillstand/

o.V., 2021. Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021 [online]. Der digitale Status quo im deutschen Handwerk. Kassel: techconsult GmbH [Zugriff am: 27.10.2021]. Verfügbar unter: https://www.digitalisierungsindex.de/wp-content/uploads/2021/01/Telekom_Digitalisierungsindex_2020_BRANCHENBERICHT_HANDWERK.pdf

ORACLE, o.J. Was ist Big Data? [online]. München: ORACLE Deutschland B.V. & Co. KG [Zugriff am 10.03.2022]. Verfügbar unter: https://www.oracle.com/de/big-data/what-is-big-data/

PANETTA, Kasey, 2017. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 [online]. Stamford: Gartner, Inc.,15.08.2017 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017

PANETTA, Kasey, 2019. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018 [online]. Stamford: Gartner, Inc.,05.11.2019 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018

PANETTA, Kasey, 2021. 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019 [online]. Stamford: Gartner, Inc.,29.08.2019 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019

PANETTA, Kasey, 2021. 5 Trends Drive the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020 [online]. Stamford: Gartner, Inc.,08.03.2021 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020

PANETTA, Kasey, 2021. 5 Trends Drive the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020 [online]. Stamford: Gartner, Inc.,08.3.2021 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020

PELLOT, Anne-Laura, 2021. Megatrend Digitalisierung [online]. Trends und Treiber des digitalen Wandels und die Frage nach dem Superlativ. Raubling: Halvotec Digital Experts, 02.02.2021 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.digital-experts.com/blog/megatrend-digitalisierung-trends-und-treiber-des-digitalen-wandels-und-die-frage-nach-dem-superlativ

PFEIFFER, Sabine und andere. 2016. Industrie 4.0 [online]. Qualifizierung 2025. Frankfurt am Main: VDMA [Zugriff am: 03.01.2022]. Verfügbar unter: https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Industrie40-Qualifizierung2025.pdf

PLOVS, Sergej, 2021. Digitalisierung im Maschinenbau: Kunden auch morgen überzeugen [online]. München: vision11, 29.06.2021 [Zugriff am: 28.11.2021]. Verfügbar unter: https://www.visioneleven.com/blog/digitalisierung-im-maschinenbau-kunden-auch-morgen-ueberzeugen/

PLOVS, Sergej, 2021. Maschinenbau: Zukunft in einer digitalisierten Welt [online]. München: vision11, 13.07.2021 [Zugriff am: 16.02.2022]. Verfügbar unter: https://www.visioneleven.com/blog/maschinenbau-zukunft-in-einer-digitalisierten-welt/

PORTER, Michael E. und James E. Heppelmann, 2015. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. In: Harvard Business Review [online]. Oktober 2015, S. 96-112, 114 [Zugriff am: 08.11.2021]. Verfügbar unter: https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies

PORTER, Michael E., 2014. Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage) - Spitzenleistungen erreichen und behaupten. 8. Auflage. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH. ISBN 978-3-593-50048-5

PROFF, Dr. Harald und andere, 2016. Manufacturing 4.0: Meilenstein, Must-Have oder Millionengrab? [online]. Warum bei M4.0 die Integration den entscheidenden Unterschied macht. München: Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/operations/articles/manufacturing-4-0-meilenstein-must-have-oder-millionengrab.html

RAHN, Marc D., 2018. Industrie 4.0 - Strategischer Leitfaden für ein Maschinenbauunternehmen Handlungsfelder und Nutzen im Kontext einer Digitalisierungsstrategie [Bachelorarbeit]. Uerikon: Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

REFA, o.J. Smart Factory [Zugriff am 14.03.2022]. Verfügbar unter: https://refa.de/service/refa-lexikon/smart-factory

REINHART, Gunther und andere, 2017. Anwendungsfeld Automobilindustrie [online]. In: REINHART, Gunther Hrsg., Handbuch Industrie 4.0 - Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 08.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.3139/9783446449893

ROTH, Armin, 2016. Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 [online]. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Heidelberg: Springer-Verlag [Zugriff am: 02.03.2022]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-48505-7. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-48505-7

RÜSSMANN, Maximilian und andere, 2019. Smartes Fehlermanagement auf dem Shop Floor. Ein Lösungsansatz für KMU [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_16

SAAM, Marianne, Steffen Viete und Stefan Schiel, 2016. Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen [online]. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH [Zugriff am: 27.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf

