

Thomas Breyer-Mayländer *Hrsg.*

Industrie 4.0 bei Hidden Champions

Digitalisierungsstrategien und ihre
Anwendungsfelder in innovativen
Industrieunternehmen



Springer Gabler

Industrie 4.0 bei Hidden Champions

Thomas Breyer-Mayländer
Hrsg.

Industrie 4.0 bei Hidden Champions

Digitalisierungsstrategien und ihre
Anwendungsfelder in innovativen
Industrieunternehmen

Hrsg.
Thomas Breyer-Mayländer
Hochschule Offenburg
Offenburg, Deutschland

ISBN 978-3-658-36200-3 ISBN 978-3-658-36201-0 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-36201-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Gabler

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat/Planung: Imke Sander

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Es ist eine besondere Herausforderung für Unternehmen und Arbeitnehmer*innen, angesichts der raschen Veränderungen in einer VUCA-Welt, die von Volatilität (volatility), Unsicherheit (uncertainty), Komplexität (complexity) und Mehrdeutigkeit (ambiguity) geprägt ist, den Weg für die eigene Zukunft zu finden. Hierzu gehört im Kontext der digitalen Transformation, die sich auf alle Branchen und Wirtschaftsbereiche auswirkt, auch die Fähigkeit, das eigene fachliche Know-how an die neuen Anforderungen anzupassen und – für alle, die Führungsverantwortung übernehmen – die Bereitschaft, auch die eigene Führungskompetenz weiterzuentwickeln und damit einen Beitrag zur Führungskultur einerseits und zur fachlich strategischen Zukunftsorientierung andererseits zu leisten.

Diese Anforderungen der Praxis erfordern eine neue Struktur im Bereich wissenschaftlich fundierter, aber praxisnah umsetzbarer Aus- und Weiterbildung im Rahmen von Studienprogrammen. Ganz im Sinne des lebenslangen Lernens (LLL) müssen praxisnah near-the-job und off-the-job berufsbegleitende Angebote geschaffen werden, die insbesondere im Rahmen der Weiterbildung nach einem ersten grundständigen Studiengang die Möglichkeit bieten, das eigene Wissensfeld zu erweitern. Gerade die produzierende Industrie ist im Rahmen der Weiterentwicklungen im Umfeld von „Industrie 4.0“ sehr stark von der Transformation und den Veränderungen des digitalen Wandels auf allen Ebenen betroffen.

Diese Publikation entstand im Rahmen des berufsbegleitenden Studiengangs „Digitale Wirtschaft/Industrie 4.0“ der Hochschule Offenburg. Als damals kommissarischer Leiter des Studienprogramms hatte ich beim ersten Jahrgang auch das Themenfeld „Wissenschaftliches Arbeiten und Publizieren“ betreut und gemeinsam mit den Studierenden haben wir festgestellt, dass gerade die „Hidden Champions“ im Südwesten Deutschlands als Arbeitgeber der Studierenden ein großes Potenzial für die Anwendung neuer Technologien bieten. Entsprechend wurden Themen aus dem Umfeld der beruflichen Praxis mit ihren Implikationen für die Industrie vor Ort gesondert aufbereitet und liefern somit ein Bild dazu, welche Aufgaben jenseits der Großindustrie in der Weiterentwicklung der fachlichen Profile zahlreicher Industrieunternehmen anstehen. Eine Sammlung praxisnaher Themen, die auch Mut machen soll, im eigenen Branchenumfeld neue Entwicklungsfelder in Angriff zu nehmen.

Dass dieses Werk zustande kam, verdanken wir unterschiedlichen Partnern. Wir danken an dieser Stelle dem Verlag Springer Gabler, insbesondere der zuständigen Lektorin Imke Sander für die Ermöglichung und konstruktive Begleitung dieses Werks sowie Beate Ritter für das Erstlektorat aller Beiträge. Mein persönlicher Dank geht dann an alle Studierenden, die als Autor*innen in diesem Band vertreten sind, da sie neben ihrem Beruf und ihrem berufsbegleitenden Master-Studium noch das Abenteuer und den Aufwand einer Fachpublikation auf sich genommen haben.

