



Thomas Vollmer, Steffen Jaschke, Martin Hartmann,
Bernd Mahrin, Uli Neustock (Hg.)



Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung

Praxiszugänge – Unterricht und Beruflichkeit

Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung

Praxiszugänge – Unterricht und Beruflichkeit

Thomas Vollmer, Steffen Jaschke, Martin Hartmann, Bernd Mahrin, Uli Neustock (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

Thomas Vollmer, Steffen Jaschke, Martin Hartmann, Bernd Mahrin,
Uli Neustock (Hg.)

Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung

Praxiszugänge – Unterricht und Beruflichkeit





**Steinbeis-Transferzentrum
InnoVET**

Unterstützt durch das Steinbeis Transferzentrum InnoVET.

Berufsbildung, Arbeit und Innovation –
Hauptreihe, Band 51

© 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: 6004697
ISBN (Print): 978-3-7639-6024-8
ISBN (E-Book): 978-3-7639-6025-5

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
Digitalisierung in den Inhalten von Ausbildung und Unterricht – Lernen und Lehren in einer vernetzten Welt	9
<i>Tanja Mansfeld</i> Digitalisierung der Arbeit – Was kommt da auf uns zu und wie gehen wir damit um?	11
<i>Henning Zeidler</i> „Additive Fertigungsverfahren“ im Unterricht berufsbildender Schulen	21
<i>Lars Windelband</i> Berufsschulen in Baden-Württemberg auf den Weg zur Berufsbildung 4.0 – eine Zwischenbilanz	31
<i>Christian Schneider, Steffen Jaschke</i> Entmystifizierung des Internets der Dinge	45
<i>Torben Karges</i> Bedeutung und Perspektiven von Wissensmanagement und Kommu- nikationsprozessen für die Facharbeit und das berufliche Lernen – Eine Untersuchung am Beispiel des Kfz-Service	55
<i>Markus Schäfer</i> Technikvideos in der Ausbildung – Formate und didaktische Implikationen für eine inklusive Lehre	71
<i>Dirk Wohlrabe, Frank Arnold, Radek Havlík, František Koblasa, Stefan Nitzsche, Jan Povolny</i> Praxisorientierte Kompetenzentwicklung in der Produktionstechnik durch Kooperation	85
<i>Carolin Lohse</i> Digitalisierung und Berufsausbildung im Gesundheitshandwerk der Augenoptik	107
<i>Stefan Manemann, Bernd Mahrin</i> Mit Selfmade Digitalisierung die Ausbildung attraktiver machen	123

<i>Erika Gericke</i>	
Herausforderungen und Strategien für einen berufsorientierten Berufsschulunterricht für Kfz-Mechatroniker	139
<i>Martin D. Hartmann, Dirk Wohlrabe</i>	
Lernkultur und Lernumgebung an beruflichen Schulen vor dem Hintergrund der Digitalisierung	153
<i>Christian Stoll</i>	
Web-Apps im berufsfachlichen Unterricht	173
Strukturelle Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in der Berufsbildungspraxis	187
<i>Sören Schütt-Sayed, Thomas Vollmer</i>	
Das Problem der Strukturellen Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in der Berufsbildungspraxis – Einführung	189
<i>Klaus-Dieter Mertineit</i>	
Entwicklung nachhaltiger Lernorte	193
<i>Thomas Vollmer</i>	
Didaktik der Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung	213
<i>Sören Schütt-Sayed</i>	
Welche Kompetenzen sind im Kontext „Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung (BBnE)“ bei Lehrkräften zu fördern?	233
<i>Wilko Reichwein</i>	
Entwicklung und Einsatz von Erklärvideos im Unterricht zum Thema Energiewende	253
Durchlässigkeit und Wertschätzung für berufliche Kompetenzen	267
<i>Klaus Jenewein</i>	
Berufliche Bildung und Studierfähigkeit – Durchlässigkeit zwischen beruflicher Bildung und Hochschulbildung als Chance für das berufliche Bildungssystem	269
<i>Georg Spöttl</i>	
Die Bedeutung der Technikerschulen im Rahmen der beruflichen Bildung	285
<i>Julia Arnold, Florian Winkler</i>	
Gelingensbedingungen für einen erfolgreichen Übergang von beruflich qualifizierten Studierenden in die Studieneingangsphase ingenieurpädagogischer Studiengänge	295

Vorwort

In der Arbeits- und Berufswelt ist der ständige Wandel eine Konstante. Dies betrifft gerade die technischen Berufe und gewinnt aktuell durch die fortschreitende Digitalisierung eine beschleunigte Dynamik, die in nicht allzu ferner Zukunft durchgreifende Veränderungen in allen Bereichen unseres Lebens erwarten lässt. Damit sind Befürchtungen verbunden, dass Arbeitsplatzverlust droht oder die Anforderungsveränderungen die Beschäftigten überfordern. Der Ausdruck Industrie 4.0 – der Verweis auf die vierte Industrielle Revolution – trägt sicherlich zur Verunsicherung bei. Der Erfinder des Internets der Dinge am MIT, Kevin Ashton, hat in einem Interview geäußert, dies sei „keine Revolution. Die Veränderungen vollziehen sich graduell und über Jahre. Immer mehr und immer bessere Sensoren sammeln immer präzisere Daten, die mit Hilfe von Algorithmen immer besser verstanden werden. Erst im Rückblick wird einem bewusst, welches Ausmaß die Transformation tatsächlich hat.“¹ Auch wenn erst im Rückblick die Folgen der technologischen Entwicklungen vollständig absehbar sein werden, so geht es jedoch heute darum, Antworten darauf zu finden, wie dieser Prozess gestaltet werden soll. Die Digitalisierung wird auch für den grundlegenden Wandel der Energieversorgung und -nutzung in den nächsten Jahren von Bedeutung sein. Die vom „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) als „Große Transformation“² bezeichnete Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger für die Produktion von Gütern, für die Wärmeversorgung, für die Mobilität und für die Stromerzeugung hin zu einer Nachhaltigkeit ausgerichteten Wirtschaft und Gesellschaft kann als wirklich revolutionär angesehen werden.

Diese durchgreifenden gesellschaftlichen Veränderungen erfordern die gestaltende Mitwirkung technischer Facharbeit und wird auf deren Aufgabenprofile einwirken. Nur wenn die Beschäftigten über entsprechende technologische und arbeitsbezogene Kompetenzen verfügen und sich der Gestaltbarkeit der Zukunft bewusst sind, werden sie in der Lage sein, sich hieran zu beteiligen. Berufliche Aus- und Weiterbildung hat in diesem Zusammenhang eine zentrale Bedeutung und muss folglich Antworten neue Fragen finden. Angesichts der sich abzeichnenden Umwälzungen ist sie mehr denn je auf Praxiszugänge angewiesen, um Unterricht und Beruflichkeit zukunftsorientiert in Einklang zu bringen. Es sind Berufsbildungsangebote für neue Qualifikationsanforderungen zu entwickeln, mit denen einerseits dem Fachkräftemangel begegnet und andererseits die Beschäftigung gesichert werden kann. Die Ausbildung muss die Jugendlichen auf eine künftige Arbeitswelt vorbereiten, in der sich die Lerninhalte zunehmend von konkreten Prozessen lösen und in Programmen vergegenständlichen. Das heißt, es müssen auch denjenigen beruf-

1 Frankfurter Allgemeine v. 08.10.2017

2 so genannt vom „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) (s. <http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2011-transformation/>)

liche Perspektiven eröffnet werden, die sich damit schwertun. Und es wird die Notwendigkeit zunehmen, sich kontinuierlich weiterzubilden, um den Arbeitsanforderungen ein Arbeitsleben lang gerecht werden zu können. Vor diesem Hintergrund ist zu klären, wie sich berufliche Theorie in der beruflichen Praxis identifizieren lässt und wie berufliche Theorie in der beruflichen Praxis wirksam wird. Es stellt sich die Frage, wie durch virtuelle Lernsysteme, mittels situierter Lernaufgaben und fächerintegrierte Lernsituationen Aus- und Weiterbildung gestaltet werden können, um dem Bildungsauftrag in einer sich dynamisch wandelnden Gesellschaft gerecht werden zu können.

