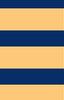




**Georg Spöttl, Lars Windelband (Hg.)**



## **Industrie 4.0**

**Risiken und Chancen für die Berufsbildung  
2., überarbeitete Auflage**

# **Industrie 4.0**

Risiken und Chancen für die Berufsbildung

2., überarbeitete Auflage

Georg Spöttl, Lars Windelband (Hg.)

## **Reihe „Berufsbildung, Arbeit und Innovation“**

Die Reihe **Berufsbildung, Arbeit und Innovation** bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung. Angesprochen wird ein Fachpublikum aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie aus schulischen und betrieblichen Politik- und Praxisfeldern.

Die Reihe ist in drei Schwerpunkte gegliedert:

- Berufsbildung, Arbeit und Innovation (Hauptreihe)
- Dissertationen/Habilitationen (Unterreihe)
- Studientexte (Unterreihe)

Reihenherausgebende:

### **Prof.in Dr.in habil. Marianne Friese**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Erziehungswissenschaften  
Professur Berufspädagogik/Arbeitslehre

### **Prof. Dr. paed. Klaus Jenewein**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut I: Bildung, Beruf und Medien; Berufs- und Betriebspädagogik  
Lehrstuhl Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken

### **Prof.in Dr.in Susan Seeber**

Georg-August-Universität Göttingen  
Professur für Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung

### **Prof. Dr. Dr. h. c. Georg Spöttl M. A.**

Zentrum für Technik, Arbeit und Berufsbildung an der Uni Campus GmbH  
der Universität Bremen und Steinbeis-Transferzentrum InnoVET in Flensburg

### **Wissenschaftlicher Beirat**

- Prof. Dr. Thomas Bals, Osnabrück
- Prof.in Dr.in Karin Büchter, Hamburg
- Prof. Dr. Frank Bünning, Magdeburg
- Prof.in Dr.in Ingrid Darmann-Finck, Bremen
- Prof. Dr. Michael Dick, Magdeburg
- Prof. Dr. Uwe Faßhauer, Schwäbisch Gmünd
- Prof. Dr. Martin Fischer, Karlsruhe
- Prof. Dr. Philipp Gonon, Zürich
- Prof. Dr. Franz Ferdinand Mersch, Hamburg
- Prof.in Dr.in Manuela Niethammer, Dresden
- Prof. Dr. Jörg-Peter Pahl, Dresden
- Prof. Dr. Tade Tramm, Hamburg
- Prof. Dr. Thomas Vollmer, Hamburg



Weitere Informationen finden  
Sie auf [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)

Georg Spöttl, Lars Windelband (Hg.)

# Industrie 4.0

**Risiken und Chancen für die Berufsbildung  
2., überarbeitete Auflage**



Berufsbildung, Arbeit und Innovation –  
Hauptreihe, Band 52

© 2019 wbv Publikation  
ein Geschäftsbereich der  
wbv Media GmbH & Co. KG  
Bielefeld 2019

Gesamtherstellung:  
wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld  
**wbv.de**

Umschlagmotiv: 1expert, 123rf

Bestellnummer: 6004606a  
ISBN (Print): 9978-3-4639-6069-9  
ISBN (E-Book): 978-3-7639-6070-5

Printed in Germany

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Insbesondere darf kein Teil dieses Werkes ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (unter Verwendung elektronischer Systeme oder als Ausdruck, Fotokopie oder unter Nutzung eines anderen Vervielfältigungsverfahrens) über den persönlichen Gebrauch hinaus verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Für alle in diesem Werk verwendeten Warennamen sowie Firmen- und Markenbezeichnungen können Schutzrechte bestehen, auch wenn diese nicht als solche gekennzeichnet sind. Deren Verwendung in diesem Werk berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese frei verfügbar seien.

---

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

---

# Inhalt

Vorwort .....	7
Vorwort zur 2. Auflage .....	9
<i>Georg Spöttl, Lars Windelband</i>	
Einleitung .....	11
<b>Entwicklung von Industrie 4.0 – eine historische Betrachtung .....</b>	<b>25</b>
<i>Peter Röben</i>	
Industrie 4.0: Eine Revolution mit Ankündigung .....	27
<i>Ernst Andreas Hartmann, Wenke Apt, Alexandra Shajek, Ida Stamm, Steffen Wischmann</i>	
Perspektiven: Industrie 4.0 – Hype oder echte Revolution? .....	49
<i>Tim Jeske, Sebastian Terstegen</i>	
Potenziale und Umsetzung von Industrie 4.0 .....	75
<b>Technologische und konzeptionelle Entwicklung von Industrie 4.0 .....</b>	<b>93</b>
<i>Christian Gorldt, Stefan Wiesner, Aaron Heuermann, Heiko Duin</i>	
Internet der Dinge ohne Dinge nicht möglich – Industrie 4.0 in Produktion und Logistik .....	95
<i>Matthias Becker</i>	
Standards und Schnittstellen als Arbeitsgegenstand in Industrie 4.0-Kontexten .....	109
<i>Christian Kellermann-Langhagen</i>	
Einführung in das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 .....	131
<b>Veränderungen in der Arbeitsorganisation und Gestaltung der Facharbeit .....</b>	<b>149</b>
<i>Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann</i>	
Drei Thesen zu Arbeit und Qualifikation in Industrie 4.0 .....	151
<i>Horan Lee, Sabine Pfeiffer</i>	
Industrie 4.0-Szenarios zur Facharbeiterqualifizierung und ihrer betrieblichen Gestaltung .....	171

<i>Julia N. Czerniak, Alexander Mertens, Christopher Brandl, Christopher M. Schlick †, Verena Nitsch</i>	
Innovative Mensch-Maschine-Interaktionskonzepte für den Facharbeiter der Zukunft in der Produktion 4.0 .....	187
<b>Veränderungen in der industriellen Facharbeit und Wirkungen auf Kompetenzbedarf .....</b>	<b>203</b>
<i>Christoph Kunz, Thomas Leubner, Kai Liebert, Matthias Reuter, Jürgen Siebel, Marina Kinschel</i>	
Industrie 4.0 – Ein digitales Transfermodell für Aus- und Weiterbildung .....	205
<i>Simon Brugger, Holger Regber</i>	
Ein Produktionssystem im Wandel .....	217
<i>Lars Windelband, Georg Spöttl</i>	
Industrie 4.0 – Neugestaltung industrieller Prozesse und Konsequenzen für die Berufsausbildung .....	239
<i>Gert Zinke</i>	
Berufscreening: Wie Industrie 4.0 die Berufsausbildung herausfordert – Ergebnisse aus einem BMBF/BIBB-Projekt .....	255
<i>Karl Wilbers</i>	
Veränderungen im Zusammenspiel von gewerblich-technischem und kaufmännischem Handeln durch Industrie 4.0 als Chance für die Berufsausbildung .....	273
<i>Tim Richter</i>	
Betriebliche Weiterbildung im Kontext von Industrie 4.0 .....	291
<i>Bernd Dworschak, Helmut Zaiser</i>	
Kompetenzentwicklung in und für die Industrie 4.0 – Ein Konzept .....	311
Die Autoren .....	329

# Vorwort

Gegenstand des vorliegenden Bandes ist die Frage, welche Konsequenzen die Entwicklungen zu einer immer stärkeren digitalisierten und vernetzten Arbeitswelt auf die zukünftige Aus- und Weiterbildung von Fachkräften vor allem auf der mittleren Beschäftigungsebene haben. Auf dem Weg hin zu einer „Industrie 4.0-Welt“ ändern sich die Anforderungen an die Unternehmen und die verschiedenen Unternehmensebenen, oftmals auch mit ganz unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Dies erfordert ein Nachdenken über alternative Konzepte der Aus- und Weiterbildung und Initiativen für Qualifizierungsmaßnahmen und Kompetenzentwicklung.