Ettenheimmünster, Deutschland
September 2021

Thomas Breyer-Mayländer

Inhaltsverzeichnis

Teil I Industrie 4.0 vom Konzept zur Umsetzung

Industrie 4.0 – Idee, Technologien, Perspektive 3

Thomas Breyer-Mayländer

1 Industrie 4.0 – von der Technologiepolitik in die Realität der Industrie 4

2 Technologische Merkmale beispielhafter Industrie 4.0-Szenarien im
 Produktionssektor 8

3 Konsequenzen im Markt und im internationalen Wettbewerb 13

4 Zusammenfassung. 20

Literatur. 20

Digitale Transformation im Mittelstand 25

Thomas Breyer-Mayländer

1 Von Mittelständlern und Hidden Champions 26

2 Exemplarische Situation von Hidden Champions am Südlichen Oberrhein 29

3 Digitale Transformation als unternehmerische Aufgabe. 31

4 Make or Buy als strategische Grundfrage der Transformationsstrategie 37

5 Umsetzung der digitalen Transformation im Mittelstand. 40

6 Zusammenfassung. 47

Literatur. 47

Herausforderungen in Konzeption und Umsetzung der digitalen Transformation 51

Thomas Breyer-Mayländer

1 Digitale Transformation in Bezug auf Geschäftsmodelle. 52

2 Digitale Transformation als Aufgabe zwischen Kultur und Change. 56

3 Digitale Transformation, Industrie 4.0 und die Anforderungen im Bereich des
 Kompetenzmanagements 58

4 Die Rolle regionaler Hochschulen zur Unterstützung der Bildung im digitalen
 Transformationsgeschehen am Beispiel der Hochschule Offenburg 61

5 Weiterbildung im Bereich digitaler Kompetenzen als Beitrag der HAWn in der
 Region zum Lebenslangen Lernen (LLL). 65

6 Zusammenfassung. 67

Literatur. 67

Teil II Umsetzungen von Industrie 4.0 bei Hidden Champions

Systematische Vorgehensweise für die digitale Transformation. 73

Tobias Schmid

1	Digitale Transformation	74
2	Umfeldanalyse Service im Maschinenbau	75
2.1	Benchmark Servicedienstleistung.	76
2.2	Rechtliche Einschränkungen.	80
2.3	Bewertung Umfeldanalyse	80
2.4	Vorgehensmodell Digitale Transformation.	82
3	Digital Base Modell	84
3.1	Analyse- und Innovationsdimension.	86
3.2	Definitions- und Integrationsdimension	88
4	Bewertung Digital Base Model.	91
5	Zusammenfassung.	92
	Literatur.	92

Automatische Generierung von adaptiven Referenzmodellen zur Simulation von Produktionssystemen 95

Sarah Glatz

1	Digitalisierung in der Fabrik.	96
2	Adaptive ereignisorientierte Modellgenerierung	99
2.1	Simulation und Modellierung	99
2.2	Ansatz der Modellgenerierung	103
3	Ausgewählte detailliertere Beschreibung der Phasen und Bausteine einer Modellierung.	113
4	Zusammenfassung.	116
	Literatur.	117

Grundlagen und Potenziale der Additiven Fertigung sowie Möglichkeiten und Grenzen von additiv gefertigten Bauteilen in einem Hocheffizienzfahrzeug in Ultraleichtbauweise. 121

Phillip Becker

1	Einleitung	122
2	Grundlagen der Additiven Fertigung	123
2.1	Selektives Laser Sintering (SLS)	123
2.2	Selektives Laser Melting (SLM)/Direct Metal Printing (DMP).	125
2.3	Elektronenstrahlschmelzen (EBM).	126
2.4	Multi Jet Fusion (MJF)	127
2.5	Fused Deposition Modeling (FDM)	128
2.6	Stereolithografie (STL, SLA)	129
2.7	Multi Jet Modeling (MJM/MJP).	130
2.8	3D-Druck mit Pulver (3DP)	131

3	Konstruktionsrichtlinien	132
3.1	STL-Auflösung	132
3.2	Bauteilorientierung	133
3.3	Verzug im Bauteil vermeiden	134
3.4	Restmaterial aus Bauteilen entfernen	134
4	Optimierungsmöglichkeiten mithilfe 3D-Druck	135
5	Verbreitung in deutschen Unternehmen	137
6	Anforderungen	138
7	Anwendungsbeispiel	139
8	Zusammenfassung	142
	Literatur	143

Digitalisierung in der Medizintechnik – Sensorik und Datennutzung für medizinische Anwendungen 145

Severin Moosmann

1	Einleitung	146
2	Mobile Messung von Vitalfunktionen	149
2.1	Sensorik und Messverfahren	150
2.2	Datennutzung und Erkenntnisse	154
2.3	Fazit	156
3	Implantierbare Sensoren	156
3.1	Technologie und Einsatzgebiete	158
3.2	Herausforderungen	159
4	Ausblick	161
5	Zusammenfassung	161
	Literatur	162

Einsatz von Verfahren des maschinellen Lernens zur Qualitätsprüfung von Wälzlagern 165

Stefan Königer

1	Einleitung	166
1.1	Einordnung des Beitrags	166
1.2	Problemstellung und Vorgehen	167
2	Wälzlager	168
3	Messtechnik	169
3.1	Einteilung der Verfahren	169
3.2	Gängige Mess- und Prüfverfahren in der Wälzlagermontage	169
4	Maschinelles Lernen	172
4.1	Einteilung des maschinellen Lernens	172
4.2	Verfahren des maschinellen Lernens	173
5	Anwendbarkeit der Verfahren des maschinellen Lernens	179
	Literatur	181