Die Beiträge in diesem Buch sind die Dokumentation der Vorträge der Fachtagung 2018 der Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik.³ Sie decken ein breites Spektrum der Thematik ab und sind in drei Abschnitte gegliedert. Der Schwerpunkt „Digitalisierung in den Inhalten von Ausbildung und Unterricht – Lernen und Lehren in einer vernetzten Welt“ bezieht sich auf die sich abzeichnende Entwicklungen industrieller und handwerklicher Facharbeit, die eine Vielzahl von Fragestellungen aufwerfen. Die Beiträge in diesem Schwerpunkt zeigen Tendenzen auf und stellen Ansätze vor, die darauf zielen, mittels beruflichen Lernens und Lehrens adäquat auf die Digitalisierung und Vernetzung zu reagieren. Das Spektrum reicht von neuen Fertigungsverfahren über die Unterrichtsgestaltung bis hin zur Förderung der Medienkompetenz von Lehrenden.

Ein weiterer Schwerpunkt ist der strukturellen Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in der Berufsbildungspraxis gewidmet. Von einem einführenden Problemabriss ausgehend werden die Möglichkeiten der Gestaltung nachhaltiger Lernorte aufgezeigt, die didaktische Umsetzung der Leitidee der Nachhaltigkeit im Beruflichen Unterricht sowie die hierauf ausgerichtete Fortbildung der Lehrenden thematisiert und schließlich der Einsatz von barrierefreien Erklärvideos zum Thema Energiewende als mediales Element vorgestellt.

Die Eröffnung von Karrierewegen von der Beruflicher Aus- und Weiterbildung hin zu einem Studium ist Gegenstand des dritten Abschnitts. Dieser Gesichtspunkt Beruflicher Bildung gewinnt angesichts der zunehmenden Akademisierung und des damit verbundenen Problems der Fachkräftegewinnung sowie der dynamischen Veränderung der Arbeitswelt durch die Digitalisierung zunehmend an Bedeutung. Eine verbesserte Durchlässigkeit zwischen beruflicher Bildung und Hochschulstudium bietet zum einen die Chance, die Attraktivität des beruflichen Bildungssystems im Wettbewerb um hoch qualifizierte Jugendliche zu erhöhen. Zum anderen ist damit auch ein Weg aufgezeigt zur Gewinnung von Studierenden der gewerblichen-technischen Fachrichtungen, die dringend benötigt werden, um dem gravierenden Problem des Lehrkräftemangels an Beruflichen Schulen zu begegnen.

Die Herausgeber

**Digitalisierung in den Inhalten von Ausbildung
und Unterricht – Lernen und Lehren
in einer vernetzten Welt**

Digitalisierung der Arbeit – Was kommt da auf uns zu und wie gehen wir damit um?

TANJA MANSFELD

Abstract

Die fortschreitende Digitalisierung, aber auch die Globalisierung, der demografische Wandel und der anhaltende kulturelle und gesellschaftliche Wandel (BMAS 2016) verändern die Arbeitswelt der Facharbeiterberufe in der Metall- und Elektrotechnik. Produktionstechnische Arbeitsabläufe erfahren tiefgreifende Umgestaltungen. Die industrielle Fertigung verändert sich inhaltlich und qualitativ im Hinblick auf Anforderungen, Arbeitszuschnitte und Arbeitsbedingungen. Zugleich erfährt das Verhältnis von Menschen und Maschinen einen Wandel. Roboter und Rechner übernehmen Tätigkeiten von Beschäftigten. Dieser Beitrag beschäftigt sich zunächst mit der Frage, welche Tätigkeiten in Zukunft von Rechnern und Robotern übernommen werden könnten und welche Fähigkeiten der Menschen voraussichtlich eher nicht ersetzbar sind. Anschließend zeigt er auf, welche Anforderungen daraus einerseits für die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, andererseits aber auch für die Bildungspolitik in Zukunft erwachsen.

The progressive digitalisation, but also globalisation, demographic change and the continuing cultural and societal change (BMAS 2016) are transforming the working world of skilled workers in metal and electrical engineering. Production-related workflows are undergoing profound changes. Industrial production is changing in terms of content and quality with regard to requirements, work design and working conditions. At the same time, the relationship between people and machines is changing. Robots and computers take over activities from employees. This article starts with the question of which activities could be taken over by computers and robots in the future and which human abilities are more likely to be irreplaceable. It then shows what demands will arise from this in the future, not only for employees, but also for educational policy.

Industrie 4.0, Digitale Fabrik, Smart Factory und Cyber-Physische Systeme

Schon seit einigen Jahrzehnten schreitet die Digitalisierung insbesondere in den großen Unternehmen voran. Begriffe wie Industrie 4.0, Digitale Fabrik, Smart Factory und Cyber-Physische Systeme (CPS) haben Hochkonjunktur.

Der Begriff *Industrie 4.0*, erstmals auf der Hannover Messe 2011 lanciert (Draht 2014), soll für die vierte industrielle Revolution stehen (BMWi 2016). Der Terminus wird jedoch nicht einheitlich interpretiert und darüber hinaus meist technikzentriert verstanden und verwendet. Der Mensch und die Entwicklungen neuer Kollaborationsformen werden nicht berücksichtigt (Syska et al. 2016). Im internationalen Raum wird die Bezeichnung Industrie 4.0 meist nicht verwendet (Bornemann 2016).

Die *digitale Fabrik* ist "die Gesamtheit der Mitarbeiter, Softwarewerkzeuge (Applikationen) und Prozesse, die zur Erstellung der virtuellen und reellen Produktion notwendig sind" (Zäh et al. 2003, S. 76). Sämtliche Prozesse und Planungen werden von der Idee bis zum Produktlebensende digital durchgeführt, im Idealfall basierend auf einer gemeinsamen Datenbasis und vor der Umsetzung simuliert.

Für den Begriff der *Cyber-Physischen Systeme* (auch Cyber-Physikalische Systeme oder Cyber-Physical Systems) gibt es ebenfalls keine allgemein anerkannte Definition. Die Forschungsagenda CPS beschreibt Cyber-Physische Systeme als eine Verbindung von eingebetteten Software-intensiven Systemen mit Informationsnetzen wie dem Internet (acatech 2011). Die *Smart Factory* wiederum besteht aus einer Reihe von Cyber-Physischen Systemen.

Wandel der Arbeit durch die Digitalisierung

Unabhängig von den Begrifflichkeiten herrscht inzwischen jedoch Einigkeit darüber, dass die zunehmende Digitalisierung, aber auch die Globalisierung, der demografische Wandel sowie der damit einhergehende kulturelle und gesellschaftliche Wandel tiefgreifende Änderungen in der Lebens- und Arbeitswelt der Facharbeiter der Metall- und Elektrotechnik verursachen wird: Produktionstechnische Arbeitsabläufe erfahren erhebliche Umgestaltungen, Anforderungen, Arbeitszuschnitte und Arbeitsbedingungen ändern sich, das Verhältnis zwischen Mensch und Maschine wandelt sich, Roboter und Rechner übernehmen immer mehr Tätigkeiten von Beschäftigten.

Insbesondere die Automatisierung und der zunehmende Anteil an Aufgaben und Tätigkeiten, die von Computern oder computergesteuerten Systemen übernommen werden, kann und wird zu erheblichen Veränderungen auf dem künftigen Arbeitsmarkt führen.

Dengler und Matthes (2015) haben untersucht, welche charakteristischen Aufgaben (Tätigkeiten) eines Berufs in der Theorie bereits zum jetzigen Zeitpunkt von Computern oder computergesteuerten Maschinen verrichtet werden könnten, d. h. wie groß das Substituierbarkeitspotenzial der Berufe ist. Sie haben dafür die berufskundlichen Informationen der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit (BA) verwendet und für jede dieser Tätigkeiten ermittelt, ob sie automatisierbar ist oder nicht. Um die Höhe des Substituierbarkeitspotenzial zu bestimmen, orientierten sie sich an dem Anteil an Routine-Tätigkeiten (Dengler und Matthes 2015).

Die ARD hat aus diesen und weiteren Daten das Online-Tool "Job-Futuromat" (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2017) entwickelt, mit dem die Substituierbarkeitspotenziale, d. h. die potentielle Automatisierbarkeit, in einzelnen Berufen aufgezeigt werden kann. Gibt man in dieses Online-Tool den Beruf des/der Industriemechaniker/in – Produktionstechnik ein (s. Abbildung 1), so ermittelt das Tool für diesen Beruf, dass sich der Arbeitsalltag im Wesentlichen aus sieben unterschiedlichen Tätigkeiten zusammensetzt und dass alle diese Tätigkeiten bereits heute von Robotern durchgeführt werden könnten.