SCHALLMO, Daniel und Andreas RUSNJAK, 2017. Roadmap zur Digitalen Transformation von Geschäftsmodellen [online]. In: SCHALLMO, Daniel und andere Hrsg., Digitale Transformation von Geschäftsmodellen - Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-12388-8. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-12388-8_1

SCHEEG, Prof. Dr. Jochen, Michaela SCHEEG und Lukas R. G. FITZ, 2021. IWL-Studie [online]. Wie ticken Unternehmen, die digital loslegen wollen?. Brandenburg an der Havel: ifii-Institut für Innovations- und Informationsmanagement GmbH. [Zugriff am: 28.11.2021]. Verfügbar unter: https://digitalzentrum.berlin/wp-content/uploads/2021/10/IWL_Mini_Studie_E-Book.pdf

SCHMIECH, Chris, 2018. Der Weg zur Industrie 4.0 für den Mittelstand - Ausgewählte Potenziale und Herausforderungen [online]. In: WOLFF, Dietmar und Richard GÖBEL Hrsg., Digitalisierung: Segen oder Fluch- Wie die Digitalisierung unsere Lebens- und Arbeitswelt verändert. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-54841-7. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-54841-7_1

SCHNEIDER, Michael und andere, 2019. Strategische Potentiale der Digitalisierung für Unternehmen und Mitarbeiter identifizieren und nutzen [online]. In: BOSSE, Christian K. und Klaus J. ZINK, Hrsg. Arbeit 4.0 im Mittelstand - Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59474-2. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-59474-2_8

SCHUH, Prof. Dr.-Ing. Günther und andere, 2017. Industrie 4.0 Maturity Index [online]. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE). München: Herbert Utz Verlag [Zugriff am: 29.11.2021]. ISSN 2192-6174. Verfügbar unter: https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-die-digitale-transformation-von-unternehmen-gestalten/

SÖLLNER, Dr. René, 2014. Die wirtschaftliche Bedeutung kleiner und mittlerer Unternehmen in Deutschland [online]. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt [Zugriff am 13.02.2022].

Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2014/01/bedeutung-kleiner-mittlerer-unternehmen-012014.pdf?__blob=publicationFile

SOMMERHALDER, Samuel, 2020. Treiber der Digitalisierung [online]. 6 wichtige Trends. Luzern: Digital Creators GmbH, 19.01.2020 [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://digitalcreators.ch/treiber-der-digitalisierung/

STATISTA, 2018. In welchen Bereichen nutzen Sie digitale Technologien? [online]. Hamburg: Statista GmbH [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/831138/umfrage/nutzung-digitaler-technologien-im-deutschen-mittelstand/

STATISTA, 2018. Welche Vorteile ergeben sich für Unternehmen aus der systematischen Nutzung digitaler Daten? [online]. Hamburg: Statista GmbH [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/830622/umfrage/vorteile-durch-die-systematische-nutzung-digitaler-daten-im-maschinenbau-in-deutschland/

STATISTA, 2020. Industrie 4.0 in Deutschland [online]. Hamburg: Statista GmbH [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/studie/id/21467/dokument/industrie-40-in-deutschland-statista-dossier/

STATISTA, 2021. Maschinenbau in Deutschland [online]. Hamburg: Statista GmbH [Zugriff am: 05.12.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-92-76-25308-2. Verfügbar unter: DOI: 10.2777/308407

STRASSL, Johann und Günter Schicker, 2020. Digitale Strategien entwickeln [online]: Von der Idee zur Roadmap. No. 73. [Weidener Diskussionspapiere]. Amberg-Weiden: Ostbayerische Technische Hochschule. Verfügbar unter: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/213882/1/1689245433.pdf

TANGUY, Catlin, Jay SCANLAN und Paul WILLMOTT, 2015. Raising your Digital Quotient [online]. London: McKinsey & Company, 01.06.2015 [Zugriff am 03.06.2021]. Verfügbar unter: https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/raising-your-digital-quotient

TEN HOMPEL, Michael und Michael HENKE, 2020. Logistik 4.0 in der Silicon Economy [online]. In: TEN HOMPEL, Michael, Thomas BAUERNHANSL und Birgit VOGEL-HEUSER Hrsg. Handbuch Industrie 4.0 - Band 3: Logistik. Berling: Springer Vieweg [Zugriff am: 28.02.2022].