Ziel der Publikation ist es, die gegenwärtige Diskussion zu „Industrie 4.0“ stärker auf die Beschäftigten und deren notwendige Qualifizierung zu beziehen. Die bisherigen Überlegungen dazu sind stark technologisch geprägt und übersehen die Auswirkungen auf die berufliche Kompetenz der Fachkräfte. Hierzu ist eine wissenschaftlich geführte Diskussion überfällig, um Entwicklungen und Veränderungen einschätzen zu können. Erst auf der Grundlage einer fundierten Diskussion ist es möglich, Aussagen zu treffen, ob Berufe weiterentwickelt und/oder neu geschaffen oder sogar ganz neue Berufsstrukturen etabliert werden sollen. Das Buch soll dazu beitragen, erste Ansätze aus unterschiedlichen Blickwinkeln der Industrie und des Handwerkes, der arbeitswissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Perspektive sowie der Perspektive der Berufswissenschaften aufzuzeigen. Darüber hinaus ist es ein Anliegen dieses Bandes, die Reichweite der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung in Industrie und Wirtschaft, die Konsequenzen für die Arbeitsgestaltung mit Blick auf die Mensch-Maschine-Kooperation und Arbeitsorganisation einzuschätzen sowie Konsequenzen für die Facharbeit abzuleiten.

Die einzelnen Beiträge zeigen klar die Veränderungen auf, die die Digitalisierung mit sich bringt: Teilweise eine höhere Automatisierung und Vernetzungen ganzer Wertschöpfungsketten quasi als Fortschreibung aus den 1980er Jahren, teilweise ganz neue technologische Entwicklungen wie „kollaborative Roboter“ bis hin zu veränderten Lernformen in einer Lernfabrik 4.0. Die Veränderungen in der Facharbeit und deren zukünftige Qualifizierung sind eng verknüpft mit dem Erfolg der Unternehmen. Nur bei einer erfolgreichen Weiterentwicklung der beruflichen Bildung kann den Herausforderungen der geänderten Produktions- und Arbeitswelt entsprochen werden.

Gedankt sei an dieser Stelle allen Autorinnen und Autoren für deren konstruktive Zusammenarbeit bei der Umsetzung der einzelnen Artikel.

Flensburg, Schwäbisch Gmünd, April 2017

*Die Herausgeber*



## Vorwort zur 2. Auflage

Seit der ersten Auflage dieses Buches sind inzwischen über zwei Jahre vergangen. Noch immer wird intensiv darüber diskutiert, mit welchen Veränderungen in der Arbeitswelt aufgrund von Industrie 4.0 zu rechnen ist und wie in der beruflichen Bildung darauf reagiert werden soll. Die Sozialpartner haben als ersten Schritt im Sommer 2018 eine Teilnovellierung von ausgewählten Metall- und Elektroberufen umgesetzt. Diese eher vorsichtig angelegte Initiative kann nur als Zwischenschritt verstanden werden, dem weitere, umfassendere Initiativen folgen müssen. Industrie 4.0 ist also auch nach dem Erscheinen der ersten Auflage vor zwei Jahren immer noch eine vielfältig diskutierte Thematik. In der Diskussion zu Industrie 4.0 wurde das Thema begrifflich erweitert um Digitalisierung, Wirtschaft 4.0, Bildung 4.0, Berufsbildung 4.0 und weiteren. Das kann als Beleg gewertet werden, dass die Findungsphase noch nicht abgeschlossen ist.

In der Berufsbildung geht es vor allem darum, Antworten zu finden, wie Berufsbilder letztendlich auszugestalten sind und wie Lernprozesse unterstützt werden sollen, um in der beruflichen Aus- und Weiterbildung einen überzeugenden Beitrag zur Kompetenzentwicklung mit Bezug zur sich verändernden digitalisierten Arbeitswelt zu leisten. Viele Diskussionen reduzieren inzwischen die Antworten auf den Einsatz von Medien in den Schulen ohne zu bedenken, dass es bei der Implementierung von Industrie 4.0 und der Digitalisierung nicht schlicht um die Anwendung neuer digitaler Medien geht, sondern um eine strukturelle Veränderung der Arbeitswelt, der Arbeits- und Geschäftsprozesse und der gesellschaftlichen Kommunikationsstrukturen. Diese Veränderungen werden in den Beiträgen der vorliegenden 2. Auflage aus den verschiedensten Perspektiven wie der Forschung, der Industrie, aus Sicht der Sozialpartner oder der Bildungsanbieter diskutiert, um zukunftsweisende Antworten zu finden. Um diesen Anspruch einzulösen, ist der Band nicht nur aktualisiert worden, sondern es wurden neue Beiträge mit aufgenommen, um die Perspektivenvielfalt zu erhöhen. Aufgezeigt wird, wie sich Industrie 4.0 seit der ersten Auflage weiterentwickelt hat, wie weit die Implementierung neuer Produktions- und Arbeitskonzepte in der industriellen Anwendung fortgeschritten ist und wie bei der Neugestaltung von Berufsbildern darauf reagiert wurde. Andere Beiträge wiederum zeigen auf, wie vor allem in Unternehmen sichergestellt wird, dass die Fachkräfte für die Anwendung der Digitalisierung/Industrie 4.0 fit gemacht werden.

Berücksichtigung finden im Buch auch Ansätze zur Rolle der Künstlichen Intelligenz in Unternehmen, Wirkungen von Veränderungen auf die Beschäftigten und Qualifizierungsinitiativen. Die bisher stark auf Technologien ausgerichtete Diskussion zum Thema Industrie 4.0 wird erweitert um Ansätze der unterschiedlichen Arbeitsgestaltungen und deren Konsequenzen für Kompetenzentwicklungsprozesse.

Kern der Auseinandersetzung bildet die Zukunft der Facharbeit, mit ihren Rollen, Anforderungen, Herausforderungen, Qualifizierungsbedarfen und Lösungs-

möglichkeiten für die Qualifizierung in einer aktuellen und zukünftigen digitalisierten Arbeitswelt.

Gedankt sei an dieser Stelle allen Autorinnen und Autoren für die Unterstützung der Entstehung des Bandes und für die immer sehr konstruktive Zusammenarbeit bei der Umsetzung und Überarbeitung der einzelnen Beiträge.

Bremen, Schwäbisch Gmünd, Mai 2019

*Die Herausgeber*

# Einleitung

GEORG SPÖTTL, LARS WINDELBAND

## 1 Entwicklungsschwerpunkte

Industrie 4.0 wird von Politik, Wirtschaft und Verbänden als die vierte industrielle Revolution bezeichnet, obgleich die technologische Entwicklung und Durchdringung in der Arbeitswelt eher inkrementell und nicht mit großen Sprüngen voranschreitet und dies, obwohl die Zahl an vernetzten Geräten im ‚Internet der Dinge‘ (IoT) stetig wächst. Prognosen zufolge wird 2025 jeder Mensch 4.800-mal am Tag mit Maschinen interagieren. Die Diskussion um Industrie 4.0 pendelt zwischen der Frage „alter Wein in neuen Schläuchen“ (Jasperneite 2012), der Vermutung eines IT-Hypes (vgl. VDMA 2013) und der Ankündigung einer vollkommen veränderten Industrielandschaft. Dieses Spannungsverhältnis wird im Beitrag von Hartmann/Apt/Shajek/Stamm/Wischmann im vorliegenden Buch aus verschiedenen Perspektiven diskutiert.

