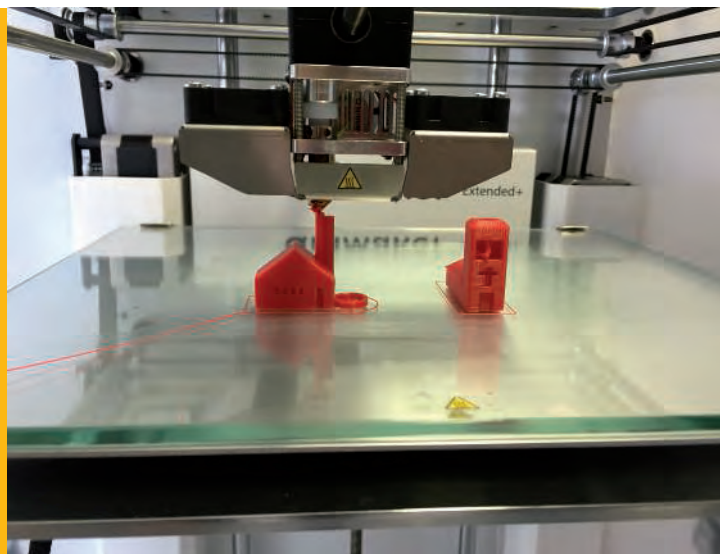


Schwerpunktthema Additive Fertigungsverfahren

lernen & lehren

Elektrotechnik – Informationstechnik
Metalltechnik – Fahrzeugtechnik



Additive Fertigungsverfahren – Technik, Anwendung, berufliche Bildung

Qualifikationsanforderungen beim Einsatz additiver Fertigungsverfahren

Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern

Industrieller Einsatz von lichtbogenbasierten additiven Fertigungsverfahren

3D-Druck im FabLab Rendsburg

Grafcet-Unterricht für Industrie 4.0:

Motivation steigern mit **Grafcet-Studio** und virtuellen Anlagemodellen.

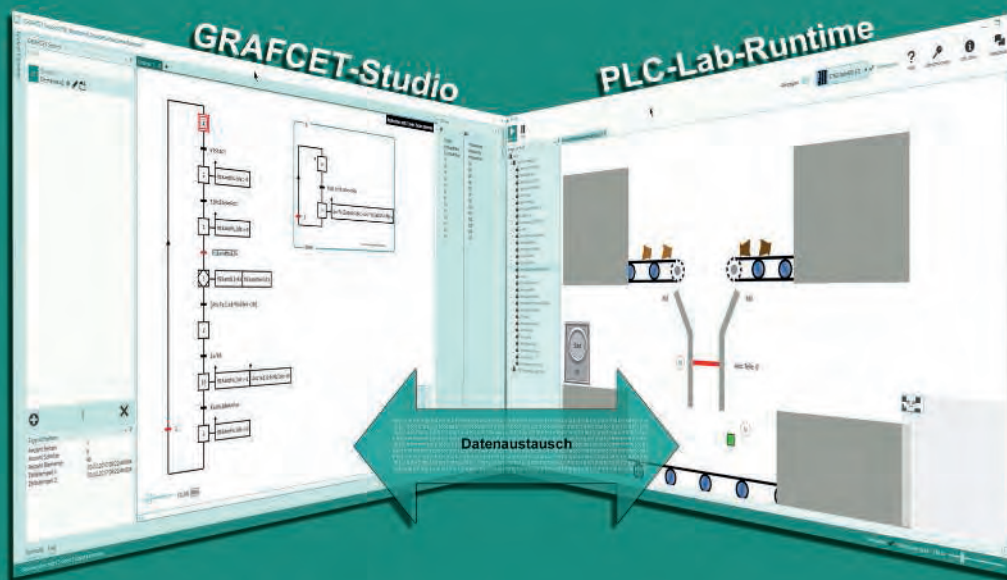
Mit der **neuen Software Grafcet-Studio** heben Sie Ihren Grafcet-Unterricht auf einen **neuen Level**. Mit **Leichtigkeit** erstellen Sie visuell hochwertige Grafcet-Pläne und **simulieren diese auf Knopfdruck**. Für eine anschauliche Simulation koppeln Sie die Grafcet-Logik mit einer **virtuellen 2D-Maschine**.

Eine absolute **Neuheit** ist die Möglichkeit, den Grafcet per **Knopfdruck** in eine Siemens SPS der Reihen S7-300, S7-1200, S7-1500 oder einen Arduino Due **übertragen** zu können.

Der Grafcet wird somit zu einer **Programmiersprache**. Hardwaremodelle aus dem SPS-Labor und Arduino Due können nun auch im Grafcet-Unterricht verwendet werden und geben diesem einen nie dagewesenen **Praxisbezug**.

Wir bieten Ihnen **alles** für einen **motivierenden** Grafcet-Unterricht zu einem unschlagbaren Preis-Leistungsverhältnis:

- Software Grafcet-Studio für das Erstellen, Simulieren und Übertragen eines Grafcet-Plans.
- Fertige virtuelle 2D-Maschinen (ca. 80 Stück!) bereitgestellt von PLC-Lab-Runtime.
- Fachbuch Grafcet-Workbook mit didaktischer Einführung in die Grafcet-Norm.



- Grafcet-Studio ist so einfach zu bedienen, dass sich jeder Schüler schnell mit Hilfe von Erklär-Videos selbst einarbeiten kann.
- Die mitgelieferten virtuellen 2D-Maschinen ermutigen zum selbstständigen Arbeiten bis das Ziel erreicht ist: die Maschine läuft.
- Mit dem Fenster "Grafcet-Notizen" sind Sie als Lehrer in der Lage, den Unterricht optimal vorzubereiten (roter Faden).

Wir können Ihnen hier aus Platzgründen nicht alle Vorteile und Möglichkeiten auflisten.

Treffen Sie deshalb jetzt die richtige Entscheidung und informieren Sie sich auf dieser Webseite: www.mhj-online.de/grafcet2

Inhalt

SCHWERPUNKT: ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

- Editorial**
- 90 Wie wird der 3D-Druck Arbeit und Berufe verändern?
Reiner Schlausch
- Schwerpunkt**
- 92 Additive Fertigungsverfahren – Technik, Anwendung, berufliche Bildung
Reiner Schlausch
- 98 Betriebliche Qualifikationsanforderungen in Konstruktion und Fertigung beim Einsatz additiver Fertigungsverfahren
Volker Piwek/Jürgen Adamek/Marcus Schröter
- Praxisbeiträge**
- 103 Arbeitsprozessorientiertes und kompetenzbasiertes Lernen für die additive Fertigung – Eine Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung
Christian Daniel/Bianca Schmitt/Maren Petersen
- 111 Industrieller Einsatz von lichtbogenbasierten additiven Fertigungsverfahren
Georg Fischer
- 116 3D-Druck im FabLab Rendsburg
Marko Krahmer/Christian Maaßen
- Forum**
- 119 Meister/-innen und Techniker/-innen in der Studieneingangsphase – Studienmotive, Problemlagen sowie Stärken und Defizite beruflich qualifizierter Studierender
Julia Arnold/Florian Winkler
- Rezensionen**
- 125 Betriebliches Bildungspersonal – Stärkung seines professionellen pädagogischen Handelns
Hannes Ranke
- 126 Berufsbildung vor neuen Herausforderungen – Wandel von Arbeit und Wirtschaft
Axel Grimm
- Ständige Rubriken**
- 128 Verzeichnis der Autorinnen und Autoren
I-IV BAG aktuell 3/2018
U 3 Impressum



Editorial

Wie wird der 3D-Druck Arbeit und Berufe verändern?



REINER SCHLAUSCH

Additive Fertigungsverfahren (häufig auch als „3D-Druck“ bezeichnet) könnten zukünftig die Art und Weise, wie Bauteile für die unterschiedlichsten Anwendungen produziert werden, grundlegend verändern. Bisher wurden Bauteile überwiegend durch Urformen, Umformen oder subtraktive Fertigungsverfahren wie z. B. Drehen und Fräsen hergestellt. Entsprechend der genannten Verfahren haben wir heute Berufe wie beispielsweise „Gießereimechaniker/-in“, „Stanz- und Umformmechaniker/-in“ und „Zerspanungsmechaniker/-in“. Die additiven Fertigungsverfahren haben aber durchaus das Potential die Produktion grundlegend zu „revolutionieren“. Wenn zukünftig immer mehr Teile aus Metall und Kunststoff „gedruckt“ respektive schichtweise aufgebaut werden, können wir dann die genannten Berufe vielleicht in einigen Jahrzehnten auf der Liste der „ausgestorbenen Berufe“ wiederfinden? Aber wie heißt es doch so schön: „Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen“.

Die additive Fertigung hat auf jeden Fall das Potential der zukünftigen – zumindest partiellen – Substitution von konventionellen Verfahren. Ob es sich dabei ggf. für einige Branchen tatsächlich um eine disruptive Technologie handelt, die die bereits seit langer Zeit dort bestehende Technologie ersetzt und vollständig verdrängt, bleibt noch eine offene Frage. Es könnte aber durchaus der Fall eintreten, dass zumindest in bestimmten Branchen zukünftig gar nicht mehr oder im deutlich geringeren Umfang gegossen, umgeformt oder zerspannt wird – die additiven Verfahren also eine sehr hohe Dominanz erfahren. Experten

prognostizieren ein jährliches Umsatzwachstum von 35 % bis zum Jahr 2025. Sollte die Entwicklung so eintreten, werden mit dem massenhaften Einsatz der Technologie die Kosten sowohl pro Drucker als auch pro Bauteil sinken, was die Verdrängung der konventionellen Verfahren weiter beschleunigen würde.

Ein großer Vorteil im Vergleich zu den konventionellen Verfahren sind die vielfältigen konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten durch den schichtweisen Aufbau der Produkte. Dadurch können Bauteile leichter werden und es können zusätzliche Funktionen integriert werden. Ferner wird die kundenspezifische „On-Demand“-Produktion der Losgröße 1 ermöglicht. Produziert kann außerdem dort werden, wo das Bauteil benötigt wird. Das spart Transport- und Lagerhaltungskosten und lässt Lieferzeiten verschwindend klein werden. Für die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen ist dies ein enormer Vorteil. Dazu ein besonders eindrucksvolles Beispiel: Auf der internationalen Raumstation ISS, die über einen 3D-Drucker verfügt, hat jüngst ein Astronaut ein Werkzeug gedruckt. Die 3D-Datei wurde von der NASA zur ISS geschickt, die Herstellung und Nutzung erfolgte dann „vor Ort“. Mit den additiven Fertigungsverfahren kann in Verbindung mit digitalisierten Geschäftsprozessen zukünftig durchaus die individualisierte Massenfertigung realisiert werden: Wie, wann und wo Produkte hergestellt werden, lässt sich dann sehr flexibel entscheiden.

Die berufliche Bildung hat relativ früh die Entwicklung bzw. Verbreitung der Technologie antizipiert. Bei Neuordnungsverfahren wurden bei einigen Aus-

bildungsberufen entsprechende Formulierungen für den Kompetenzerwerb im Kontext dieser Technologie in die Ordnungsmittel aufgenommen und an unterschiedlichen Lernorten werden erste Aus- und Weiterbildungsangebote realisiert. Ferner ist die Thematik in das Studium von zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Berufsschullehrkräften für die Metalltechnik und ggf. auch anderer Fachrichtungen integriert worden. Die preisgünstigen Desktop-3D-Drucker haben vielerorts den Einstieg in eine Ausstattung und Beschäftigung mit dieser neuen Technologie ermöglicht.

Im Beitrag von REINER SCHLAUSCH wird ein grober Überblick über die Verfahren und die quantitativen Entwicklungen der additiven Fertigung gegeben. Ferner wird das Spektrum der betrieblichen und schulischen Aus- und Weiterbildung dargelegt.

VOLKER PIWEK, JÜRGEN ADAMEK und MARCUS SCHRÖTER zeigen in ihrem Beitrag mögliche industrielle Anwendungsfälle der additiven Fertigung auf, die das Potential der Technologie hinsichtlich Funktionsintegration und individualisierter Massenproduktion verdeutlichen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse einer qualitativen Erhebung mitgeteilt, die bei mittelständischen Industrieunternehmen (KMU) im Nordwesten Deutschlands zum Thema betriebliche Qualifikationsanforderungen und Aus- und Weiterbildung im Kontext additiver Fertigungsverfahren durchgeführt wurde.

Eine arbeitsprozessorientierte und kompetenzbasierte Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften in der additiven Fertigung wird im Beitrag von CHRISTIAN DANIEL, BIANCA SCHMITT und MAREN PETERSEN dargestellt. Ein umfassender Kompetenzerwerb soll u. a. durch die Nutzung verschiedener adäquat ausgestatteter Lernorte erreicht werden, über die gegenwärtig allerdings noch nicht sehr viele Einrichtungen der beruflichen Bildung verfügen. Einen relativ großen Schritt in diese Richtung stellt durchaus die Etablierung eines FabLab (engl. fabrication laboratory – Fabrikationslabor) an einem Berufsbildungszentrum in Rendsburg dar.

MARKO KRAHMER und CHRISTIAN MAASSEN beschreiben in ihrem Beitrag die Idee, Ausstattung und Nutzung des FabLabs u. a. für den Unterricht in der Berufsschule sowie die außerschulische Nutzung durch Privatpersonen und Akteure aus regionalen Ausbildungsbetrieben zu ermöglichen.

Ein neues Verfahren der additiven Fertigung stellt GEORG FISCHER vor. Durch lichtbogenbasiertes Auf-

tragsschweißen können in Verbindung mit einem neuartigen CNC-Maschinenkonzept relativ große Metallbauteile mit sehr guten Gefügeeigenschaften hergestellt werden. Dabei können verschiedenste metallische Werkstoffe zum Einsatz kommen. Die Anwendbarkeit ergibt sich aus der bekannten Schweiß-eignung des Werkstoffs. Das Verfahren verwendet dabei kostengünstige drahtförmige Ausgangswerkstoffe und erweitert somit die bisher in der additiven Fertigung bestehenden Verfahrensgrenzen hinsichtlich der Aufbaurate erheblich.

Die Beiträge des Heftes verdeutlichen insgesamt die hohe Relevanz und Innovationsdynamik dieser Technologie für die produzierenden Unternehmen unterschiedlicher Branchen und zum anderen die Herausforderungen für die Arbeit- und Technikgestaltung sowie für die berufliche Aus- und Weiterbildung in betrieblichen und schulischen Bildungseinrichtungen. Die Art und Weise, wie der 3D-Druck Arbeit und Berufe verändern wird, werden nur sehr gut aus- und weitergebildete Fachkräfte mitgestalten können. Vor diesem Hintergrund sind die heute schon existierenden Angebote der beruflichen Bildung ausgesprochen sinnvoll und zukünftig deutlich zu erweitern.

Additive Fertigungsverfahren

– Technik, Anwendung, berufliche Bildung



REINER SCHLAUSCH

Die additiven Fertigungsverfahren – sehr häufig wird auch der Begriff „3D-Druck“ als Synonym für diese Verfahren verwendet – werden zukünftig wahrscheinlich eine sehr hohe Bedeutung in der Produktion von Bauteilen in unterschiedlichen Branchen haben. Bei diesen Fertigungsverfahren werden auf der Basis von digitalen 3D-Konstruktionsdaten durch das Ablagern von Material Bauteile schichtweise aufgebaut. Damit unterscheidet sich die Herstellung sehr stark z. B. von konventionellen, sogenannten subtraktiven Fertigungsverfahren, bei denen das Ausgangsmaterial so lange beispielsweise durch Fräsen bearbeitet wird, bis die gewünschte Geometrie entstanden ist. Der schichtweise Aufbau eröffnet neue Möglichkeiten in der konstruktiven Gestaltung von Bauteilen. So können beispielsweise unterschiedliche Funktionen in ein „gedrucktes“ Bauteil integriert und auch ein bionisches Design realisiert werden. Insgesamt werden die additiven Fertigungsverfahren die Arbeit der Fachkräfte insbesondere in der Konstruktion, Fertigungsplanung und Produktion verändern.

TECHNIK UND ANWENDUNGSFELDER

Durch den schichtweisen Aufbau werden Formen und innere Strukturen von Bauteilen möglich, die mit klassischen Fertigungsverfahren vielfach gar nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand hergestellt werden können. Die additiven Fertigungsverfahren ermöglichen es, Bauteile zu konstruieren und herzustellen, die nur an den Stellen Material aufweisen, wo es aufgrund ihrer Beanspruchung und Funktionalität auch erforderlich ist. Grenzen, die bei der Herstellung mit konventioneller Fertigungstechnik entstehen, können somit überwunden werden. Darüber hinaus entstehen vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 und einer zunehmend individualisierten oder auch „On-Demand“-Produktion vielfältige Optionen. So können z. B. Ersatzteile erst bei Bedarf und möglichst nah am Ort des Einbaus produziert werden. Dadurch entfallen Lager- und Versandkosten sowie Lieferzeiten. Die erforderlichen CAD-Daten sind heute i. d. R. in den Konstruktionsabteilungen der Hersteller verfügbar und können über das Internet an den Ort respektive die Maschine übertragen wer-

den, an dem das Ersatzteil mit einem additiven Fertigungsverfahren hergestellt und wenig später z. B. in die defekte Maschine eingebaut wird. Bei Bedarf können ggf. durch den Anwender auch noch individuelle Modifikationen an CAD-Daten des Ersatzteils vorgenommen werden.

Ihren Ursprung hat diese Fertigungsmethode in der Herstellung von Prototypen, die als Anschauungs- und auch Funktionsmodelle damit sehr schnell und kostengünstig hergestellt werden können (Rapid Prototyping). Seit etwa Ende der 1980er Jahre können dadurch Produktentwicklung und Markteinführung entscheidend verkürzt werden. Mittlerweile hält die additive Fertigung zunehmend Einzug in die Einzelteil- und Serienfertigung. So werden heute damit komplexe Geometrien von Einzelteilen und Kleinserien für den Werkzeug- und Formenbau produziert (Rapid Tooling) und auch die Serienfertigung von Bauteilen in unterschiedlichen Branchen realisiert (Rapid Manufacturing). Beispielsweise werden in der Luftfahrtindustrie zwischenzeitlich zahlreiche Flugzeugbauteile mit additiven Fertigungsverfahren hergestellt (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Konventionell (oben) und additiv gefertigter (unten) Kabinenhalter für den Airbus A350 XWB (Quelle: CAVIEZEL u. a. 2017, S. 40; © Airbus Operations GmbH)

Die industrielle Serienproduktion von Endprodukten mit additiven Fertigungsverfahren befindet sich allerdings noch in einer frühen Phase. Vor diesem Hintergrund ist es sehr wichtig, diese drei Einsatzbereiche deutlich „voneinander zu unterscheiden, da anderenfalls der Reifegrad der additiven Fertigungsverfahren zur Herstellung von Endprodukten systematisch überschätzt wird“ (CAVIEZEL u. a. 2017, S. 10).

Je nach Anforderungen an die produzierten Bauteile stehen heute unterschiedliche Verfahren der additiven Fertigung zur Verfügung, die den Einsatz verschiedener Materialien wie z. B. Metall, Kunststoff und Keramik ermöglichen. Drei Verfahren haben zwischenzeitlich einen hohen technologischen Reifegrad mit breiten Anwendungsmöglichkeiten erreicht:

- 1) Bei den pulverbasierten Prozessen wird eine dünne Schicht Pulver (Metall, Keramik etc.) auf eine Arbeitsfläche aufgetragen und mittels Laser in eine definierte Kontur geschmolzen, die sich nach dem Erstarren verfestigt. Daraufhin wird eine neue Schicht Pulver aufgetragen und der Prozess wiederholt sich (Powder Bed Fusion-Verfahren; PBF).
- 2) Im Extrusionsverfahren werden thermoplastische Kunststoffe über eine beheizte Düse verformbar gemacht und geometrisch definiert abgelegt (Extrusion Based-Verfahren; EB).
- 3) Beim Photopolymerisationsverfahren (PP) werden flüssige Photopolymere i. d. R. durch UV-Strahlung punkt- oder schichtweise auf einer Bauplattform vernetzt, so dass sich das Polymer verfestigt.

Ein weiteres Verfahren zur additiven Herstellung von Metallteilen ist das Auftragsschweißen. Beim Laserauftragsschweißen (LMD) wird das durch Düsen ausgebrachte Materialpulver durch einen Hochleistungslaser direkt aufgeschmolzen. Beim Lichtbogen-schweißverfahren ist das Ausgangsmaterial Draht, der per Lichtbogentechnik zu aufeinander aufbauenden Metallschichten aufgetragen wird und so das gewünschte Bauteil entsteht. Meistens ist bei den genannten Verfahren des Austragsschweißens eine Nachbearbeitung mittels Drehen oder Fräsen notwendig, da die aufgetragenen Strukturen relativ grob sind (vgl. dazu den Beitrag von FISCHER in diesem Heft).

Die Prozesskette in der additiven Fertigung lässt sich weitgehend unabhängig vom jeweiligen Verfahren grob in acht Schritte untergliedern (vgl. Abb. 2).

Acht Schritte der Prozesskette in der additiven Fertigung:

1. Mit Hilfe eines CAD-Systems wird ein virtuelles, dreidimensionales Modell eines Objekts rechnerunterstützt konstruiert. Das dreidimensionale Modell kann auch durch einen 3D-Scan realisiert werden.
2. Die CAD-Daten werden i. d. R. in ein STL-Format umgewandelt (Surface Tessellation Language).
3. Es erfolgt ein Transfer der STL-Daten an eine Maschine für das gewählte additive Verfahren.
4. Die Einrichtung der Maschine und die Festlegung entsprechender Parameter werden vorgenommen.
5. Die Herstellung des Objekts erfolgt automatisiert.
6. Nach der Fertigstellung kann das Objekt direkt aus der Maschine entnommen werden.
7. Das schichtweise aufgebaute Objekt muss abhängig vom Verfahren verschiedene Nachbearbeitungsschritte durchlaufen, u. a. die Entfernung überschüssigen Materials (Pulvers) oder die Infiltration des Objekts mit Bindemitteln, um eine annehmbare Festigkeit zu erzeugen.
8. Die additiv erzeugten Objekte können nun genutzt werden. Je nach Anwendung werden Funktionsflächen der Objekte noch mechanisch bearbeitet (Drehen, Fräsen etc.) und ggf. andere Flächen lackiert.