Industrie 4.0 vom Konzept zur Umsetzung

Der erste Teil der Publikation beschreibt die allgemeinen Rahmenbedingungen, unter denen mittelständische Unternehmen in unterschiedlichen technologieintensiven Umgebungen in ihren jeweiligen Unternehmen die Herausforderungen und Chancen von Industrie 4.0 annehmen. Ziel ist es ein einheitliches Grundverständnis der Managementherausforderung Industrie 4.0 zu schaffen, auf dem dann im Anschluss die einzelnen Use-Cases aus unterschiedlichen KMUs und größeren Hidden Champions des südlichen Oberrheins aufgeführt werden. Da diese Fallbeispiele wiederum aus den Kursen des berufsbegleitenden Master-Studiengangs „Digitale Wirtschaft/Industrie 4.0“ stammen, lohnt sich nicht nur ein Blick auf die Herausforderungen der KMUs und Hidden Champions speziell dieser süddeutschen Region, sondern auch eine Analyse der Notwendigkeit einer engeren Bildungs- und Innovationskooperation in ländlichen Regionen, um den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen der digitalen Transformation gerecht zu werden und die Potenziale inklusive der regionalen Bildungspotenziale möglichst gut auszu-schöpfen.



Industrie 4.0 – Idee, Technologien, Perspektive

Thomas Breyer-Mayländer

Inhaltsverzeichnis

1	Industrie 4.0 – von der Technologiepolitik in die Realität der Industrie	4
2	Technologische Merkmale beispielhafter Industrie 4.0-Szenarien im Produktionssektor	8
3	Konsequenzen im Markt und im internationalen Wettbewerb	13
4	Zusammenfassung	20
	Literatur	20

Zusammenfassung

In diesem Kapitel geht es um die Frage, was unter dem Buzz-Word Industrie 4.0 zu verstehen ist und was nicht. Industrie 4.0 kann dabei unter gesellschaftlichen, kompetenzorientierten, produktionsorientierten oder verhaltensorientierten Gesichtspunkten unterschiedlich interpretiert werden. Die Umsetzung in Deutschland hat sich dabei vom politischen Konstrukt zur technisch-wirtschaftlichen Entwicklung im Rahmen der digitalen Transformation gewandelt.

T. Breyer-Mayländer (✉)
Hochschule Offenburg, Offenburg, Deutschland
E-Mail: breyer-maylaender@hs-offenburg.de

1 Industrie 4.0 – von der Technologiepolitik in die Realität der Industrie

Wer sich mit Industrie 4.0 aus deutscher Perspektive befasst, neigt in vielen Fällen dazu, den Begriff weder zu definieren noch zu hinterfragen. Da wir in diesem Kapitel eine allgemeine Einordnung der Thematik vornehmen wollen, die nicht nur in den nachfolgenden Abschnitten den Bezug zum Mittelstand herstellt, sondern eine allgemeine Einordnung aus technischer und wirtschaftlicher Perspektive ermöglicht, soll der Begriff am Anfang der Analyse stehen.

► „Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ werden die Möglichkeiten und Implikationen einer immer stärkeren Verschmelzung von physischer und virtueller Welt für industrielle Wertschöpfungsprozesse diskutiert. Technologische Trends wie Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und das Internet der Dinge bedeuten eine erhebliche Effizienzsteigerung in Produktion und Service. Sie ermöglichen eine stärkere Individualisierung in Richtung maßgeschneiderter Kundenlösungen. Gleichzeitig setzen diese Trends aber auch die Geschäftsmodelle, die heute Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand für Deutschland garantieren, unter den Druck disruptiver Veränderungen“ (BMW, 2015, S. 6).

Die Bezeichnung „4.0“ könnte man an dieser Stelle beispielsweise als ersten Schritt hinterfragen (vgl. Breyer-Mayländer, 2017, S. XXII ff.). Der Internetexperte Tim Cole verweist darauf, dass in Deutschland lange Zeit eine andere Zeitrechnung existiere, da überall sonst in der Welt erst die dritte und nicht bereits die vierte industrielle Revolution (vgl. Abb. 1) im Rahmen der Digitalisierung beschworen würde (Cole, 2015, S. 139).

In Deutschland scheint, so die kritische Beobachtung, die Gewohnheit entstanden zu sein, „hinter mehr oder weniger beliebigen Begriffen die Bezeichnung „4.0“ anzuhängen“ (Cole, 2015, S. 25). Beispiele hierfür sind die von der ehemaligen Arbeitsministerin Andrea Nahles geprägten digitalen Themenwelten von „Arbeit 4.0“ (Rähm, 2015). Dass sich der Begriff durchgesetzt hat und inzwischen auch international der Begriff „4.0“ als Bezeichnung für die vierte industrielle Revolution Anerkennung findet, wurde sehr stark durch das World Economic Forum mit seiner Tagung im Jahr 2016 und der Begleitpublikation von Klaus Schwab (vgl. Schwab, 2016, S. 3, 7) unterstützt.