Schlüsselbegriffe, die intensiv benutzt werden, sind: Vierte industrielle Revolution, digitale Revolution, Industrie 4.0, Bildung 4.0, Berufsbildung 4.0, Arbeit 4.0, Berufe 4.0, Digitalisierung, Vernetzung<sup>1</sup> usw. All diese Begriffe lassen sich dahingehend auf einen Nenner bringen, dass damit direkt oder indirekt von neuen Technologien die Rede ist, mit denen es möglich ist, die Automatisierung von Handlungsabläufen nicht nur in der Wirtschaft, sondern in allen unseren Lebensbereichen zu verändern. Robotertechnik, Sensortechnik, künstliche Intelligenz, Assistenzsysteme, Fahrerunterstützungssysteme u. a. sind nicht allein für die industrielle Produktion entwickelt worden, sondern sind für alle denkbaren Bereiche des Lebens geeignet. Diese Technologien verändern unser tägliches Handeln, unsere Verhaltensweisen und langfristig auch gesellschaftliche Strukturen. Betroffen davon sind alle Länder auf dem Erdball (McKinsey 2017). Dies wird mitunter mit Hilfe der Begrifflichkeiten „Dienstleistungsgesellschaft“, „Wissensgesellschaft“ oder gar „Freizeitgesellschaft“ symbolisch deutlich gemacht, wobei diese oft als Gegensatz zu unserer etablierten Arbeitsgesellschaft gebracht werden. In diesem Diskurs erhält vor allem die berufliche Bildung einen besonderen Stellenwert, denn diese ist durch die Bereitstellung beruflicher Qualifikationen und Berufe als Schlüssel für die Bewältigung des gesell-

---

1 Hinsichtlich einer Definition dieser Begrifflichkeiten ist Fehlanzeige festzustellen. Im besten Falle sind auf spezifische Situationen bezogene Erläuterungen identifizierbar. Nach einer vielschichtigen Diskussion um die Begriffe in den vergangenen drei Jahren hat sich inzwischen eine Art Konsens um den universal benutzten Begriff "Digitalisierung" herausgebildet. Varianten davon sind Begriffe wie Digitalisierungsprozess oder digitale Vernetzung. Obwohl dieser Begriff stärker die technologische Variante der Entwicklungen unterstreicht, wird in den vorliegenden Ausführungen Digitalisierung im Sinne einer "digitalen Vernetzung" verstanden, die sowohl eine technologische als auch arbeitsbezogene und gesellschaftspolitische Ausrichtung hat und damit eine Öffnung des Diskurses erlaubt.

schaftlichen Wandels zu verstehen. Dadurch bekommt die Diskussion um die Digitalisierung einen hohen gesellschaftlichen und ethischen Stellenwert.

Die Bundesregierung hat Industrie 4.0 als Zukunftsprojekt in ihren Aktionsplan zur Hightech-Strategie aufgenommen und fördert die Entwicklung sogenannter Cyber-Physischer-Systeme (CPS)<sup>2</sup>. CPS sind Objekte, Geräte, Gebäude, Verkehrsmittel, aber auch Produktionsanlagen, Logistikkomponenten und anderes, die eingebettete Systeme enthalten und die kommunikationsfähig gemacht werden. Diese Systeme können über das Internet kommunizieren und Internetdienste nutzen. CPS können ihre Umwelt unmittelbar mit ihrer entsprechenden Sensorik erfassen, sie mit Hilfe weltweit verfügbarer Daten und Dienste auswerten, speichern und sie können mit Hilfe von Aktoren auf die physikalische Welt einwirken. Absicht ist dabei, durch die technologischen Möglichkeiten der Verknüpfung von Informations- und Mikrosystemtechnik offene und vernetzte Systeme voranzutreiben, die mithilfe von Sensoren Daten zu Situationen aus der physikalischen Welt erfassen und interpretieren sowie für netzbasierte Dienste verfügbar machen. Die Verzahnung zwischen physischer und virtueller Welt in CPS führt zu neuen, bisher nicht möglichen, dynamischen Produktionsprozessen. Es kann davon gesprochen werden, dass die physikalische und die virtuelle Welt miteinander verschmelzen.

Industrie 4.0 baut auf dem Internet der Dinge auf. Dabei werden Alltagsgegenstände der physischen Welt mit der digitalen Welt verknüpft (vgl. Windelband/Dworschak 2015, S. 26). Industrie 4.0 kann also als eine Konkretisierung des Internet der Dinge mittels CPS verstanden werden. „Um das zu erreichen, werden Gegenstände, Räume oder Maschinen mit Kommunikationsmodulen ausgestattet, die es erlauben, Daten per Funk zu übertragen.“ (ebd.) Bei Industrie 4.0 ist allerdings der Vernetzungsgedanke umfassender, weil alle Schritte des Wertschöpfungsprozesses erfasst und vernetzt werden sollen. Die Vernetzungsentelligenz soll die gesamte Fabrik umfassen, wobei die intelligenten Maschinen die Fertigungsprozesse selbstständig organisieren sollen (vgl. Bauernhansel/ten Hompel/Vogel-Henser 2014), bis hin zur Erledigung von Logistikaufträgen. Der Mensch nimmt innerhalb von Industrie 4.0 eine zentrale Rolle als Lenker und Denker ein, der jedoch je nach Anwendungsfall differenzieren kann (vgl. Abbildung 1).

Es kann im Zusammenhang mit Industrie 4.0 durchaus von einem Produktionsparadigma gesprochen werden, weil zum einen die Fabriken intelligent und zum anderen Produktions- und Logistikprozesse weltweit über das Internet verzahnt werden. Dadurch wird der Materialfluss in einem bisher nicht bekannten und nicht praktizierten Maße vernetzt und optimiert. Hierin manifestiert sich die Computerisierung von Kopfarbeit (Wissensarbeit) mithilfe algorithmischer Signalverarbeitung (Digitalisierung) (vgl. Brödner 2016, S. 11). Die Verwissenschaftlichung der Produktion unterstützt diesen Prozess und vor allem die Automatisierung. Brynjolfsson & Mc Afee (2014) verdeutlichen, um was es bei den vielfältigen Entwicklungen unter

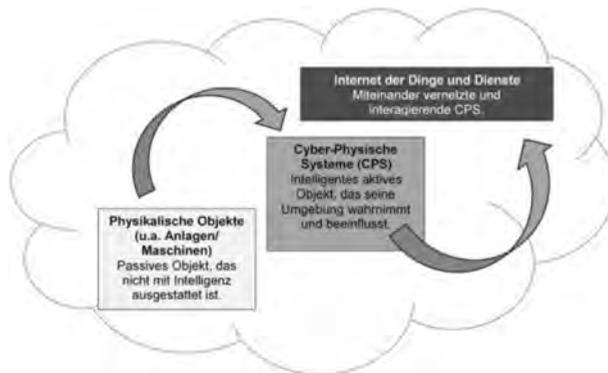
---

2 Mehr auf gesellschaftliche Belange hin ausgerichtet ist die sogenannte Digitalisierungsstrategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), die im April 2019 unter dem Titel „Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen.“ veröffentlicht wurde.

dem Begriff Digitalisierung oder "Vierte Industrielle Revolution" geht. Allein von Digitalisierung zu sprechen ist zu kurz gegriffen, weil es nicht mehr nur um digital gesteuerte physische Prozesse geht, die mit Schnittstellen zu Menschen ausgestattet sind (das ist bei Maschinensteuerungen wie CNC-Programmen, frei programmierbaren Steuerungen, Regelungen für Antriebssysteme der Fall).