(Quelle: in Anlehnung an RICHTER und WISCHMANN 2016, S. 13)

Abb. 2: Schritte der Prozesskette in der additiven Fertigung

Im Zusammenhang mit unterschiedlichen additiven Fertigungsverfahren gibt es erste sogenannte Hybridmaschinen am Markt, die die Herstellung und Feinstbearbeitung von Funktionsflächen z. B. mittels Fräsen auf einer Maschine ermöglichen. Dabei kann die Bearbeitung auch in bestimmten Stadien des Herstellungsprozesses an Stellen erfolgen, die bei dem komplett gefertigten („gedruckten“) Werkstück nicht mehr oder nur schwer zugänglich sind. Hier werden also additive und subtraktive Verfahren miteinander kombiniert, wodurch ggf. auch das Berufsbild „Zerspanungsmechaniker/-in“ deutlich erweitert wird.

VERBREITUNG

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz von additiven Fertigungsverfahren in unterschiedlichen Branchen relativ stark verbreitet. So werden heute z. B. in der industriellen Serienproduktion in unterschiedlichen Branchen Bauteile aus unterschiedlichen Materialien mittels additiver Fertigungsverfahren hergestellt. Vorreiterbranchen bei der Nutzung additiver Fertigungsverfahren zur Herstellung von Endprodukten sind die Hörgeräte- und Dentalindustrie. Hier werden seit über zehn Jahren individuelle Ohrpassstücke und Zahnprothesen additiv gefertigt, die mittlerweile hohe Marktanteile erzielen. Von Vorteil ist dabei, dass durch ihre geringe Größe eine große Anzahl (je nach Anlage bis zu mehreren Hundert) an Zahnprothesen bzw. Ohrpassstücken in einem Vorgang gleichzeitig gefertigt werden kann, wodurch eine rentable Produktion trotz der relativ langsamen Prozessgeschwindigkeiten möglich ist (CAVIEZEL u. a. 2017, S. 62). In anderen Branchen bzw. Anwendungsfeldern sind die Marktanteile additivgeferti-

ter Endprodukte gegenwärtig noch gering. Insgesamt deuten aber die Verkaufszahlen von industriellen 3D-Druckern einen eindeutigen Trend an: Zwischen 2010 und 2014 haben sich die Verkaufszahlen in Deutschland mehr als verdreifacht (vgl. Abb. 3).

Bei den relativ preisgünstigen Desktop-3D-Druckern, die sowohl im Privatbereich als auch z. B. in Architektur-, Design- und Konstruktionsbüros zum Einsatz kommen, liegen für Deutschland keine Zahlen vor. Es ist aber in diesem Segment von einer noch höheren Steigerungsrate auszugehen. Der Einsatz von Desktop-3D-Druckern im privaten Bereich wird sich aufgrund der gegenwärtig und auf absehbare Zeit vorherrschenden technischen Restriktionen bei Geräten im Preissegment bis 5.000 Euro bis auf Weiteres auf die Herstellung einfacherer Kunststoffgegenstände wie Figuren, Spielzeug, Wohn- oder Modeaccessoires beschränken. Im (hoch-)schulischen Umfeld ergeben sich mit diesen Geräten durchaus sinnvolle Anwendungen für den Kompetenzerwerb u. a. durch die Fertigung von mechanisch eher gering beanspruchten Bauteilen wie Anschauungsmodelle, ausgewählte Ersatzteile etc. (siehe dazu weiter unten).

WEITERBILDUNG

Im Zuge der Verbreitung additiver Fertigungsverfahren in Anwenderunternehmen steigt auch der Bedarf an entsprechenden Bildungsangeboten für die Mitarbeiter/-innen, die diese Maschinen programmieren, einrichten, bedienen und instand halten können sollen. Zwischenzeitlich gibt es ein relativ großes Spektrum von Weiterbildungsangeboten privater und öffentlicher Bildungseinrichtungen für unterschiedliche Zielgruppen (insbesondere für Facharbeiter/-innen, Meister/-innen, Techniker/-innen sowie Ingenieure und Ingenieurinnen). Das Spektrum reicht von ein- bis zweitägigen Überblickseminaren bis hin zu mehrmonatigen Lehrgängen oder auch berufsbegleitenden Studienangeboten im Umfang von zwei Semestern. Ferner hat die Technologie Berücksichtigung bei der Neuordnung von einigen staatlich anerkannten Ausbildungsberufen gefunden und wird explizit in den Ordnungsmitteln benannt. Im Folgenden werden zunächst exemplarisch einige Weiterbildungsangebo-

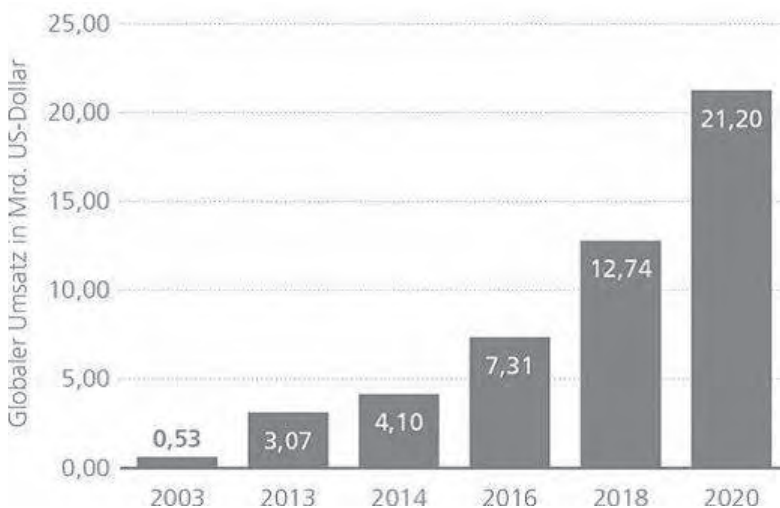


Abb. 3: Entwicklung der Verkaufszahlen von industriellen 3D-Druckern in Deutschland (Quelle: RICHTER und WISCHMANN 2016, S. 12)

te skizziert. Anschließend wird die Erstausbildung betrachtet. Hinsichtlich einer umfassenderen Analyse zur Aus- und Weiterbildung im Bereich additive Fertigung wird auf die Untersuchung von MARSCHALL (2016) verwiesen.

Herstellerschulungen

Die Hersteller von Maschinen für additive Fertigungsverfahren bieten – wie bei Maschinen anderer Verfahren auch – in der Regel mit dem Kauf auch entsprechende Schulungen an. Es werden Grundlagenkurse zum jeweiligen Verfahren sowie Kurse zur Programmierung und Bedienung der Maschine im Umfang von etwa 3–4 Tagen angeboten. Im Vorfeld des Kaufs müssen sich in den Anwenderunternehmen allerdings Mitarbeiter/-innen unterschiedlicher Bereiche umfassend über die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Verfahren informiert haben, um eine begründete Entscheidung für ein bedarfsgerechtes Verfahren und einen Hersteller treffen zu können. In der Regel werden dazu Fachmessen wie z. B. RAPID.TECH, Euromold, Formnext und EMO besucht, Fachgespräche geführt und die additive Fertigung von (firmeneigenen) Bauteilen demonstriert.

Angebote von Weiterbildungseinrichtungen

Beispielhaft sollen im Folgenden ausgewählte Angebote von Weiterbildungseinrichtungen skizziert werden, die sich an Facharbeiter/-innen, Meister/-innen, Techniker/-innen sowie Ingenieure und Ingenieurinnen richten.

Geprüfte/-r Industrietechniker/-in (IHK) – Fachrichtung Additive Fertigung (9 Monate, Vollzeit)

Das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ) in Würzburg bietet Weiterbildungen für Fachkräfte der Kunststoffindustrie an. Mit dem Angebot „Geprüfte/-r Industrietechniker/-in (IHK) – Fachrichtung Additive Fertigung“ sollen Fachkräften, die über kunststoffspezifische Berufserfahrungen verfügen, auf technische Fragestellungen und Führungsaufgaben in der Kunststoffindustrie vorbereitet werden. Das Programm weist drei inhaltliche Schwerpunkte (Anwendungsbezogene Technik, Betriebsorganisation und Produktionsmanagement) sowie ein betriebliches Projekt aus. Die additive Fertigung wird im Programm explizit nur im Schwerpunkt „Anwendungsbezogene Technik“ verortet. Insofern scheint der zeitliche Umfang speziell bezogen auf die additive Fertigung lediglich einen relativ kleinen Anteil der Gesamtdauer auszumachen¹.

Fachkraft additive Fertigungsverfahren (5 Tage)

Die Weiterbildung zur „Fachkraft für additive Fertigungsverfahren – Fachrichtung Metall nach Richtlinie DVS 3602-1“ richtet sich in erster Linie an qualifizierte Facharbeiter/-innen, Meister/-innen und Techniker/-innen, die Anlagen zum selektiven Laserstrahlschmelzen (zukünftig) bedienen und warten. Der Lehrgang vermittelt umfassende Kenntnisse zu den Verfahrensprinzipien und Prozessparametern und zu den einzelnen Schritten der Fertigung von Bauteilen entlang der Prozesskette. Mit erfolgreicher Teilnahme wird das Zeugnis „Fachkraft für additive Fertigungsverfahren“ erlangt. Inhalte sind: Systematik und Grundlagen der Additiven Fertigungsverfahren, Fachbegriffe und Verfahrensprinzipien, Anwendungsbereiche und Märkte. Die theoretischen Lehreinheiten werden in zahlreichen Praxiseinheiten vertieft, und im Rahmen einer Projektarbeit wird ein Fertigungsprozess eigenständig durchgeführt. Der Lehrgang wird von der Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH (GSI), Niederlassung SLV Hannover, angeboten².

Fachingenieur/-in Additive Fertigung VDI (14 Tage)

Die praxisorientierte Qualifizierung „Fachingenieur/-in Additive Fertigung VDI“ wurde vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) gemeinsam mit Experten aus der Branche entwickelt. Zielgruppe sind technische Fach- und Führungskräfte produzierender Unternehmen insbesondere aus dem Maschinen- und Anlagenbau sowie Fahrzeug- und Zulieferindustrie. Die Weiterbildung umfasst den Besuch von sieben Seminarmodulen und schließt mit einer VDI-Zertifikatsprüfung sowie einem anerkannten Zertifikat ab³. Ziel ist es, den gesamten Prozess der additiven Fertigung überblicken zu können: von der Auswahl des Bauteils, über die Entscheidung der Fertigungsart, die Konstruktion, bis hin zur Implementierung der additiven Fertigung im Unternehmen. Die Teilnehmer/-innen erwerben interdisziplinäres Fachwissen in den folgenden Bereichen:

- Additive Fertigungsverfahren: Metall und Kunststoff
- Konstruktion für additive Fertigungsverfahren
- Einsatzgebiete und Grenzen des additiven Fertigungs
- Normen und Standards
- Post Processing – Nachbearbeitung von Kunststoff- und Metallteilen

- Implementierung additiver Fertigungsverfahren in der industriellen Praxis.

Erstausbildung

Einige berufliche Schulen haben damit begonnen, integrierte Fachräume für additive Fertigungsverfahren einzurichten und diese im Rahmen des Unterrichts in der Berufsschule, Fachschule und ggf. auch weiterer Schularten zu nutzen. Gegenwärtig wohl noch eher eine Ausnahme an beruflichen Schulen ist das sogenannte FabLab (Fabrikationslabor), das auch die Nutzung der Ausstattung für Privatpersonen ermöglicht (vgl. dazu den Beitrag von KRAHMER und MAASSEN in diesem Heft). In einigen Ausbildungsbetrieben werden Auszubildende ebenfalls mit additiven Fertigungsverfahren vertraut gemacht. In großen Betrieben findet dies vielfach in den Ausbildungswerkstätten proaktiv statt, da in der Produktion diese Verfahren (noch) nicht zum Einsatz kommen, aber die zukünftigen Fachkräfte bereits darauf vorbereitet werden sollen.

Auch in den Ausbildungsberufen, in denen in den Ordnungsmitteln additive Fertigungsverfahren noch nicht explizit benannt werden (z. B. Industriemechaniker/-in, Werkzeugmechaniker/-in, Zerspanungsmechaniker/-in, Feinwerkmechaniker/-in), lassen die relativ offenen Formulierungen in den Rahmenlehrplänen entsprechende Unterrichtseinheiten zu, um den zukünftigen Fachkräften den Erwerb von Kompetenzen im Bereich „3D-Druck“ zu ermöglichen.

Wie weiter oben bereits ausgeführt, wurde bei der Neuordnung einiger Ausbildungsberufe die additive Fertigung explizit im Rahmenlehrplan aufgeführt. Insbesondere im Ausbildungsberuf „Technische Modellbauer/Technische Modellbauerin“ werden in mehreren Lernfeldern (Lernfeld 8, 13, 14, 16) die additiven Fertigungsverfahren benannt. In den Ausbildungsberufen „Produktionstechnologe/Produktionstechnologin“ und „Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin“ geschieht dies jeweils nur in einem Lernfeld (vgl. FROMM 2017). Wie so häufig, wenn sich neue Technologien am Markt stärker durchgesetzt haben, wird auch aktuell im Kontext der additiven Fertigung an der einen oder anderen Stelle die Frage respektive die Forderung nach einem neuen Berufsbild speziell für die additiven Fertigungsverfahren gestellt (vgl. RADIG 2015). Inwieweit hierfür zukünftig ein betrieblicher Bedarf an einem anerkannten Ausbildungsberuf besteht

und ob die weiteren Kriterien für eine Anerkennung erfüllt werden können, sollte in nächster Zeit genauer untersucht werden. Zusatzqualifikationen können bei einigen Ausbildungsberufen diese ggf. zeitnah entstehende Lücke relativ schnell schließen und bei anstehenden Neuordnungsverfahren die additiven Fertigungsverfahren dann entsprechend ihrer Relevanz für den jeweiligen Beruf in die Ordnungsmittel aufnehmen.

FAZIT

Die additiven Fertigungsverfahren haben sich in den letzten Jahren mit relativ hoher Geschwindigkeit am Markt etabliert. Ob in einigen Branchen zukünftig allerdings weniger zerspannt und dafür mehr gedruckt

wird, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht voraussagen. Gegenwärtig dominieren in der industriellen Serienproduktion von Endprodukten nach wie vor die subtraktiven Verfahren. Dies

wird wahrscheinlich auch noch über einen längeren Zeitraum so bleiben. Wie groß das Potential der zukünftigen Substitution ist, kann nur sehr schwer abgeschätzt werden. Aber sicherlich wird es auch in bestimmten Feldern der Metallbearbeitung zu einer Ergänzung der bestehenden Wertschöpfungskette durch die additiven Fertigungsverfahren kommen. Insofern sind die heute schon existierenden Angebote der beruflichen Bildung sehr sinnvoll und zukünftig auch noch zu erweitern. Die preisgünstigen Desktop-3D-Drucker haben vielerorts den Einstieg in eine Ausstattung und Beschäftigung mit dieser neuen Technologie ermöglicht. Dies ist sicher auch ein zentraler Grund für den relativ frühen Zeitpunkt der Einführung in die berufliche Aus- und Weiterbildung. Bei anderen (seinerzeit) neuen Technologien wie z. B. der CNC-, Roboter- und Lasertechnik waren sicherlich die deutlich höheren Investitionskosten der Maschinen und Anlagen der Grund für den späteren Einzug in die öffentlichen und auch privaten Berufsbildungseinrichtungen. Hinzu kommen wahrscheinlich aber auch die Faszination und die vielfältigen Möglichkeiten, die vom 3D-Druck ausgehen.

ANMERKUNGEN:

- 1) Weitere Informationen unter: <https://www.skz.de/de/weiterbildung/industriemeister/techniker-additive-fertigung/7622.Gepruefter-Industrietechnikerin-IHK-8211-Fachrichtung-Additive-Fertigung.html>

- 2) Weitere Informationen unter: <https://www.gsi-slv.de/aus-weiterbildung/bildung/detail/1025-fachkraft-additive-fertigungsverfahren/>
- 3) Weitere Informationen unter: https://www.vdi-wissensforum.de/fileadmin/resources/programme/lehrg_Additive_Fertigung_02LE031001_www.pdf

LITERATUR

- CAVIEZEL, C.; GRÜNWALD, R.; EHRENBURG-SILIES, S.; KIND, S.; JETZKE, T.; BOVENSCHULTE, M. (2017): Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck). TAB-Arbeitsbericht 175, Berlin
- FROMM, T. (2017): Additive Fertigungsverfahren in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Masterarbeit im Studiengang Master of Vocational Education, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik. Europa-Universität Flensburg
- MARSCHALL, H. (2016): Personal für die additive Fertigung. Kompetenzen, Berufe, Aus- und Weiterbildung. Wiesbaden
- RADIG, G. (2015): Berufsbild „Verfahrensmechaniker additive Fertigung“. In: VDI-Z, Heft 05-2015. Online verfügbar: <http://www.ingenieur.de/VDI-Z/2015/Ausgabe-05/Werkzeug-und-Formenbau/Berufsbild-Verfahrensmechaniker-additive-Fertigung> (20.12.2017)
- RICHTER, S.; WISCHMANN, S. (2016): Additive Fertigungsverfahren – Entwicklungsstand, Marktperspektiven für den industriellen Einsatz und IKT-spezifische Herausforderungen bei der Forschung und Entwicklung. iit-Berlin

3. TECHNIKDIDAKTIK-SYMPOSIUM 2018 „TECHNISCHE BILDUNG FÜR GLOBALISIERTE GESELLSCHAFTEN“ am 15./16. November 2018 in Essen

Von Darmstadt über Siegen nach Essen wird das diesjährige 3. Technikdidaktik-Symposium an der Universität Duisburg-Essen stattfinden. Verbunden mit dem CETE-Netzwerk übernehmen die Professor*innen Fletcher, Lang, Mammes und Münk die Organisation.

Das 3. Technikdidaktik-Symposium 2018 findet in Kooperation des Journals of Technical Education (JO-TED) mit dem Center of Excellence for Technology Education (CETE) statt. Ziel ist es die internationale Perspektive der technischen Bildung verstärkt zu berücksichtigen und die Vernetzung und Kooperation von Wissenschaftlern national und international zu fördern.

Unterschiedliche Dimensionen der Globalisierung bestimmen in hohem Maße unsere heutigen Gesellschaften. Die zunehmende digitale Vernetzung führt zu einem grenzüberschreitenden Austausch von Waren, Dienstleistungen und Ideen, zu neuen Formen der Arbeitsorganisation sowie zu neuen Interaktionsformen.

Junge Menschen müssen auf die damit verbundenen kulturellen, ökonomischen und ökologischen Implikationen vorbereitet werden. Für eine zukunftsfähige Technische Bildung sind mit dieser Aufgabe Gestaltungschancen, aber auch große Herausforderungen verbunden.

Die Tagung wird im ZukunftsZentrumZollverein (Triple Z) stattfinden. Die Veranstaltung beginnt am 15.11.2018 um 12:00 Uhr mit Registrierung und Begrüßung der Teilnehmer. Das Veranstaltungsende ist am 16.11.2018 um 13:00 Uhr geplant.

Weitere Informationen erhalten Sie auf der Tagungshomepage: <https://www.uni-due.de/td-symposium/startseite.php>

Betriebliche Qualifikationsanforderungen in Konstruktion und Fertigung

beim Einsatz additiver Fertigungsverfahren



VOLKER PIWEK



JÜRGEN ADAMEK



MARCUS SCHRÖTER

Durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren entstehen für die betrieblichen Fachkräfte insbesondere in der Konstruktion und der Fertigung neue Qualifikationsanforderungen. Im vorliegenden Beitrag werden unterschiedliche industrielle Anwendungsfälle aufgezeigt, die teilweise zusammen mit Studierenden des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens erarbeitet wurden. Darüber hinaus wurde eine qualitative Erhebung bei mittelständischen Industrieunternehmen im Nordwesten Deutschlands zum Thema betriebliche Qualifikationsanforderungen und Aus- und Weiterbildung im Kontext additiver Fertigungsverfahren durchgeführt, deren Ergebnisse hier zusammenfassend dargestellt werden.

Additive Fertigungsverfahren unterscheiden sich im Wesentlichen durch den schichtweisen Aufbau der Bauteile von den konventionellen Fertigungsverfahren und bieten dadurch deutlich größere konstruktive Freiräume. Diese Verfahren haben in den letzten Jahren durch die Verbreitung des so genannten 3-D-Drucks erhebliche Beachtung gefunden. Zunehmend wird der Einsatz dieser neuen Fertigungstechnologien auf unterschiedlichste Anwendungen aus dem industriellen Bereich geprüft. In der Praxis fällt dabei auf, dass die additiven Fertigungstechnologien mittlerweile zwar deutliche Entwicklungsschritte bezüglich ihres industriellen Einsatzes durchlaufen und damit eine gewisse Marktreife erlangt haben, die Qualifizierung des betrieblichen Personals, zum Beispiel in Konstruktion und Fertigung, aber derzeit noch nicht in strukturierter Form stattfindet. Dadurch fehlt häufig entsprechendes und ausreichendes Basiswissen. Gerade im Bereich der additiven Laserverfahren verfügt nur ein vergleichsweise kleiner Kreis

von Spezialisten über die Kenntnisse zum Einsatz, während durch die Verbreitung des 3-D-Drucks, insbesondere durch die FDM-Verfahren (Fused Deposition Modelling), Know-how durchaus vorliegt, wenn auch weitgehend auf Basis von Privatanwendungen durch interessierte Personen.