Abbildung 1: Online-Tool "Job-Futuromat" – Substituierbarkeitspotenzial des Berufs des/der Industriemechaniker/in – Produktionstechnik (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2017)

Für den/die Industrieelektroniker/in – Produktionstechnik gibt der "Job-Futuromat" an, dass sich der Arbeitsalltag im Wesentlichen ebenfalls aus sieben unterschiedlichen Tätigkeiten zusammensetzt und dass sechs Tätigkeiten (86 %) davon bereits heute von Robotern durchgeführt werden könnten.

Und auch für den Beruf des/der Kraftfahrzeugmechatroniker/in – Personenkraftwagenteknik ermittelt das Programm ein Substituierbarkeitspotenzial von 80 %.

Auch für die meisten anderen Berufe in der Metall- und Elektrotechnik ergibt sich ein sehr hohes Substituierbarkeitspotenzial (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten (Daten aus Dengler 2015)

Bezeichnung Berufsfeld	Substituierbarkeitspotenzial (in %)
Metallerzeugung, -bearbeitung	82,5
Elektroberufe	75,6
Industrie-, Werkzeugmechaniker/innen	74,3
Technische Zeichner/innen, verwandte Berufe	69,2
Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	67,4
Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/innen	67,2
Techniker/innen	55,1
Feinwerktechnische, verwandte Berufe	54,3
Soziale Berufe	5,3
Lehrer/innen	3,1
Berufe in der Körperpflege	2,3

Es ist zu betonen, dass dies das Substituierbarkeitspotenzial ist, das bereits mit den heutigen Technologien erreicht werden *kann*. Noch ist dieses Potenzial nicht ausgeschöpft. Dies liegt sicherlich an unterschiedlichen Faktoren, wie beispielsweise daran, dass die Automatisierung noch nicht in allen Betrieben so weit fortgeschritten ist, wie es technisch bereits machbar wäre. Aber es liegt sicherlich auch an einigen infrastrukturellen Hindernissen, wie zum Beispiel dem unzureichenden Ausbau leistungsfähiger Datennetze. In naher Zukunft ist jedoch abzusehen, dass dieses Potenzial ausgeschöpft und sicherlich auch noch durch neue technologische Möglichkeiten erweitert werden wird. Es ist davon auszugehen, dass Tätigkeiten mit sich häufig wiederholenden oder sehr strukturierten Aktionen in einer vorhersehbaren Umgebung voraussichtlich vollständig automatisiert werden. Und auch bei weiteren Berufen (eingeschlossen solche aus dem nichtindustriellen Bereich, wie Anwaltsgehilfen, Kreditsachbearbeiter, Darlehensberater, Buchhalter und Steuerberater), werden die meisten Aufgabenbereiche automatisiert werden. Das bedeutet, dass in Zukunft viel weniger Arbeitskräfte benötigt werden (Tegmark 2017).

Aber werden durch die Digitalisierung nicht auch neue Beschäftigungen geschaffen? Dies wurde schon bei der ersten Automatisierungswelle ("Industrie 3.0) prognostiziert. Schaut man sich die Beschäftigungen der rund 42 Mio. Deutschen an, die 2016 einen Job hatten, so kann man sehen, dass die neuen Beschäftigungen, die von der Computertechnologie geschaffen wurden, erst an siebter Stelle zu finden sind (s. Abbildung 2).

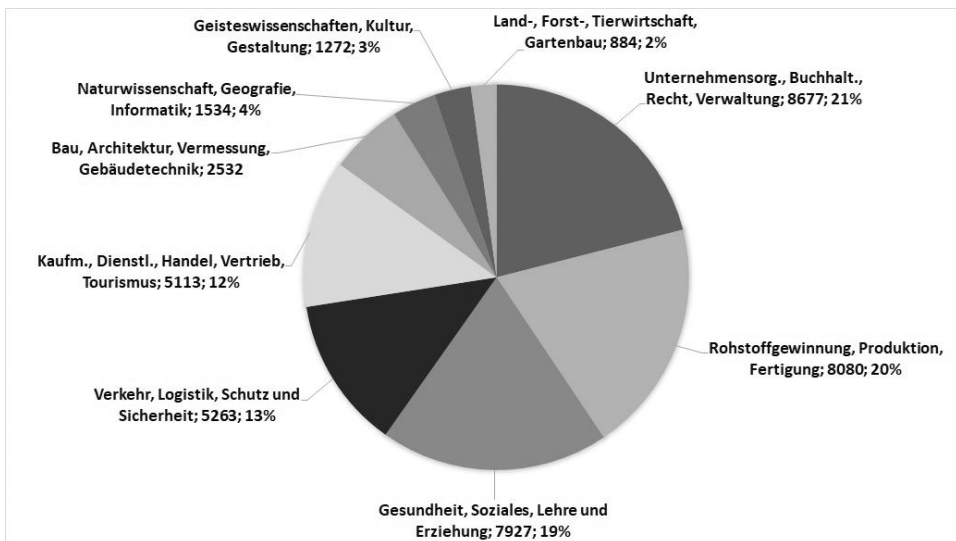


Abbildung 2: Beschäftigungen der rund 42 Mio. Deutschen, die 2016 einen Job hatten¹ (angeregt durch Tegmark 2017, S. 187)

Und selbst neu geschaffene Berufe, wie der als "neuer Hightech-Beruf mit guten Zukunftschancen" betitelte "Produktionstechnologe/-technologin", der gleichzeitig mit der angeschlossenen Fortbildung "Geprüfte/-r Prozessmanager/-in" als Einheit zukunftsorientiert kreiert wurde, blieb hinter den Erwartungen zurück (BIBB 2018). 2016 gab es bundesweit insgesamt nur 153 Absolventen, ein Drittel davon in Baden-Württemberg (BIBB 2017).

Darüber hinaus fällt auf, dass bei den neueren Geschäftsmodellen, die beispielsweise darauf basieren, statt wie traditionell über Firmen oder Banken Transaktionen über eine Plattform abzuwickeln, kein Mehrwert erzeugt wird, ebenso wie bei der Verwertung von Personendaten zur systematischen Bewerbung von Verbrauchern. Es wird viel Geld damit verdient, Datenbestände zu verknüpfen und aufgrund automatisierter Algorithmen Entscheidungen zu treffen. Diese Geschäftsmodelle erzielen zwar sehr große Umsätze, diese stehen aber in keinem Verhältnis zu der Zahl der entstehenden Arbeitsplätze. Die Tendenz geht deutlich in Richtung effektivere Produktion (Precht 2018).

Es ist also davon auszugehen, dass eher keine neuen Jobs durch die Digitalisierung entstehen werden. Im Gegenteil gibt es sogar Prognosen, wie die von Frey und Osborne (2017), die davon ausgehen, dass in den hochentwickelten Industrieländern ein sehr großer Teil der Arbeitsplätze verloren gehen wird (Precht 2018). Frey und Osborne (2017) prognostizieren, dass bereits in den nächsten ein oder zwei Dekaden 47% der Jobs in den USA automatisiert sein könnten. Das könnte in den meisten anderen hochentwickelten Industrieländern ähnlich aussehen.

¹ Die 9 Jobkategorien entstammen der Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit.

Selbst Berufe, die Kreativität voraussetzen, wie die Verarbeitung, Erstellung und Verteilung von Medieninhalten, die Recherche und Zusammenfassung von Inhalten könnten abgeschafft werden oder zumindest einen radikalen Wandel erfahren durch Technologien wie die Digitale Kuratierung (siehe bspw. Rehm und Neudecker 2016), semantische Technologien² und Künstliche Intelligenz (KI). Auch wenn sicherlich keine allumfassenden Einlassungen zu den Konsequenzen gemacht werden können, weil die Produktionsmodelle in den unterschiedlichen Ländern verschieden sind (Bosch 2016), zeichnet sich dennoch ein Trend ab, nach dem sehr viele Berufe in Zukunft wegfallen werden, und zwar sowohl einfache, als auch anspruchsvolle Tätigkeiten (Precht 2018).

Zum Wandel der Arbeit gibt es in der Literatur verschiedene Thesen. Einige Szenarien gehen davon aus, dass in Zukunft mehr Akademiker und hochqualifizierte Arbeitskräfte benötigt werden, da die Aufgabenstellungen immer komplexer werden und daher Bedarf an Fachkräften, die selbstverantwortlich Lösungen finden können, besteht (*Höherqualifizierungsthese*). Andere vermuten eine Polarisierung dahingehend, dass es für Facharbeiter/innen, Techniker/innen und Meister/innen verbesserte Beschäftigungschancen geben wird, da sich die Zahl anspruchsvoller Tätigkeiten erhöhen wird, während die Arbeitsplätze für An- und Ungelernte wegfallen (*Polarisierungsthese*). Ein weiteres Szenario geht davon aus, dass die digitalen Technologien eher als Werkzeuge zur Unterstützung dienen werden und damit die Anforderungen für alle Fachkräfte größer werden, vernetzte Arbeitsbereiche forciert werden und insbesondere prozessübergreifendes Erfahrungswissen eine größere Bedeutung haben wird (Spöttl 2018; Wischmann und Hartmann 2018; Hirsch-Kreinsen et al. 2018; Hirsch-Kreinsen und Itterman 2017).