Neu ist, dass viele digital gesteuerte Prozesse über Datenaustausch mit dem Internet hochkarätig horizontal und vertikal vernetzt (z. B. Internet der Dinge und Dienste, vgl. Bremer 2017) sowie durch Mechanismen künstlicher Intelligenz unterstützt werden und dadurch völlig neue Räume des Interagierens zwischen Maschinen (bspw. Multiagentensystemen) und zwischen Menschen und Maschinen geschaffen werden (vgl. Becker 2016).

Diese Entwicklung ist der vierten Industrialisierungswelle in Deutschland zuzuordnen (vgl. Kutscha 2015, S. 29 ff.), die mit „intelligenter Fabrik“, Smart Factory, Digitalisierung und anderen Begriffen umschrieben wird. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit den vier Revolutionsstufen und deren besonderen Ausprägungen liefert Röben in seinem Beitrag. Am Beispiel eines Referenzarchitekturmodells zur Implementierung von Industrie 4.0 und den besonderen Potentialen, die damit verbunden sind, zeigt Kellermann-Langhagen auf, welche Dimension Unternehmen besonders zu beachten haben, wenn sie derartige Konzepte erfolgreich umsetzen wollen. Becker erweitert den Blick in diesem Zusammenhang durch die Diskussion von Standardisierungsmöglichkeiten. Jeske/Terstegen werfen hingegen einen gründlichen Blick auf reale Prozessoptimierungsvorgänge, um Industrie 4.0 bei der Konkretisierung zu einem Erfolgsmodell zu machen.



**Abbildung 1:** Industrie 4.0 – Kernelemente und deren Vernetzung (Quelle: Eigene Darstellung)

Mit der Digitalisierung und Informatisierung der Arbeits- und Geschäftsprozesse gewinnen webbasierte und mobile sowie auf intelligenten Analysen großer Datenbestände basierende Dienste an Bedeutung und haben erheblichen Einfluss auf die Gestaltung der Hightech-Arbeitswelt und damit auf die jeweiligen Arbeitsplätze. Diese technologische Entwicklung ist sicher als ein längerfristiges strategisches Projekt zu verstehen, welches das Ziel verfolgt, intelligente, geschlossene Prozesse in

der Produktion, den angrenzenden Fachgebieten sowie langfristig innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette zu schaffen. Dafür sind innovative Mensch-Maschine-Interaktionskonzepte für die Facharbeit der Zukunft notwendig (siehe dazu den Beitrag von Czerniak/Mertens/Brandl et al. im vorliegenden Buch).

Als wesentliche Eigenschaften von Industrie 4.0 werden in der Literatur genannt:

- Eine dynamische Gestaltung von Geschäftsprozessen durch den CPS-Einsatz kann zu einer ad-hoc-Vernetzung der Prozesse führen und somit eine weitere Optimierung herbeiführen. Die Folge ist beispielsweise die Reduzierung der Aufwände durch eine Verringerung der Materialeinsätze (vgl. Kagermann/Wahlster/Helbig 2013).
- Die Nutzung der intelligenten Sensorik und Aktorik ermöglicht es, schnell auf Veränderungen zu reagieren. Die Technologien von Industrie 4.0 helfen dabei, eine dynamische Optimierung der Zusammenstellung der standortübergreifenden Prozesse in Echtzeit zu realisieren.
- Verglichen mit den vorangegangenen industriellen Revolutionen spielt auch weiterhin die Optimierung der strategischen Ziele der Produktionsprozesse eine zentrale Rolle. Der Einsatz von CPS ermöglicht, die Prozesse fortlaufend über die gesamte Wertschöpfungskette im Hinblick auf Ressourcenbedarf und Energieverbrauch sowie geringeren Emissionen zu optimieren (ebd.).
- Ausgehend vom Maximalprinzip liegt das Potenzial von Industrie 4.0 beim Ressourceneinsatz. Experten gehen davon aus, dass mithilfe des Konzeptes Industrie 4.0 in Abhängigkeit von der jeweiligen Branche Produktivitätszuwächse von bis zu 50 Prozent möglich sind (vgl. Jörgl 2014, S. 28 ff.).
- Industrie 4.0 ermöglicht eine kundenindividuelle Produktion. Die Möglichkeit, auf verschiedenartige Kundenwünsche einzugehen und trotz geringer Stückzahl rentabel zu produzieren, ist durch den Einsatz von CPS in der Fabrik möglich (vgl. Kagermann/Wahlster/Helbig 2013).
- Die Umgestaltung einer Werkshalle zu einer „smarten Fabrik“, welche sich durch hohe Flexibilität und Wandlungsfähigkeit auszeichnet, erfordert eine systematische Umwandlung der Strukturen und Prozesse. Die Einführung von Industrie 4.0 kann dabei zu einer Reduzierung der Durchlaufzeit führen (vgl. Haeffs 2014, S. 4 f.).
- Industrie 4.0 ermöglicht das Etablieren neuer digitaler Dienstleistungen. Die Basis dafür bildet die hohe Datenvielfalt aus unterschiedlichen Quellen sowie das anschließende Analysieren dieser Datenmengen. Experten/-innen gehen in diesem Umfeld von einer steigenden Beschäftigungsrate insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen aus. Es ist von einem Anstieg der Business-to-Business (B2B) Dienstleistungen auszugehen (ebd.).
- Die Nutzung von Industrie 4.0-Technologien schafft transparente Prozesse. Diese Transparenz ermöglicht optimierte Entscheidungsfindungen. Das gilt sowohl für Prozesse während der Entwicklung (z. B. Änderungsbeschlüsse) als auch während der Produktion (z. B. Eingriff bei Störungen, Anschaffung neuer

Betriebsmittel) von verkaufsfähigen Gütern. Auch werden durch die Schaffung neuartiger Assistenzsysteme (z. B. Einsatz von sprach- und gestengestützten Systemen) neue Freiheitsgrade in der Ergonomie komplexer Aufgaben (ebd.), erreicht.

Jedoch fehlt oft in der Betrachtung von Industrie 4.0 eine „systematische Sicht auf das Ganze, also das Denken in Prozessketten.“ (Thoben 2014, S. 9) Die Rolle der menschlichen Arbeitskraft wird sich mittels Industrie 4.0 merklich verändern. In welche Richtung das gehen wird, ist noch ungewiss. Auffällig ist, dass im Vergleich zur Debatte um Computer Integrated Manufacturing (CIM) in den 1980er Jahren in der Diskussion um Industrie 4.0 Fragen der Aus- und Weiterbildung, der Arbeitsgestaltung sowie die Frage des Zusammenspiels zwischen technischer und sozialer Intelligenz explizit gestellt werden (vgl. Acatech 2013, S. 7 ff.). In der Roadmap für CPS wird eine „Qualifizierungsinitiative für Industrie 4.0“ (Acatech 2011, S. 38) gefordert, damit die Beschäftigten rechtzeitig berufliche Handlungskompetenz erlangen können. In diesen Diskussionen wird deutlich, dass der Arbeitskultur unter Industrie 4.0 ein hoher Stellenwert eingeräumt wird (vgl. Ahrens/Spöttl 2018). Von den Acatech-Autoren wird besonders betont:

„Die Smart Factory enthält Gelegenheitsstrukturen für eine neue Arbeitskultur, die sich an den Interessen der Beschäftigten orientiert. [...] Über die Qualität der Arbeit entscheiden nicht die Technik oder technische Sachzwänge, sondern Wissenschaftler und Manager, welche die Smart Factory modellieren und umsetzen.“ (Kagermann/Wahlster/Helbig 2013, S. 57) Betont wird demnach „eine sozio-technische Gestaltungsperspektive, in der Arbeitsorganisation, Weiterbildungsaktivitäten sowie Technik- und Software-Architekturen in enger wechselseitiger Abstimmung, aus einem Guss mit dem Fokus darauf entwickelt werden, intelligente, kooperative, selbstorganisierte Interaktionen zwischen den Beschäftigten und/oder den technischen Operationssystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermöglichen.“ (ebd.)