An den Hochschulen sind additive Fertigungsverfahren bereits seit vielen Jahren in der Lehre im Einsatz. Das sogenannte Rapid-Prototyping ist Gegenstand des Studiums in den Bereichen Konstruktion und Produktentwicklung. In der betrieblichen Erstausbildung ist dies bislang weniger der Fall.

Im Gegensatz zu konventionellen Verfahren, beispielsweise den spanabtragenen subtraktiven Verfahren Drehen und Fräsen, bei denen die Endgeometrie des Werkstücks in der Ausgangsgeometrie des Rohlings vollständig enthalten ist, findet bei additiven Verfahren ein schichtweiser Aufbau des Fertigteils statt (VDI-Richtlinie 3405). Abb. 1 gibt eine

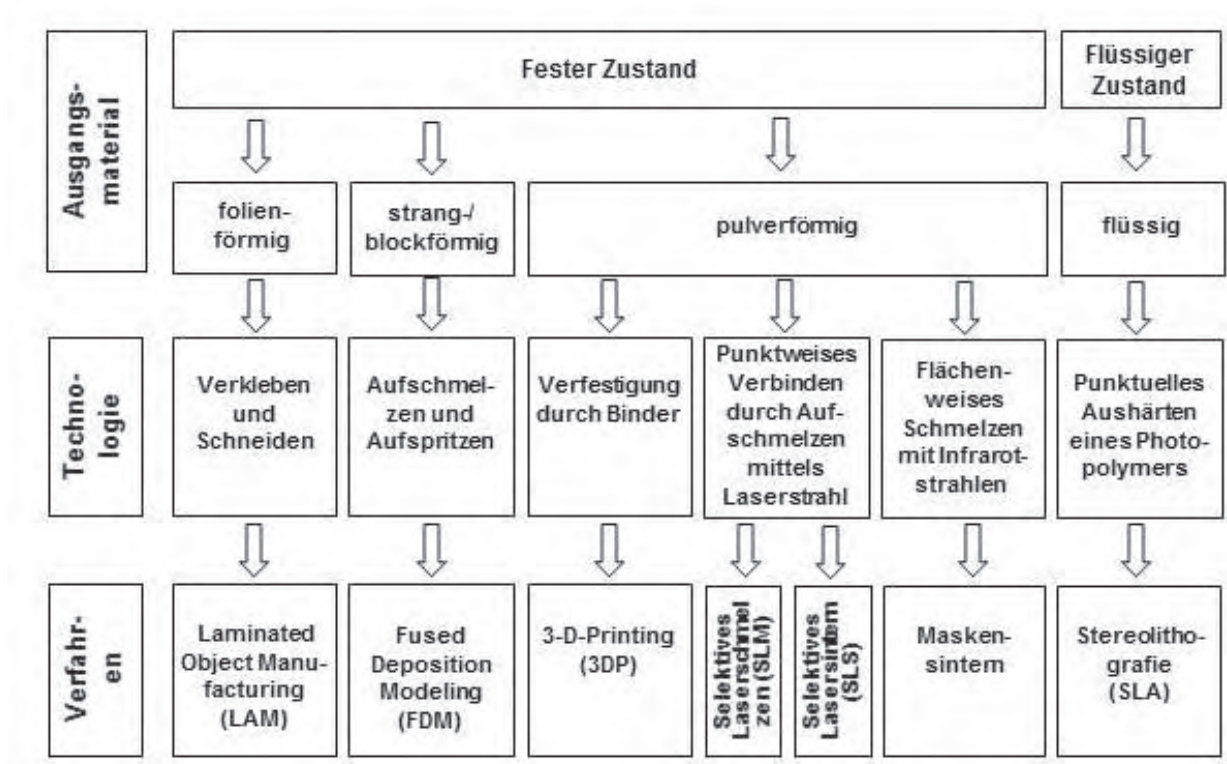


Abb 1: Einteilung additiver Verfahren (in Anlehnung an BREUNINGER et al. 2013)

Übersicht über die derzeit wichtigsten additiven Fertigungsverfahren.

Definitionsgemäß wird mit 3-D-Druck im engeren Sinne das 3-D-Printing-Verfahren bezeichnet, bei dem Pulver als Ausgangsstoff dient, welches durch einen Binder verfestigt wird. Diese Verfahren werden vorwiegend für Anschauungsmodelle eingesetzt, wobei insbesondere farbige Modelle im Vordergrund stehen, die mit eingefärbtem Pulver hergestellt werden können. Das Verfahren weist jedoch Defizite hinsichtlich Belastbarkeit und Detailgrad auf. Oft wird hingegen das FDM-Verfahren mit dem Begriff 3-D-Druck unmittelbar in Verbindung gebracht. Zurückzuführen ist dies auf die vergleichsweise weite Verbreitung dieser Verfahren aufgrund von geringeren Investitionskosten. Hierbei erfolgt der Aufbau des Bauteils durch Erweichen und lokales Auftragen thermoplastischen Materials mittels einer beheizten Düse oder eines Druckkopfs.

INTEGRATION IN DIE HOCHSCHULELEHRE UND DIE DUALE BERUFAUSBILDUNG

Wesentlicher Erfolgsfaktor für eine praxisorientierte Lehre an den Hochschulen ist die Aufnahme von aktuellen Entwicklungstendenzen aus dem industriellen

Umfeld zum Beispiel im Rahmen von industriellen Fallstudien. Diese Arbeiten werden am Institut für Management und Technik auf dem Campus Lingen der Hochschule Osnabrück (Fakultät Management, Kultur und Technik) im Rahmen der Studiengänge „Allgemeiner Maschinenbau“ und „Wirtschaftsingenieurwesen“ angeboten. Mehrere solcher Fallstudien bei Unternehmen beschäftigten sich mit unterschiedlichsten Anwendungen im Bereich additiver Fertigungsverfahren, z. B. der schnellen Anpassung von Greifern im Bereich der Automatisierungs- respektive Robotertechnik oder der Werkzeugherstellung, dem so genannten Rapid-Tooling. Aber auch darüber hinaus konnten Einsatzfälle identifiziert werden, zum Beispiel für die Ersatzteilbereitstellung vor Ort oder für mobile, nicht ortsgebundene Anwendungen additiver Verfahren. In den seltensten Fällen führt eine reine Substitution einer vorhandenen Konstruktion für konventionelle Fertigungsverfahren zu einem technologischen Vorteil bzw. einer verbesserten Wirtschaftlichkeit. Es ist vielmehr notwendig, bereits bei der Konstruktion eines Bauteils bzw. eines Produkts für die additive Fertigung die besonderen Möglichkeiten dieses Fertigungsverfahrens zu berücksichtigen.

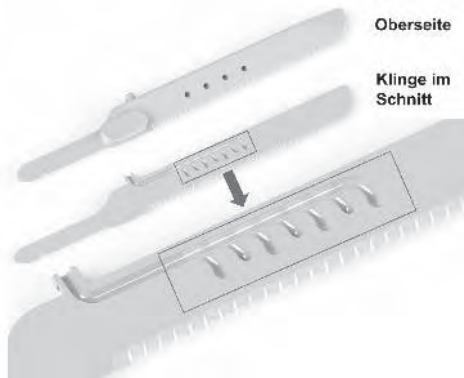


Abb. 2: Funktionsintegration am Beispiel eines Brötchenmessers

Die Praxisorientierung von Lehrveranstaltungen, insbesondere der Produktentwicklung, beinhaltet neben der Anwendung konstruktionssystematischer Methoden die Integration moderner Fertigungstechnologien – bspw. der additiven Fertigung –, mit dem Ziel eine Funktionsintegration zu realisieren. Bei der in Abb. 2 dargestellten Anwendung eines Messers für das gleichzeitige Schneiden und Bestreichen von Brötchen, geschieht die Zuführung des Aufstrichs durch die in der Messerklinge integrierten Kanäle. Die additive Fertigung ermöglicht dabei die freie Formgebung der Kanäle, die sehr einfach auf die Viskosität des Aufstrichs anpassbar sind.

Neben der Funktionsintegration bietet die gezielte Anpassung der Bauteilsteifigkeit die Möglichkeit, individualisierte Baugruppen additiv zu fertigen. Abb. 3 zeigt dies am Beispiel einer universellen Halterung für Mobiltelefone. Hier ist das einfache Einlegen des Mobilgeräts durch Nachgiebigkeit in Längsrichtung mit festem Halt durch erhöhte Steifigkeit in Quer- und Torsionsrichtung kombiniert. Erreicht wird dies durch Trennung des Mittelstegs vom Aufnahmebereich des Mobilgeräts in Längsrichtung. Abb. 4 verdeutlicht dies anhand einer Schnittdarstellung.

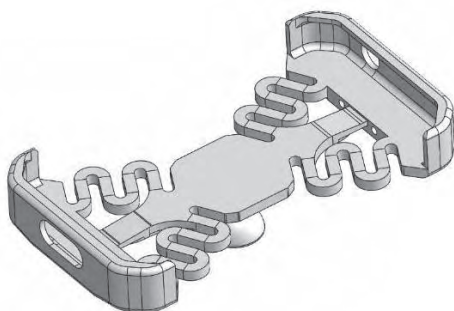


Abb. 3: Universelle Halterung für Mobiltelefone mit richtungsabhängiger Bauteilsteifigkeit

Aufgrund der Durchgängigkeit im Sinne der digitalen Datenverarbeitung bieten additive Fertigungsverfahren bei der Entwicklung und Optimierung solcher monolithischen Geometrien auch Vorteile in Bezug auf die Durchführung experimenteller Designstudien (vgl. Abb. 5). Designstudien lassen sich in idealerweise durch Entwurfsberechnungen mit der Finiten-Elemente-Methode (FEM) begleiten.

Bislang wurden nur wenige Ansätze zur Integration grundlagen- und anwendungsbezogener Kenntnisse von additiven Fertigungsverfahren in die duale Berufsausbildung realisiert (MARSHALL 2016). Im Bereich der Erstausbildung im Berufsfeld Metalltechnik werden additive Fertigungsverfahren im Bereich der Zerspanung (substraktive Verfahren) derzeit kaum berücksichtigt. Bei der Ausbildung zum/zur Modellbauer/-in hingegen ist der Kompetenzerwerb hinsichtlich additiver Fertigungsverfahren im Curriculum verankert und wird somit im Unterricht in der Berufsschule und in der Ausbildung im Betrieb thematisiert.

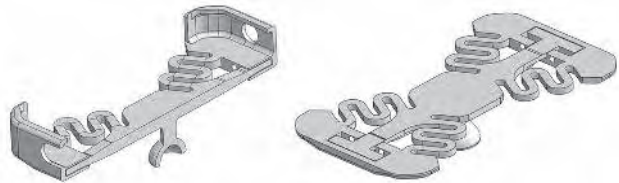


Abb. 4: Schnittdarstellungen der universellen Halterung für Mobiltelefone

QUALITATIVE ERHEBUNG ZUM EINSATZ ADDITIVER FERTIGUNGSVERFAHREN SOWIE ZUM BEDARF AN AUS- UND WEITERBILDUNG

Im Rahmen einer Erhebung wurden mehrere Unternehmen aus den Bereichen Nutz- und Sonderfahrzeugbau, des Sondermaschinenbaus sowie Produktionsunternehmen im Automobil- und Consumerbereich nach möglichen Anwendungen additiver Fertigungsverfahren und insbesondere bezüglich ihrer Einschätzungen des vorhandenen bzw. notwendigen Qualifikationsniveaus der Mitarbeiter/-innen befragt. Diese Information wurde durch einen Fragebogen und/oder durch Interviews mit Ansprechpartnerinnen und -partnern bei den entsprechenden Unternehmen gewonnen und die Kernaussagen in einem nachgelagerten Auswertungsprozess zusammengestellt.

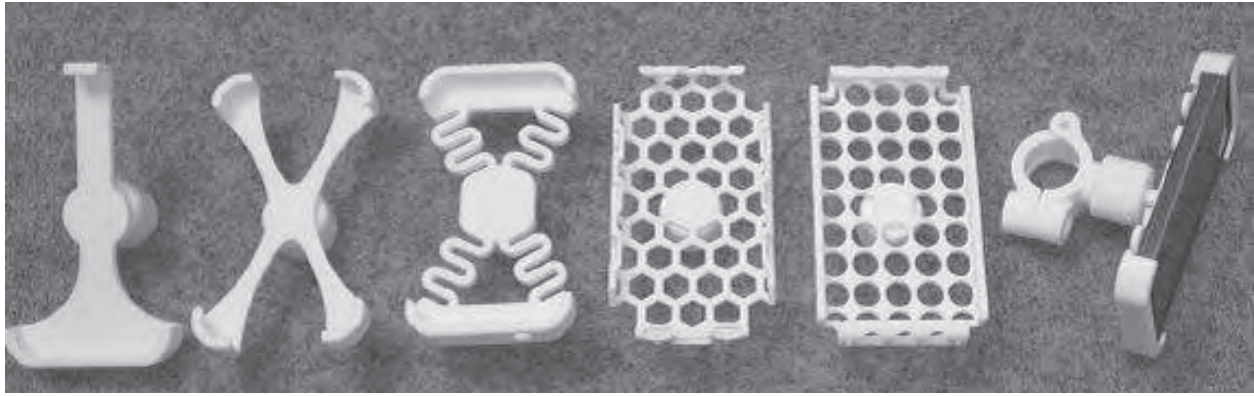


Abb. 5: Experimentelle Designstudie für die Mobiltelefonhalterung

Fragebogen und Interview bezogen sich auf die Bereiche:

- allgemeines zum Einsatz additiver Fertigungsverfahren,
- Konstruktion,
- Produktion,
- Aus- und Weiterbildung.

In einer frühen Phase der Produktentstehung werden bereits additive Fertigungsverfahren – insbesondere der sogenannte 3-D-Druck – in Konstruktion und Entwicklung eingesetzt, um Anschauungsobjekte und Funktionsmuster zu erzeugen. Dies deckt den klassischen Bereich des sogenannten Rapid-Prototypings ab, bei dem eine möglichst schnelle Verfügbarkeit eines Bauteils – mit eingeschränkten Eigenschaften – erreicht wird, um die Sicherheit bei der Gestaltung beispielsweise von Spritzgusswerkzeugen für die Serienproduktion zu erhöhen. Erwähnt wird auch das Rapid Tooling, bei dem Werkzeuge vergleichsweise schnell und kostengünstig durch additive Fertigungsverfahren hergestellt werden können. Dies gilt sowohl für Komponenten im Sondermaschinenbau als auch im Nutzfahrzeugbereich, wo bestimmte Zukaufkomponenten an die mehrfach gekrümmte Außenhaut der Karosserie über Adaptionsbauteile angeschlossen werden müssen. In anderen Anwendungsfällen werden mit additiven Verfahren Kunststoffschichten mit bestimmten tribologischen Eigenschaften hergestellt. Der Einsatz additiver Verfahren wird nur selten direkt durch die Kundenanforderungen definiert. Meist ist es das Resultat konstruktiver und fertigungstechnischer Überlegungen, die zwar zur Erfüllung der Kundenwünsche dienen, jedoch zunächst die Wahl der Fertigungsverfahren und -mittel offen lassen. Gerade FDM-Verfahren werden derzeit kaum als sogenanntes „Direct Manufacturing“, also

für die Erstellung von Kleinserienbauteilen, eingesetzt. Bei FDM-Verfahren liegt die Eintrittsschwelle in diese Technologie vergleichsweise niedrig. Grund dafür sind die überschaubaren Investitionskosten und z. B. einfach anwendbare Softwaretools, die teilweise auch für den privaten Bereich konzipiert sind. Während diese Technologie gerade im Entwicklungsbereich eine gewisse Verbreitung erfahren hat und in Konstruktions- und Entwicklungsabteilungen vermehrt anzutreffen ist, kommen die Pulverbettverfahren wie das Selektive Lasersintern (SLS) oder das Selektive Laserschmelzen (SLM) eher in von Unternehmen betriebenen Kompetenzzentren sowie im Hochschulbereich zum Einsatz.

Wie bei anderen Fertigungsverfahren können die additiv zu fertigenden Bauteile auch fremd vergeben werden (Outsourcing). Basierend auf den Aussagen der Unternehmen wird jedoch deutlich, dass nur vereinzelte Kontakte zu solchen Dienstleistern („Lohnfertigern“) bestehen und der regionale Zugang zu diesen ebenfalls unterschiedlich ist. Internetdienstleister bieten ihren Kunden zwar eine grundlegende Prüfung eines Datenmodells an; eingeschränkt hingegen ist das Angebot im Bereich der konstruktiven Beratung und Optimierung. Basierend auf diesen Ergebnissen der Studie planen die Autoren die Initiierung eines Projektes, das zum Ziel hat, mittelständische Unternehmen für die Identifikation von Potenzialen –hinsichtlich einer auf die Möglichkeiten additiver Fertigungsverfahren angepassten Konstruktion – zu sensibilisieren (ADAMEK/PIWEK/KNAPMEYER 2017).

Selbst für den Bereich Konstruktion und Entwicklung lässt sich erkennen, dass es nur wenig Personal gibt, das Kenntnisse im Umgang mit additiven Fertigungsverfahren besitzt. Im Bereich von FDM-Verfahren liegen diese allenfalls aus persönlichem Interesse und

aufgrund von Erfahrungen der Mitarbeiter/-innen mit diesem Verfahren aus dem privaten Bereich vor.

Additive Fertigungsverfahren werden bei den befragten Unternehmen derzeit nicht im Bereich der Produktion („Direct Manufacturing“) eingesetzt. Dementsprechend sind auch keine Verfahren bei den befragten Unternehmen zur Einbindung in die Prozesskette bzw. entsprechende Qualitätssicherungsmaßnahmen bekannt. Grundsätzlich existieren jedoch Ansätze zur Qualitätssicherung und Qualitätsbewertung aus anderen Anwendungen und Branchen – wie beispielsweise der Dentalindustrie (REINHARDT/WITT 2012; KÜLL/SCHNELL 2017; WEBER/LAKOMIEC 2017).

Im Bereich der Berufsausbildung geben die Unternehmen an, dass ihre Auszubildenden additive Fertigungsverfahren zwar grundsätzlich kennen, jedoch im eigenen Unternehmen damit nur wenig bis gar nicht in Kontakt kommen. Das gilt insbesondere für die Bereiche Verfahrensgrundlagen und -varianten, Anlagentechnik sowie den additiven Gesamtprozess einschließlich der Vorbereitung, Fertigung und Nachbehandlung der Bauteile. Daher sind auch keine Kenntnisse für eine angepasste Konstruktion von Bauteilen, die additiv gefertigt werden sollen, vorhanden. Damit bleibt ein großes Potenzial der additiven Fertigungstechnologien bislang ungenutzt.

Jedoch betonen die befragten Unternehmen zugleich, dass sie eine Erweiterung der beruflichen Ausbildung um den Bereich der additiven Fertigung für grundlegend notwendig erachten. Grundsätzlich lässt sich bei den Unternehmen eine Offenheit hinsichtlich der Förderung von Weiterbildungsmöglichkeiten deutlich erkennen. Dabei reagieren diese jedoch vorzugsweise bei Interesse einzelner Mitarbeiter/-innen aus Konstruktion und Entwicklung sowie Arbeitsvorbereitung auf deren Vorschlag hin, da unternehmensintern kaum Weiterbildungsmaßnahmen angeboten werden – insbesondere nicht im Bereich additiver Fertigungstechnologien.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das im Allgemeinen als 3-D-Druck bekannte FDM-Verfahren wird in den Unternehmen im Bereich der Konstruktion und Entwicklung für Anschauungsobjekte und Funktionsmuster als klassisches Rapid-Prototyping-Verfahren eingesetzt. Die Kenntnisse der Mitarbeiter/-innen in diesem Bereich basieren oft auf persönlichen Erfahrungen aus dem privaten Einsatz solcher Technologien. Anspruchsvollere Technologien wie Pulverbettverfahren zur Realisie-

rung komplexerer Bauteilgeometrien aus Kunststoff und Metall sind deutlich weniger bekannt und in den Unternehmen wenn überhaupt nur in Kompetenzzentren vorhanden. Entsprechende Kenntnisse in den Konstruktionsabteilungen vor Ort sind somit sehr gering und können damit auch nicht mittels „Training on the Job“ aufgebaut werden.

Grundsätzlich zeigen fast alle Unternehmen Interesse an additiven Fertigungsverfahren, wissen teilweise jedoch nicht, wie sie an die entsprechenden Kenntnisse gelangen bzw. welche Dienstleister zur additiven Fertigung von Bauteilen zur Verfügung stehen. Aufgrund dieser Einschränkungen äußern die meisten Unternehmen den Wunsch nach einer Integration entsprechender Kenntnisse über additive Fertigungsverfahren in die Berufsausbildung, damit zukünftig Mitarbeiter/-innen diese Technologien mit in das Portfolio ihrer möglichen Entscheidungen bei der Auswahl geeigneter Fertigungsverfahren in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht integrieren können.