Es stellt sich jedoch die Frage, ob es wirklich für Facharbeiter/innen, Techniker/innen und Meister/innen verbesserte Beschäftigungschancen geben wird. Betrachtet man beispielsweise die Entwicklung bei der Programmierung von Robotern, so werden gegenwärtig Industrieroboter oft noch "per Hand" programmiert, was teuer und aufwendig ist. Die Entwicklung geht jedoch bereits jetzt in eine andere Richtung: KI gesteuerte Roboter erlernen Verrichtungen von Arbeitskräften ohne Programmierpraxis (Tegmark 2017).

Wo geht es also hin? Falls der Fortschritt der Digitalisierung konstant bleibt, könnte der Trend kurzfristig dahin gehen, dass automatisierte Arbeitsplätze durch bessere ersetzt werden. Langfristig jedoch steuern wir in eine Richtung, in welcher die meisten Menschen letzten Endes keine Arbeit mehr bekommen werden.

Es muss also für die nahe und die ferne(re) Zukunft geplant werden. In einigen Bereichen unterscheiden sich die Handlungsempfehlungen für diese Szenarien.

2 Sie "versetzen Computer in die Lage, Informationen nicht nur zu speichern und wiederzufinden, sondern sie ihrer Bedeutung entsprechend auszuwerten, zu verbinden, zu Neuem zu verknüpfen und so flexibel und zielgerichtet nützliche Leistungen zu erbringen" (Dengel 2012, v).

Für die nahe Zukunft

In das Lernfeldkonzept sind viele Punkte bereits übernommen worden, dennoch kann es nicht oft genug wiederholt werden: In der Berufsausbildung sollte der Schwerpunkt auf "breite" Kompetenzen gelegt werden. Immer feinere Granulierungen in der Spezialisierung und die Berücksichtigung von Einzelinteressen einiger Unternehmen machen keinen Sinn. Auch die Entwicklung eines neuen Berufs "Industrie 4.0" ist nicht förderlich (Spöttl und Windelband 2017). Notwendig ist es stattdessen, dass die Schülerinnen und Schüler lernen, mit vielfältigen Datenformaten umzugehen. Nur so haben sie eine Chance, flexibel auf künftige digitale Anforderungen zu reagieren. Weiterhin müssen sie lernen, Prozesse nachzuvollziehen und kontrollieren zu können. Dadurch werden sie in die Lage versetzt, vernetzte Arbeitsbereiche zu verstehen. Kooperation und Kommunikation werden Kompetenzen sein, die sowohl in naher als auch ferner Zukunft wichtig sein werden, um komplexe Probleme gemeinsam lösen zu können. Eine Voraussetzung dafür ist auch die Interdisziplinarität (Spöttl und Windelband 2017). Sie erleichtert aber nicht nur die Kommunikation und das gemeinsame Problemlösen, sondern auch eventuell notwendige Jobwechsel.

Becker et al. (2017) haben in einer Studie für die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber (Bayme vbm (2016)) neun generische Handlungsfelder für die M + E Berufe aus der gewerblich-technischen Berufsausbildung und zwei IT-Berufen identifiziert. Diese können dafür verwendet werden, um zu prüfen, welche Handlungsfelder der Berufe durch die Digitalisierung betroffen sein können und deshalb ergänzt bzw. abgeändert werden sollten.

Alle diese Inhalte müssen, sofern sie nicht schon jetzt Bestandteil der jeweiligen Curricula sind, so bald wie möglich Bestandteil der Ausbildung werden.

Dafür muss in den Schulen Infrastruktur bereitgestellt werden. Es sind Rechner mit hoher Rechenleistung und hoher Speicherkapazität erforderlich, um die entsprechenden Programme zu verwenden, damit die Schülerinnen und Schüler den Umgang mit den unterschiedlichen Datenformaten erlernen können. Hierfür müssen wiederum die Lehrkräfte ausgebildet sein, um Software für den Erwerb dieser Kompetenzen zu nutzen. Weiterhin sind Kapazitäten für die Software-Beschaffung und -Einführung, die technische Betreuung, die Wartung und die Erneuerung der Ausstattung bereitzustellen sowie Mittel für Lizenzkosten. Darüber hinaus müssen Lehr-Lern-Arrangements konzipiert werden, was zeit- und damit kostenintensiv ist: Es müssen Lern- und Übungsaufgaben erstellt werden, Kontextinformationen erarbeitet, Begleitmaterial, wie Programmdokumentationen erstellt werden. Die entwickelten Lehr-Lern-Arrangements müssen evaluiert und überarbeitet werden. In vielen Lehramtsstudiengängen ist die medienpädagogische Grundbildung nach wie vor nicht vorgesehen. Für die sinnvolle Einbindung von digitalen Anwendungen ist dies jedoch zwingend erforderlich. Gleiches gilt für eine medienpädagogische Weiterbildung als phasenübergreifendes Angebot der Lehrerbildung und die Festschreibung des Aufbaus von Medienkompetenz in den Curricula der Unterrichtsfächer.

Für die ferne(re) Zukunft

Langfristig muss geklärt werden, ob das derzeitige Konzept, das vorsieht, dass wir, nach dem wir ein oder zwei Jahrzehnte lang (in Schule, Betrieb und/oder Universität etc.) ausgebildet werden, um danach vier Jahrzehnte einer spezialisierten Tätigkeit nachzugehen, noch beständig ist (Tegmark 2017).

Allgemeiner Konsens ist inzwischen, dass jemand, der heute eine Berufsausbildung macht, darauf vorbereitet sein muss, sich zeitlebens weiter zu bilden. Dafür ist es notwendig, eine intrinsische Motivation aufzubauen und zu erhalten, aber auch kreativ zu sein (Precht 2018).

Eine Gesellschaft, in der nicht mehr für jeden Menschen Arbeitsplätze zur Verfügung stehen, wird sich zwangsläufig von unserer heutigen Gesellschaft unterscheiden. Das bedeutet, dass wir bereits heute die Weichen stellen müssen, um diese künftige Gesellschaft zu gestalten. Wir müssen uns entscheiden, ob wir in einer Gesellschaft leben möchten, in der die Produktivität wächst und die Erträge der Unternehmen weiter ansteigen, aber ein großer Teil der Bevölkerung arbeitslos wird und verarmt oder ob wir uns zu einem neuen Gesellschaftsvertrag mit einer neuen Wertordnung entschließen. Vielleicht ohne eine Leistungsgesellschaft, wie wir sie kennen. Mit einer Zukunft, in der wir selbstbestimmt leben können (Precht 2018).

Literatur

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2011): *Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer (acatech Position, 11).
- Bayme vbm (2016): *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M + E Industrie*. München. Online verfügbar unter www.baymevbm.de/industrie4.0, zuletzt geprüft am 17.05.2018.
- Becker, Matthias; Spöttl, Georg; Windelband, Lars (2017): *Berufsprofile für Industrie 4.0 weiterentwickeln. Erkenntnisse aus Deckungsanalysen am Beispiel des Ausbildungsprofils Mechatroniker/-in*. In: *BWP* (2), S. 14–18.
- BIBB (2016): *Rangliste 2016 der Ausbildungsberufe nach Anzahl der Neuabschlüsse*. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/de/54162.php>, abgerufen am 17.02.2018.
- BIBB (2017): *Datenblatt Produktionstechnologe/-in*. Quelle: "Datenbank Auszubildende" des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) auf Basis der Daten der Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Erhebung zum 31. Dezember). Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Online verfügbar unter <https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dazubi/data/Z/B/30/27302010.pdf>, abgerufen am 28.02.2018.
- BIBB (2018): *Industrie 4.0 – Auftrieb für den Produktionstechnologen?* Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/de/36962.php>, abgerufen am 28.02.2018.