PDF e-Book. ISBN 978-3-662-58530-6_120. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-58530-6_120

TERNÉS, Anabel und Sebastian SCHIEKE, 2018. Mittelstand 4.0 [online]. Wie mittelständische Unternehmen bei der Digitalisierung den Anschluss nicht verpassen. Wiesbaden: Springer Fachmedien [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-20917-9. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-658-20917-9

TRENDONE, o.J. Der Trendradar für den Mittelstand [online]. Auf welche Trends es 2022 ankommt. Hamburg: Trendone GmbH [Zugriff am: 26.01.2022]. Verfügbar unter: https://www.trendone.com/trendradar-mittelstand

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V, 2014. Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau [online]. Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren. Frankfurt am Main: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.plastverarbeiter.de/wp-content/uploads/migrated/docs/10096_17277.pdf

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V, 2020. Kundenzentrierung als Chance für den digitalen Durchbruch [online]. Was sich die Endkundenindustrien vom Maschinenbau bei digitalen Plattformen und Mehrwertdiensten wünschen. Frankfurt am Main: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.mckinsey.de/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2020/2020-09-18%20maschinenbau/vdma_mckinsey_broschre_digitale%20plattformen_deutsch.pdf

VOGT, Helen und andere, 2021. Welche datenbasierten Servicemodelle sind erfolgsversprechend für KMU der Maschinen-, Anlagen-, Elektro- und Metallindustrie? In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik [online]. 58, 521-536 [Zugriff am: 02.05.2021]. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Verfügbar unter: DOI: 10.1365/s40702-021-00728-w

VON SEEN, Birgit, 2019. Ein Handlungsrahmen für die digitale Transformation in Wertschöpfungsnetzwerken [Dissertation]. Hamburg: Technische Universität

WEBER, Marc-André, 2021. Nutzung der Digitalisierung zur Produktivitätsverbesserung in industriellen Prozessen unter Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Anforderungen [online]. Berlin: Springer-Verlag GmbH [Zugriff am: 02.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-63131-7, Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-63131-7

"WEYER, Stephan und andere, 2017. Die SmartFactory für individualisierte Kleinserienfertigung [online]. In: REINHART, Prof. Dr.-Ing Gunther Hrsg. Handbuch

Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser Verlag [Zugriff am: 05.12.2021]. S. 691-708. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44989-3. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-446-44989-3"

WIECHERS, Ralph, Florian SCHOLL und Holger PAUL, 2021. Maschinenbau in Zahl und Bild 2021 [online]. Frankfurt am Main: VDMQ e.V. [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.vdma.org/documents/34570/6128644/MaBiZ_2021.pdf/bf9c7f0f-f094-3b99-d43a-d3b30a6e47a5?t=1617961887626

WITTPAHL, Prof. Dr. Volker, 2019. Künstliche Intelligenz [online]. Technologie, Anwendung, Gesellschaft. Berlin: Springer Vieweg [Zugriff am: 28.05.2021]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-58042-4. Verfügbar unter: DOI: 10.1007/978-3-662-58042-4

ZIMMERMANN, Dr. Volker, 2020. Unternehmensbefragung 2020 [online]. Anteil der Digitalisierungsplaner stagniert auf hohem Niveau. Frankfurt am Main: KfW Bankengruppe [Zugriff am: 05.12.2021]. ISSN 1867-1500. Verfügbar unter: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Unternehmensbefragung/Unternehmensbefragung-2020-%E2%80%93-Digitalisierung.pdf

ZIMMERMANN, Dr. Volker, 2021. KfW-Digitalisierungsbericht Mittelstand 2020 [online]. Rückgang der Digitalisierungsaktivitäten vor Corona, ambivalente Entwicklung während der Krise. Frankfurt am Main: KfW Bankengruppe [Zugriff am: 05.12.2021]. Verfügbar unter: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Digitalisierungsbericht-Mittelstand/KfW-Digitalisierungsbericht-2020.pdf