LITERATUR

- ADAMEK, J.; PIWEK, V. ; KNAPMEYER, D. (2017): Innovation durch Additive Fertigung – Konstruktion neu denken. Vortrag im Rahmen des Fachausschusses Industrie und Umwelt, IHK Osnabrück–Emsland–Grafschaft Bentheim
- BREUNINGER, J.; BECKER, R.; WOLF, A.; ROMMEL; VERL, A. (2013): Generative Fertigung mit Kunststoffen: Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern. Berlin, Heidelberg
- KÜLL, U.; SCHNELL, U. (2017): Qualitätssicherung beim 3D-Druck. <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/qualitaetssicherung-beim-3d-druck-a-641111/index3.html>
- MARSCHALL, H. (2016): Personal für die additive Fertigung – Kompetenzen, Berufe, Aus- und Weiterbildung, Wiesbaden
- VDI-RICHTLINIE 3405; Additive Fertigungsverfahren - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen, 2014
- REINHARDT, T.; WITT, G. (2012): Ansätze zur Qualitätsbewertung von generativen Fertigungsverfahren durch die Einführung eines Kennzahlensystems. <https://www.rte-journal.de/ausgabe9/3408/pdfversion>
- WEBER, M.-A.; LAKOMIEC, M. (2017): Additive Fertigung für die industrielle Produktion. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Band 112, Ausgabe 11, S. 741–744

Arbeitsprozessorientiertes und kompetenzbasiertes Lernen für die additive Fertigung

Eine Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung



CHRISTIAN DANIEL



BIANCA SCHMITT



MAREN PETERSEN

In der Produktionstechnik führen innovative disruptive Technologien wie die additive Fertigung zu Veränderungen der Arbeitswelt. Die Aus- und Weiterbildung in diesem Bereich ist daher für die Facharbeiter/-innen von morgen wichtig. Bei der generativen Herstellung von Komponenten z. B. für die Luftfahrtindustrie oder Medizintechnik sind höchste Qualitätsstandards erforderlich, wobei eine Vielzahl von z. T. intransparenten Wechselwirkungen zwischen Prozessparametern und dem Prozessergebnis charakteristisch für die additiven Verfahren sind. Fachkräfte der additiven Fertigung sollten daher ein umfangreiches Fachwissen und Erfahrungen mitbringen. Gleichzeitig liegt noch keine weitreichende Verfügbarkeit von Fachkräften auf dem Arbeitsmarkt vor, woraus sich ein auf die dargestellte Problemstellung zielgerichteter Aus- und Weiterbildungsbedarf ergibt.

Die additive Fertigung (additive manufacturing, AM) erhält aktuell Einzug in der Einzel- bis hin zur Serienfertigung beispielsweise in der Luftfahrtbranche oder der Medizintechnik. Besonders in der Luft- und Raumfahrtindustrie findet die additive Fertigung vielfältige Anwendung, da einerseits Leichtbaupotential durch einen hohen Grad an geometrischen Freiheiten genutzt werden kann und zudem geringe Stückzahlen wirtschaftlich hergestellt werden können (WOHLERS 2014; CAMPBELL/BOURELL/GIBSON 2012). In diesem Zusammenhang beinhaltet die direkte Fertigung von Endprodukten mittels selektivem Laserstrahlschmelzen (SLM) ein großes Entwicklungspotential, sodass für diesen Bereich in den kommenden Jahren ein signifikantes Wachstum erwartet wird (WOHLERS 2014).

Bereits in der Vergangenheit zeigte sich über eine Zeitspanne von etwa zehn Jahren bei direkt gefertigten Endprodukten bezogen auf die gesamte Fertigung an Bauteilen, Prototypen und Modellen mittels additiver Fertigung eine anteilmäßige Zunahme von 3,9 % im Jahr 2003 auf 19,2 % im Jahr 2012, wobei Studien zufolge künftig von einer noch stärkeren Zunahme auszugehen ist (WOHLERS 2014). Nichtsdestotrotz kann das enorme Potential des AM nur genutzt werden, wenn in der industriellen Fertigung über die gesamte Prozesskette hinweg adäquat ausgebildete Fachkräfte eingesetzt werden können (VDI 2014). Folglich werden – ausgehend von der fortschreitenden Entwicklung und der zunehmenden Verbreitung des AM – zukünftig

vermehrt kompetente Fachkräfte für diesen Bereich benötigt. Im vorliegenden Beitrag wird daher ein Ansatz für ein innovatives Konzept vorgestellt, das einen Beitrag zur Aus- und Weiterbildung im Bereich des AM leistet.

STAND DER BERUFSBILDUNG FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG

Deutschland stellt einen maßgeblichen globalen Akteur im Bereich der additiven Fertigung dar, weshalb im Folgenden exemplarisch der Stand der beruflichen Aus- und Weiterbildung für die additive Fertigung bezogen auf diesen Standort untersucht wird. Die Integration von Inhalten zu additiven Fertigungsverfahren in die Ordnungsmittel von Ausbildungsberufen ist im deutschen Berufsbildungssystem bereits für sechs Berufe erfolgt (SPRINGER 2016). Hierzu zählen z. B. die Ausbildung zum/zur „Produktionstechnologen/-technologin“, zum/zur „Technischen Produktdesigner/-in“, zum/zur „Technischen Modellbauer/-in“, zum/zur „Graveur/-in“ sowie die Ausbildung zum/zur „Gießereimechaniker/-in“ (SPRINGER 2016). Eine durchgeführte Analyse der Rahmenlehrpläne aus dem Bereich der industriellen Metallberufe zeigt, dass bereits Inhalte bezüglich AM zwischen dem zweiten bis vierten Ausbildungsjahr verankert sind (SPRINGER 2016). Für die identifizierten Ausbildungsberufe werden u. a. die folgenden exemplarischen Lernfelder und Lernfeldbestandteile unter explizierter Nennung der additiven Fertigung bzw. mit Bezug auf AM adressiert (SPRINGER 2016):

- Vorbereiten von Produktherstellungsprozessen,
- Muster und Prototypen planen und herstellen,
- Auswahl geeigneter Methoden zur Übertragung von Daten in Austauschformate wie z. B. STL etc.,
- Muster, Modell und Formen rechnergestützt entwerfen und anfertigen,
- Bauteile aus Kunststoffen unter Berücksichtigung von Ur- und Umformverfahren im Kontext von Baugruppen entwickeln.

Die Analyse zeigt jedoch auch, dass – unter Berücksichtigung der mehr als 30 Ausbildungsberufe in der metallverarbeitenden Industrie – additive Fertigungsverfahren in beruflichen Curricula bislang noch in nur wenigen Berufsbildern und mit geringen Anteilen, verglichen z. B. mit den Fertigungsverfahren Fräsen und Drehen, vertreten sind. Wenn Inhalte bzgl. AM adressiert werden, sind spezifische AM-

Technologien nicht weiter benannt. Im Gegensatz dazu ist die Einführung weiterer AM-Inhalte vor allem für Berufe wie z. B. „Fluggerätmechaniker/-in“, „Feinwerkmechaniker/-in“, „Industriemechaniker/-in“ oder „Werkzeugmechaniker/-in“ erstrebenswert.

Weiterhin werden neben der beruflichen Erstausbildung bereits Weiterbildungen für Fachkräfte mit Berufserfahrung z. B. durch Forschungseinrichtungen, Universitäten, Unternehmen oder Verbände wie z. B. die Hochschule Schmalkalden, Fraunhofer IFAM, LZH Laser Akademie GmbH oder LZN Laser Zentrum Nord GmbH in Form von z. B. einwöchigen Workshops oder länger angelegten u. a. berufsbegleitenden Weiterbildungskursen angeboten. Das LZH bietet zudem eine Fortbildung zur „Fachkraft für additi-

Nachfrage nach professioneller Weiterbildung

ve Fertigungsverfahren nach Richtlinie DVS®3602-1“ an, welche somit einen zertifizierenden Charakter beinhaltet. Die Vielzahl der Weiterbildungsmöglichkeiten unterstreicht das am Markt vorhandene Angebot sowie die Nachfrage nach

professioneller Weiterbildung im Bereich der additiven Fertigung. Aus Sicht der Anwender additiver Fertigung bietet dies zudem die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Weiterbildungsformen zu wählen und ein jeweils bedarfsgerechtes Angebot zu wählen.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags liegt der Fokus auf dem Lernen im AM-Arbeitsprozess. Es wird dabei auf erprobte Methoden aus dem berufswissenschaftlichen Kontext zurückgegriffen und diese werden mit einem innovativen Setting kombiniert (RAUNER 2010; HOWE/KNUTZEN 2012; DEHNBOSTEL 2012).

IDENTIFIKATION VON ANFORDERUNGEN UND KOMPETENZEN FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG

In der beruflichen Realität additiver Fertigung stellt sich die Notwendigkeit, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten in stets neuen und herausfordernden Situationen einbringen zu können und diese gegebenenfalls auch zwischen verschiedenen AM-Technologien und -Szenarien transferieren zu können. Hierzu ist im Rahmen der Aus- und Weiterbildung der Erwerb von entsprechenden Kompetenzen erforderlich, wobei der Kompetenzbegriff die subjektive Perspektive der Mitarbeiterin/des Mitarbeiters umfasst und damit umfassender als eine reine Qualifikation ist (RAUNER 2010; HOWE/KNUTZEN 2012).

Zur Identifikation erforderlicher Anforderungen für die additive Fertigung wurde in einem ersten Schritt eine Sektoranalyse durchgeführt, gefolgt von einer

fragebogenbasierten Umfrage zu Themen wie „eingesetzte Verfahren der Lasermaterialbearbeitung“, „Tätigkeitsfeld“, „Kenntnisstand“ und „Art der erfahrenen Aus- bzw. Weiterbildung“ im entsprechenden Bereich. Der Fragebogen bot Zugang zu einem Feedback von 40 Experten aus Unternehmen der Lasermaterialbearbeitungsbranche. Obwohl die erhobene Stichprobe keine statistische Analyse bzw. Validierung zulässt, wiesen die Umfrageergebnisse eine Konsistenz auf, sodass es auf dieser Basis möglich war, die Ausgestaltung nachfolgender Interviews zielgerichtet abzuleiten (HACKEL/BLÖTZ/REYMERS 2015). Die Interviews wurden mit ausgewählten Expertinnen und Experten aus Industrieunternehmen durchgeführt, mit dem Ziel der Erfassung einer aktuellen qualitativen Datenbasis aus dem industriellen Einsatz von AM sowie mit dem Ziel der Ermittlung der erforderlicher Anforderungen für diesen Bereich. Zur Vergleichbarkeit der Befragungsergebnisse wurden diese mittels eines Interviewleitfadens nach den Themen „künftige Entwicklung der additiven Fertigung“, „Facharbeit im Kontext der additiven Fertigung“ und „Qualifikationsbedarfe“ gegliedert. Die strukturierten offenen Interviews wurden mit fünf Stakeholdern aus verschiedenen Bereichen der metallverarbeitenden Industrie wie z. B. Dentaltechnik, Zulieferer für die Luft- und Raumfahrtindustrie, mittelständische Unternehmen aus dem Werkzeug- und Formenbau sowie Forschungszentren und Dienstleistern durchgeführt. Die befragten Personen bekleideten Funktionen im technischen Management sowie in der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung und vertraten dabei hinsichtlich der Organisationsstruktur der Unternehmen sowohl Führungskräfte als auch Mitarbeiter/-innen in technisch ausführenden Positionen.

Um sicherzustellen, dass aus den Interviews zielgerichtete Informationen gewonnen werden können, wurden spezifische Fertigungsverfahren des AM

ausgewählt und diese in den Interviews adressiert. Zudem ist es erforderlich spezifische AM-Verfahren festzulegen, um eine exemplarische Lernsituation zielgerichtet entwickeln zu können. Auf Basis der curricularen Analyse in Abschnitt 2 sowie der durchgeführten Umfrage wurde in Vorbereitung der Interviews einerseits pulverbettbasiertes SLM aufgrund der hohen Bedeutung für die industrielle Anwendung in Metall und Kunststoff ausgewählt. Auf der anderen Seite wurde das Verfahren des FDM (Fused Deposition Modeling) gewählt, welches auf der Extrusion von Filamenten basiert. Die Eignung von FDM ist begründet durch die geringen Kosten für Maschinen und das Kunststoffrohmaterial, insbesondere im Hinblick auf einen schulischen Einsatz der Lehr-Lern-Situation. Zudem findet die Herstellung von Endprodukten und Funktionsprototypen mittels FDM auch im industriellen Kontext Anwendung (GEBHARDT 2013).

Zur Auswertung der Interviews wurden Audioaufzeichnungen transkribiert und auf Basis festgelegter Kategorien entsprechend den Stufen der Prozesskette der additiven Fertigung analysiert. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da zu erwarten ist, dass sich die Anforderungen an Facharbeiter/-innen in der additiven Fertigung den Stufen der Prozesskette zuordnen lässt. Die Prozesskette besteht aus vielfältigen und z. T. komplexen Schritten und erfordert daher Fachkompetenzen in verschiedenen Disziplinen. Sie setzt sich ferner aus Schritten des Prä-, In- und Post-Prozesses zusammen wozu z. B. das Kundengespräch, die 3D-CAD-Konstruktion, die Überarbeitung digitaler Daten, das Zerlegen in die einzelnen horizontalen Schichten (Slicen), die Fertigung und die Nachbearbeitung sowie die abschließende gemeinsame Diskussion gehören (GEBHARDT 2013, vgl. Abb. 1). Weiterhin wird im Folgenden das didaktische Konzept von Lern- und Arbeitsaufgaben (LAA) hinzugezogen, welches die Phasen Auftragsvergabe, Planung, Ausführung und Abschluss umfasst (Howe/

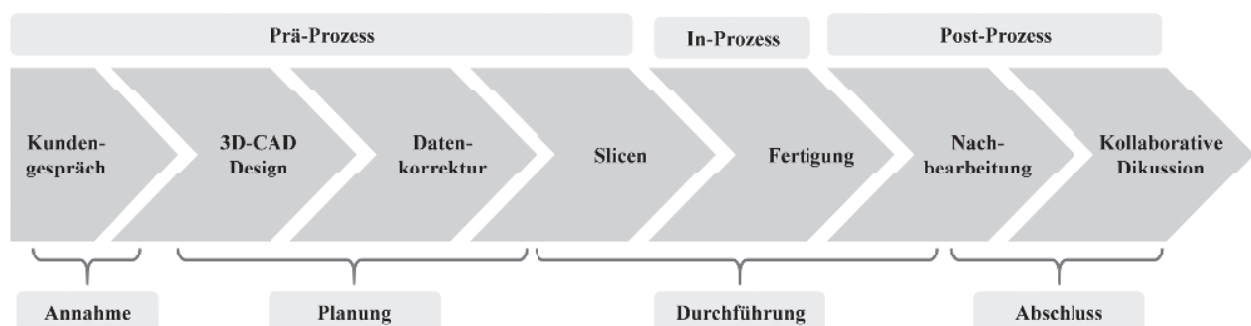


Abb. 1: Prozesskette in der additiven Fertigung in Bezug auf den Arbeitsprozess

Anforderungen für die additive Fertigung				
	Planung / Methoden	IT	Technologie	Sozial
Prä-Prozess	• Überblick über verschiedene AM-Verfahren • Identifikation von geometrischen Freiheitsgraden • Optimierung der Kräfteinleitung • Berücksichtigung des Bauteilverhaltens zur Vermeidung von Eigenspannungen • Berücksichtigung des Einflusses von Aufbaurichtung und Bauteilorientierung auf die Bauteileigenschaften	• Handhabung verschiedener Konstruktionssoftware • Erzeugen von 3D-Daten (ggf. durch 3D-Scan) • Korrektur von Fehlern in 3D-Volumenmodellen • Handhabung verschiedener Software zur Bauteilpositionierung und -ausrichtung • Konfiguration von Datenformaten	• Verständnis technischer Zeichnungen • Überblick über verfügbare Werkstoffe • Transfer von Daten • Definition von Stützstrukturen	• Entwicklung kreativer Lösungsansätze im Kundengespräch • Anwendung von Fachsprache in Muttersprache und englischer Sprache
In-Prozess	• Überwachung der Anlaufphase des AM-Prozesses • Entscheidung über Fortführung oder Abbruch des Prozesses	• Gegebenenfalls Anpassung von Stützstrukturen	• Handhabung verschiedener Maschinentypen • Festlegung von Prozessparametern • Kalibrierung von FDM-Düsen • Sicherheitsgerechte Handhabung von Metallpulver	
Post-Prozess	• Überblick über Verfahren zur Nachbearbeitung (z.B. Abrasivstrahlen, Fräsen etc.) • Planung der Reihenfolge von Nachbearbeitungsschritten • Auswahl von Werkzeugen zur Nachbearbeitung • Festlegung von Einspannsituationen zur Nachbearbeitung • Reflexion der Prozessergebnisse • Ableitung von Optimierungsmaßnahmen	• Handhabung von IT-basierten Instrumenten zur Qualitätssicherung	• Kenntnisse in Werkstoffkunde, Wärmebehandlung, Metallografie • Entfernen von Stützstrukturen • Verständnis von Dokumenten zur Qualitätssicherung • Auswahl und Anwendung von Messmitteln • Modifikation der Textur und Farbe von Oberflächen • Zusammenführung von Baugruppen und Normteilen • Überblick über Besonderheiten bei der Reinigung verschiedener Maschinentypen • Wechsel von Filtereinheiten unter Berücksichtigung von Arbeitssicherheit und Entsorgungsvorschriften	• Kollaborative Diskussion kreativer Lösungsansätze auf Basis von Prozessergebnissen

Abb. 2: Auszug an Anforderungen für die additive Fertigung strukturiert in Matrixform

KNUTZEN 2012). In diesem Zusammenhang lassen sich die in Abb. 1 dargestellten Analogien zwischen den Schritten der AM-Prozesskette und den Phasen von Lern- und Arbeitsaufgaben erkennen, die im Folgenden bei der Entwicklung eines didaktischen Konzepts genutzt werden.

Die Ergebnisse der Interviews zeigen einen Bedarf an Wissen und Fertigkeiten in den in Abb. 2 dargestellten Bereichen auf. Dies stellt die Basis für die Anlage von Problemlöse-, Planungs- sowie Sozial- und Fachkompetenzen dar, die beispielsweise in einem Kundengespräch zur Entwicklung kreativer Lösungen benötigt werden. In weiteren Schritten der Prozesskette kommen Wissen und Fertigkeiten zum Einsatz, die z. B. den versierten Umgang mit Hard- und Softwarearchitektur betreffen. In diesem Kontext beziehen sich entsprechende Kompetenzen einerseits auf die Informationstechnologie (IT), sodass z. B. ein fertigungsgerechtes AM-Design umgesetzt werden kann. Gleichzeitig wird z. B. durch technologische Kompetenzen ermöglicht, auf AM-spezifische Situ-

ationen im Prozess zu reagieren. Aus der Summe dieser Aspekte wird deutlich, dass insbesondere ein interdisziplinäres Denken und Handeln notwendig sind. Weiterhin sollten in der Ausbildung für die additive Fertigung mit Hinblick auf die berufliche Handlungsfähigkeit alle Schritte der Prozesskette zumindest grundsätzlich behandelt werden. Einerseits bedingt zwar die jeweilige Unternehmensgröße sowie die damit verbundene Organisationsstruktur des Geschäftsbereichs den Grad der Arbeitsteilung am Arbeitsplatz, was folglich beeinflusst wie intensiv der/die Facharbeiter/-in an jedem Schritt der Prozesskette beteiligt ist. Andererseits jedoch können übergreifende Problemlösekompetenzen erforderlich sein, wenn Fertigungsprobleme aus einem anderen Teil der Prozesskette entstehen als dem, auf den die jeweilige Fachkraft ggf. spezialisiert ist.

Zusammenfassend zeigen die durchgeführten Untersuchungen auf, dass Anforderungen an Fachkräfte für den Bereich AM bereits im Detail beschrieben werden können und dass vergleichsweise hohe An-

forderungen sowohl an Facharbeiter/-innen als auch an Meister/-innen, Techniker/-innen sowie Ingenieurinnen und Ingenieure gestellt werden. Daher wird im nächsten Schritt eine entsprechende Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern in der additiven Fertigung entwickelt, die explizit nicht nur eine Maschinen- oder Prozessschulung umfasst, sondern arbeitsprozessorientiert gestaltet ist und die spezifischen Kompetenzen und folglich eine berufliche Handlungsfähigkeit adressiert.

ARBEITSPROZESSORIENTIERTE LEHR-LERN-SITUATION

Auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen wird im folgenden Abschnitt eine arbeitsprozessorientierte Lehr-Lern-Situation vorgestellt, die flexibel einsetzbar ist sowohl bei homogenen als auch heterogenen Zielgruppen verschiedener Berufsbilder sowie Erfahrungsniveaus. Zudem kann die exemplarische Lehr-Lern-Situation für AM sowohl in die berufliche Erstausbildung als auch in die Weiterbildung von Fachkräften integriert werden.

Wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, ist der Erwerb von Kompetenzen für Fachkräfte des AM erforderlich. Jedoch können die erforderlichen Kompetenzen nicht in einem Frontalunterricht erworben werden, da hier im Wesentlichen theoretisches Wis-

sen vermittelt wird. Die Fähigkeit zu selbstorganisiertem und kreativem Handeln unter der Ungewissheit offener Systemumgebungen wird vielmehr mit prozessorientiertem Lernen mit Selbstreflexion von technischen Inhalten entwickelt (ERPENBECK/SAUTER 2015). Dies kann durch die Anwendung des bewährten didaktischen Konzepts der Lern- und Arbeitsaufgaben erreicht werden (HOWE/KNUTZEN 2012). Diese stellen prozess- und aufgabenorientierte Situationen in Projektform dar, die problemhaltige Situationen mit Bezug auf den realen beruflichen Kontext aufweisen (HOWE/KNUTZEN 2012). Die Gestaltung der Lernsituation sollte sich am Prinzip des ganzheitlichen Handelns orientieren und die Schritte Informieren, Planen, Durchführen und Kontrollieren umfassen (DEHNBOSTEL 2012). Eine Lern- und Arbeitsaufgabe (LAA) besteht daher aus den vier Phasen „Auftragsvergabe“, „Planung“, „Ausführung“ und „Abschluss“, in denen ein Produkt oder eine Dienstleistung im Kontext eines realitätsbezogenen Kunden- bzw. Produktionsauftrags umgesetzt wird. Basierend auf spezifischen betrieblichen Herausforderungen leiten die Lernenden praktische Lösungen ab und setzen diese im Team um, wobei die Entwicklung von Kompetenzen durch die Einbettung dieser in den einzelnen Projektschritten der LAA erreicht wird (vgl. Abb. 3).