- BMAS (2016): Weißbuch Arbeiten 4.0. Arbeit weiter denken. Online verfügbar unter <http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/a883-weissbuch.html>, abgerufen am 04.12.2017.
- BMWi (2016): Was ist Industrie 4.0? <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, abgerufen am 22.12.16
- Bornemann, S. (2016): Revolution auf Kommando? – Industrie 4.0, eine Kritik. In: Zukunft der Arbeit 7. März 2016. <http://www.lead-conduct.de/2016/03/07/industrie-4-0-eine-kritik/>, abgerufen am 30. Sept 2016.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. (2017): The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? In: *Technological Forecasting and Social Change* 114, S. 254–280.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Itterman, Peter (2017): Drei Thesen zu Arbeit und Qualifikation in Industrie 4.0. In: Georg Spöttl und Lars Windelband (Hg.): *Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung*. Bielefeld: wbv (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 44), S. 131–151.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB Forschungsbericht. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Nürnberg (IAB-Forschungsbericht, 11).
- Drath, R. (2014): Industrie 4.0 – eine Einführung. In: *Open Automation*, (2014) 3, S. 17–21.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Itterman, Peter (2017): Drei Thesen zu Arbeit und Qualifikation in Industrie 4.0. In: Georg Spöttl und Lars Windelband (Hg.): *Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung*. Bielefeld: wbv (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 44), S. 131–151.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Hompel, Michael ten; Ittermann, Peter; Dregger, Johannes; Niehaus, Jonathan; Kirks, Thomas; Mättig, Benedikt (2018): „Social Manufacturing and Logistics“ – Arbeit in der digitalisierten Produktion. In: Steffen Wischmann und Ernst Hartmann (Hg.): *Zukunft der Arbeit – eine praxisnahe Betrachtung*. [1. Auflage]. Berlin: Springer Vieweg, S. 175–194.
- Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2017): Job-Futuromat: Könnte ein Roboter meinen Job machen? Jetzt online testen! Online verfügbar unter <http://job-futuromat.iab.de/>, zuletzt aktualisiert am 26.10.2017, abgerufen am 04.12.2017.
- Precht, Richard David (2018): Jäger, Hirten, Kritiker. Eine Utopie für die digitale Gesellschaft. München: Goldmann Verlag.
- Rehm, Georg; Neudecker, Clemens (2016): Digitale Kuratierungstechnologien für Bibliotheken. Online verfügbar unter http://0277.ch/ojs/index.php/cdrs_0277/article/view/158, abgerufen am 17.04.2018.
- Spöttl, Georg (2018): Digitalisierung und Auswirkungen auf die berufliche Bildung. GEW Didacta-Forum. Hannover, 21.02.2018.
- Spöttl, Georg; Windelband, Lars (2017): Industrie 4.0 – Neugestaltung industrieller Prozesse und Konsequenzen für die Berufsausbildung. In: Georg Spöttl und Lars Windelband (Hg.): *Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung*. Bielefeld: wbv (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 44), S. 225–240.

- Syska, A.; Volkmer, R. und Felser, W. (2016): Industrie 4.0 – Fünf Irrtümer und ein Bigger Picture! In: The Lean Knowledge Base, 23. Mai 2016. <http://www.lean-knowledge-base.de/industrie-4-0-fuenf-irrtuermer/>, abgerufen am 30. Sept 2016.
- Tegmark, Max (2017): Leben 3.0. Mensch sein im Zeitalter Künstlicher Intelligenz.
- Wischmann, Steffen; Hartmann, Ernst Andreas (2018): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 – Szenarien aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten. In: Steffen Wischmann und Ernst Hartmann (Hg.): Zukunft der Arbeit – eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer Vieweg, S. 1–7.
- Zäh, Michael F.; Patron, Christian; Fusch, Thomas (2003): Die Digitale Fabrik. Definition und Handlungsfelder. In: ZWF (03), S. 75–77.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Online-Tool "Job-Futuromat" – Substituierbarkeitspotenzial des Berufs des/der Industriemechaniker/in – Produktionstechnik 13
- Abb. 2 Beschäftigten der rund 42 Mio. Deutschen, die 2016 einen Job hatten 15

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1 Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten 14

Autorin



Prof. Dr. Tanja Mansfeld
 Professur Berufspädagogik
 Fachbereichsleitung Sozialwissenschaften
 bbw Bildungswerk der Wirtschaft in Berlin und Brandenburg bbw Hochschule
 Leibnizstraße 11–13
 10625 Berlin
 Tel: 030 319909557
 Fax: 030 319909555
 E-Mail: Tanja.Mansfeld@bbw-hochschule.de
 Internet: www.bbw-hochschule.de

„Additive Fertigungsverfahren“ im Unterricht berufsbildender Schulen

HENNING ZEIDLER

Abstract

Die Additive Fertigung, umgangssprachlich auch als „3D-Druck“ bezeichnet, hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt. Die als Schlüsseltechnologie geltenden Verfahren haben den Weg aus der Forschung in die industrielle Anwendung gefunden; die Verbreitung nimmt stetig zu. Obwohl dadurch bereits seit einiger Zeit ein großer Bedarf an qualifiziertem Fachpersonal besteht, fehlt es an einheitlichen und vergleichbaren Ausbildungs- und Qualifizierungsangeboten und -abschlüssen. Firmen müssen die Fachkräfte an den Maschinen zumeist intern umschulen und/oder anlernen, da die Additive Fertigung in den Ausbildungsberufen bislang kaum Eingang findet. Eine ähnliche Situation findet sich an den Universitäten und Fachhochschulen, wo Know-how der Additiven Fertigung nur langsam Einzug in die Curricula findet.

Additive Manufacturing (AM), also coined “3D Printing” by the wider public, has seen tremendous development in recent years. AM technologies, which are considered key enabling technologies, have found their way from research to industrial application; its propagation is constantly increasing. Although, because of this, there is high demand for qualified workforce for some time now, uniform and comparable education and qualification offers and degrees are still lacking. Companies have to train their workers internally, as Additive Manufacturing only sparsely enters vocational training programs. A similar situation can be found at universities and universities for applied sciences, where expertise in AM only slowly enters curriculae.

1 Einleitung

Die Technische Universität Bergakademie Freiberg – gegründet 1765 – deckt mit Ihrem Profil GEOMATENUM: Geowissenschaften, Materialwissenschaften, Energie, Umwelt die akademischen Bereiche der Mathematik/Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften ab, wobei die Forschung und Lehre den gesamten Ressourcenzyklus von Exploration bis Recycling umfasst. Die Professur Additive Fertigung am Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung widmet sich intensiv den Additiven Technologien und stellt neben der

universitären Forschung und Lehre auch die Übertragbarkeit in die Wirtschaft und Gesellschaft in den Vordergrund.

Die Verfahren der Additiven Fertigung (englisch: additive manufacturing [AM]) arbeiten definitionsgemäß (VDI 3405) „nicht materialabtragend aus einem massiven Körper wie beim Fräsen, sondern materialzufügend, also additiv. Das heißt, die Bauteile entstehen schichtweise durch Hinzufügen von Ausgangsmaterial oder durch Phasenübergang eines Materials vom flüssigen oder pulverförmigen in den festen Zustand. Die Fertigung erfolgt ohne Verwendung von Formen und Werkzeugen.“ Durch diese Strategie sind äußerst komplexe Bauteilgeometrien (Hinterschnitte, interne Kavitäten, Netzstrukturen etc.) direkt aus CAD-Daten fertigbar.

2 Technologievelfalt der Additiven Verfahren

Die verfügbaren Technologien decken eine enorme Bandbreite an nutzbaren Materialien, Verfestigungsprinzipien und möglichen Bauteilabmessungen ab – vom Nanometer großen Polymerbauteil, hergestellt mit 2-Photonen-Polymerisation, bis zum Gebäude, hergestellt mit 3D-Pasten-Extrusion aus Beton.

Die industriell größte Nachfrage erfahren zur Zeit Verfahren, welche metallische Bauteile für die Luft-/Raumfahrt, den Werkzeugbau, den Automobilbau und die Medizintechnik erzeugen können (Selective Laser Melting/SLM, Electron Beam Melting/EBM, Directed Energy Deposition/DED, Wire Arc Additive Manufacturing/WAAM, Binder Jetting/3DP etc.). Im Heimanwendermarkt hat sich ein großes Segment der preiswerten Kunststoff-Filament-Extrusionssysteme (Fused Filament Fabrication/FFF), umgangssprachlich als „3D-Drucker“ bezeichnet, gebildet.