Anhang

Anhang 1: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus F&E

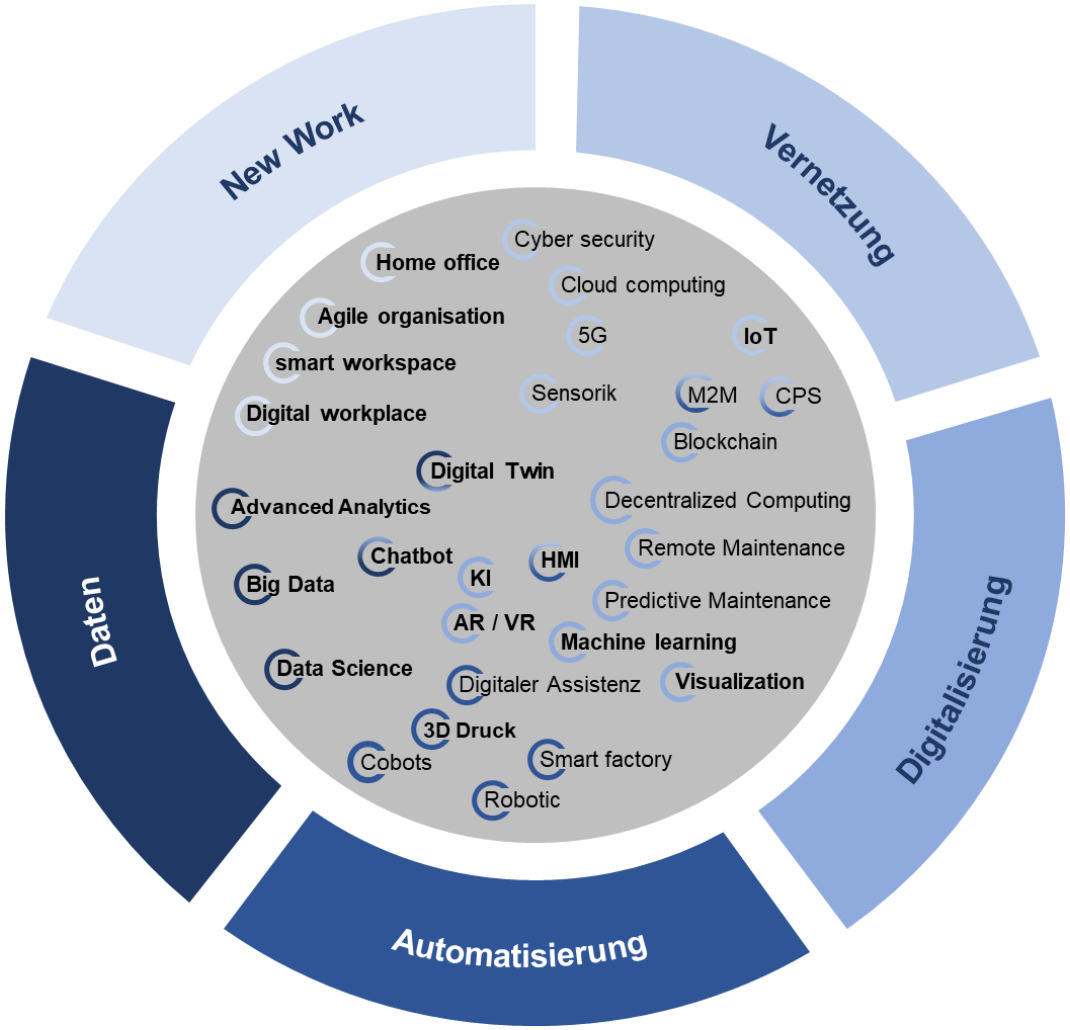


Abbildung 48: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus F&E[184]

[184] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.

Anhang 2: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Marketing & Vertrieb