Weiterhin wird im vorliegenden Beitrag als Ansatz für eine Lehr-Lern-Situation für AM das methodisch-

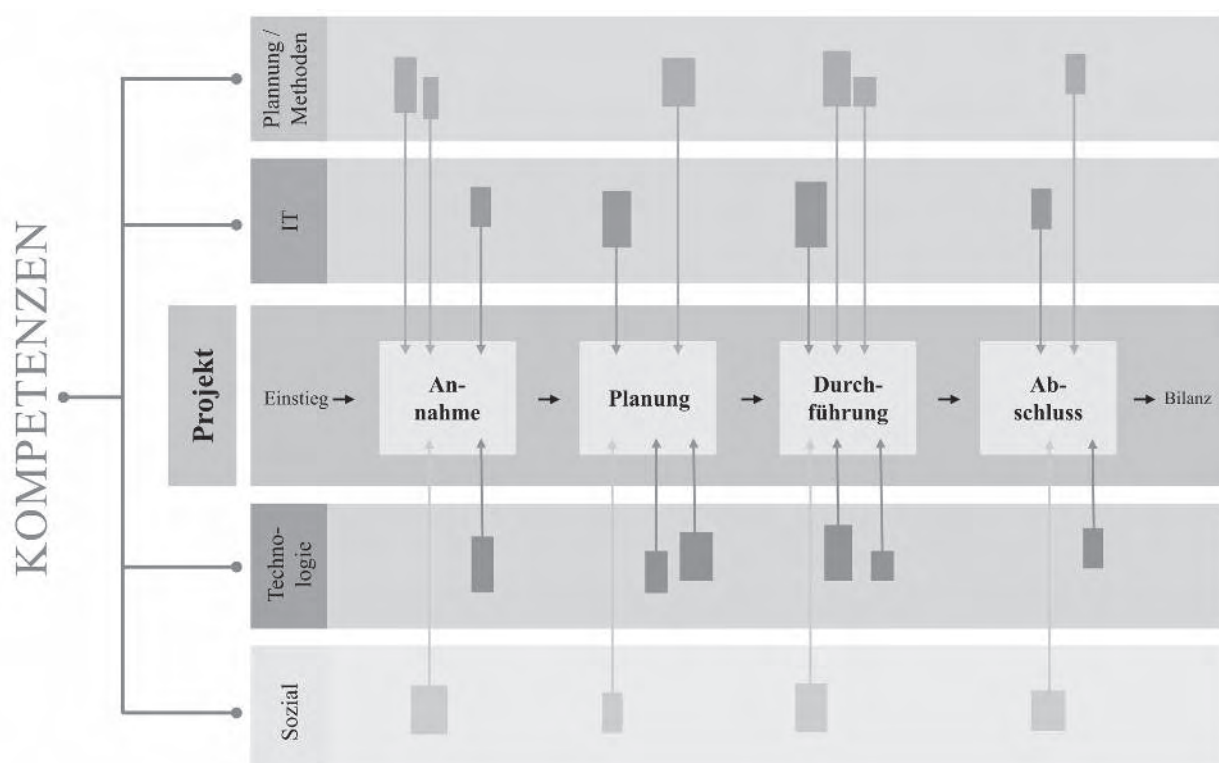


Abb. 3: Struktur der Lern- und Arbeitsaufgaben (LAA)

didaktische Konzept von Lern- und Arbeitsaufgaben mit dem gezielt intensiven Einsatz verschiedener Lernorte mit unterschiedlichen Lernpotentialen verbunden (vgl. Abb. 4). Diese werden gezielt eingesetzt, um die jeweiligen Lehr-Lern-Inhalte in einer jeweils passenden Lehr-Lern-Umgebung zu thematisieren und so den Lernprozess insgesamt zu befördern. Durch diesen didaktischen Ansatz können konventionelle Lehrstrukturen überwunden und ein projektbezogener Lernansatz realisiert werden, in dem die notwendigen Kompetenzen für die additive Fertigung angelegt werden.

Für das entwickelte Konzept können vier Lernorte, bestehend aus Seminarraum, PC-Pool, AM-Labor, z. B. ausgestattet mit einer FDM-Maschine, und industrieller Werkstatt mit Zugang zu z. B. SLM-Maschinen, identifiziert werden. Der Lernort eines Seminarraumes sowie eines PC-Pools ist zum Einsatz in der ersten Phase der Lern- und Arbeitsaufgabe geeignet. Lernende werden vom Ausbildungspersonal an einen Kundenauftrag herangeführt, bei dem die Herstellung eines Bauteils, im Prototypenstadium zunächst aus Kunststoff und in einer späteren Serienfertigung aus Metall, angefragt wird. Die Anfrage enthält dabei AM-relevante Elemente, die gleichermaßen ein AM-spezifisches Design erfordern, wobei Aspekte wie Leichtbaupotenzial, integrierte Funktionalitäten, individualisierte Komponenten sowie eine geringe Losgröße adressiert werden können. Weiter-

hin werden die notwendigen theoretischen Grundlagen zum Thema AM vermittelt. Die Lernenden bilden Projektgruppen und bearbeiten zugewiesene Aufgaben innerhalb des vorbereiteten Projektrahmens unter der Leitung einer Lehrperson. Eine erste Erprobung der entwickelten Lehr-Lern-Situation zeigte, dass die Durchführung in Gruppen von bis zu fünf Personen praktikabel ist. Je nach Lehrsituation kann zudem auch die Integration eines Konstruktionswettbewerbs zwischen den Gruppen mit dem Ziel, die technisch beste Lösung für das projektierte Bauteil zu erreichen, in Betracht gezogen werden. Die Teams sammeln selbständig Informationen über relevante AM-Inhalte und die Akteure tauschen nach Rücksprache die erzielten Ergebnisse aus. Auf diese Weise werden neben den fachlichen gleichzeitig auch Methoden- und Sozialkompetenzen erworben. Die Lehrperson moderiert den Lernprozess, ergänzt vernachlässigte Inhalte, korrigiert im Falle von Fehlern und leitet die Lernenden zur nächsten Phase der Lehr-Lern-Situation. Zudem kann der Lernort AM-Labor genutzt werden, um den Lernenden einen ersten Einblick bezüglich der Komponenten und des Aufbaus von Maschinen für die additive Fertigung zu ermöglichen.

In der Planungsphase stellt die Lehrperson die Schritte der AM-Prozesskette vor und demonstriert die Handhabung und Möglichkeiten von Software zur Datenaufbereitung sowie z. B. die Platzierung

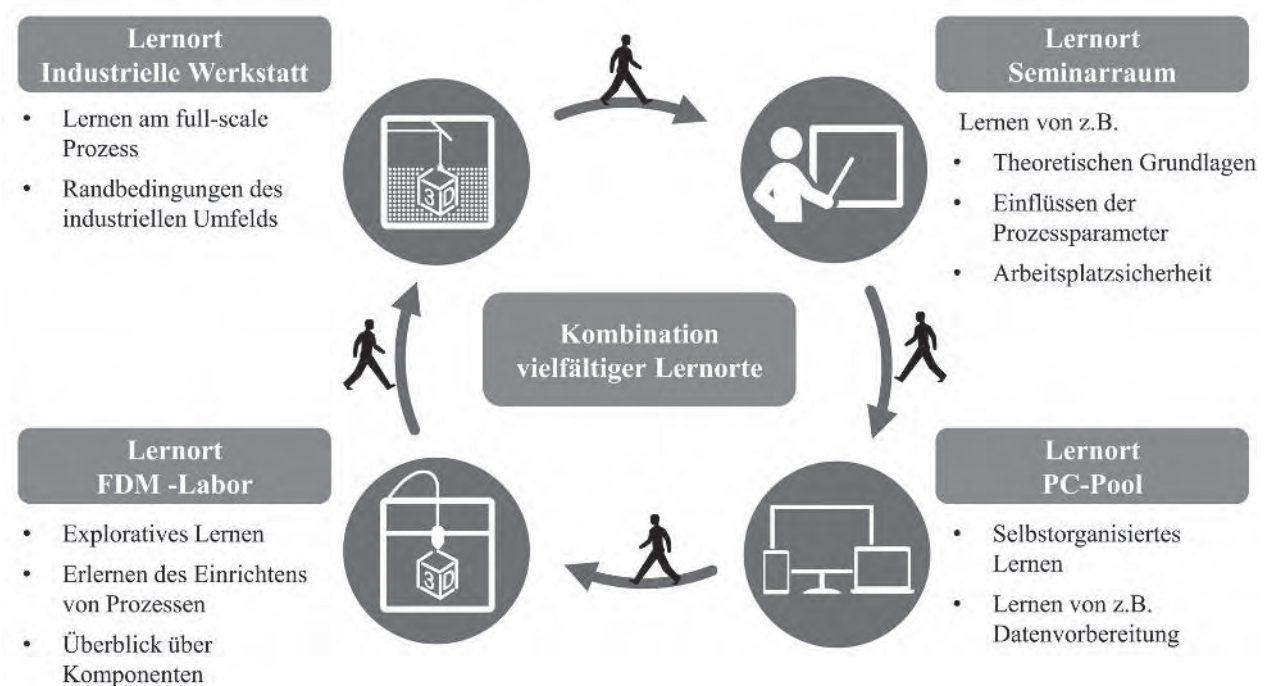


Abb. 4: Umfassender Kompetenzerwerb durch die Nutzung verschiedener Lernorte

weiter auf Seite 109

**Metall- und Elektroberufe zukunfts-
fest gestaltet – Elf Ausbildungs-
ordnungen an digitalen Wandel
angepasst**

Wie kaum eine andere Berufsgruppe stehen die industriellen Metall- und Elektroberufe im Blickpunkt, wenn es um die fortschreitende Digitalisierung der Arbeitswelt geht. Gemeinsam mit den Sozialpartnern und Sachverständigen aus der betrieblichen Praxis hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) im Auftrag der Bundesregierung daher die Ausbildungsordnungen von elf Metall- und Elektroberufen an die neuen Herausforderungen angepasst. Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit werden feste Bestandteile der Ausbildung. Eine Reihe von wählbaren Zusatzqualifikationen gibt den im Digitalisierungsprozess unterschiedlich aufgestellten Betrieben zudem die Möglichkeit, gezielt Kompetenzen für den digitalen Wandel aufzubauen. Die Änderungen treten zum 1. August 2018 in Kraft.

Wie rigoros der Wandel in den Ausbildungsbetrieben ist, hängt vom Tempo der digitalen Veränderungen ab. Faktoren wie Produktzyklen, Investitions- und Innovationsverhalten variieren – und damit auch der Handlungsdruck zur Modernisierung der Ausbildungen. Die Änderungsverordnungen schaffen dafür durch mögliche Zusatzqualifikationen noch mehr Spielraum.

Weitere Informationen unter www.bibb.de/neue-berufe (Quelle: https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_81176.php)

INTRO

Im Rahmen der Roadshow „Digitale Medien im Ausbildungsalltag“ werden drei innovative Lern- und Lehrkonzepte, die im Rahmen der Fördermaßnahme „Digitale Medien in der beruflichen Bildung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) entstanden sind und sich bereits in der Berufsbildungspraxis bewährt haben, in sogenannten Anwenderworkshops vorgestellt. Die Teilnehmer*innen können die vorgestellten Tools und Anwendungen in Übungen und Simulationen dabei selbst in den jeweils rund dreistündigen Workshops erproben. Sie erfahren, wie diese funktionieren und welche Unterstützung dies für ihren Arbeitsalltag bietet. In 2018 werden die folgenden Projekte bzw. deren Ergebnisse im Rahmen der Roadshow präsentiert:

- Kfz4me.de: Ein didaktisch-methodisches Konzept zur Entwicklung und Nutzung von Erklärvideos
- Social Virtual Learning: Gemeinsames Lernen in der virtuellen Realität
- Das Ausbildungsportfolio der Kompetenzwerkstatt: Unterstützung der Lernreflexion und Online-Ausbildungsnachweis

Die Roadshow „Digitale Medien im Ausbildungsalltag“ richtet sich an Ausbildungsverantwortliche aus Betrieben, überbetrieblichen Bildungsstätten, Berufsschulen, Kammern und Bildungseinrichtungen. Die Teilnahme an den Anwenderworkshops ist kostenlos, die Teilnehmerzahl begrenzt. Informationen zu den einzelnen Roadshow-Etappen und weitere Informationen finden sich unter www.qualifizierungdigital.de.

Michael Sander

Neue Enquête-Kommission: Berufliche Bildung in der digitalen Welt

Der Bundestag hat eine Enquête-Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Welt“ eingesetzt.

Sie soll untersuchen, wo und auf welche Weise die berufliche Bildung an die Anforderungen der digitalen Arbeitswelt angepasst werden muss. Den Antrag auf Einsetzung der Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Welt“ hatten die Fraktionen von CDU/CSU, SPD, FDP und Die Linke gestellt. Er wurde vom Bundestag am 28. Juni 2018 ohne Gegenstimmen angenommen. Die Enquête-Kommission soll ihr Augenmerk u. a. auf die Sicherung des Fachkräftebedarfs sowie niedrigrschwellige und diskriminierungsfreie Zugänge zu Bildungs- und Qualifizierungsangeboten legen. Daneben soll das Gremium eine Strategie für die Weiterentwicklung der beruflichen Aus- und Weiterbildung formulieren und aufzeigen, wie die Gleichwertigkeit von beruflicher und akademischer Bildung in Zeiten des digitalen Wandels von Berufsbildern und Erwerbsbiografien gestärkt werden kann. Der Kommission, die öffentlich tagen wird, werden 19 Bundestagsabgeordnete und 19 Sachverständige angehören. (Quelle: <https://www.qualifizierungdigital.de/de/neue-enquete-kommission-berufliche-bildung-in-der-digitalen-welt-3578.php>)

Der Bundestag hat eine Enquête-Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Welt“ eingesetzt. Sie soll untersuchen, wo und auf welche Weise die berufliche Bildung an die Anforderungen der digitalen Arbeitswelt angepasst werden muss. Den Antrag auf Einsetzung der Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Welt“ hatten die Fraktionen von CDU/CSU, SPD, FDP und Die Linke gestellt. Er wurde vom Bundestag am 28. Juni 2018 ohne Gegenstimmen angenommen. Die Enquête-Kommission soll ihr Augenmerk u. a. auf die Sicherung des Fachkräftebedarfs sowie niedrigrschwellige und diskriminierungsfreie Zugänge zu Bildungs- und Qualifizierungsangeboten legen. Daneben soll das Gremium eine Strategie für die Weiterentwicklung der beruflichen Aus- und Weiterbildung formulieren und aufzeigen, wie die Gleichwertigkeit von beruflicher und akademischer Bildung in Zeiten des digitalen Wandels von Berufsbildern und Erwerbsbiografien gestärkt werden kann. Der Kommission, die öffentlich tagen wird, werden 19 Bundestagsabgeordnete und 19 Sachverständige angehören. (Quelle: <https://www.qualifizierungdigital.de/de/neue-enquete-kommission-berufliche-bildung-in-der-digitalen-welt-3578.php>)

WAS UND WANN?

Jahrestagung 2018 der Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik der DGfE,
Info unter: <https://www.wiwi.uni-frankfurt.de/index.php?id=9646>

19. Christiani-Ausbildertag „Zukunft der Berufe – Berufe der Zukunft – Wie die Digitalisierung die Ausbildung verändert“, Berufsakademie Singen, <http://www.christiani-ausbildertag.de/>

MINT-Zukunft schaffen!, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
<https://civicrm.mintzukunft.de/civicrm/event/info?reset=1&id=46>

„Digitalisierung – Fachkräftesicherung – Lehrerbildung“; 20. gtw-Konferenz
Info unter: <http://www.gtw-2018.ovgu.de/>

BNE-Tour Weltaktionsprogramm „Nachhaltigkeit und Digitalisierung“, Wälderhaus Hamburg,
www.bne-portal.de bzw. www.bag-elektrometall.de

03. bis 05. September in
Frankfurt/M.

27. bis 28. September 2018 in
Singen

02. Oktober 2018 in Berlin

04/05. Oktober in
Magdeburg

13. November in Hamburg



**29. Fachtagung der BAG
Elektrotechnik, Informationstechnik,
Metalltechnik, Fahrzeugtechnik im
Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung**



AM 11. UND 12. MÄRZ 2019 IN SIEGEN

DIGITALISIERUNG MIT ARBEIT UND BERUFSBILDUNG NACHHALTIG GESTALTEN

CALL FOR PAPERS

Die Bundesarbeitsgemeinschaften ElektroMetall greifen mit ihrem Tagungsthema „Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten“ das Rahmenthema „Digitale Welt – Bildung und Arbeit in Transformationsgesellschaften“ auf, weil die Entwicklungen der Digitalisierung die Arbeitsprozesse der elektro- und informationstechnischen ebenso wie die metall- und fahrzeugtechnischen Berufe durchdringen. Die Informationstechnologien verursachen schon seit längerem Veränderungsprozesse, die sich aber in jüngster Zeit mit einer bisher nicht erwarteten Dynamik entfalten. Damit sind Chancen und Risiken verbunden, auf die die Berufsbildung reagieren muss, um die Beschäftigten für eine Zukunft zu befähigen, die von einer radikalen Abkehr von konventionellen Energie-, Produktions- und Dienstleistungsformen gekennzeichnet sein wird. Einerseits kann eine Steigerung der Ressourceneffizienz zur Erhaltung der Lebensgrundlagen ohne Digitalisierung nicht gelingen, andererseits ist darauf zu achten, dass die Digitalisierung sozialverträglich gestaltet wird hinsichtlich Beschäftigungsperspektiven und Arbeitsinhalte. Mit diesem Spannungsfeld ist die gewerblich-technische Berufsbildung insofern besonders konfrontiert, als die Fachkräfte sowohl mit der Implementation digitaler Technologien in die Arbeitswelt befasst sind, als auch die Weiterentwicklung der Produktions- und Dienstleistungsprozesse eine zentrale Aufgabe sein wird.

Die Beiträge werden im Rahmen der Fachtagung in fünf Arbeitskreise gegliedert.

- **Standardisierung/Normierung in der Handwerksarbeit – Abschied von der Einzelfertigung nach Kundenwunsch**
Die Handwerksarbeit hat sich teilweise gravierend verändert. Durch die Digitalisierung mit der Zielsetzung, industrielle Produkte mit der Losgröße 1 zu fertigen, wird dieser Trend noch verstärkt. Das hat zur Folge, dass das Handwerk immer mehr industriell produzierte Produkte verarbeitet oder gar nur noch montiert und beim Kunden installiert. Andererseits werden Anlagen und Systeme zunehmend modular gefertigt, so dass diese eher ausgetauscht statt repariert werden. Die damit verbundenen Veränderungen der Arbeit und der Qualifikationsanforderungen in den Handwerksberufen sowie deren Niederschlag in Unterricht und Ausbildung sind Diskussionsgegenstand in diesem Arbeitskreis.
- **Der hellblaue Kragen – elektro- und metalltechnische Berufe im Kontext der Gestaltung neuer Geschäftsmodelle**
Der Industriekaufmann konzipiert eine Produktionslinie, der Elektroniker berechnet die Wirtschaftlichkeit – verkehrte Welt? Zunehmend durchmischen sich Aufgabenbereiche, die traditionell diskreten Berufen zugeordnet waren. Auch das ist eine Folge der Digitalisierung, bei der die Beherrschung informatorischer Werkzeuge eine größere Bedeutung hat als die herkömmlichen Fachkenntnisse. Liegt hier ein Quell für Dequalifizierung durch die Schaffung von Allroundern mit „hellblauem Kragen“ statt Fachkräften? Die Beiträge zu diesem Thema sollen ihren Platz in diesem Arbeitskreis finden, um zu klären, welche Rolle hier Berufliche Schule und Ausbildungsbetrieb spielen.
- **Was passiert in der Berufsschule? Handling oder Handlung – Didaktische Transformation und smartes Lernen**
Mit der Digitalisierung und der damit zu erwartenden maschinengenerierten Steuerung vollständiger Wertschöpfungsketten wächst die Gefahr, dass berufliche Handlungen als Merkmal qualifizierter Facharbeit von technisch vorgegebenen Handling-Prozessen abgelöst werden. Die Berufsbildung steht somit im Spannungsfeld zwischen Anpassen und Mitgestalten. Im Arbeitskreis soll der Frage nachgegangen werden, wie durch didaktische Transformation von Arbeitsprozessen hin zu Lernsituationen auf diese Entwicklung vorbereitet werden kann und welche unterrichtsmethodischen Ansätze geeignet sind, um „smartes Lernen“ zu ermöglichen, dass zur Einflussnahme auf Digitalisierungsprozesse befähigt.



**29. Fachtagung der BAG
Elektrotechnik, Informationstechnik,
Metalltechnik, Fahrzeugtechnik im
Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung**



AM 11. UND 12. MÄRZ 2019 IN SIEGEN

DIGITALISIERUNG MIT ARBEIT UND BERUFSBILDUNG NACHHALTIG GESTALTEN

- Informatik verändert die gewerblich-technische Berufsbildung

Informatik ist die Querschnittsdisziplin, die in sämtlichen Digitalisierungsprozessen Anwendung findet. Auf drei Ebenen berufsunspezifisch (Anwendung), berufsspezifisch (IT-Berufe) und akademisch (Informatikstudium) ergeben sich im Zuge der Digitalisierung Kompetenzerwartungen, welche eine Anpassung von Bildungsprozessen erforderlich erscheinen lassen. In diesem Arbeitskreis soll unter anderem diskutiert werden, wie informatische Bildung berufsspezifisch und unspezifisch vor dem Hintergrund gestaltet werden kann, dass Informatik kein bundesweites Pflichtfach an allgemeinbildenden Schulen ist.