Signalisiert wird ein Gestaltungspotenzial trotz oder gerade aufgrund zunehmender Automatisierung und Vernetzung. Der frühere Technikdeterminismus spielt bei diesen Überlegungen keine Rolle mehr. Dabei ist die Frage nach den sich wandelnden Aufgabenstrukturen und der damit verbundenen Implikationen für Qualifizierungsnotwendigkeiten sowie Risiken einer Dequalifizierung hoch relevant. Bislang gibt es nur wenige empirische Befunde, wie sich Aufgaben- und Kompetenzprofile verändern, wenn Produktionsprozesse verstärkt digitalisiert und mit CPS dezentral gesteuert, eng vernetzt erfolgen und intelligente Werkstücke ihren Weg selbstständig organisieren.

Visionen gehen dahin, dass es zukünftig möglich sei, dass die Objekte miteinander „verhandeln“, um den effizientesten Ablauf sicherzustellen (vgl. Bauernhansl 2013). Annahmen über umfassende autonome Produktionssysteme sind in diesem Zusammenhang jedoch wenig realistisch (vgl. Hirsch-Kreinsen 2013). Auch ein hohes Automatisierungsniveau geht nicht mit der Annahme einer menschenleeren Fa-

brik einher. Im Gegenteil: Zum einen sind unterschiedliche Automatisierungsgrade je nach betriebsstrukturellen Gegebenheiten und Flexibilitätsnotwendigkeiten wahrscheinlich, zum anderen hat sich bereits bei vorangegangenen Automatisierungsprozessen gezeigt, dass die Beschäftigten mit sich wandelnden Aufgabeninhalten konfrontiert werden. Gleichzeitig wurden dabei meist einfachere, manuelle Tätigkeiten abgebaut (vgl. Kurz 2013). Trotz des gegenwärtig zu beobachtenden Bias auf technologische Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 bleiben die Beschäftigten Dreh- und Angelpunkt für eine erfolgreiche Umsetzung. Dies zeigen auch die Beiträge von Brugger/Regber mit Blick auf den Wandel der Produktion und Hirsch-Kreinsen/Ittermann mit unterschiedlichen Entwicklungsszenarien der zukünftigen Produktion im vorliegenden Buch.

Sehr konstruktiv sind aktuell die Auseinandersetzungen über die Zukunft der Arbeit in der digitalisierten Welt und somit in den digitalisierten Unternehmen. Auch wenn es kaum konvergierende Positionen der verschiedenen Interessengruppen gibt, besteht bei vielen Experten/-innen Einigkeit, dass eine Reflexion über Aufgabenprofile und Qualifikationsanforderungen auch akzeptable Arbeitsbedingungen miteinschließen muss und die Ergebnisse davon erhebliche Auswirkungen auf die Beschäftigung und Wertschöpfungsstrukturen haben werden.

Daher erfordert die Diskussion um Industrie 4.0 den Fokus auf Kompetenzentwicklung, Qualifizierungsmöglichkeiten und sich wandelnde Aufgabenprofile von Fachkräften, was unter anderem Gegenstand der vorliegenden Veröffentlichung ist (vgl. dazu besonders die Beiträge von Spöttl/Windelband und Zinke in diesem Band). Eine genauere Betrachtung der Entwicklungen von Industrie 4.0 bietet die Chance, aus der Berufsbildung heraus einen Beitrag zu leisten, diese attraktiv und zukunftsfest zu machen (vgl. Esser 2015). Um diese Position zu stärken schlägt Wilbers in seinem Beitrag vor, über Fachgrenzen hinweg zu kooperieren.

Die Klärung der Frage, wie in Bildung, Ausbildung und Weiterbildung aufgrund von Industrie 4.0 reagiert werden soll, liegt auf der Hand. Dieses schon deshalb, weil technologisch betrachtet Industrie 4.0-Ansätze das fortsetzen, was seit der Implementierung der Computertechnologien (C-Techniken) – mit ersten Etappen in den 1950er und 1960er Jahren – bereits lange eine wichtige Rolle in der Gestaltung von Arbeitswelt und Produktionsstrukturen spielt. Wie auf diese Entwicklungen reagiert werden soll war eine ständige Begleiterscheinung der Gestaltung von Berufsbildung und wird es weiterhin sein. Das wird in nachstehenden Entwicklungsetappen skizziert (vgl. Ahrens/Spöttl 2018):

- In den sechziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts zeichnete sich ein Wandel bei den Fertigungsprozessen ab, der daraus resultierte, dass die so genannten C-Techniken (computergestützte Techniken) Eingang in die Produktion fanden. An erster Stelle waren damit Werkzeugmaschinen mit NC- (Numerical Control) und später CNC (Computer Numerical Control)-Steuerungen gemeint, an zweiter Stelle softwaregestützte Konstruktionsansätze wie CAD (Computer Aided Design) und an dritter Stelle ein technologisches Produktionsmanagement wie CAM (Computer Aided Manufacturing). In unterschied-

lichen Ausprägungen verbreiteten sich die Ansätze sehr bald in der Industrie. Durch die Einführung dieser Techniken konnte die Produktion erheblich flexibler gestaltet werden (vgl. Schumann 2013, S.7 ff.). Diese Entwicklungsetappe wurde mit dem Begriff Informatisierung umschrieben, weil mehr und mehr mechanische Abläufe elektronisch angesteuert wurden und sich die softwaregesteuerten Anlagen durchsetzen. Beispiele dafür sind Fernwartung, CNC-Steuerung oder Digitalisierung der Auftragsorganisation. Diese Entwicklungsetappe führte zu einer Neuordnung der gewerblich-technischen Berufe in den Jahren 1987 bis 1989. Die C-Techniken und der ganzheitliche Handlungsansatz, der sich kurz mit Planen, Ausführen und Kontrollieren umschreiben lässt, wurden in die Ordnungsmittel integriert. Die Qualifizierungsprozesse in der beruflichen Erstausbildung wurden auf diese neuen Anforderungen hin ausgerichtet. Überlagert wurden diese Entwicklungen von dem arbeitsorganisatorischen Anspruch, die verschiedenen C-Techniken, die Eingang in die Produktion gefunden haben, miteinander zu vernetzen.

Dabei stand die technisch-funktionale Vernetzung im Mittelpunkt, die als eines der Ziele die menschenleere Fabrik verfolgte. Während einzelne Schwerpunkte der C-Techniken wie CNC, CAD und CAM verstärkt Einzug in die Produktionsstätten hielten, hat in diesem Stadium die Vernetzung nicht funktioniert. Als Schlüsselbegriff stand für diese Entwicklung, für die menschenleere Fabrik also, Computer-Integrated Manufacturing (CIM).

- Die auf die traditionellen und computergesteuerten Anlagen ausgerichteten Entwicklungsschwerpunkte etablierten sich in den 1980er und 1990er Jahren in voller Breite und bekamen mit dem Anspruch der Verbesserung der Effizienz der Produktion einschließlich eines erhöhten Qualitätsanspruches mehr oder weniger „Verstärkung“ durch Qualitätsmanagementkonzepte. Diese waren sehr stark von der Idee der schlanken Produktion beeinflusst. Mithilfe verschiedener Qualitätsmanagementkonzepte wurde die Produktion einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen in den 1990er Jahren und im letzten Jahrzehnt intensiv optimiert. Die Folge war, dass mit immer weniger Menschen immer mehr produziert werden konnte und zugleich wurde die Qualität der Produkte deutlich verbessert. Verstärkt wurde dieser Effekt durch eine weiterentwickelte informationstechnische Vernetzung der Produktionsabläufe.