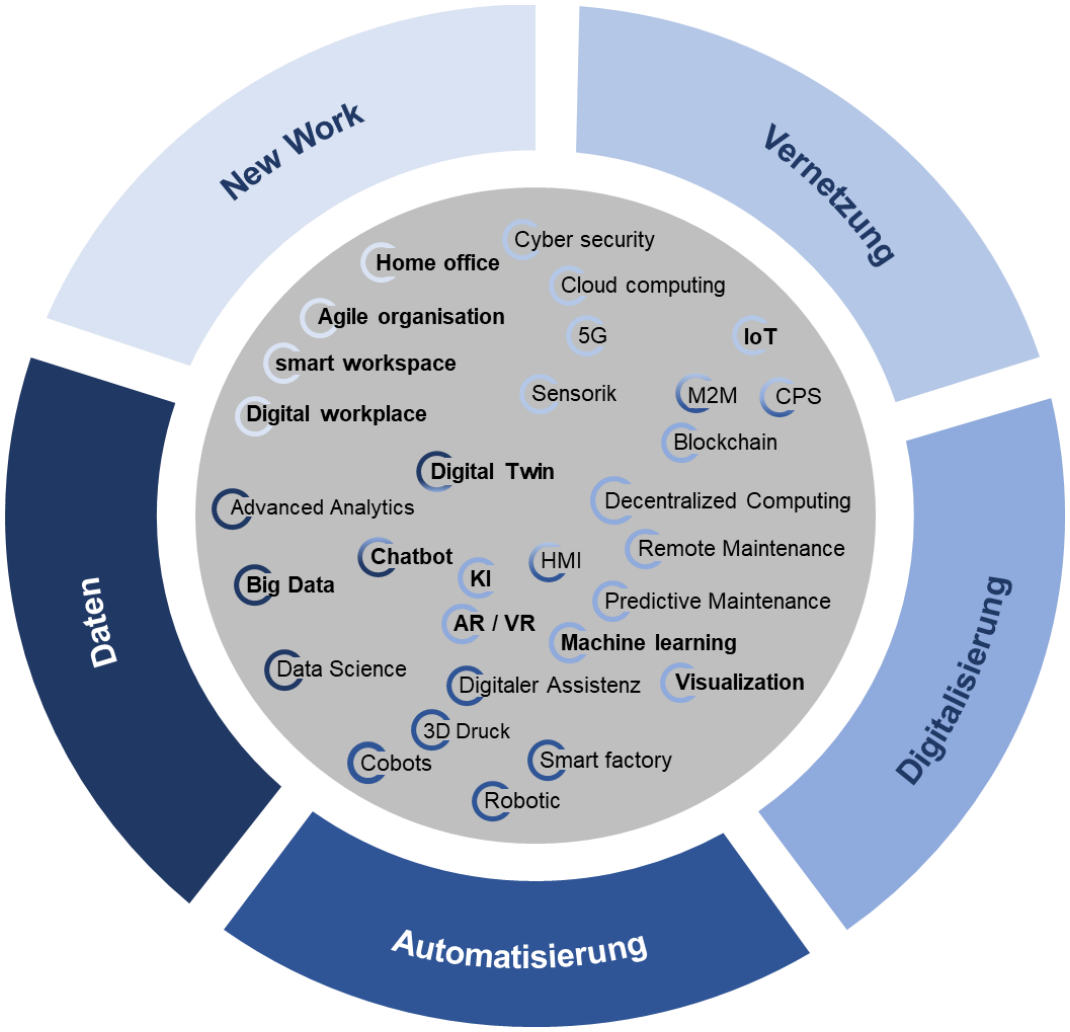


Abbildung 49: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Marketing & Vertrieb[185]