Allen ist gemein, dass die Zielstellung der Fertigung eines „funktionalen Bauteils“ verfolgt wird. Dafür ist es zunächst essentiell, die Eigenschaften dieses Bauteils zu kennen, d. h. dessen Qualität sicherzustellen, es nach dem Fertigungsprozess zu messen. Dies ist der derzeitige Stand. Der nächste Schritt als aktuelles Forschungsthema ist die gezielte, ggf. auch lokal veränderliche Einstellung dieser Eigenschaften mit den dann reproduzierbar, sicher und fehlerfrei arbeitenden Verfahren. Basierend darauf kann eine unter ökonomischen, ökologischen und sozialen Gesichtspunkten optimale Fertigung entwickelt werden. Die Voraussetzung für alle Punkte bildet das übergreifende Verständnis von Material, Prozess und Prozesskette der Additiven Fertigung.

3 Prozesskette der Additiven Fertigung

Im Gegensatz zur weit verbreiteten Wahrnehmung ist die Prozesskette der Additiven Fertigung, trotz ihrer direkten Nutzung von 3D-CAD-Daten, nicht extrem kurz. Der überwiegende Teil der Verfahren benötigt im Nachgang konventionelle, z. B. spanende Prozesse, da verfahrensbedingt Stützstrukturen zu entfernen und hohe

Oberflächenrauheiten zu glätten sind. Um das volle Potential eines funktionalen Bauteils zu heben, sind die Bereiche vom Design/CAD/CAM über die Materialaufbereitung und den AM-Prozess bis zum Geometrie- und Oberflächenfinish als Gesamtes zu betrachten.

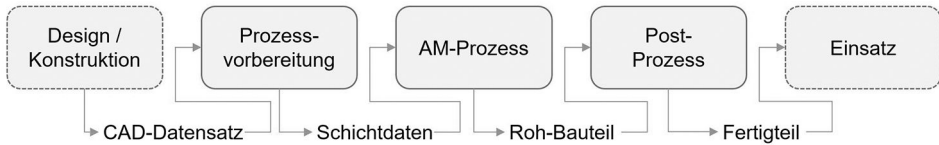


Abbildung 1: Prozesskette der Additiven Fertigung

Im Bereich des Designs liegen u. a. Betrachtungen zur Topologieoptimierung, d. h. dem lastpfadgerechten Gestalten von Bauteilen, ihrer Multi-Material Auslegung sowie dem hybriden Design für kombinierte konventionelle und Additive Fertigung.

Die Entwicklung von Materialpulvern und deren Herstellung – auch auf neuen Wegen bzw. deren Recycling – ist damit unmittelbar im Zusammenhang zu sehen, und nicht zuletzt müssen die AM-Prozesse und deren Folgetechnologien angepasst und weiterentwickelt werden, um die Umsetzung in entsprechende neue Bauteile zu ermöglichen.

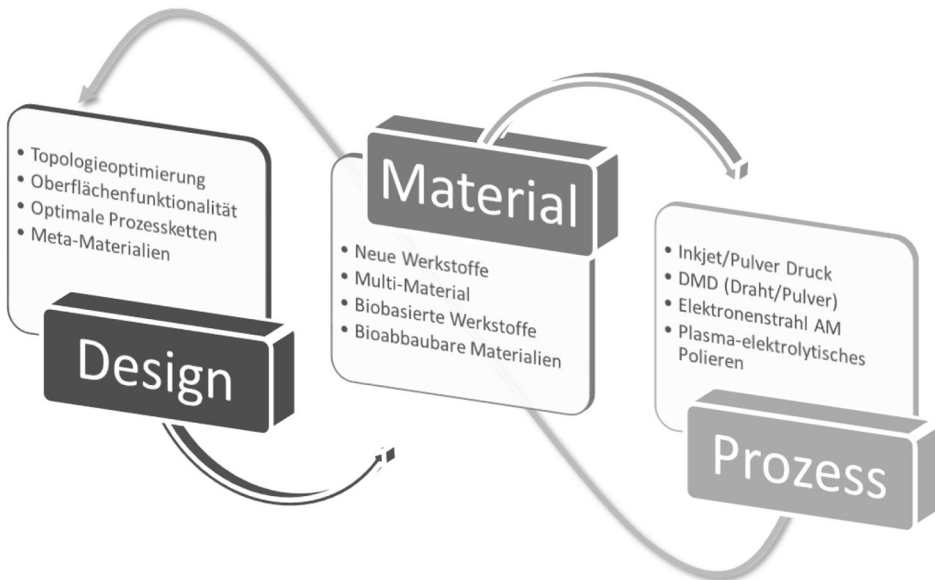


Abbildung 2: Zusammenspiel von Design, Material und Prozess sowie ausgewählte FuE-Bereiche am IMKF

Zwei Ansätze, die an der Professur betrachtet werden, seien hier nur kurz genannt. Die Additive Fertigung mit nachwachsenden Rohstoffen widmet sich dem Upcycling von biobasierten und bioabbaubaren Reststoffen, z. B. Gras-, Holz-, Kernmehl oder Muschelkalk; Filterstäube und Spanabfälle aus anderen Fertigungsverfahren können hierbei in neue, komplexe dreidimensionale Bauteile mit einem hervorragenden ökologischen Fußabdruck gebracht werden. Die Anpassung der 3D-Druck-Maschine, die Materialaufbereitung und auch die Auslegung von Anwendungen ist jedoch nicht trivial und muss zwingend holistisch erfolgen. Die Oberflächenglättung mit plasmaelektrolytischem Polieren ermöglicht es, die Rauheit komplexer Strukturen ohne geformte Werkzeuge und unter Nutzung wasserbasierter Elektrolyte zu verringern. Die Elektrolytentwicklung und Optimierung der fluidischen Strömung müssen daher im direkten Zusammenhang zum Bauteil (Design, Material, Prozess) betrachtet werden.



Abbildung 3: Mit 3DP gefertigtes Bauteil aus Aprikosenkernmehl (links; TUBAF) und plasmaelektrolytisch poliertes additiv gefertigtes Bauteil (rechts; BTE)

4 Additive Fertigung zum aktuellen Zeitpunkt

Die Additive Fertigung hat in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung erlebt, verbunden mit einem starken Hype (vgl. Gartner 2017, S. 5ff). Mit dem wachsenden Interesse der Großunternehmen am Potential der vor allem metallbasierten Verfahren kam und kommt es zur Gründung größerer „Innovation Hubs“, „Competence Centers“ und „AM Campus“, d. h. firmeninterner Innovationszentren speziell für die Additive Fertigung. Auch der Trend, dass Großkonzerne kleinere, innovative Start Ups des AM integrieren, setzt sich fort. Die Übernahme von Arcam (Marktführer im EBM) und Concept Laser (einer der Marktführer im SLM) durch General Electric (GE) zeigt, wie hoch das Potential bewertet wird. Das Bild, das dabei von den Grenzen und Möglichkeiten des „3D-Druckens“ verbreitet wird, ist jedoch oft verzerrt. Hier sei ein Exkurs zur Begriffsdefinition eingefügt: die umgangssprachliche Bezeichnung aller Additiven Fertigungsverfahren als „3D-Drucken“ ist definitionsgemäß nicht korrekt. Das 3D-Drucken ist eine spezielle Variante der Additiven Technologien, die einen Tintenstrahl-Druckkopf nutzt, um damit eine Binder-Flüssigkeit in

ein Pulverbett zu drucken, im englischen wird sie auch „binder jetting“ genannt. Das umgangssprachlich oft so bezeichnete Kunststoff-Filament-Extrusionsverfahren wird korrekt als „Fused Filament Fabrication (FFF)“ bezeichnet. Das industriell häufig eingesetzte Laserstrahlschmelzen von Metallen ist als „Selective Laser Melting (SLM)“ definiert.

5 Verfahrensablauf

Allen AM-Verfahren gemein ist die Erzeugung der Schichtgeometrie direkt aus den 3D-CAD-Daten, d. h. es sind keine produktspezifischen Werkzeuge nötig. Zudem können aktuell auch alle am Markt befindlichen Maschinen mit dem gleichen Datensatz (STL) angesteuert werden. Die technologische Prozesskette kann daher in 1) CAD-Modell, 2) Modellaufbereitung, 3) Prozessvorbereitung, 4) Bauprozess, 5) Nachbearbeitung und 6) Anwendung untergliedert werden.