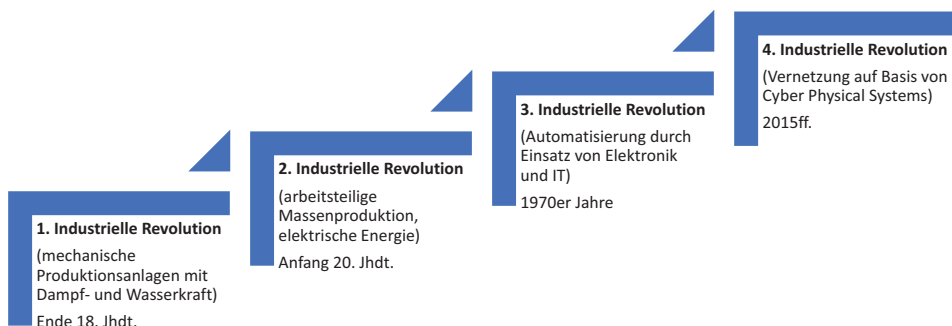


Abb. 1 Stufen der industriellen Revolution bis zu Industrie 4.0. (Quelle: BMW, 2015, S. 8)

► „The scientific term „Industry 4.0“ was first introduced in Germany in 2011 at the Hannover fair, where it was used for denoting the transformation process in the global chains of value creation. In the report „The Fourth Industrial Revolution“, presented by K. Schwab at the World Economic Forum, it is stated that Industry 4.0 includes business processes in industry that envisage organization of global production networks on the basis of new information and communication technologies and Internet technologies, with the help of which interaction of the production objects is conducted“ (Sukhodolov, 2019, S. 5).

Der Begriff Industrie 4.0 wurde tatsächlich zunächst durch die „Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft der Bundesregierung“ geprägt, die am 25. Januar 2011 in ihren Handlungsempfehlungen das Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ vorgeschlagen hatte (vgl. Kagermann et al., 2011). Im Rahmen der nationalen Schwerpunktsetzungen für Forschungs- und Innovationspolitik war es das Ziel, in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik die Weiterentwicklung der Industrie zu einer smarten, vernetzten Industrie in Gang zu setzen. Daher wird in allen internationalen Übersichten diese Zuordnung zur deutschen Innovationspolitik auch in den Vordergrund gestellt und nicht etwa die Zählweise hinterfragt (Valeyeva et al., 2019, S. 318).

Auf der Hannover Messe wurde diese Idee 2013 dann nochmals einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.

Wenn man die Verbreitung des Begriffs anhand der Suchanfragen analysiert, die in Deutschland bei der mit rund 90 % Marktanteil führenden Suchmaschine Google vorgenommen wurden, erhält man ein ungefähres Bild von der Popularität der Fachbezeichnung Industrie 4.0 (vgl. Abb. 2). Google-Trends zeigt im Zeitverlauf eine deutliche

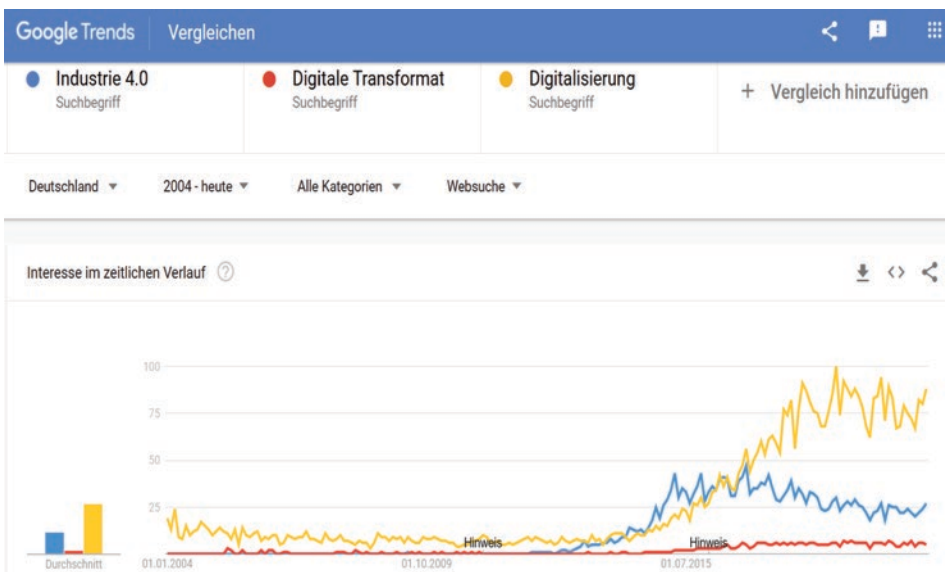


Abb. 2 Verbreitung des Begriffs Industrie 4.0 gegenüber anderen Begriffskonzepten (Google-Trends)

Verschiebung. Während zur Zeit der Einführung des Begriffs Industrie 4.0 sich hier ein interessantes Begriffsfeld ergibt, das vom Ausgangspunkt Null direkt den Begriff der „digitalen Transformation“ in der Bedeutung überholt, liegt Industrie 4.0 seit Sommer 2016 in der Bedeutung hinter dem gesellschaftlich insgesamt relevanteren und damit nicht nur breiteren, sondern auch bedeutsameren Begriff der „Digitalisierung“ zurück.