[185] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com

Anhang 3: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Engineering

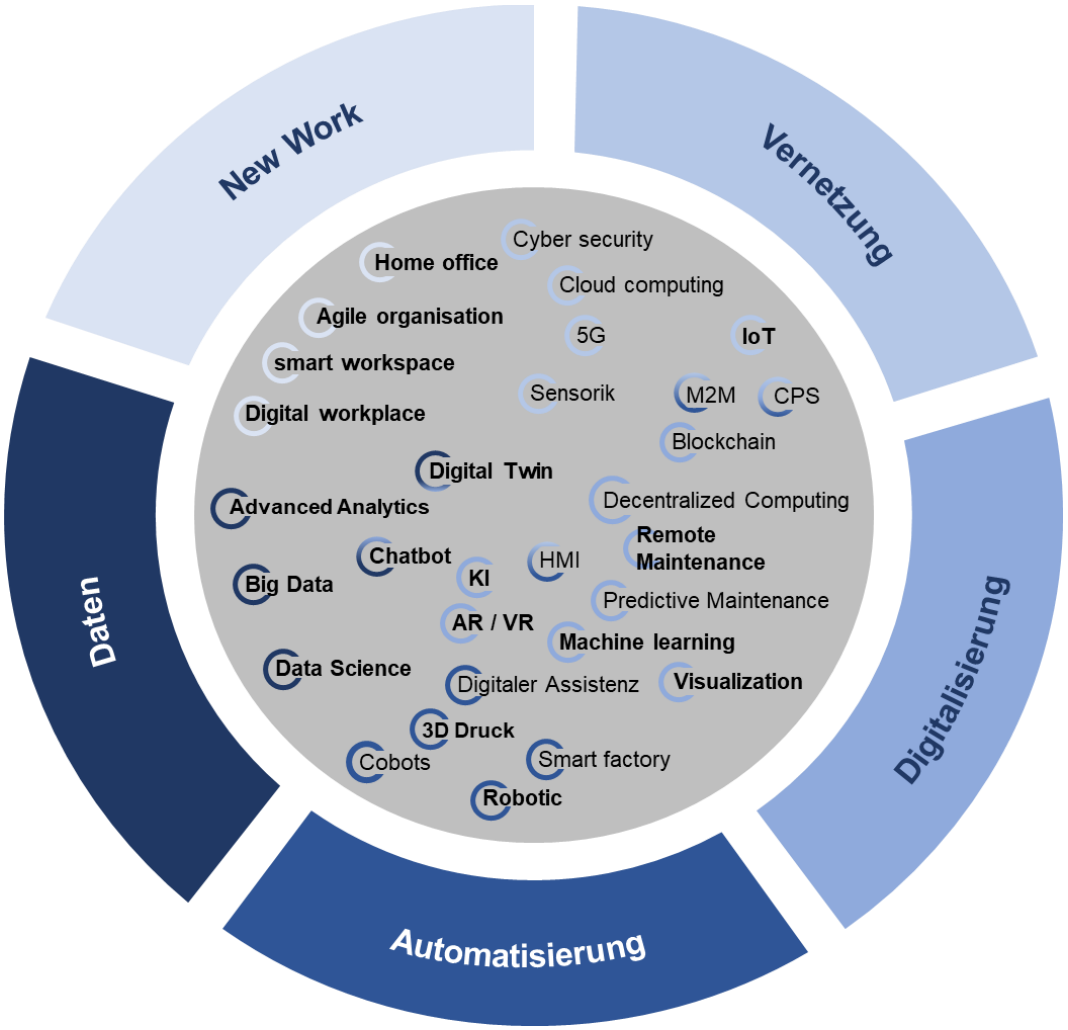


Abbildung 50: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Engineering[186]

[186] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.