Diese Entwicklungen führten in mehreren Schüben zu neuen Ordnungsverfahren in der beruflichen Erstausbildung. Ein wesentlicher Impuls war die Einführung von Lernfeldern in den beruflichen Schulen durch die Kultusministerkonferenz im Jahr 1996 (vgl. KMK 1996). Der Grundgedanke dieses weitreichenden Schrittes war, Abstand zu nehmen von der Gestaltung klassischer fachbezogener Lehrpläne, die sich in erster Linie an fachlichen Inhalten und Lernzielen ausrichteten und die Arbeitsprozessbezüge ignorierten. Mittels der Lernfelder sollte es möglich werden, die mit den Qualitätsmanagementkonzepten verbundenen prozessbezogenen Anforderungen in den Unterricht beruflicher Schulen zu integrieren. Initiiert wurden auch Neuordnungsverfahren der Metall- und

Elektroberufe (2003/2004), die darin mündeten, die Entwicklung der Handlungsfähigkeit und Prozesskompetenz in den Ausbildungsordnungen und im Prüfungswesen zu verankern, was die gesamte Berufsausbildung bis heute prägt. Zudem wurde die Zahl der Ausbildungsberufe reduziert.

- Heute erfolgt mehr oder weniger ein Rückgriff auf den Vernetzungsgedanken der industriellen Produktion der achtziger und neunziger Jahre.

Allerdings gibt es seit einigen Jahren erhebliche technologische Fortschritte, so dass die Vernetzungsüberlegungen nicht mehr ausschließlich top-down stattfinden, sondern auch bottom-up praktiziert werden und die Gegenstände selbst, so die Zielsetzung, mit Intelligenz ausgestattet werden sollen (bspw. RFID mit Chips). Die Auswirkungen auf die Qualifizierung von Fachkräften auf den unterschiedlichsten Hierarchieebenen sind bei diesen Entwicklungen derzeit noch nicht abschließend absehbar. Es ist allerdings anzunehmen, dass die Vernetzungen einzelner stofflicher Produktionsschritte und -schwerpunkte mit Hilfe von Daten zu einer weiteren Intensivierung softwaregesteuerter Produktion führen und sich deshalb der Anspruch an Qualifizierungskonzepte erheblich verändern wird, um dem Wandel in der Produktionsorganisation gerecht zu werden. Die „Treiber“ von Industrie 4.0 (bspw. acatech, Entwickler/-innen, Verbände, Politik) und die Unternehmen gehen zudem davon aus, dass wichtige innovative Schritte der Implementierung von Industrie 4.0 von Facharbeitern gestützt werden müssen. Im Gegensatz zu den CIM-Ansätzen spielt der Mensch bei allen Überlegungen inzwischen eine wichtige Rolle.

## 2 Entwicklungsziele und Entwicklungsstand

Bei Industrie 4.0/Digitalisierung handelt es sich um einen widersprüchlichen Prozess. Zum einen ist sie eine Rationalisierungsstrategie mit erheblichen Risiken für Beschäftigung und Arbeitsbedingungen. Zum anderen erlaubt Digitalisierung eine Humanisierung der Arbeit, die Dequalifizierung verhindert und anspruchsvoller und lernförderlicher Arbeit dienlich sein kann. Ob jedoch Technikeinsatz und Arbeitsorganisation in digitalisierten Unternehmen humanisierte Arbeit ermöglichen, hängt zum einen davon ab, ob die Arbeitsorganisation darauf ausgerichtet wird und die dafür erforderlichen Fachkräfte zur Verfügung stehen. Die Berufsbildung ist dabei ein Schlüsselement, um das Potenzial für eine humane Digitalisierung zu erschließen.

Industrie 4.0 kann als eine Zäsur verstanden werden, bei der es vor allem darum geht, die Digitalisierung, Vernetzung und Virtualisierung in den Unternehmen in allen Bereichen voranzutreiben. Nicht von ungefähr tauchen deshalb neben den Begriffen Industrie 4.0 auch solche auf wie Wirtschaft 4.0, Arbeit 4.0 oder Lernen 4.0 (vgl. Schröder/Urban 2016) und es findet dazu eine intensive industriepolitische Diskussion statt, die die Möglichkeiten einer verstärkten Digitalisierung durchleuchtet. Unabhängig von den noch offenen Fragen bezüglich der Wirkungen von

Industrie 4.0, der IT-Sicherheit, des Datenschutzes oder Big-Data, zu den realen Veränderungen in Unternehmen, zum Einfluss der Digitalisierung auf Berufe, Qualifikationen, Arbeitswelt, Mobilität, Leistungsdichte, Arbeitsschutz und anderes mehr, werden die Entwicklungen hin zu Industrie 4.0 politisch stark vorangetrieben (vgl. Hartmann 2014).

Studien zu den Anforderungen an Automationsarbeit heben die „ironies of automation“ hervor. Als „Ironien der Automation“ (Brainbridge 1983) bezeichnet man das Dilemma, dass der Mensch in hochautomatisierten Umgebungen kontrollierend und steuernd eingreifen soll, gleichzeitig jedoch gerade aufgrund der Automatisierung die Prozesse immer weniger kognitiv durchdringen und nachvollziehen und damit das notwendige Erfahrungswissen für Problemlösungen nur schwer aufbauen kann. Trotzdem ist anzunehmen, dass auch zukünftig die Beschäftigten in der Produktion verschiedener Branchen eine wichtige Rolle innehaben werden. Fragen, die in diesem Zusammenhang zu klären sind, lauten:

- Wie werden die Mitarbeiter/-innen mit der neuen vernetzten Produktionswelt, die nach allen Beschreibungen „intelligenter“ sein wird als die heutige, interagieren?
- Wie werden sich die Qualifikations- und Kompetenzprofile verändern?
- Warum wird das so sein? Was also sind die wesentlichen und bestimmenden Einflussfaktoren für eine Gestaltung der vernetzten Prozesse?

Angesprochen ist damit, inwieweit bislang getrennte Disziplinen wie beispielsweise Maschinenbau und die Informatik als hybride Kompetenzbündel nachgefragt werden, um intelligente Produktionsprozesse steuern zu können (vgl. Gorltd/Pflaum 2014).

„Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Arbeit in Industrie 4.0 an alle Beschäftigten deutlich erhöhte Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen. Darüber hinaus wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt. Kurzum: Die subjektiven Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten werden noch stärker gefordert sein. Das bietet Chancen auf qualitative Anreicherung, interessante Arbeitszusammenhänge, zunehmende Eigenverantwortung und Selbstentfaltung.“ (Promotorengruppe 2012)

Antworten zur Gestaltung der Berufsbilder und Lehrpläne sind dringend angesagt. Erste Erkenntnisse für Veränderungen in der Facharbeitsqualifizierung finden sich in diesem Buch in den Beiträgen von Kinschel/Kunz/Leubner et al. aus einer Unternehmensperspektive, Lee/Pfeiffer aus empirischen Befunden des Maschinen- und Anlagenbaus, Spöttl/Windelband sowie Zinke mit Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen aus Untersuchungen der Metall- und Elektroindustrie bis zu Einschätzungen zur Teilnovellierung der Metall- und Elektroberufe im Jahre 2018 und Wilbers für das kaufmännischen Berufsfeld bis hin zu Empfehlungen für interdisziplinäre Kooperationen. Die Beiträge von Richter und Dworschak/Zaiser geben Ant-

worten zur Gestaltung der betrieblichen Weiterbildung und zur Kompetenzentwicklung durch die Implementierung von Industrie 4.0.