- Ressourcenfokussierte Facharbeit als Gegenstand beruflicher Bildung

Mit der Digitalisierung sind sowohl Chancen für Ressourceneinsparungen als auch die Gefahr von weiter steigendem Material- und Energiebedarf aufgrund von Reboundeffekten möglich. Deshalb wird es auch eine zentrale Aufgabe der Facharbeit sein, die sich rasant verändernden Möglichkeiten für eine ressourcenfokussierte Mitgestaltung von Produktions-, Service- und Reparaturprozessen zu nutzen und so einen Beitrag zur Erhaltung der Lebensgrundlagen zu leisten. In diesem Arbeitskreis sollen die Beiträge Impulse für die Diskussion dieser Thematik und die Folgen für die gewerblich-technische Berufsbildung geben.

Anmeldung von Beiträgen

Die Veranstalter bitten um die Anmeldung von Beiträgen aus betrieblicher Praxis, schulischem Unterricht, hochschulischer Forschung und Modellprojekten, die vom Thema der Fachtagung umrissen sind oder in einem engen Zusammenhang dazu stehen. Die Anmeldung soll auf ca. einer Seite mit einer knappen Darstellung der Fragestellung bzw. des Gegenstands Ihres Beitrags und der zu präsentierenden Ergebnisse erfolgen (Abstract). Geben Sie bitte an, ob es sich um einen Forschungs-, Konzept-, Unterrichts- oder Praxisbeitrag handelt. Nennen Sie bitte auch den Arbeitskreis, in dem Ihr Beitrag erscheinen soll. Darüber hinaus sind die Referenten und ein Hauptansprechpartner mit Telefonnummer und E-Mail-Adresse sowie einem kurzen biographischen Hinweis zur Person zu nennen.

Mit Ihrem Beitrag sollten Sie sich auf ca. 15 Minuten Vortrag und 10 Minuten Diskussion einstellen.

Anmeldungen vorzugsweise online über www.bag-elektrometall.de oder an fachtagung@bag-elektrometall.de.

Anmeldeschluss für die Einreichung von Beiträgen ist der 30. November 2017.

Kontakt:

BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.
Thomas Vollmer, Schloßteichstraße 5, 34131 Kassel

BAG IN KÜRZE

Plattform zu sein für den Dialog zwischen allen, die in Betrieb, berufsbildender Schule und Hochschule an der Berufsbildung beteiligt sind – diese Aufgabe haben sich die Bundesarbeitsgemeinschaften gestellt. Ziel ist es, die berufliche Bildung in den jeweiligen Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik auf allen Ebenen weiterzuentwickeln.

Die Zeitschrift „lernen & lehren“ – als wichtigstes Organ der BAG – ermöglicht den Diskurs in einer breiten Fachöffentlichkeit und stellt für die Mitglieder der BAG regelmäßig wichtige Informationen bereit, die sich auf aktuelle Entwicklungen in den Fachrichtungen beziehen. Sie bietet auch Materialien für Unterricht und Ausbildung und berücksichtigt abwechselnd Schwerpunktthemen aus der Elektrotechnik und Informationstechnik sowie der Metalltechnik und Fahrzeugtechnik. Berufsübergreifende Schwerpunkte finden sich immer dann, wenn es wichtige didaktische Entwicklungen in der Berufsbildung gibt, von denen spürbare Auswirkungen auf die betriebliche und schulische Umsetzung zu erwarten sind.

Eine mittlerweile traditionelle Aufgabe der Bundesarbeitsgemeinschaften ist es, im zweijährlichen Turnus die Fachtagungen Elektrotechnik und Metalltechnik im Rahmen der HOCHSCHULTAGE BERUFLICHE BILDUNG zu gestalten und so einer breiten Fachöffentlichkeit den Blick auf Entwicklungstendenzen, Forschungsansätze und Praxisbeispiele in den Feldern der elektro-, informations- sowie metall- und fahrzeugtechnischen Berufsbildung zu öffnen. Damit geben sie häufig auch Anstöße, Bewährtes zu überprüfen und Neues zu wagen.

Die Bundesarbeitsgemeinschaften möchten all diejenigen ansprechen, die in der Berufsbildung in einer der Fachrichtungen

Elektro-, Informations-, Metall- oder Fahrzeugtechnik tätig sind, wie z. B. Ausbilder/-innen, (Hochschul-)Lehrer/-innen, Referendare und Studierende, wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen sowie Vertreter/-innen von öffentlichen und privaten Institutionen der Berufsbildung. Sie sind herzlich eingeladen, Mitglied zu werden und die Zukunft mitzugestalten.

BAG IN IHRER NÄHE

Baden-Württemberg	Lars Windelband	lars.windelband@ph-gmuend.de
Bayern	Peter Hoffmann	p.hoffmann@alp.dillingen.de
Berlin/Brandenburg	Bernd Mahrin	bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de
Bremen	Olaf Herms	oharms@uni-bremen.de
Hamburg	Wilko Reichwein	reichwein@gmx.net
Hessen	Uli Neustock	u.neustock@web.de
Mecklenburg-Vorpommern	Christine Richter	ch.richter.hro@gmx.de
Niedersachsen	Matthias Becker	becker@ibm.uni-hannover.de
Nordrhein-Westfalen	Reinhard Geffert	r.geffert@t-online.de
Rheinland-Pfalz	Stephan Repp	mail@repp.eu
Saarland	Dieter Schäfer	d.schaefer@hwk-saarland.de
Sachsen	Martin Hartmann	martin.hartmann@tu-dresden.de
Sachsen-Anhalt	Klaus Jenewein	jenewein@ovgu.de
Schleswig-Holstein	Reiner Schlausch	reiner.schlausch@biat.uni-flensburg.de
Thüringen	Matthias Grywatsch	m.grywatsch@t-online.de

Hinweis für Selbstzahler:

Bitte nur auf das folgende Konto überweisen!

IBAN:

DE30 290 501 01 0080 9487 14

SWIFT-/BIC-Code:

SBREDE22XXX

BAG-MITGLIED WERDEN

www.bag-elektrometall.de/pages/BAG_Beitritt.html

www.bag-elektrometall.de
kontakt@bag-elektrometall.de

Tel.: 04 21/218-66 301
Fax: 04 21/218-98 66 301

Konto-Nr. 809 487 14
Sparkasse Bremen (BLZ 290 501 01)

IBAN: DE30 290 501 01 0080 9487 14
SWIFT-/BIC-Code: SBREDE22XXX

IMPRESSUM

Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen
Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.
c/o ITB – Institut Technik und Bildung
Am Fallturm 1
28359 Bremen
04 21/218-66 301
kontakt@bag-elektrometall.de

Redaktion
Michael Sander

Layout
Brigitte Schweckendieck

Gestaltung
Winnie Mahrin

von Stützstrukturen und der Bauteilorientierung im Bauraum der AM-Maschinen. Hierzu ist ein Lernort erforderlich, der mit digitalen Medien ausgestattet ist. Im weiteren Verlauf übernehmen die Lernenden selbst die Erstellung und Konfiguration von CAD-Daten sowie die Korrektur von digitalen Modellen und die abschließende Datenvorbereitung für den AM-Prozess mittels entsprechender Software an Computerarbeitsplätzen. Die Lehrperson steht bei Bedarf weiterhin unterstützend zur Verfügung. In der Durchführungsphase übertragen die Lernenden die aufbereiteten Produktionsdaten ihrer Gruppe an die FDM-Maschine, gefolgt von der Definition der Prozessparameter und dem Einrichten des Prozesses. In diesem Zusammenhang können Lernorte wie ein AM-Labor, ein Seminarraum oder auch ein PC-Pool genutzt werden, um z. B. Einflüsse von Prozessparametern im AM-Prozess gemeinsam mit der Lehrperson zu erarbeiten. Abschließend überwachen die Lernenden die Anfangsphase des Herstellungsprozesses und nach der Fertigstellung führen die Gruppen die zuvor geplanten Schritte der Nachbearbeitung durch.

In der Abschlussphase erfolgt die Reflexion der erzielten Ergebnisse und in diesem Zusammenhang u. a. die Qualitätssicherung der hergestellten Bauteile jeder Gruppe nach Beendigung des Fertigungsprozesses. Die Lernenden werden hierzu im Umgang mit entsprechenden Messmitteln angeleitet und dokumentieren die Ergebnisse in Qualitätsprotokollen. Ziel dieses Vorgehens ist die eigenverantwortliche Reflexion der Prozessergebnisse durch die Lernenden. Erfolgreich durchlaufene Prozessschritte sowie aufgetretene Probleme werden dokumentiert und Verbesserungsvorschläge werden abgeleitet. Diese werden mit der Lehrperson besprochen und Änderungen zur Ableitung eines Vorgehens für die Fertigung des metallischen Serienteils werden definiert.

Da der Einsatz von FDM nicht in jeder Stufe der Prozesskette die gesamte Komplexität des industriell relevanten, metallverarbeitenden SLM vollständig abbilden kann, durchlaufen die Lernenden hierzu einen zweiten Produktionszyklus. Dadurch wird u. a. auch das Handhaben von Metallpulvern und Filterkomponenten berücksichtigt und ebenso unterscheidet sich die Nachbearbeitung für die verschiedenen AM-Herstellungsverfahren. Beim Durchlaufen der Schritte der Prozesskette für das metallische Bauteil fokussiert der/die Lehrende bei den sich unterscheidenden Anteilen auf die Vermittlung von SLM-spezi-

fischen Zusammenhängen, während die Gruppe bei den FDM-analogen Anteilen mit höherer Eigenverantwortung arbeitet.

Basierend auf einer ersten Erprobung der Lehr-Lern-Situation lassen sich neben den positiven Aspekten

auch Einschränkungen feststellen. So erwies sich z. B. die Integration aller Gruppenmitglieder als herausfordernd. Die Bildung von Lern- und Arbeitsteams beeinflusst auch die Gruppendynamik in hohem

Maße, was ein großes Engagement der Lehrperson im Sinne der Moderation und Anleitung erfordert. Weiterhin ist die Lehr-Lern-Situation im Hinblick auf den Projektzeitplan aufgrund der zeitintensiven AM-Fertigungsprozesse in mehrere Sequenzen aufzuteilen, was eine Einschränkung z. B. im schulischen Kontext bedeuten kann. Abschließend können auch die begrenzte Sicht und die Platzverhältnisse an den AM-Maschinen die Überwachung des störungsfreien Prozessanlaufs durch die Lernenden beschränken, insbesondere da möglicherweise Bauteile von mehreren Gruppen gleichzeitig und in derselben Fertigungscharge zu starten sind.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wurde eine Lehr-Lern-Situation für die Aus- und Weiterbildung von Facharbeiterinnen und Facharbeitern in der additiven Fertigung entwickelt, welche das didaktische Konzept der Lern- und Arbeitsaufgaben unter gezielt intensiver Nutzung verschiedener Lernorte einsetzt. Durch die Lehr-Lern-Situation wird der direkte Einstieg in innovative Technologien der additiven Fertigung gefördert und entsprechend erforderliche Kompetenzen können von unterschiedlichen Zielgruppen erworben werden. Zudem wird auf diese Weise auf sich verändernde berufliche Rahmenbedingungen reagiert, wobei die additive Fertigung ein stellvertretendes und typisches Beispiel für den Wandel von Arbeitsumgebungen im Kontext zunehmend vernetzter industrieller Prozesse darstellt. So kann die entwickelte Lehr-Lern-Situation perspektivisch auch auf weitere Prozesse im Kontext von Industrie 4.0 übertragen werden. Weitere Schritte sind in der detaillierten Evaluation im Rahmen einer umfangreicheren Erprobung der entwickelten Lehr-Lern-Situation zu sehen. Darüber hinaus sind auch künftige Ansätze zum Lernen in virtuellen additiven Fertigungsumgebungen denkbar, wobei AM-Lerninhalte durch digitale Medien bereitgestellt werden können.

Typisches Beispiel für den Wandel von Arbeitsumgebungen

LITERATUR

- CAMPBELL, I.; BOURELL, D.; GIBSON, I. (2012): Additive manufacturing: rapid prototyping comes of age. *Rapid Prototyping Journal*, Volume 18, Issue 4
- DEHNBOSTEL, P. (2012): Berufliche Kompetenzentwicklung im Kontext informellen und reflexiven Lernens – Stärkung der Persönlichkeit - und Bildungsentwicklung?, In Barre, K. & Hahn, C. (Hrsg.), *Kompetenz. Fragen an eine (berufs-)pädagogische Kategorie*. S. 9 – 30, Hamburg
- ERPENBECK, J.; SAUTER, W. (2015): *Wissen, Werte und Kompetenzen in der Mitarbeiterentwicklung*. Wiesbaden
- GEBHARDT, A. (2013): *Generative Fertigungsverfahren – Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping-Tooling-Produktion*. München
- HACKEL, M.; BLÖTZ, U.; REYMERS, M. (2015): *Berichte zur beruflichen Bildung: Diffusion neuer Technologien - Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe*, Bielefeld
- HOWE, F.; KNUTZEN, S. (2012): *Kompetenzwerkstatt – Band 4: Entwickeln von Lern- und Arbeitsaufgaben*. Kontanz
- RAUNER, F. (2010): Qualifikation, Kompetenz und berufliches Wissen – ein aufklärungsbedürftiger Zusammenhang, In SCHLÖGL, P. & DÉR, K. (Hrsg.), *Berufsbildungsforschung alte und neue Fragen eines Forschungsfeldes*. Bielefeld
- SPRINGER, P. (2016): *Qualifizierungsbedarfe für die additive Fertigung*, Masterarbeit, ITB Universität Bremen
- VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V. (2014): *Statusreport Additive Fertigungsverfahren*. Verfügbar unter: www.vdi.de/HandlungsfelderAM
- WOHLERS, T. (2014): *Wohlers Report 2014 – 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Fort Collins, CO, USA. Wohlers Associates

Liebe Leserinnen und Leser,

die Zeitschrift „lernen & lehren“ möchte sehr gern vor allem den Fachleuten an den Lernorten die Möglichkeit einräumen, die vielfältigen Erfahrungen gut funktionierender Ausbildungs- und Unterrichtspraxis in Beiträgen der Zeitschrift zu veröffentlichen. Daher möchten wir Sie ermuntern, sich mit der Schriftleitung in Verbindung zu setzen. Wir streben wie bisher an, pro Heft zwei vom Themenschwerpunkt unabhängige Beiträge zu veröffentlichen.

Wenn Sie Interesse haben, an einem Themenschwerpunkt mitzuwirken, setzen Sie sich bitte rechtzeitig mit uns in Verbindung, da die Herstellung der Zeitschrift einen langen zeitlichen Vorlauf benötigt.

Ab dem vierten Quartal 2018 sind derzeit folgende Themenschwerpunkte geplant:

- Digitalisierte Haus- und Gebäudetechnik
- Neue Werkstoffe
- Energiespeicherung

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Herausgeber und Schriftleitung

Industrieller Einsatz von lichtbogenbasierten additiven Fertigungsverfahren



GEORG FISCHER

Das Unternehmen GEFERTEC hat mit der GTarc Maschinenserie in Verbindung mit dem formgebenden Auftragsschweißen ein neues Verfahren der additiven Fertigung entwickelt, das sich optimal für die Integration in bereits bestehende Prozessketten eignet. Das Verfahren verwendet dabei kostengünstige drahtförmige Ausgangswerkstoffe und erweitert somit die bisher in der additiven Fertigung bestehenden Verfahrensgrenzen hinsichtlich Aufbaurate erheblich. Darüber hinaus werden der Aufwand für das Materialhandling sowie die Maschinen- und Materialkosten erheblich reduziert. Durch die Anwendung standardisierter Technik aus dem Werkzeugmaschinenbau sind die GEFERTEC-Maschinen für ein weites Anwendungsspektrum insbesondere im Bereich der Lohnfertigung interessant, da nun erstmals ein additives Fertigungsverfahren in direkten Vergleich mit der konventionellen zerspanenden Bearbeitung treten kann.

AUSGANGSGEDANKE

Der Ausgangsgedanke bei der Entwicklung der 3D-Metal-Print-Technologie (3DMP®) im Hause GEFERTEC war es, möglichst viele Prozessschritte in einer Maschine zu vereinen. Dies kann durch die Anwendung additiver Fertigungsverfahren am besten umgesetzt werden. Zwar lassen sich derartige Entwicklungen insbesondere im universitären Umfeld bereits seit einiger Zeit beobachten, jedoch gab es insbesondere in der additiven Fertigung mit Draht bisher noch keinen derartigen ganzheitlichen marktreifen Ansatz, der sowohl die Prozesstechnik, die Software zur Bahngenerierung und die Anlagentechnik vereint. Im Vordergrund der Überlegungen standen dabei vor allem der Anwender bzw. die Anwenderin sowie die Kostenrechnung für die additive Herstellung von Bauteilen im Kontext einer op-

timalen Maschinenintegration auf der technischen Ebene. Anwender/-innen können nur dann einen nachhaltigen Kostenvorteil in der Nutzung additiver Fertigungsprozesse erhalten, wenn es ihnen ermöglicht wird, die Maschinen mit geringem Schulungsaufwand, einer einfachen und robusten Prozesstechnologie und kostengünstigen Maschinenstundensätzen zu betreiben. Auf dieser Basis wurde ein neuartiges CNC-Maschinenkonzept entwickelt, das zum einen hochgradig bewährte Steuerungstechnik einsetzt und zum anderen auch optimal für das additive Fertigungsverfahren mit Lichtbogen und Draht angepasst wurde. Durch die eigens für dieses System entwickelte Programmierumgebung kann ein optimaler Arbeitsablauf über die gesamte Prozesskette gewährleistet werden.

ÜBERBLICK ÜBER METALLBASIERTE ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

Die Anwendungen moderner additiver Fertigungsverfahren lassen sich in die Bereiche Rapid Prototyping zur Herstellung von Prototypen, Rapid Tooling zur Herstellung von Werkzeugen und Rapid Manufacturing zur Herstellung von Endbauteilen untergliedern. Die Bedeutung der additiven Fertigung wächst seit einigen Jahren stark und ermöglicht in vielen Fällen die Lösung vielfältiger technologischer Herausforderungen. Ein relativ neues Verfahren ist die additive Schweißtechnik, bzw. das formgebende Schweißen. Sie erlaubt es, individuelle, großvolumige und endkonturnahe Strukturen mittlerer Komplexität sehr kostengünstig herzustellen.

Die Prozesskette unterscheidet sich dabei nicht von der anderer additiver Fertigungsverfahren. Aus einem Computermodell in Form einer CAD-Datei werden mittels CAM-Software Bewegungsdaten für die Maschine erzeugt, mit deren Hilfe dann das Bauteil bzw. der Rohling „gedruckt“ werden kann. Im Anschluss erfolgt nach einer Vermessung des Bauteils die Endbearbeitung. Besonderes Augenmerk liegt dabei in der angepassten CAM-Software, da diese einen erheblichen Teil der Fertigungszeit ausmachen kann. Dies kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn jeweils nur ein einziges Teil gefertigt werden soll. Gerade die Wirtschaftlichkeit bei Einzelstücken oder Kleinserien stellt einen wesentlichen Anspruch für die Nutzung der additiven Fertigung dar (vgl. Abb. 1).

Nachdem mit Hilfe der 3DMP®-CAM Software die Bewegungsbahnen programmiert wurden, werden die Daten als CNC-Programm auf die Maschine übertragen, um die Fertigung des Bauteils zu starten. Das 3DMP®-Verfahren arbeitet dabei mit einem sogenannten geregelten Kurzlichtbogenprozess, um den

Energieeintrag in das Bauteil während der Fertigung zu minimieren. Dabei können verschiedenste Werkstoffe zum Einsatz kommen. Die Anwendbarkeit dabei ergibt sich aus der bekannten Schweißbeignung des Werkstoffs. Die Gefügeeigenschaften des additiv aufgebauten Bauteils liegen dabei nahe dem Grundwerkstoff und weisen ein weitgehend isotropes, also richtungsunabhängiges Werkstoffverhalten sowie einen porenfreien Lagenaufbau auf. Hinzu kommt die bessere Verfügbarkeit des Werkstoffes in Drahtform. Der verwendete Draht als Ausgangswerkstoff mit einem Durchmesser von 0,8-1,2 mm ist dabei im Vergleich zu Pulver, welches bei den meisten anderen metallbasierten additiven Fertigungsverfahren zum Einsatz kommt, erheblich kostengünstiger und wesentlich einfacher in der Handhabung. Hierbei spielt auch der Gesundheitsaspekt eine Rolle, da bei additiven Pulverbettverfahren die eingesetzten Pulver teilweise lungengängig sind und daher besondere Atemschutzmaßnahmen benötigen. Dies ist bei Draht nicht notwendig. Hinzu kommen die einfachere Lagerung und die deutlich bessere Verfügbarkeit. Einfache Drahtwerkstoffe sind im Handel sehr schnell und kostengünstig zu beschaffen, selbst spezielle Drahtwerkstoffe sind von einer Vielzahl von Anbietern erhältlich. Neben dem Kostenvorteil im Ausgangswerkstoff zeichnet sich das Verfahren durch eine kostengünstige, robuste und bewährte Prozesstechnik aus. Durch eine lokale Schutzgasabdeckung bestehen prinzipiell keine Restriktionen hinsichtlich der Bauraumgröße. Mit aktuell erreichbaren Aufbau-raten von bis zu 600 cm³/h, je nach Material und Bauteilgeometrie, ermöglicht der lichtbogenbasierte 3DMP®-Prozess Aufbaugeschwindigkeiten, die mindestens Faktor drei über denen anderer additiver Verfahren liegen. Somit liegt die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens deutlich über allen anderen additiven Fertigungsverfahren und macht dieses somit

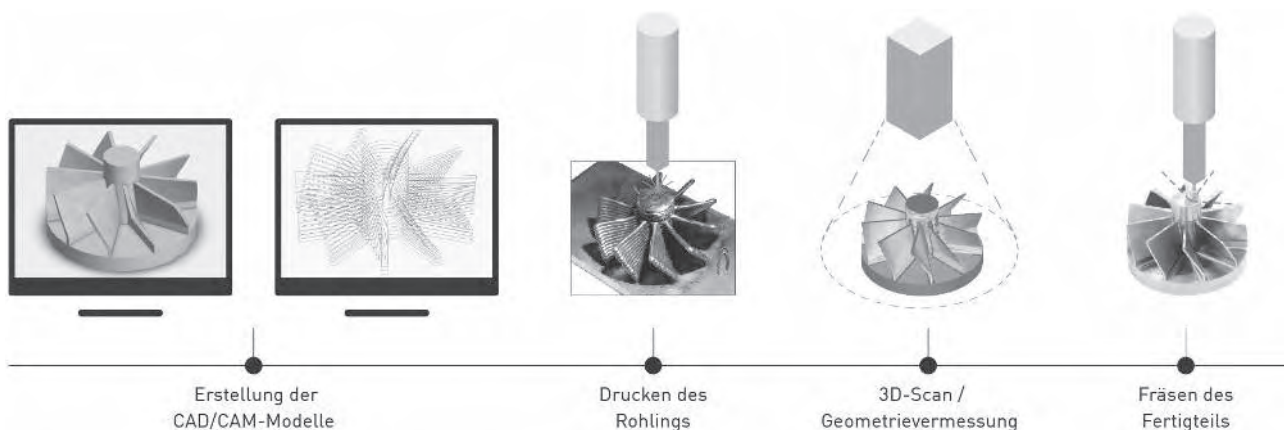


Abb. 1: Prozesskette der additiven Fertigung

weiter auf Seite 67

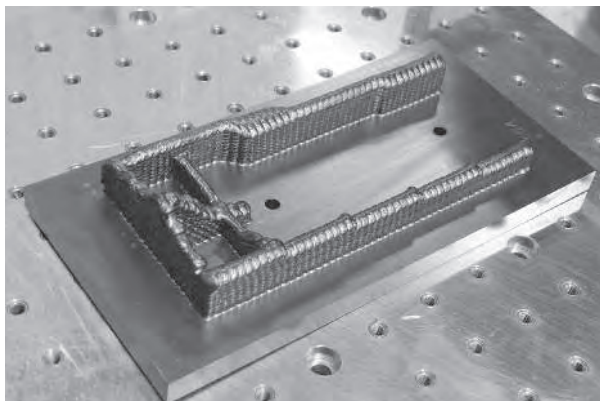


Abb. 2: Additiv gefertigtes Titanbauteil

für eine Vielzahl technischer Anwendungen interessant. Ein Beispiel hierfür ist die Luftfahrtbranche, bei der die Optimierung des Materialausnutzungsgrades (buy to fly ratio) aufgrund der teuren Werkstoffe ein wesentliches Entwicklungsziel ist.

PROZESSTECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Das Lichtbogenschweißen ist aufgrund seiner über hundertjährigen Anwendung ein sehr ausgereiftes Verfahren, sodass auf ein umfangreiches Fach- und Erfahrungswissen zurückgegriffen werden kann. Im Vergleich zu anderen additiven Fertigungsverfahren ergibt sich dadurch der Vorteil, dass aus dem klassischen Verbindungs- und Auftragsschweißen bereits eine Vielzahl von Normen und Richtlinien vorhanden sind, auf denen das Verfahren aufsetzen kann. Die wesentlichen technologischen Herausforderungen des Verfahrens liegen in der Gewährleistung der mechanisch-technischen Eigenschaften der „gedruckten“ Bauteile sowie in der prozesstechnischen Beherrschung von auftretenden Eigenspannungen und des Verzugs. Die Bauteilintegrität hängt dabei stark von der Qualität und Quantität des Energieeintrages ab. Der Drahtwerkstoff wird im Lichtbogen kontinuierlich abgeschmolzen und so Lage für Lage aufgetragen. Dabei wird die Schmelze lokal durch Schutzgasabdeckung vor Oxidation geschützt. Durch die umfangreichen Parametrierungsmöglichkeiten ist es möglich, sowohl feine Strukturen für eher kleine Bauteile zu generieren, als auch sehr große Bauteile herzustellen. Eine große Herausforderung im Vergleich zum klassischen Verbindungsschweißen liegt vor allem darin, dass das Schweißen fortwährend auf dem Schweißgut und nicht auf dem Grundwerkstoff erfolgt. Somit sind verschiedene neue Betrachtungen der Legierungszusammensetzung, z. B. im Hinblick auf eine Legierungszusammensetzung der Drähte, notwendig. Der vergleichsweise hohe Energieeintrag

birgt insbesondere bei kleineren Bauteilen die erhöhte Gefahr von Oxidation, da die additiv bearbeiteten Bereiche kritische Temperaturen aufweisen können. Dies erfordert eine verbesserte Schutzgasabdeckung, eine erhöhte Prozesskontrolle sowie effiziente Kühlkonzepte, die alle sukzessive umgesetzt werden. Durch den Einsatz von spezifischen Fertigungsstrategien und Prozessüberwachungs- sowie Temperaturerfassungssystemen kann hierbei auch Eigenspannungen und Verzug effektiv entgegengewirkt werden. Untersuchungen zu den mechanischen Eigenschaften von für das 3DMP®-Verfahren qualifizierten Werkstoffen zeigen, dass diese vergleichbar mit denen konventionell hergestellter Probenkörper sind.

VERBINDUNG MIT SPANENDEN FERTIGUNGSVERFAHREN IN DER FERTIGUNGSKETTE

Auch bei kostengünstigen und gut zerspanbaren Legierungen wie zum Beispiel Aluminiumlegierungen kann das 3DMP®-Verfahren Vorteile erzielen, vor allem im Hinblick auf Durchlaufzeiten. Wenn beispielsweise Prototypen und Kleinserien von Gussbauteilen durch additiv gefertigte Bauteile ersetzt werden sollen, kann das 3DMP®-Verfahren zu einer signifikanten Verkürzung der Prozesskette führen (vgl. Abb. 3, S. 68). Da der Fertiger alle Schritte im eigenen Unternehmen durchführen kann, ist er nicht mehr zwangsläufig auf externe Lieferanten und entsprechende Lieferzeiten angewiesen.

Durch diesen Ansatz, ein additives Verfahren als Ergänzung zu bestehenden subtraktiven Verfahren einzusetzen, eröffnen sich vollkommen neue Möglichkeiten in der Optimierung der Prozesskette. Es kann nun erstmals direkt und bedarfsgerecht ohne längere Einfahrzeiten gefertigt werden. Dies bedarf jedoch einer entsprechend angepassten Produktionstechnik, da diese Anlagen auch den strengsten Richtlinien genügen müssen. Aus diesem Grund ist der additive Fertigungsprozess bei der GEFERTEC GTarc Maschine von der Umgebung gekapselt. Dies erlaubt es, die Maschine an jeder beliebigen Stelle in einem Unternehmen platzieren zu können, da sowohl die Absaugung der Schweißrauch, als auch die Zuführung von Prozessgasen innerhalb der Maschine erfolgt. Die einzigen Medien, die von außen zugeführt werden müssen, sind elektrische Energie und Druckluft. Durch den Kameraeinblick und den Einsatz von UV-abschirmenden Scheiben ist die Fachkraft an der Maschine auch optimal vor der aus dem Schweißprozess resultierenden UV-Strahlung ge-

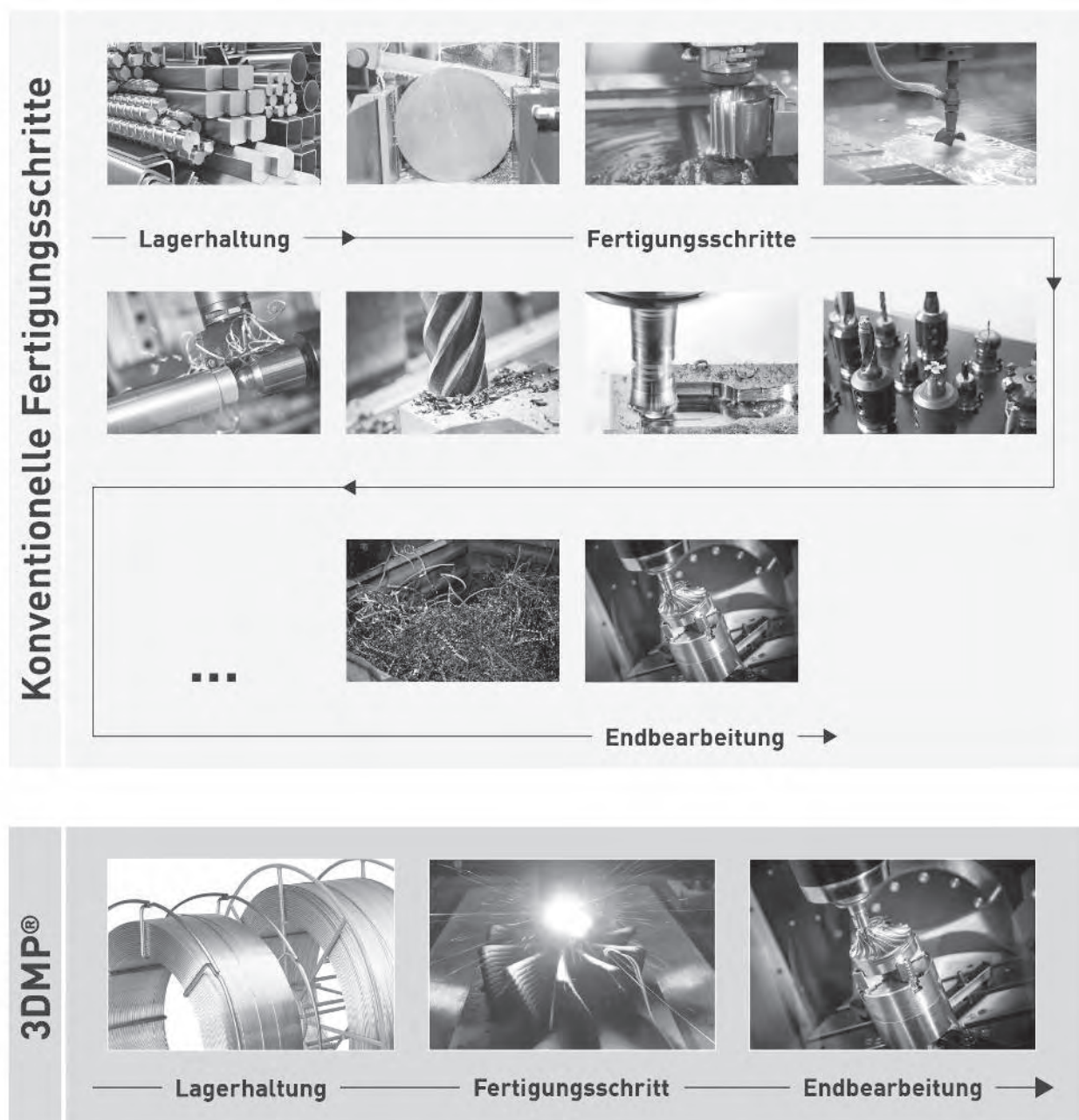


Abb. 3: Vergleich von konventionellen und 3DMP®-Fertigungsschritten

schützt. Somit ist die Umgewöhnungszeit von einer konventionellen, zerspanenden Werkzeugmaschine auf eine GEFERTEC-Maschine relativ gering, da die Fachkraft die gleichen Bedienelemente vorfindet und gleichzeitig ein optimaler und sicherer Zugang zu allen technisch relevanten Bereichen ermöglicht wird. Hinzu kommt, dass die Maschine durch den herausfahrbaren Arbeitstisch auch mittels Kran be- und entladen werden kann. Diese technologische Maßnahme war notwendig, da sich mit der Maschine Bauteile mit einem Volumen bis zu 3 m³ und einem Gewicht von max. 3 t fertigen lassen.

Durch die Verwendung der lichtbogenbasierten additiven Fertigung z. B. in einer Linienfertigung

können darüber hinaus die Kosten des gesamten Fertigungsprozesses deutlich verringert werden. Die Überlegung dabei ist, Serienbauteile individuell anzupassen. Als ein gedankliches Beispiel sei hier ein beliebiger Achsträger eines Autos genannt. Für die Standard-Motorisierungen, die einen wesentlichen Teil der Stückzahlen ausmachen, erfolgt keine Bearbeitung dieser Bauteile, für stärkere Motorisierungen in kleineren Stückzahlen jedoch werden die entsprechenden Bauteile aus der normalen Prozesskette ausgeschleust und dann mittels der lichtbogenbasierten additiven Fertigung individuell verstärkt. Somit entfällt der Aufwand für weitere Formwerkzeuge und in der Zusammenschaltung mit

einer zerspanenden Nachbearbeitung kann in der Fertigungszelle „additiv-subtraktiv“ direkt das endbearbeitete Bauteile wieder in die Produktionslinie eingeschleust werden. Der optimale Anwendungsfall der GEFERTEC-Anlagen liegt dabei in der vernetzten Fertigung von 2-3 additiven Maschinen und einer subtraktiven Maschine, deren Bestückung über einen zwischengeschalteten Roboter erfolgt. Dadurch sind



Abb. 4: Maschine zur additiven Fertigung vom Typ GEFERTEC GTarc 800-5

eine optimale Auslastung aller Maschinen und eine sehr hohe Kosteneffizienz möglich.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz der lichtbogenbasierten additiven Fertigung bietet vor allem im Bereich kleiner bis mittlerer Stückzahlen die Möglichkeit, sehr einfach variantenreiche Bauteile zu fertigen, ohne hohe bauteilspezifische Investitionskosten, z. B. für neue Anlagentechnik oder Formwerkzeuge, zu benötigen. Darüber hinaus bietet die lichtbogenbasierte additive Fertigung die Möglichkeit mehrere Bauteilserien, z. B. im Automobilbau, auf einer Anlage und in einer bestehenden Prozesskette zu fertigen. Damit kann der zunehmenden Individualisierung von Bauteilen Rechnung getragen werden, ohne dass die spezifischen Stückkosten signifikant steigen. Dies eröffnet vollkommen neue Möglichkeiten in der Fertigungstechnik.

+++ save the date +++ save the date +++ save the date +++ save the date +++ save the date +++

13. NOVEMBER 2018 – WÄLDERHAUS HAMBURG

„Nachhaltigkeit und Digitalisierung – auf welche Zukunft bereitet Berufsbildung vor?“

Am 13. November 2018 legt die BNE-Tour des Weltaktionsprogramms „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ einen Zwischenstopp im Wälderhaus Hamburg ein.

Unter dem Thema „Nachhaltigkeit und Digitalisierung – auf welche Zukunft bereitet Berufsbildung vor?“ werden aus unterschiedlichen (beruflichen) Perspektiven Konzepte und Praxisbeispiele einer zukunftsorientierten Berufsbildung zwischen dem Megatrend Digitalisierung und der Megaherausforderung nachhaltiger Gesellschaftstransformation diskutiert. Es erwarten Sie Vorträge zur Thematik und vertiefende Workshops mit berufsfeldspezifischen Schwerpunkten sowie zur Gestaltung von Lernorten.

Merken Sie sich den Termin schon einmal in Ihrem Kalender vor! Wir würden uns freuen, Sie in Hamburg begrüßen zu dürfen...

Weitere Informationen auf der BAG-Homepage: <https://www.bag-elektrometall.de/>

Veranstalter:

- Universität Hamburg, Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (IBW)
- Leuphana Universität Lüneburg, Arbeitseinheit Berufs- und Wirtschaftspädagogik
- Helmut Schmidt Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, Professur für Berufs- und Arbeitspädagogik
- in Kooperation mit den Bundesarbeitsgemeinschaften Bau Holz Farbe, ElektroMetall, Ernährung Hauswirtschaft

Veranstaltungsort:

Wälderhaus Hamburg
Am Inseelpark 19
21109 Hamburg

Eine Veranstaltung im Rahmen des Weltaktionsprogramms „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (www.bne-portal.de).

3D-Druck im FabLab Rendsburg



MARKO KRAHMER



CHRISTIAN MAASSEN

Additive Fertigungsverfahren werden zukünftig für verschiedene Berufe eine zunehmende Bedeutung erfahren. Eine hohe Zahl der gegenwärtigen Bildungsangebote konzentriert sich im Wesentlichen auf die Fortbildung von Fachkräften. Im Rahmen der Erstausbildung und Allgemeinbildung wird die Thematik gegenwärtig noch relativ selten zum Gegenstand von Ausbildung und Unterricht. Am Berufsbildungszentrum am Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg ist es durch den Aufbau eines sogenannten FabLabs gelungen, den 3D-Druck in den Unterricht von Schülerinnen und Schülern aus der Allgemein- und Berufsbildung zu integrieren und darüber hinaus auch die Infrastruktur der interessierten Öffentlichkeit aus der Region zur Verfügung zu stellen, was ein wesentliches Merkmal eines FabLabs ist.

HINTERGRUND UND ENTSTEHUNG

Die Idee der Gründung eines FabLabs am Berufsbildungszentrum am Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg entstand im Rahmen einer Erasmus+-Fortbildung an unserer Partnerschule LYCÉE HENRI NOMINE in Sarreguemines im Jahre 2015. Ein FabLab (engl. fabrication laboratory – Fabrikationslabor) ist eine offene, freie High-Tech-Werkstatt mit dem Ziel, Privatpersonen industrielle Produktionsverfahren für Einzelstücke zur Verfügung zu stellen. Typische Geräte sind 3D-Drucker, Laser-Cutter, CNC-Maschinen, Fräsmaschinen und Montageplätze, um mit verschiedenen Materialien eine große Anzahl an unterschiedlichen Werkstücken herstellen zu können („make almost everything“). FabLabs erlauben die unkomplizierte Anfertigung von hoch individualisierten Einzelstücken oder nicht mehr verfügbaren Ersatzteilen (Rapid Manufacturing). FabLabs sind in ein globales Netzwerk integriert. Die Idee zur Gründung von FabLabs entstand am Massachusetts Institut of Technology¹.

Die französischen Kolleginnen und Kollegen hatten sich schon einige Jahre intensiv mit dem Thema additive Fertigungsverfahren beschäftigt und haben uns viele Ideen für die Gründung eines FabLabs mit auf den Weg nach Rendsburg in Schleswig-Holstein gegeben. 2015 haben wir mit einem 3D-Drucker vom Typ Ultimaker 2 begonnen, uns in diese neue Technologie einzuarbeiten. Parallel zur Einarbeitung erfolgte die Recherche zur Finanzierung eines FabLabs. Wir haben versucht über verschiedene Träger wie Stiftungen und Wirtschaftsförderungsgesellschaften Mittel zu erhalten, doch leider konnte eine Finanzierung auf diesem Weg nicht realisiert werden. Somit starteten ab März 2016 die Planungen zur offiziellen Eröffnung im Oktober 2016 mit einer kompletten Finanzierung aus schulischen Mitteln des Berufsbildungszentrums am Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg und durch dessen Förderverein. Seit Oktober 2016 nutzen wir das FabLab schulintern im Unterricht, heißen Schulkassen von allgemeinbildenden Schulen willkommen und haben außerdem einmal wö-

chentlich nachmittags für die Bevölkerung unserer Region geöffnet.

AUSSTATTUNG

Aktuell ist unser FabLab mit fünf unterschiedlichen 3D-Druckern (Ultimaker2, Ultimaker3 extended, Maker-bot2, Makerbot5, Zmorph) ausgestattet. Um druckfähige Dateien herzustellen (Replizieren von Bauteilen) sind außerdem zwei Scanner (David, Ultimaker) angeschafft worden.



Abb. 1.: 3D-Drucker im FabLab Rendsburg

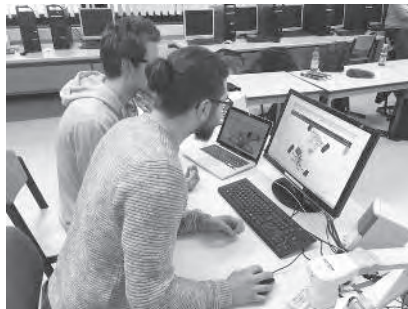


Abb. 2: Schüler an einem CAD-Arbeitsplatz

Des Weiteren befinden sich diverse Maschinen zur Herstellung der unterschiedlichsten Produkte in unserem FabLab. Einige Beispiele sind konventionelle Drehmaschine, CNC-Fräsmaschine, Lötstation, Montagearbeitsplätze, digitale Stickmaschine etc. Zusätzlich zur FabLab-Ausstattung sind über die einzelnen Fachabteilungen der Berufsschule weitere Maschinen und Anlagen verfügbar, wie sie in Industrie- oder Handwerksbetrieben ihre Anwendung finden.

UNTERRICHTLICHE EINBINDUNG DES FABLABS UND AUSSERSCHULISCHE NUTZUNG

Der 3D-Druck wird überwiegend im Kontext der „Technischen Kommunikation“ in den Unterricht eingebunden. Mit der Konstruktionssoftware SolidWorks, AutoCAD oder FreeCAD werden Teile, Baugruppen und Zeichnungen erstellt. Die Schülerinnen und Schüler erlernen dreidimensionale Objekte zu designen und können diese anschließend „einfach“ ausdrucken. Der Weg von der Designaufgabe hin zum fertigen Produkt ist sehr kurz und schnell. Dies ist für die Schülerinnen und Schüler äußerst motivierend. Besonders hervorzuheben ist, dass die Nutzung des FabLabs sehr gut auf alle Niveaustufen der Jugendlichen angepasst werden kann und bei einer Binnendifferenzierung von Klassen den Schülerinnen und Schülern ihrem Bildungsstand entsprechend ohne großen Mehraufwand entsprochen werden kann. So

haben wir Jugendliche aus der Berufsvorbereitung an den 3D-Druck herangeführt, in dem druckfähige Dateien im Internet auf Tauschplattformen gesucht und für den Druck genutzt wurden. Dual Studierende, die an unserer Berufsschule unterrichtet werden, konstruieren und produzieren im FabLab komplexe Baugruppen wie z. B. ferngesteuerte Modellautos, sogenannte RC Cars. Es handelt sich dabei um die maßstabsgetreue Nachbildung „echter“ Autos, wobei RC für Radio Controlled steht.