Das 3D-CAD-Modell bildet den Ausgang des Fertigungsprozesses, es kann entweder aus der Konstruktion, dem Reverse Engineering (3D-scannen) oder der Medizin (CT-, MRT-Daten) stammen. Es erfolgt eine Triangulation der Datensätze und Umwandlung in das STL-Format, welches nur Informationen zur Oberfläche des Bauteils enthält. Im Zuge der folgenden Modellaufbereitung wird dieser Datensatz in Schichten „zerlegt“, um die Steuerinformationen für die Maschine zu generieren. Bei diesem Prozess wird auch die Orientierung des Bauteils im Bauraum festgelegt. Dies hat signifikanten Einfluss auf die Oberflächenqualität (begründet mit dem „Treppenstufeneffekt“) und die richtungsabhängigen Festigkeiten (begründet mit der Anisotropie der Prozesse). Durch Festlegen der Schichtdicke kann in gewissem Maße Einfluss auf die Bauzeit und den Stufeneffekt (dickere Schicht = kürzere Bauzeit = größere Stufen) genommen werden.

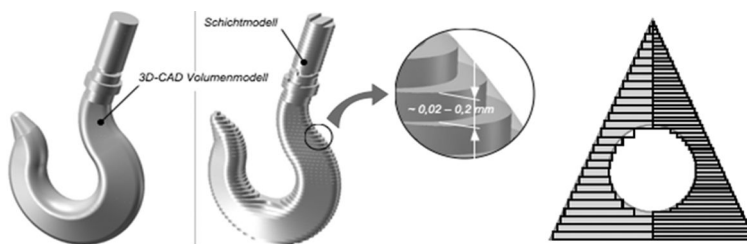


Abbildung 4: Treppenstufeneffekt am Bauteil (links, UniDuE) und Einfluss der Schichtstärke auf die Abbildegenauigkeit (rechts; VDI3405)

Durch Festlegen der Füll-Strategie des Bauteilinneren kann weiterhin zwischen Gewicht und Steifigkeit optimiert werden. Nach dem eigentlichen AM-Prozess, der schichtweise das Teil erzeugt hat, muss – technologieabhängig – überflüssiges Material und Stützstrukturen entfernt werden sowie bei Bedarf die Oberfläche endbearbeitet/geglättet werden.

6 Anwendungen

Aus heutiger Sicht sind typische Einsatzgebiete (noch) kleine Stückzahlen und/oder kundenspezifisch angepasste Produkte, eine Fertigung nach Bedarf oder vor Ort, die Fertigung von Ersatzteilen für ältere Serienprodukte oder auch Prototypen, um die Iterationszyklen in der Produktentwicklung zu verkürzen. Mehr und mehr kommen jedoch neue Designs zum Einsatz, die die Möglichkeiten der Additiven Fertigung ausnutzen, z. B. bionisch inspirierte Designs, Leichtbau etc. Unter Beachtung der erst im Jahr 1982 gestarteten Entwicklung ist hier mit einer schnellen und umfangreichen Weiterentwicklung zu rechnen. Insbesondere der Bereich des „Rapid Manufacturing“, also des direkten Herstellens von Einsatzbauteilen mit AM, wächst rasant und hat im letzten Jahr einen Zuwachs von 5 % auf einen Anteil von 34 % (Wohlers 2018, S. 15 f.) erlebt. Viele Anwendungen sind denkbar und werden sukzessive untersucht bzw. getestet, von Mode über Automotive, Nahrungsmittel und Kunst, Restauration und Schmuckdesign, Medizin bis hin zur Bauindustrie. Allen gemein ist der sinnvolle Konstruktionsansatz des „form follows function“. Dabei wird vor allem die Fähigkeit der AM-Verfahren einbezogen, komplizierte und ineinander verschachtelte Freiformgeometrien ohne technologischen Mehraufwand zu fertigen. Insbesondere fluidische Systeme (Mischer, Verteiler, Ventilblöcke etc.) können nun mit nahezu beliebig komplexen Geometrien erzeugt werden und ermöglichen dadurch eine deutliche Verringerung des notwendigen Bauraums. Weiterhin ist es mit AM oft möglich, Funktionsintegration zu betreiben, wodurch auch die Anzahl der zu verbindenden oder zu montierenden Bauteile einer Baugruppe deutlich reduziert werden kann. Dies ermöglicht kompaktere und einfacher zu fertigende, aber beispielsweise auch weniger fehleranfällige Komponenten.

7 Technologische Herausforderungen

Neben den vielen Möglichkeiten, die die Additive Fertigung bietet, gibt es auch noch Herausforderungen. In vielen Bereichen ist die Ausprägung der Oberfläche von hoher Bedeutung, denn aus struktureller Sicht (z. B. vor dem Hintergrund der Dauerfestigkeit unter schwingender Belastung), aber auch aus funktionaler Sicht (Zellwachstum, Verschmutzungsneigung, Lackierbarkeit etc.) ist mit AM-Verfahren prinzipbedingt oft nur eine raue Oberfläche erzeugbar. Dies muss aus mehreren Blickwinkeln betrachtet werden: Zum einen muss kritisch hinterfragt werden, welche Oberflächengüte an verschiedenen Bauteilflächen tatsächlich benötigt wird, d. h. wie sie sich auf die Funktion tatsächlich auswirkt. Dies wird zurzeit von Softwarelösungen, die z. B. auf mechanische Lastpfade optimieren, nicht beachtet, ist aber für die Dauerfestigkeit nicht unwichtig. Zum Zweiten sind die möglicherweise verschachtelten, komplexen Strukturen nicht mit etablierten Nachbearbeitungsverfahren erreichbar (Werkzeugzugänglichkeit) bzw. diese verändern ungünstig/undefiniert die Form und sind daher ungeeignet (z. B. Strömungsschleifen). Zusätzlich zur Oberfläche ist

auch die Prozessstabilität im Hinblick auf vollständige Porenfreiheit noch nicht gegeben. Zwar kann mittlerweile mehr als 99,8% Dichte in metallischen Bauteilen erreicht werden, jedoch könnten dennoch unbemerkte Poren zu Versagen des Bauteils unter hohen Belastungen führen. Kritische Bauteile für die Luft- und Raumfahrt werden daher aufwändig geprüft (z. B. mit Röntgen- oder Computertomographieprüfung) und standardmäßig mittels heißisostatischem Pressen nachverdichtet. Die dadurch entstehenden hohen Kosten könnten vermieden werden, wenn die Prozesse zukünftig sicher in-process überwacht werden. Allgemein müssen die Additiven Verfahren in die Prozesskette integriert und mit subtraktiven Prozessen intelligent verknüpft werden. Erste Ansätze existieren und es gibt eine große Schnittmenge zu Ansätzen der Industrie 4.0.

8 Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung

Es kann konstatiert werden, dass die neuen Möglichkeiten der Additiven Fertigung auch die Anforderungen an die Konstruktion verändern. Hier müssen Zielstellung und Randbedingungen vereinbart werden. Konkret erfordert dies Kenntnis des Additiven Fertigungsprozesses sowie der gesamten Prozesskette und auch des Materials, d. h. es ist eine enge Interaktion zwischen Designer, Fertiger und Anwender erforderlich. Da sich sowohl Software als auch Hardware stetig mit hoher Geschwindigkeit weiterentwickeln ist ein kontinuierlicher Lernprozess Voraussetzung für eine optimale Anwendung. Dies stellt auch die Aus- und Weiterbildung vor Herausforderungen. Zurzeit existiert noch kein Ausbildungsberuf speziell für die Additiven Verfahren bzw. sind diese nicht Inhalt der aktuellen Ausbildungspläne der Fertigungsberufe. Auch in den universitären Studienplänen halten die Inhalte nur schrittweise Einzug. Zwar gibt es erste Ansätze, so den „Anwendungstechniker Additive Verfahren“ (ATAV), und den „Fachingenieur Additive Fertigung“ (VDI-FA), jedoch ist noch viel zu tun. Lehrwerkstätten verfügen oft nur über preiswerte AM-Geräte, meist Kunststoff-Filament-Systeme. Ein Ansatz könnten überbetriebliche Bildungszentren sein, an denen gemeinsam von Unternehmen, Berufsschulen und weiteren Bildungseinrichtungen Maschinen für alle Verfahren vorgehalten werden, um einen umfassenden Überblick zu ermöglichen. An der TU Bergakademie Freiberg entsteht ein AM-Labor, das diesen Ansatz verfolgt und den Studierenden den direkten Zugang zur Anlagentechnik ermöglicht. Nur so kann das erforderliche Wissen und die praktische Erfahrung, die so notwendig für das Verständnis der Grenzen und Möglichkeiten der Additiven Fertigung ist, gesammelt werden.