Die Literaturbestände zur Thematik Industrie 4.0 nehmen derzeit mit hoher Geschwindigkeit zu. Es sind sowohl technologische (beispielhaft dafür steht der Artikel von Gorltd/Wiesner/Heuermann et al. im vorliegenden Band) als auch arbeitsorganisatorische Fragestellungen, die im Vordergrund der Diskussion stehen. Fragen zur Berufsbildung, zur Veränderung von beruflichen Anforderungen, zur Aus- und Weiterbildung werden erst seit dem Jahr 2015 mehr und mehr in den Blick genommen. Allerdings handelt es sich in diesem Falle um ein sehr vorsichtiges Herantasten an den Fragenkomplex, was vermutlich auf einen nach wie vor existierenden Mangel an empirischen Studien zurückzuführen ist.

Bei nachstehender Betrachtung der Diskussion in der Literatur stehen die ökonomisch getriebene Motivation, die Einordnung und die Zielsetzung von Industrie 4.0, die Konsequenzen von Rationalisierung und die Veränderungen von Arbeit, die arbeitsorganisatorischen Entwicklungen und die Implikationen für die Berufsbildung im Mittelpunkt.

Für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland ist die effiziente Entwicklung innovativer Produkte, Prozesse und Produktionssysteme im produzierenden Gewerbe von großer Bedeutung. Produktionsprozesse müssen im globalen Wettbewerb kontinuierlich technologisch und organisatorisch weiterentwickelt werden, da für die Produkte zunehmend Eigenschaften wie Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Individualisierung gefordert werden. Insbesondere die Entwicklung nachhaltiger Produkte ermöglicht es, die Bedürfnisse der jetzigen Generation zu befriedigen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden. Individualisierte Produkte für den potenziellen Kunden erfordern die Realisierung spezifischer Produktionseigenschaften, wie beispielsweise längere Lebensdauer oder Minimierung des Energieverbrauchs. Innovationen sind gerade in rohstoffarmen Ländern wie Deutschland ein zentraler Erfolgsfaktor für die Unternehmen. Der Markterfolg hängt dabei entscheidend davon ab, wie gut der Transfer von der Idee für ein innovatives Produkt in die wirtschaftliche Anwendung gelingt.

Mit dem Konzept Industrie 4.0 hat sich Deutschland auf den Weg gemacht, Antworten für den globalen Wettbewerb zu geben, um dort bestehen zu können. Die vorhandene hohe ingenieurwissenschaftliche Kompetenz hilft bei der Entwicklung komplexer Systemlösungen. Die Bundesregierung fördert Schwerpunkte von CPS im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 und der älteren IKT-Strategie. Durch die neuen technologischen Möglichkeiten der Verknüpfung von Informations- und Mikrosystemtechnik entstehen offene, vernetzte Systeme. Produktionsprozesse können dadurch in Echtzeit geplant und gesteuert werden.

Es liegt auf der Hand, dass diese innovativen technologischen Strukturen die Gestaltung der Produktionsprozesse erheblich beeinflussen werden. Die Übersetzung komplizierter und komplexer „Maschinenstrukturen“ in digitale und virtuelle Bearbeitungsmaschinen wird Arbeitsprozesse verändern, weil „gefährliche“, „schwere“, „eintönige“ oder schneller zu erledigende Arbeiten durch automatisierte

Maschinen erledigt werden können. Diese Entwicklungen sind nicht neu, verändern aber die Aufgabenprofile in mehr oder weniger anspruchsvolle (vgl. Hartmann 2015), weil Maschinen und Menschen über verschiedenste Schnittstellen zusammenwirken können. Tendenziell werden in den Arbeitsprozessen immer weitere Teile menschlichen Handelns von Maschinen übernommen, was das Handeln und das Abstraktionsvermögen der dort tätigen Menschen erheblich beeinflussen wird (vgl. Gehlen 1986). Für die Berufsbildung ist es naheliegend, diesen Diskussionskomplex aufzuschlüsseln.

Die mit Industrie 4.0 verbundene technologische Basis wie: generelle Vernetzung, Internet, Sensorik, Aktorik, „intelligente“ CPS haben einen massiven Leistungsschub und eine Verbilligung der Produkte zur Folge. Die in diesem Zusammenhang oft bemühte Feststellung der Substitution kognitiver Arbeit und von Routineaufgaben können nicht ohne Folgen für die Berufsprofile und deren Ausgestaltung bleiben (vgl. Hartmann 2015). Das belegen auch die vergangenen Industrialisierungswellen.

Die einzelnen Industrialisierungswellen hatten erhebliche Wirkungen auf Qualifikation und Qualifikationsstandards. In der ersten Welle spielten geregelte Qualifikationen praktisch keine Rolle, sondern es standen Jedermanns- und Anlern Tätigkeiten im Mittelpunkt, in Verbindung mit der Ausbeutung menschlicher Muskelkraft durch maschinelle Produktion (vgl. Kutscha 2015). In der zweiten Industrialisierungswelle entstand bereits Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften. Für die Ausbildung führte die Industrie eigene industrielle Lehr- und Anlernberufe mit einer Vielzahl hochspezialisierter Einzelberufe ein. In der dritten Industrialisierungswelle orientierte sich das Berufskonzept am Leitbild des selbstständig handelnden Facharbeiters und einfache Anlernberufe verloren an Bedeutung. Die Zahl der Ausbildungsberufe wurde erheblich reduziert und in Form von „Kernberufen“ zusammengefasst, vor allem in der Metall- und Elektroindustrie (vgl. Sauter 2003, S. 74 ff.). Kern der Ordnungspolitik im Rahmen der Neuordnung während der dritten Industrialisierungswelle war das Konzept der „offenen dynamischen Beruflichkeit“ (vgl. Brettschneider/Schwarz 2015), das zu einer Neugestaltung der ehemals starren Berufsprofile führte. In diesem Zeitraum und dem Folgenden wurden vielfältige Differenzierungs- und Flexibilisierungskonzepte entwickelt, die Gestaltungsoffenheit bei Berufsbildern und deren Modernisierung ermöglichen (vgl. Brettschneider/Schwarz 2015; Spöttl/Blings 2011).

Für die vierte Industrialisierungswelle stehen die endgültigen Antworten für Gestaltungsinitiativen in der beruflichen Erstausbildung und Weiterbildung noch aus. Es ist jedoch naheliegend, die arbeitsprozessbezogenen Ansätze weiter zu verfolgen, weil damit betriebliche Nähe, Gestaltungsoffenheit und eine moderne Beruflichkeit bei der Ausgestaltung der Berufsbilder möglich ist.

Einen Beitrag dazu sollen die vorliegenden Artikel leisten, indem sie Anregungen geben, die zukünftigen Anforderungen nennen, Gestaltungsrichtungen aufzeigen und letztendlich die Notwendigkeit untermauern, weiterhin eine qualitätsorientierte Berufsbildung zu verfolgen.