Eine semantische Analyse der unterschiedlichen Publikationen, die Y. A. Sukhodolov (2019, S. 6 f.) durchgeführt hat, zeigt vier unterschiedliche Themencluster (vgl. Abb. 3). Wobei die schon zu Beginn der Diskussion über den Begriff erkennbare Investitionsbereitschaft der deutschen Industrie (vgl. Abb. 4) das Thema unabhängig von den Detaildefinitionen befeuert hat.

Der gesellschaftlich orientierte Ansatz (socio-oriented approach) legt das größte Augenmerk auf die positiven und negativen gesellschaftlichen Auswirkungen, die die Veränderungen Industrie 4.0 mit sich bringen. Dies sind beispielsweise positive Grundannahmen über die Verbesserung des Lebensstandards durch neue Produkte, aber auch der – gerade in Deutschland sehr intensiv diskutierte – Sektor der Auswirkungen auf dem Arbeitsmarkt. Hier wird durch die digitale Transformation generell eine große gesellschaftliche Veränderung mit einer Zunahme der Arbeitslosigkeit befürchtet, was auch Diskussionen über generell politisch-gesellschaftliche Themen wie ein bedingungsloses Grundeinkommen befördert (Gierke & Nachtwei, 2020).

Der kompetenzorientierte Ansatz (competence-based approach) beschäftigt sich mit den Veränderungen, die auf der Ebene der persönlichen Kompetenzen und damit auch

Approach	Treatment of the notion "Industry 4.0"
Socio-oriented approach	Development of Industry 4.0 influences the modern society and has positive and negative manifestations
Competence-based approach	Development of Industry 4.0 requires new competences from a modern industrial specialist
Production approach	Development of Industry 4.0 means modernization of industry by large-scale automatization of production processes
Behavioristic approach	Development of Industry 4.0 envisages transition to object-object interaction, i.e., elimination of subject (human) from the system of interrelations of inanimate objects (technical devices)

Abb. 3 Konzeptionelle Ansätze des Begriffs „Industry 4.0/Industrie 4.0“ (Sukhodolov, 2019, S. 6)

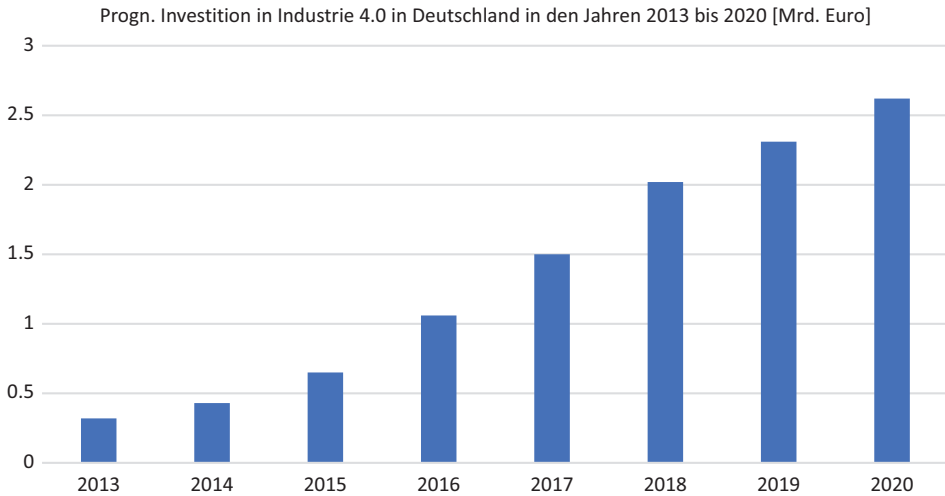


Abb. 4 Investitionen in Industrie 4.0 in Deutschland (Statista nach Bitkom, 2014)

der beruflichen Kompetenzprofile absehbar sind. Der Rückgang körperlicher Arbeit dürfte sich fortsetzen, da diese Tätigkeiten durch autonomere Formen der automatisierten Arbeit übernommen werden können und zugleich steigt der Bedarf an neuen industriell orientierten Kompetenzen aus dem Segment der Informations- und Kommunikationstechnologien. Auch hier zeigt sich, dass ein allgemeiner Blick auf die Auswirkungen der digitalen Transformation auch klassisch intellektuell geprägte Kompetenzfelder berührt, sofern diese mit Technologien der künstlichen Intelligenz (KI) verändert werden können.