Anhang 4: Trends und Treiber der Digitalisierung – Fokus Produktion

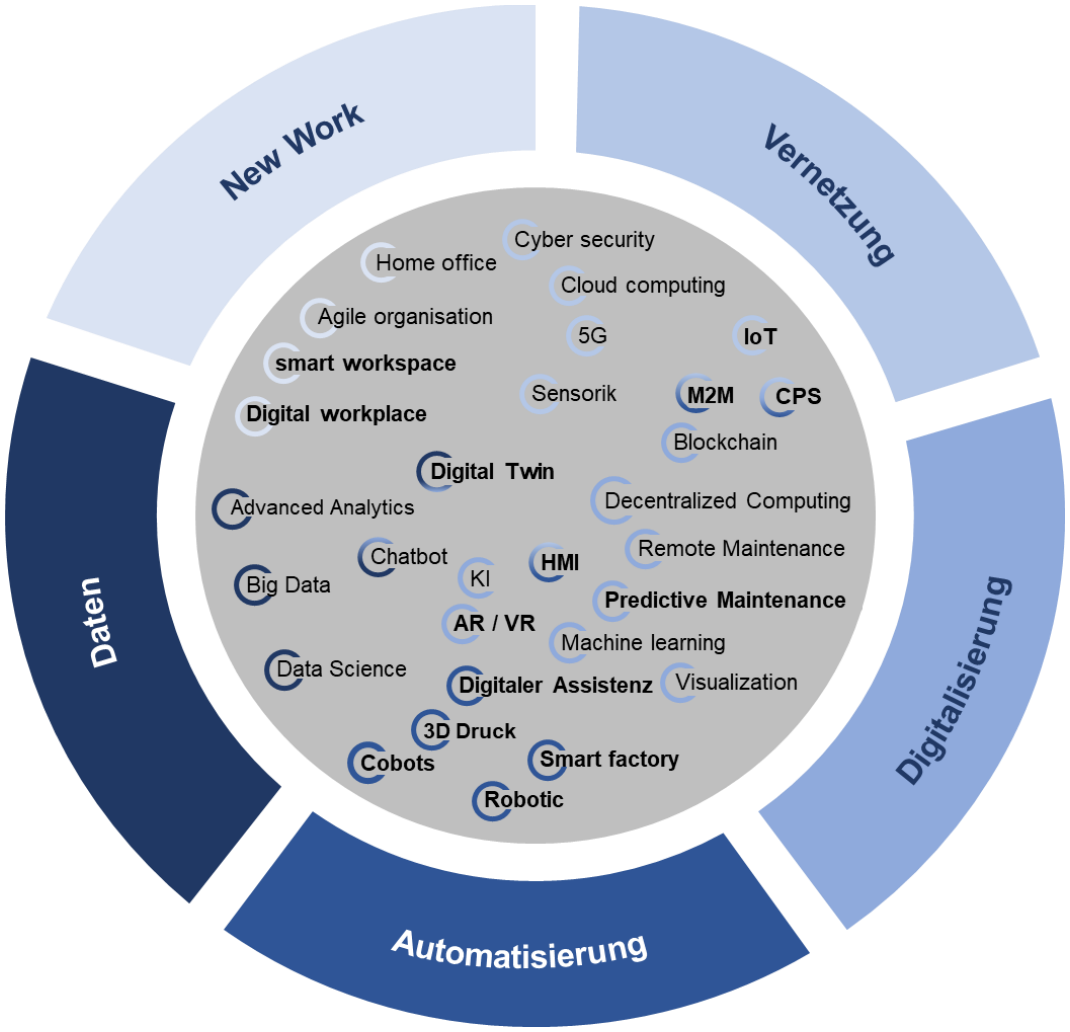


Abbildung 51: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Produktion[187]

[187] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.

Anhang 5: Trends und Treiber der Digitalisierung – Fokus Logistik

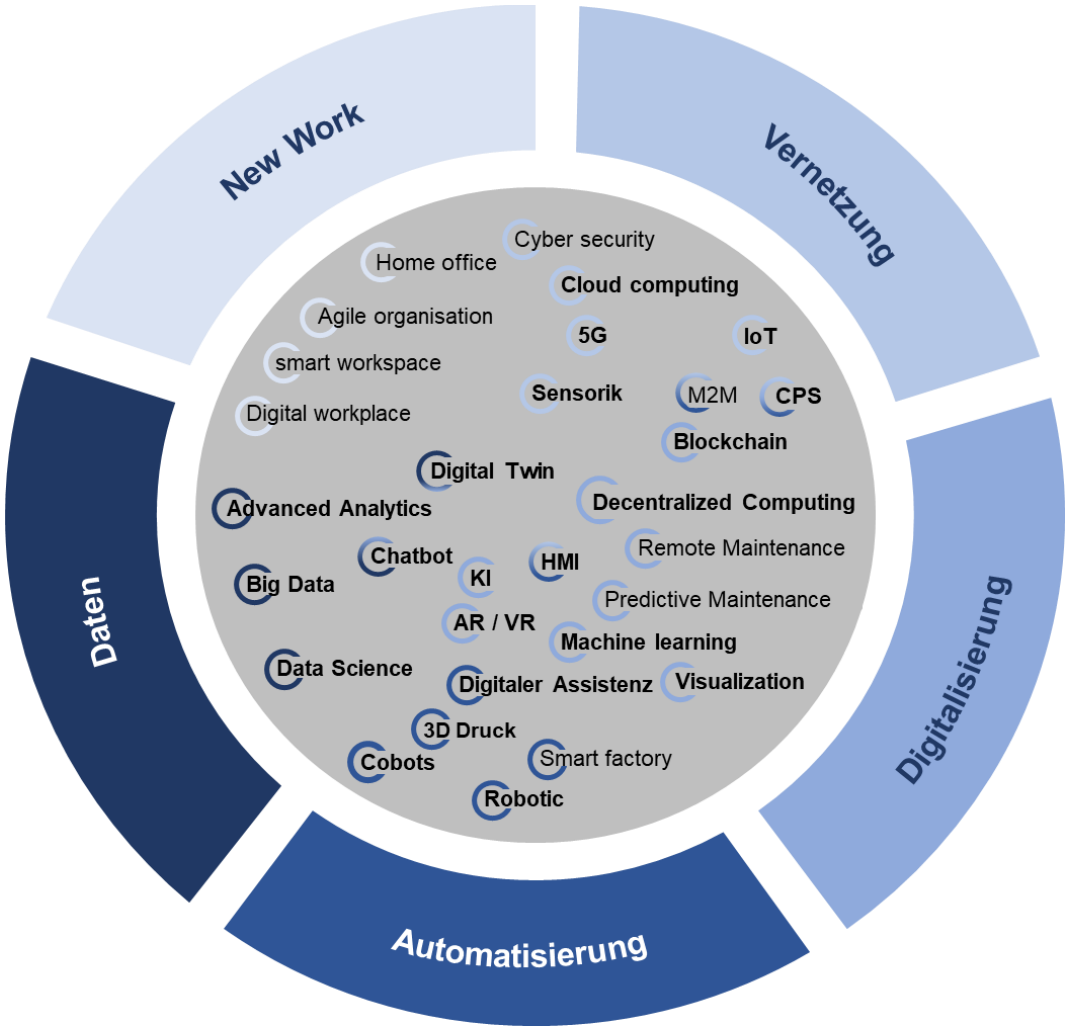


Abbildung 52: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Logistik[188]

[188] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.