## Literatur

- Acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main.
- Acatech (Hrsg.) (2011): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech POSITION). Heidelberg: Springer Verlag.
- Ahrens, D./Spöttl, G. (2018): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P./Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: Nomos, S. 175–194.
- Bauernhansl, T. (2013): Forschen für agile IT-Infrastrukturen. In: VDMA Nachrichten. März 2013, S. 30–31, Internet: [www.vdma.org/documents/105628/1169735/03-2013+VDMA-Nachrichten\\_BP.pdf/7bd7949e-de7e-412d-afc3-ba011eba6af1](http://www.vdma.org/documents/105628/1169735/03-2013+VDMA-Nachrichten_BP.pdf/7bd7949e-de7e-412d-afc3-ba011eba6af1) [zuletzt aufgesucht am 21.03.2014].
- Bauernhansl, T./ten Hompel, M./Vogel-Henser, B. (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Becker, M. (2016): Arbeitsprozesse und Berufsbildung im Kontext von „Handwerk 4.0“. In: Jaschke, S.; Schwenger, U.; Vollmer, Th. (Hrsg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit. Gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation, Band 43, Bielefeld: W. Bertelsmann, S. 71–86.
- Bremer, A. (2017): Diffusion des Internet der Dinge auf die mittlere Beschäftigungsebene der Industrie. Reihe: Berufsbildung, Arbeit und Innovation - Dissertationen und Habilitationen, Band 45. Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Brainbridge, L. (1983): Ironies of Automation. In: Automatica, Vol. 19, No. 6, pp. 775–779.
- Brettschneider, M./Schwarz, H. (2015): Ordnung in der Verordnung. Eine Heuristik zur Strukturierung von Ausbildungsberufen. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP). Jg. 44, Heft 4, S. 48–52.
- Brödner, P. (2016): Industrie 4.0 und Big Data. Zwischen Hype und Horror auf dem Weg in eine bessere Welt? Bergkamen: pad-Verlag.
- Brynjolfsson, E.; McAfee, A. (2014): The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Kulmbach: Plassen.
- Esser, F. H. (2015): „wer vorsieht, ist Herr des Tages“ – Digitalisierung erfordert vorausschauendes Handeln. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Jg. 44, Heft 6, S. 3.
- Gehlen, A. (1986): Anthropologische und sozialpsychologische Untersuchungen. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Verlag.
- Gorltd, C./Pflaum, A. (2014): Auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: Industrie Management, Jg. 30, Heft 1, S. 15–18.
- Haefl, J. (2014): Logistik 4.0 wird die Industrie noch enger vernetzen. In: Logistik für Unternehmen, Jg. 28, S. 4.
- Hartmann, E. (2014): Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 7–13.

- Hartmann, M. (2015): Losgröße 1 – Methoden der Analyse beruflicher Handlungsprozesse und der Planung beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. Beitrag Nr. 23, Dresden: GfA-Herbstkonferenz.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2013): Industrie 4.0. Die menschenleere Fabrik bleibt eine Illusion. VDI-Nachrichten vom 20.09.2013.
- Jasperneite, J. (2012): Alter Wein in neuen Schläuchen? In: computer-automation. Internet: [www.cit-owl.de/uploads/media/410-10%20gh%20Jasperneite%20CA%202012-12\\_lowres1.pdf](http://www.cit-owl.de/uploads/media/410-10%20gh%20Jasperneite%20CA%202012-12_lowres1.pdf) [zuletzt aufgesucht am 10.03.2015].
- Jörgl, T. (2014): Wege in die Wunsch-dir-was-Welt. In: Logistik Heute. Jg. 36, Heft 1–2, S. 28.
- Kagermann, H./Wahlster, W./Helbig, J. (Hrsg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., S. 57.
- KMK (1996): Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 9.05.1996.
- Kurz, C. (2013): Qualität der Arbeit wird sich ändern. In: VDMA Nachrichten, März 2013, S. 26.
- Kutscha, G. (2015): Beruflichkeit neu denken – ein Leitbild in der Diskussion. In: Akademisierung der beruflichen Bildung. Dokumentation der Bundestagung Berufliche Bildung und Weiterbildung am 12. – 13. November. Berlin: GEW, S. 29–31.
- McKinsey (2017): Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey Global Institute, McKinsey & Company: New York City.
- Promotorengruppe (2012): Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft - Bericht: IM Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Handlungsempfehlung zur Umsetzung. Berlin, März 2012.
- Sauter, E. (2003): Strukturen und Interessen. Auf dem Weg zu einem kohärenten Berufsbildungssystem. Bonn: BIBB (Manuskript).
- Schröder, L./Urban, H.-J. (Hrsg.) (2016): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen. Frankfurt am Main: Bund-Verlag.
- Schumann, M. (2013): Einleitung. Das Jahrhundert der Industriearbeit. In: Ders.: Das Jahrhundert der Industriearbeit. Soziologische Erkenntnisse und Ausblicke. Weinheim/Basel: Juventa, S. 7–42.
- Spöttl, G./Blings, J. (2011): Kernberufe. Ein Baustein für ein transnationales Berufsbildungskonzept. Frankfurt am Main, Berlin, Bern et al.: Lang Verlag.
- Thoben, K.-D. (2014): Industrie 4.0. RFID im Blick, Sonderausgabe „Industrie 4.0 und Logistik 4.0 aus Bremen“. Bremen: Verlag & Freie Medien, S. 9.

VDMA (2013): Industrie 4.0: Revolution, Zukunftsthema oder IT-Hype? VDMA-Nachrichten März 2013. Internet: [www.vdma.org/article/-/articleview/1178359](http://www.vdma.org/article/-/articleview/1178359) [zuletzt aufgesucht am 10.03.2015].

Windelband, L./Dworschak, B. (2015): Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP). Jg. 44, Heft 6, S. 26–29.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1     Industrie 4.0 – Kernelemente und deren Vernetzung ..... 13

# Berufsbildung, Arbeit und Innovation

➤ [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)

Die Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung.

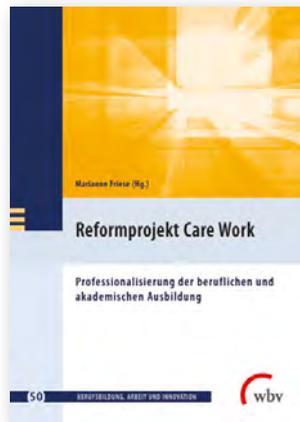
Angesprochen wird ein Fachpublikum aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie aus schulischen und betrieblichen Politik- und Praxisfeldern.

Die Reihe ist in drei Schwerpunkte gegliedert:

- Berufsbildung, Arbeit und Innovation (Hauptreihe)
- Dissertationen/Habilitationen (Unterreihe)
- Studententexte (Unterreihe)

Alle Titel der Reihe sind als Druckausgabe und E-Book erhältlich.

Die Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation wird herausgegeben von Prof.in Marianne Friese (Gießen), Prof. Klaus Jenewein (Magdeburg), Prof.in Susan Seeber (Göttingen) und Prof. Georg Spöttl (Bremen).



Wie müssen Rollen, Anforderungen und Qualifizierung der Facharbeit gestaltet werden, um den Kompetenzanforderungen von Industrie 4.0 gerecht zu werden? In der zweiten, überarbeiteten Auflage des Bandes diskutieren die Autorinnen und Autoren die Konsequenzen neuer Produktions- und Arbeitskonzepte für Arbeitsgestaltung, Kompetenzentwicklung und Berufsbilder. Neu sind Ansätze zur Künstlichen Intelligenz (KI) sowie zu Standards und Schnittstellen in Industrie 4.0 Kontexten.

Der Sammelband verknüpft Forschungs- und Praxisperspektiven, nennt Anforderungen und zeigt Gestaltungsrichtungen für qualitäts- und anwendungsorientierte Berufsbildung in Industrie 4.0 auf.

Die Reihe **Berufsbildung, Arbeit und Innovation** bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung.

Die Reihe wird herausgegeben von Prof.in Marianne Friese (Justus-Liebig-Universität Gießen), Prof. Klaus Jenewein (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), Prof.in Susann Seeber (Georg-August-Universität Göttingen) und Prof. Georg Spöttl (Universität Bremen).

Die Herausgebenden des vorliegenden Bandes sind:

**Prof. Dr. Dr. h.c. Georg Spöttl**

ist Emeritus der Universität Bremen und Leiter des Steinbeis-Transferzentrums InnoVET in Flensburg.

**Prof. Dr. Lars Windelband**

ist Professor für Technik und ihre Didaktik und Institutsleiter für Bildung, Beruf und Technik an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd.