Der produktionsorientierte Ansatz (production approach) fokussiert auf die Veränderungen, die sich im Produktionssektor durch die neuen vernetzten und autonomen Produktionseinheiten ergeben können. Hier zeigt sich eine Fortsetzung der Entwicklungen, die im Segment der Automatisierungs- und Fertigungstechnik seit den 2000er-Jahren spürbar waren. Die Entwicklung zielt dabei auf die Automatisierung und Vernetzung der technischen Komponenten ab, die damit eine Ausdehnung der aktuellen Möglichkeiten des Internet der Dinge (Internet of Things) zur Folge haben.

Der verhaltensorientierte Ansatz (behavioristic approach) macht dabei deutlich, dass mit einem höheren Grad der Vernetzung bis hin zu cyberphysischen Systemen (CPS) eine Veränderung im Bereich Human-Computer-Interaction eintreten wird, da neben der steigenden Zahl von Machine-to-Machine-Communication auch eine veränderte Form der Kommunikation und Kollaboration zwischen Mensch und Maschine stattfindet. Gerade der Bereich der kollaborativen Robotik macht die Veränderungen deutlich, die in diesem Segment auf die Unternehmen und Akteure zukommen.

Nach der Publikation des Begriffs Industrie 4.0 und der ersten Konzepte entstand eine breite Diskussion über die Auswirkungen der Digitalisierung.

Bei der Frage, welche Branchen und Bereiche von der digitalen Transformation betroffen sind, kann man von einem umfassenden Ansatz ausgehen:

- „Was immer man digitalisieren kann, wird man auch digitalisieren.“ (Malik, 2015, S. 63)

Andere fassen diese Einschätzung noch umfassender, kürzer und eindeutiger:

- „Alles wird digitalisiert.“ (vgl. Bendig, 2016)

2 Technologische Merkmale beispielhafter Industrie 4.0-Szenarien im Produktionssektor

Da es nicht nur unterschiedliche Definitionen von Industrie 4.0 selbst gibt, sondern vor allem der Transfer auf konkrete Anwendungsszenarien und Branchen immer wieder zu Themenfeldern führt, die Teil des übergeordneten Themenfelds der digitalen Transformation, aber weniger intensiv mit der Idee von Industrie 4.0 selbst verbunden sind, lohnt sich ein Blick auf die Technologien und Einsatzfelder im Industriesektor, um das Themenfeld konkret zu fassen (vgl. Abb. 5).

Pistorius hat die vier typischen Einsatzfelder aufgelistet, die unter dem „Internet der Dinge“, „Big Data und Data Analytics“, „Visualisierung und Simulation“ sowie „Neue Fertigungstechnologien“ zusammengefasst werden können. Diese Themen können jedoch nur dann im angestrebten Umfang realisiert werden, wenn Grundvoraussetzungen, wie die IT-Sicherheit, eine komponenten- und unternehmensübergreifende Standardisierung sowie ein funktionsfähiges und belastbares Mobilfunknetz zur Verfügung stehen (vgl. Abb. 6).

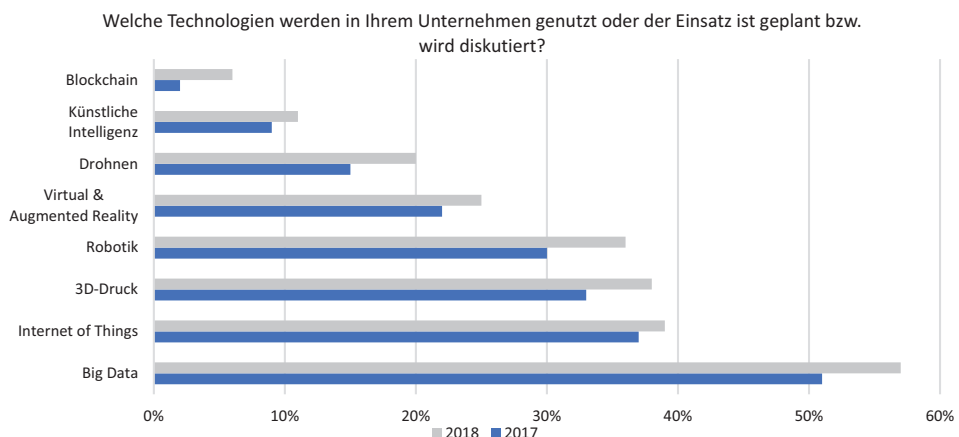


Abb. 5 Technologien, die im Kontext Industrie 4.0 diskutiert, geplant oder genutzt werden (Statista auf Basis von: Bitkom, 2018)