Anhang 6: Trends und Treiber der Digitalisierung – Fokus Inbetriebnahme & Service

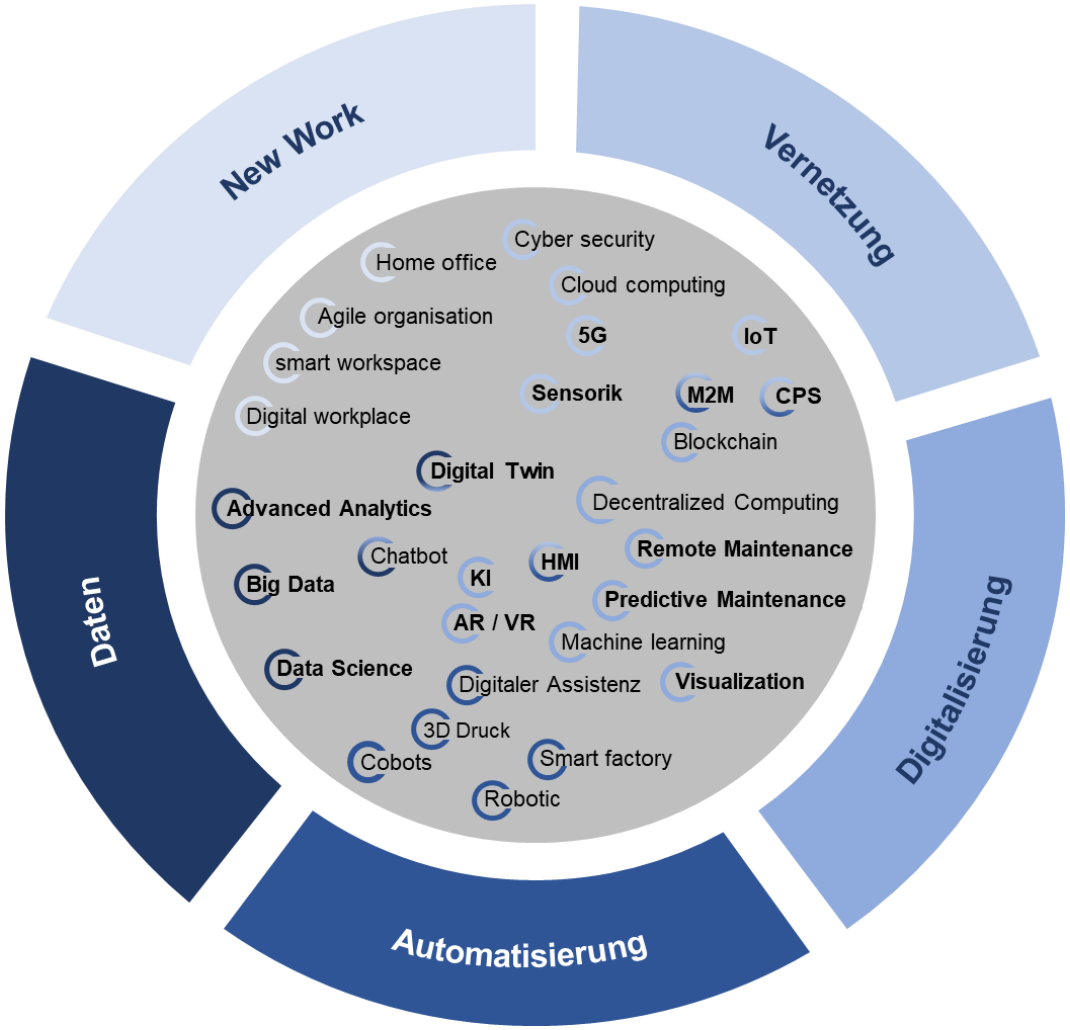


Abbildung 53: Trends und Treiber der Digitalisierung - Fokus Inbetriebnahme & Service[189]

XXX

[189] Eigene Darstellung in Anlehnung an: vgl. Schallmo, Rusnjak, 2017, S. 20; siehe auch: Demont, Paulus-Rohmer, 2017, S. 101; Mockenhaupt, 2021, S. 34, 41f.; Statista, 2020, S. 12; Proff et al., 2016, S.16; Schuh et al, 2017, S.12; Bechtold et al, 2014, S.22; Mauerer, o. J., S. 9, 21; Dispan, Schwarz-Kocher, 2018, S. 5, 19, 33; Dawson, 2021, S. 10ff.; trendone, o.J., S. 9; Altmann, 2017, www.deloitte.com.