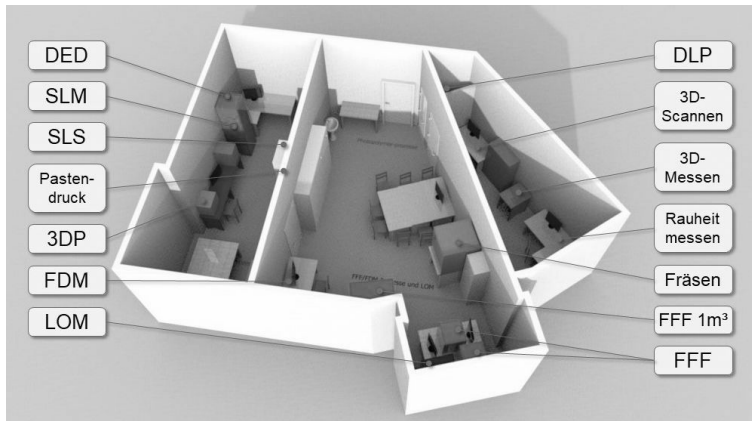


Abbildung 5: AM-Labor an der TU Bergakademie Freiberg

Ob das Potential der neuen Technologien in Deutschland und Europa ausgeschöpft wird, hängt auch in entscheidendem Maße davon ab, wie qualifizierte Fachkräfte aus- und weitergebildet werden können. Hierzu können und müssen alle Akteure einen Beitrag leisten und sich gemeinsam auf eine Strategie verständigen.

Literatur

- ATAV – Hochschule Schmalkalden „Anwendungstechniker (FH) für Additive Verfahren/ Rapid-Technologien“ (2 Semester). Schmalkalden, Aachen, Duisburg, Halver. Online: <https://www.hs-schmalkalden.de/studium/studienangebot-hs-schmalkalden/berufsbegleitende-zertifikatsstudien/anwendungstechniker-fh-fuer-additive-verfahrenrapid-technologien.html> (12.11.2018)
- Gartner, Shanler, M., Basiliere, P. (2017): Hype Cycle for 3D Printing, 2017. ID: G00314553. Online: <https://www.gartner.com/doc/3759564/hype-cycle-d-printing-0712.2018>
- VDI 3405 (2014–12): Additive Fertigungsverfahren. Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen. Berlin: Beuth
- VDI-FA – VDI-Lehrgang „Fachingenieur Additive Fertigung VDI“ (2-jährig). Leinfelden-Echterdingen, Düsseldorf, Duisburg, Paderborn, Augsburg. Online: <https://www.vdi-wissensforum.de/lehrgaenge/fachingenieur-additive-fertigung-vdi/> (12.11.2018)
- Wohlers, T. (2018): Wohlers Report 2018 – Annual Worldwide Progress Report. Fort Collins: Wohlers associates. ISBN 978-0-9913332-4-0

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Prozesskette der Additiven Fertigung	23
Abb. 2	Zusammenspiel von Design, Material und Prozess sowie ausgewählte FuE-Bereiche am IMKF	23
Abb. 3	Mit 3DP gefertigtes Bauteil aus Aprikosenkernmehl (links; TUBAF) und plasmaelektrolytisch poliertes additiv gefertigtes Bauteil (rechts; BTE)	24
Abb. 4	Treppenstufeneffekt am Bauteil (links, UniDuE) und Einfluss der Schichtstärke auf die Abbildegauigkeit (rechts; VDI3405)	25
Abb. 5	AM-Labor an der TU Bergakademie Freiberg	28

Autor



Henning Zeidler, TU Bergakademie Freiberg, Professur Additive Fertigung,
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de

Autorin und Autor



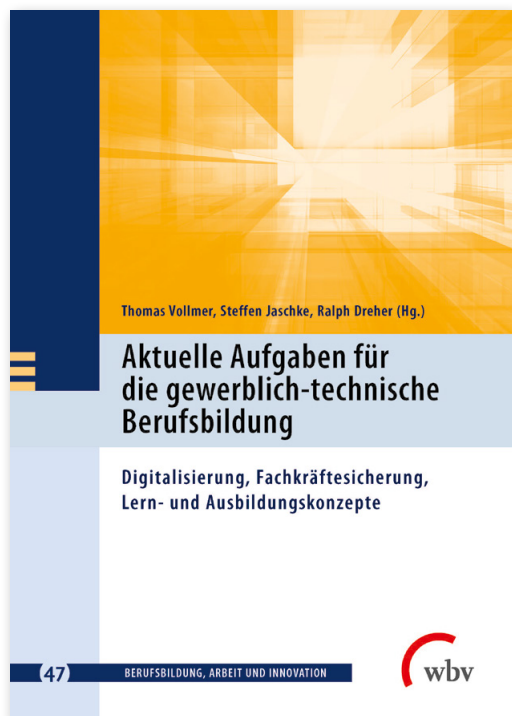
M. Ed. Julia Arnold
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Lehrstuhl für Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
julia.arnold@ovgu.de



M. A. Florian Winkler
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl für Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken
florian.winkler@ovgu.de

Digitalisierung der Ausbildung

➤ wbv.de/bai



Thomas Vollmer, Steffen Jaschke,
Ralph Dreher (Hg.)

Aktuelle Aufgaben für die gewerblich-technische Berufsbildung

**Digitalisierung, Fachkräftesicherung,
Lern- und Ausbildungskonzepte**

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 47
2018, 312 S., 47,90 € (D), ISBN 978-3-7639-1197-4
Als E-Book bei wbv.de

wbv Media GmbH & Co. KG • Bielefeld
Geschäftsbereich wbv Publikation
Telefon 0521 91101-0 • E-Mail service@wbv.de • Website wbv.de

- Digitalisierung der Ausbildung
- Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0
- Integration von Migrant:innen

Der Sammelband fasst Beiträge aus Berufsbildungspraxis und -forschung zu den Metathemen Digitalisierung und Fachkräftesicherung zusammen. Aus unterschiedlichen Blickwinkeln gehen die Autor:innen auf Veränderungen in der Berufsbildung ein, stellen Konzepte zur Digitalisierung der Ausbildung in gewerblich-technischen Berufen vor und diskutieren die Kompetenzentwicklung für Lehrkräfte.

Der Band ist in drei Themenblöcke gegliedert. Zentrale Themen des ersten Blocks sind: die Rolle der Migrantinnen und Migranten bei der Lösung des Fachkräftemangels, Aufgaben für die Berufsbildung sowie erfolgreiche Modelle zur Integration von Migrant:innen an Berufsschulen. Der zweite Block stellt die Gestaltung beruflicher Lehr-Lernprozesse sowie die Implementierung von Medien in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen in den Mittelpunkt. Die Beiträge des dritten Themenblocks behandeln die Bildung von Lehrkräften in gewerblich-technischen Fachrichtungen, die Förderung der Professionalisierung sowie deren Kompetenzentwicklung im Kontext von Industrie 4.0.



Berufsbildung, Arbeit und Innovation

➤ 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.

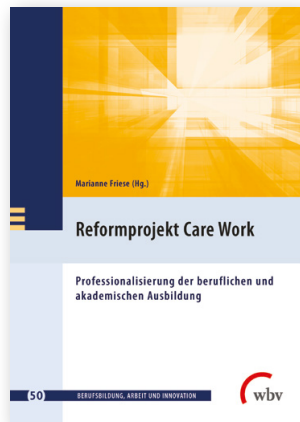
Angesprochen wird ein Fachpublikum aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie aus schulischen und betrieblichen Politik- und Praxisfeldern.

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).



Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Durchlässigkeit in den technischen Berufen stehen im Fokus des Tagungsbandes. Die Autorinnen und Autoren betonen die zentrale Rolle der Beschäftigten in technischen Berufen bei der Gestaltung der aktuellen Lebens- und Arbeitswelt, besonders mit Blick auf die zukünftigen technologischen Umwälzungen. Insbesondere die Aus- und Weiterbildung wird und muss sich deutlich verändern. Ausbildungsinhalte können immer seltener prozessorientiert vermittelt werden und der technologische Wandel erfordert eine kontinuierliche berufliche Weiterbildung für alle Beschäftigten.

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. Thomas Vollmer – Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik an der Universität Hamburg

Dr. Steffen Jaschke – Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik an der Universität Siegen

Prof. Dr. Martin Hartmann – Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken an der TU Dresden

Dipl.-Ing. Bernd Mahrin – Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre an der TU Berlin

StD Ulrich Neustock – Bereich Mechatronik und Metallbautechnik an der Max-Eyth-Schule Kassel



ISBN 978-3-7639-6024-8