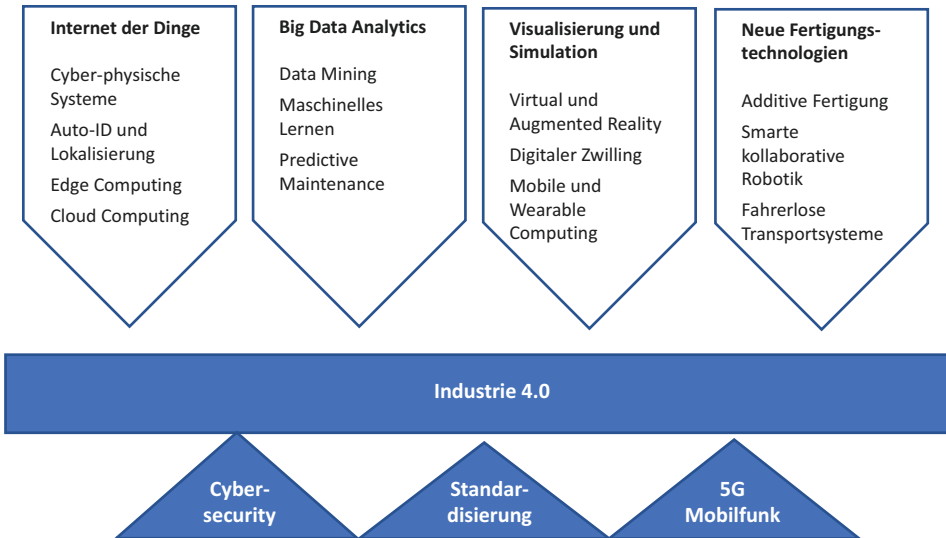


Abb. 6 Schlüsseltechnologien und Infrastruktur in der Industrie 4.0 (Pistorius, 2020, S. 3)

Bei der Analyse von Industrie 4.0 im Produktionskontext geht es um eine steigende Durchdringung der Produktionstechnik mit neuen Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnik, was der Ressource Daten eine steigende Bedeutung zukommen lässt. Gleichzeitig wird aufgrund der Erhöhung der Anzahl an Sensoren die Datenmenge im Produktionsbereich so erhöht, dass die Fertigungstransparenz gesteigert wird und damit auch andere Prognose- und Steuerungsmöglichkeiten existieren, die eine große Datenbasis voraussetzen. Beispielhaft ist der Bereich der prädiktiven Systeme etwa im Maintenance-Sektor, wenn es um Wartungszyklen und die Verhinderung von größeren Betriebsausfallszenarien geht.

► **Die Ziele von Industrie 4.0 in diesem Kontext sind (Klimant, 2020, S. 161)**

- „Vollvernetzung vom Sensor bis zum produktionsnahen IT-System und Standardisierung
- Volltransparenz – Virtuelles Abbild der Produktion und Digitaler Zwilling als datenbasiertes Abbild von Prozessen und Maschinen sowie der Virtuelle Zwilling als modellbasiertes Abbild von Prozessen und Maschinen
- intelligente Informationsgewinnung und intelligente Assistenzsysteme
- Faktor Mensch als Wissensträger und kognitiver Problemlöser (Apitzsch et al., 2018).“

Die Digitalisierung der Produktion als Teilgebiet von Industrie 4.0 stellt jedoch keine fertige Lösung dar, die auf nahezu alle Produkte und Prozesse übertragen werden kann. Es geht eher um einen Rahmen, der u. a. durch die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften als Vernetzungsempfehlung existiert (Kagermann et al., 2013). Das zugrunde lie-

gende Prinzip (vgl. Klimant, 2020, S. 162) macht nicht nur die Vernetzung innerhalb der unternehmenseigenen Produktion deutlich, wo auf dem Shopfloor eine lokal gebundene Vernetzung von Menschen und Maschinen und damit auch eine Vernetzung von Prozessen angestrebt wird, sondern es geht auch um die standort- und betriebs- oder gar unternehmensübergreifende Vernetzung. Dabei muss zunächst das komplette Potenzial der vertikalen Integration ausgeschöpft werden, indem neben der produktionsorientierten Vernetzung auch die weiteren betrieblichen Funktionsbereiche, wie etwa Marketing und Vertrieb, auf Betriebsebene genauso integriert werden wie der Bereich Entwicklung und Konstruktion/Design. Wenn es gelingt, darüber noch eine einheitliche Planung von einzelnen Betriebsteilen (Standorten) oder gar eine unternehmensübergreifende Netzwerkorganisation zu etablieren, steigen zwar die Anforderungen an das übergeordnete Netzwerkmanagement, jedoch werden viele Effekte von Industrie 4.0 erst dann spürbar sein, wenn es gelingt, diesen Schritt in Richtung einer horizontalen Integration umzusetzen.

Im Kontext von Industrie 4.0 geht es hierbei vorwiegend um vernetzte Produktionssysteme. Dabei spielt vor allem Transformation von Anlagen und Prozessen eine bedeutende Rolle, da es um das Ziel geht, individualisierte Produkte (Losgröße 1) zu realisieren. Die horizontale Integration beschreibt dabei die Vernetzung über Wertschöpfungskette und Wertschöpfungsnetzwerke hinweg, um die Flexibilität, Geschwindigkeit und Kundenorientierung zu erhöhen. Eine große Herausforderung ist die Definition einheitlicher Standards und die Nutzung vorhandener Infrastruktur (Klimant, 2020, S. 161), da es wenig hilfreich ist, wenn Industrie 4.0 nur mit komplett neuen Produktionsstätten auf der grünen Wiese ermöglicht wird (vgl. Abb. 7).

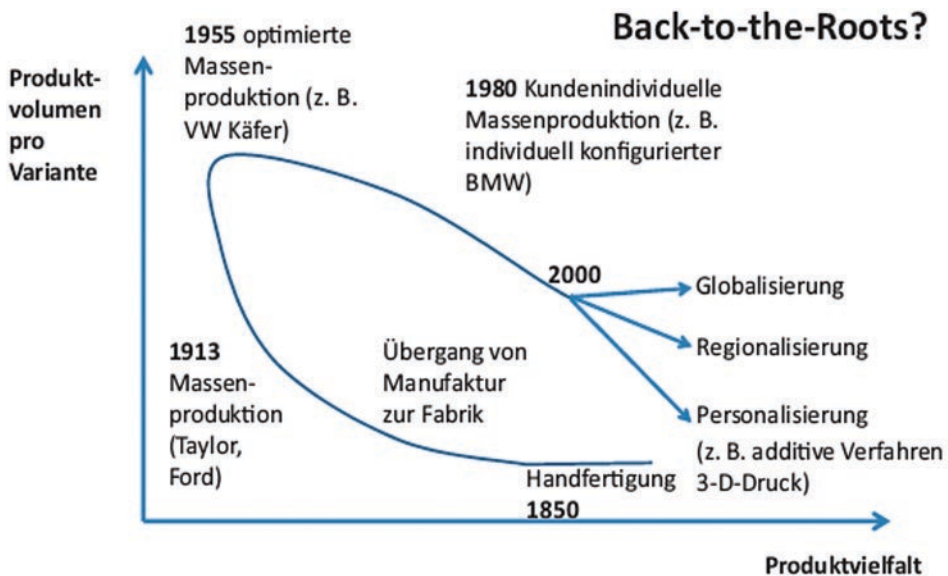


Abb. 7 Individualisierung als Rahmen für Industrie 4.0 (Breyer-Mayländer, 2017, S. 108 nach: Bauernhansl, 2014, S. 13)

Neben den Auswirkungen auf Prozesse und Produkte, wie wir sie an der Diskussion über additive Fertigung und die Losgrößenflexibilisierung bis hin zur Losgröße 1 festmachen können, führt eine konsequente Umsetzung der Ideen von Industrie 4.0 auch jenseits der Fertigung zu Veränderungen. Wie oben bei der horizontalen Vernetzung schon deutlich wurde, sind die Innovationsprozesse insgesamt mit dem angebotenen Leistungsbündel aus physischen Produkten und Dienstleistungen genauso betroffen wie die Geschäftsmodelle, die aufgrund der oft disruptiven Entwicklungen im Technologie- und Marktsektor einer Anpassung oder Kompletterneuerung bedürfen (vgl. Abb. 8).

Dass in der Umsetzung der einzelnen Konzepte zu Industrie 4.0 mit einer steigenden Komplexität umgegangen werden muss, war schon zum Startzeitpunkt den beteiligten Akteuren und Institutionen klar (siehe Abb. 10). Von den Visionen der Konzeptionsphase konnten inzwischen schon einige umgesetzt werden, die deutlich machen, dass übergreifende Themen wie etwa das „Internet der Dinge“ über den reinen Industrie 4.0-Sektor hinausgehen und mehr und mehr eine gesamtgesellschaftliche Dimension bekommen. Dennoch sind bei einigen Unternehmen die Zeithorizonte für die Realisierung der Ziele aus dem Bereich Industrie 4.0 noch recht kurz gewählt (vgl. Abb. 9).

Wenn man an die Anforderungen der öffentlichen Infrastruktur denkt, die gerade aktuell (in der Phase einer weltweit in unterschiedlichem Ausmaße spürbaren Pandemie durch Covid-19) gestellt werden, so sind Konzeptionen wie „Smart City“ oder „Smart Countries“ mehr als nur eine Vision für Daten- und Digitalisierungsfreaks, sondern eine Infrastrukturnotwendigkeit, um robuste und krisensichere Systeme für Gesellschaft und Wirtschaft vorzuhalten (Abb. 10).

Abb. 8 Framework für Industrie 4.0 (Koch et al., 2014, S. 11)