Im Bereich der beruflichen Erstausbildung haben Industriemechaniker/-innen den Auftrag zur Konstruktion und Herstellung eines Getriebes mit vorausgesetzten Anforderungen erhalten. Diese wurden im Vergleich zur Herstellung in den Metallwerkstätten mit deutlich weniger Aufwand produ-

ziert. Durch die Einbindung des FabLabs hatten die Auszubildenden eine höhere intrinsische Motivation, als wenn sie „nur“ Berechnungen an einem Getriebe vorgenommen hätten. In der Fachoberschule-Technik (FOS-T) vermitteln wir im Fach Technik den Jugendlichen den Einstieg in das CAD-Zeichnen anhand der Software Solidworks. In diesem Kontext führen wir die Jugendlichen auch an den 3D-Druck heran. Die Schülerinnen und Schüler haben ja bereits eine Berufsausbildung abgeschlossen und werden in vielen Fällen zukünftig ein Studium der Ingenieurwissenschaft absolvieren. Insbesondere für diese Zielgruppe ist es sehr sinnvoll, schon vor Aufnahme des Studiums neue Fertigungsverfahren kennengelernt zu haben.

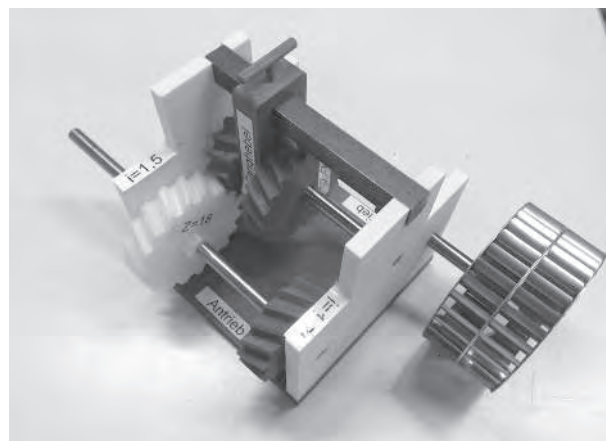


Abb. 3: Getriebe mit Komponenten aus dem 3D-Drucker

Wir bieten die Nutzung des FabLabs in sehr unterschiedlichen Formaten der Öffentlichkeit an. Es werden eintägige Einführungskurse in das CAD-Zeichnen und 3D-Drucken für Schulklassen anderer Schulen angeboten. Außerdem werden sogenannte Enrichmentkurse für Jugendliche der allgemeinbildenden Gymnasien angeboten. In Kooperationen mit der örtlichen Volkshochschule wird unsere Ausstattung für Kurse in der Erwachsenenbildung genutzt. Des Weiteren haben wir interessierten Vereinen das FabLab und den Prozess „von der Idee zum Produkt“ vorgestellt. Die Anfragen von zukünftigen Nutzern steigen stetig. An jedem Dienstagnachmittag ist das FabLab für die Bevölkerung der Region geöffnet und kann kostenlos genutzt werden. Hier können die Gäste entweder ihre Bauteile herstellen oder Unterstützung bei ihrer Ideenumsetzung erhalten. Ferner führen wir Fortbildungen in Kooperation mit der Industrie- und Handelskammer und Wirtschaftsförderungsgesellschaften durch. Das FabLab wurde u. a. auch bei der „Europäischen Nacht der Wissenschaft“ geöffnet und präsentiert.

RASENMÄHROBOTER UND ANDERE PRODUKTE

Das Berufsbildungszentrum am Nord-Ostsee-Kanal ist mit dem FabLab auch an dem OpenSource-Projekt Ardu mower² beteiligt. Hier ist in einer europaweiten Projektgruppe ein Rasenmäroboter entwickelt worden, der durch die freie Nutzung aller Informationen stetig weiterentwickelt wird. Das Projekt hat eine universelle Steuerungssoftware (opensource, basierend auf Arduino) hervorgebracht. Ferner gibt es einen Bausatz für das Chassis zum Bau eines eigenen Mähroboters. Das Berufsbildungszentrum am Nord-Ostsee-Kanal hat mit seinen Maschinen die Prototypen für das Chassis und kleine Bauteile wie Hülsen etc. konstruiert und hergestellt.

Den Betrieben und unseren Ausbildungspartnern vereinfachen wir den Zugang zur Herstellung erster Prototypen. Hierdurch wird die ohnehin gute Vernetzung zu den Betrieben und Unternehmen unserer Region weiter gestärkt. Wir bekommen auch intern aus der Schule viele Anfragen, ob ein Ersatzteil gezeichnet und gefertigt werden kann. So wurden Ersatzteile für PCs, PC-Drucker, Klassenraumausstattung, den Kfz-, Bau- und Elektrobereich produziert. Gerade diese „echten“ Ersatzteilaufträge sind für unsere Schüler und Schülerinnen sehr motivierend. Im Zuge des Unterrichtsfaches „Technische Kommunikation – 3D-Design“ werden z. B. Ersatzteile für Computertastaturen konstruiert und ausgedruckt.

FORTBILDUNGEN FÜR DAS KOLLEGIUM

Um die FabLab-Nutzung innerhalb der Schule auf möglichst viele Fachgruppen zu verbreitern, haben wir schulinterne CAD-Fortbildungen in Kombination mit einer 3D-Drucker-Einweisung durchgeführt. Hierdurch konnte der Nutzerkreis an unserer Schule deutlich erweitert werden. Diese Fortbildungen werden nun jährlich wiederholt, sodass interessierte Kolleginnen und Kollegen zu jedem Zeitpunkt einsteigen können. In der Zukunft sollen „3D-Design und 3D-Druck Unterrichtseinheiten“ in die unterschiedlichen Lernfelder bzw. Lehrpläne möglichst vieler Schularten integriert werden.

Etabliert ist die 3D-Drucktechnik bereits im Berufsschulunterricht ausgewählter Ausbildungsberufe der Metall- und Fahrzeugtechnik (Industriemechaniker/-in; Kfz-Mechatroniker/-in; Land- und Baumaschinenmechatroniker/-in) sowie in der FOS-Technik. Auch wenn der 3D-Druck noch nicht explizit in den Lehrplänen genannt wird, erlaubt die offene Formulierung der Curricula doch sehr vielfältige Anknüpfungspunkte. Aber auch in den Unterricht vieler anderer Ausbildungsberufe lässt sich der 3D-Druck hervorragend integrieren. So können beispielsweise im Kontext der Ausbildungsberufe der Bautechnik Modellhäuser gedruckt werden, um daran bestimmte bauliche Aspekte im Unterricht besser thematisieren zu können.

ORGANISATION UND FINANZIERUNG

Das FabLab ist einem Abteilungsleiter zugeordnet, der die Aktivitäten mit der Schulleitung koordiniert. Für das FabLab wurde eine Berufsschullehrkraft für die Betreuung (Vorträge, Berichte, Innovationen etc.) mit einer Stunde vom Unterricht freigestellt. Für die Wartung und technische Betreuung der Geräte hat ein Fachlehrer einige Stunden Unterrichtsermäßigung erhalten. Der Fachlehrer ist auch gemäß Stundenplan am Nachmittag für die Öffnung des FabLabs verantwortlich. Die Finanzierung (Investition in neue Geräte und Werkzeuge, Kosten für Verbrauchsmaterial etc.) erfolgt über den Investitions- und Verbrauchsgüterhaushalt des Berufsbildungszentrums am Nord-Ostsee-Kanal.

FAZIT

Mit der Anschaffung der 3D-Drucktechnik und der Einrichtung des FabLabs haben wir eine sehr gute Möglichkeit gefunden, um die Schülerinnen und Schüler – aber auch externe Interessierte jeder Altersstufe

– für die Technik des 3D-Drucks zu begeistern und den Erwerb von Kompetenzen zu ermöglichen. Der Weg von einer Idee hin zu einem fertigen Produkt ist hierdurch sehr kurz geworden und die Entstehung des Produktes kann direkt beobachtet werden. Zahlreiche interne und externe Anfragen bzgl. weiterer Informationen oder auch Workshops zu dem Thema zeigen uns, dass wir mit dem FabLab einen richtigen Weg eingeschlagen haben.

ANMERKUNGEN

Weitere Informationen unter

1) <http://www.fabfoundation.org>

2) <http://www.ardumower.de>

Meister/-innen und Techniker/-innen in der Studieneingangsphase

Studienmotive, Problemlagen sowie Stärken und Defizite beruflich qualifizierter Studierender



JULIA ARNOLD



FLORIAN WINKLER

Aus der Diskrepanz zwischen dem wachsenden Lehrkräftebedarf gerade in gewerblich-technischen Fachrichtungen und den erheblich zu geringen Studierendenzahlen erwächst ein zunehmendes Interesse an der Gruppe der Meister/-innen und Techniker/-innen. Der Beitrag stellt – im Sinne einer Fallstudie – beruflich qualifizierte Studierende der Ingenieurpädagogik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg hinsichtlich ihrer Studienmotive, Problemlagen sowie Stärken und Defiziten vor.

DURCHLÄSSIGKEIT ZWISCHEN BERUFLICHER UND HOCHSCHULISCHER BILDUNG

Studierende, welche ihre Studienberechtigung ohne vorherigen Erwerb einer allgemeinen oder fachgebundenen Hochschulreife über eine berufliche Aufstiegsfortbildung (z. B. „Staatlich geprüfte Techniker/-innen“, Meister/-innen) erworben haben, werden oftmals auch als „nichttraditionell Studierende“ bezeichnet. Den Inhabern der jeweiligen Abschlüsse wird seit dem Jahr 2009 eine allgemeine

Hochschulzugangsberechtigung zugesprochen (vgl. KMK 2009). Für Personen mit abgeschlossener Berufsausbildung und Berufserfahrung besteht unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, direkt in ein Studium mit fachlicher Nähe zum Beruf einzusteigen. Dazu ermöglichen einige Bundesländer Personen ohne Abitur und Fachhochschulreife den Hochschulzugang über eine Begabtenprüfung (vgl. NICKEL/SCHULZ 2017, S. 22).

Zudem bekommt die berufliche Bildung im Rahmen der europäischen Diskussion, nationale Qualifikationen über die jeweiligen Bildungssysteme hinaus vergleichbar zu machen, einen neuen Stellenwert. Der auf dieser Grundlage entwickelte Deutsche Qualifikationsrahmen stuft berufliche Abschlüsse aus Fachschulen sowie den Meisterabschluss auf dem gleichen Niveau ein wie den universitären Bachelorabschluss (vgl. DQR 2013, S. 39). Der Abschluss einer Aufstiegsfortbildung berechtigt dabei nicht zur Aufnahme eines Masterstudiums. Vielmehr steht die Anrechnung von außerhalb der Hochschule erworbenen Kompetenzen auf ein Bachelorstudium zur Diskussion.

NUTZUNG DER ZUGANGSWEGE

Der Anteil von Studierenden ohne Abitur liegt im Jahr 2010 bei 1,2 % und wächst bis 2015 auf 1,9 % an (s. Abb. 1). Betrachtet man dabei die absoluten Zahlen, hat sich diese Studierendengruppe von ca. 25.000 auf 51.000 verdoppelt. Die Zahl der Studienanfänger/-innen dagegen steigt von 2,1 % (2010) auf 2,8 % (2014) und fällt 2015 auf 2,5 % ab. Auch der Anteil der Absolventen und Absolventinnen steigt von 2010 mit 0,8 % auf 1,3 % im Jahr 2015. Insgesamt ist festzuhalten, dass trotz des Wachstumstrends der Anteil der Studierenden ohne Abitur immer noch eine Minderheit an deutschen Hochschulen darstellt (vgl. NICKEL/SCHULZ 2017, S. 4 f). Man kann daher kaum von einem funktionierenden Übergang zwischen der beruflichen Bildung und dem Hochschulsystem sprechen.

Zwischen den einzelnen Bundesländern gibt es starke Schwankungen bezüglich der Anteile an Studien-

anfängern und -anfängerinnen ohne Abitur. Während Hamburg (4,74 %), Nordrhein-Westfalen (4,28 %) und Berlin (3,28 %) die höchste Anfänger(innen)quote aufweisen, belegt Sachsen-Anhalt mit 0,78 % im Jahr 2015 den letzten Platz. Eine genauere Betrachtung der Entwicklung in Sachsen-Anhalt (s. Abb. 2) zeigt einen deutlichen Abwärtstrend. Während der Anteil mit 152 Studienanfängerinnen und -anfängern im Jahr 2002 bei 1,79 % liegt, reduziert sich die Studienanfänger(innen)quote mit einigen Ausnahmen kontinuierlich auf 0,78 %. Einen derartigen Abwärtstrend, welcher eine Reduzierung dieses Anteils um mehr als die Hälfte, ausgehend vom Jahr 2002, ausmacht – auch absolut halbieren sich die Studienanfänger(innen)zahlen – verzeichnet sonst kein anderes Bundesland (vgl. CHE 2017).

FORSCHUNGSSTAND ZU STUDIENMOTIVEN UND PROBLEMLAGEN VON NICHTTRADITIONELL STUDIERENDEN

In einer Vergleichsstudie heben JÜRGENS und ZINN (2015) das allgemeine Weiterbildungsinteresse und die Erweiterung der persönlichen Kompetenzen sowie konkrete Berufs- und Aufstiegsinteressen als Studienmotive nichttraditionell Studierender hervor (vgl. ebd., S. 45). Zu den Bedenken und hinderlichen Faktoren einer Studienaufnahme stellen sie die Finanzierung des Studiums, zeitliche Ressourcen, Mehrfachbelastung durch Familie, Haushalt, Erwerbstätigkeit und Studium sowie das Bedenken, dem zu hohen intellektuellen Anspruch des Studiums nicht gerecht zu werden, heraus (vgl. ebd., S. 50). Wahrgenommene Defizite hinsichtlich allgemeiner schulischer Kompetenzen – beispielsweise in den Bereichen Mathematik, Fremdsprachen und wissenschaftspropädeutisches Arbeiten – stellen demnach

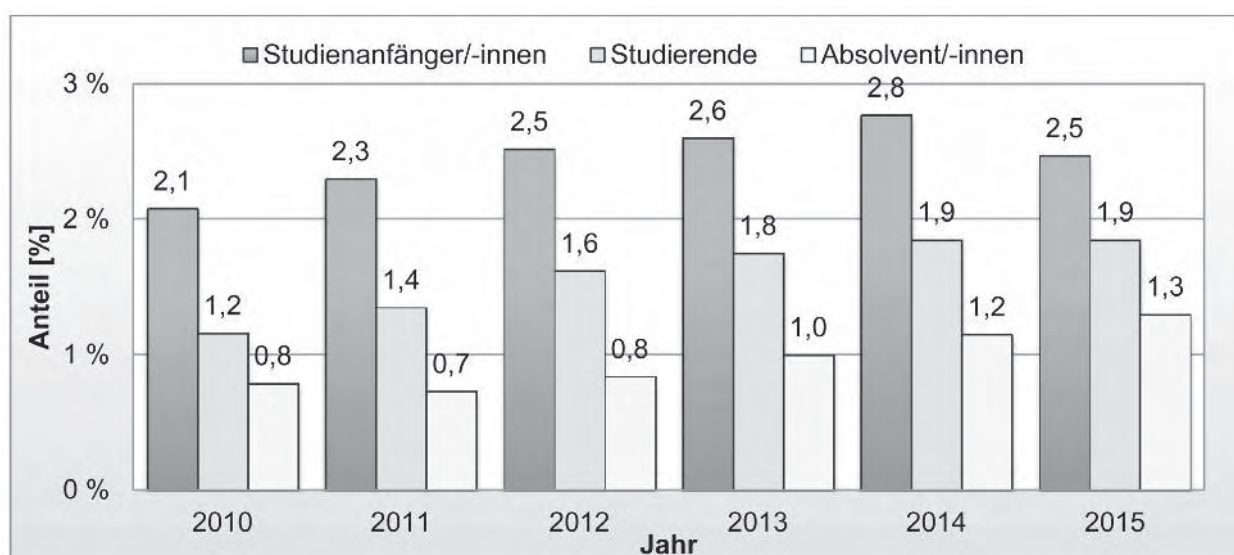


Abb. 1: Quantitative Entwicklung beim Studium ohne Abitur in Deutschland 2010–2015 (nachgebildet NICKEL/SCHULZ 2017, S. 5)

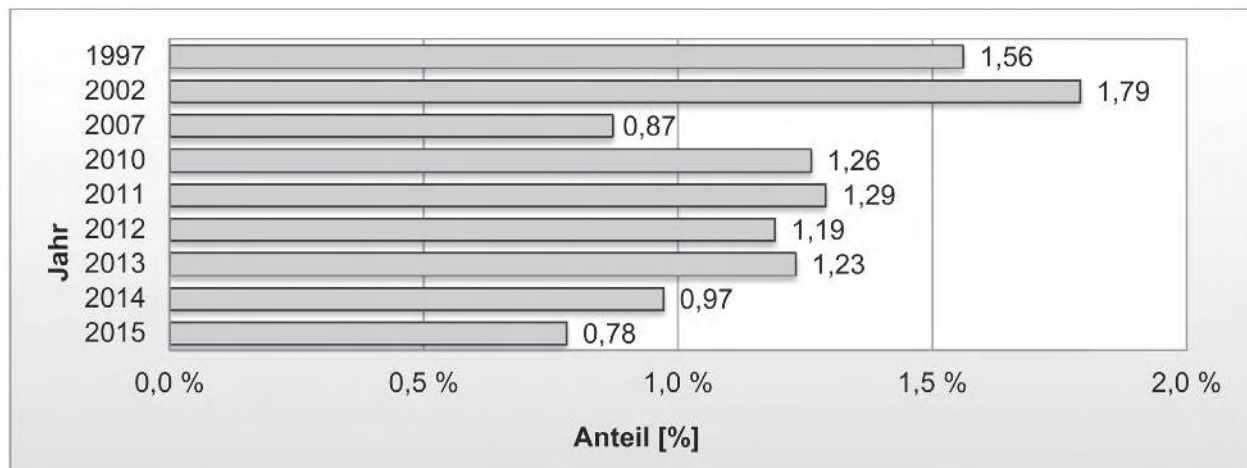


Abb. 2: Quantitative Entwicklung der Studienanfänger/-innen ohne Abitur in Sachsen-Anhalt (eigene Darstellung nach CHE 2017)

eine besondere Herausforderung für nichttraditionell Studierende dar. Während diese Wahrnehmung im Laufe des Studiums abnimmt, steigt die oben genannte Mehrfachbelastung im Studienverlauf jedoch an. Auffällig sind die erhöhte Anstrengungsbereitschaft und die intrinsische Studienmotivation von nichttraditionell Studierenden. Diese Studierendengruppe misst ihrem Studium zudem eine hohe subjektive Bedeutung bei und die Studienwahl ist weitestgehend vom Fachinteresse geleitet (vgl. ebd.).

Neben diesen Befunden zeigen die von JÜRGENS und ZINN ausgewerteten Studien, dass nichttraditionell Studierende ihr Studium genauso erfolgreich abschließen wie traditionell Studierende. Es gibt keinen Unterschied in den Abschlussnoten, der Studiendauer und Abbruchquote (vgl. ebd.). Diesen Ergebnissen zum Abbruchverhalten bezogen auf Studierende ohne Abitur, widerspricht die Studie von DAHM und KERST (2016). Studierende ohne Abitur unterscheiden sich zwar nicht hinsichtlich Abschlussnoten und Studienfortschritt, jedoch brechen sie das Studium häufiger ab als traditionell Studierende (vgl. ebd., S. 259). Als wichtige Abbruchmotive sind die Schwierigkeit bei der Bewältigung der Leistungs- und Lernanforderungen und die außerhochschulische Lebenssituation bezogen auf finanzielle Aspekte sowie die Unvereinbarkeit von Studium und Erwerbstätigkeit herauszustellen (vgl. ebd., S. 246 f).

EINE FALLSTUDIE: BERUFLICH QUALIFIZIERTE STUDIERENDE IN DER STUDIENEINGANGSPHASE AM BEISPIEL DER METALLTECHNIK

Der Übergang beruflich qualifizierter Studierender in ingenieurpädagogische Studienprogramme wird an der Universität Magdeburg derzeit besonders be-

trachtet. Die Altersstruktur der Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen für das Schuljahr 2015/16 zeigt, dass im Bundesdurchschnitt circa 49 % der Lehrkräfte über 50 Jahre alt sind, in Sachsen-Anhalt liegt der Wert bei 59 % (vgl. Statistisches Bundesamt 2016). Eine fachbezogene Analyse der ingenieurpädagogischen Fachrichtungen in Sachsen-Anhalt zeigt einen massiven Einbruch in der Versorgung mit Lehrkräften in den Jahren 2016 bis 2030. Innerhalb dieser 15 Jahre gehen in der Elektrotechnik ca. 79 % und in der Metalltechnik ca. 76 % der Lehrkräfte in den Ruhestand (vgl. ZECHIEL 2017, S. 106).

Vor diesem Hintergrund und den bislang niedrigen Studierendenzahlen in ingenieurpädagogischen Studiengängen stellen Berufserfahrene mit einer entsprechenden Aufstiegsfortbildung eine attraktive Studierendengruppe dar, welche sich für die Unterrichtsarbeit an berufsbildenden Schulen durch ihre eigenen Ausbildungs- und Praxiserfahrungen auszeichnen. Dennoch ist diese Gruppe bislang nur als Minderheit in den jeweiligen Studiengängen vertreten.

Wie im vorherigen Abschnitt aufgezeigt, stehen beruflich qualifizierte Studierende, im Vergleich zu traditionell Studierenden, differenten Anforderungen gegenüber. Um eine nachhaltige Erhöhung und Stabilisierung der Studierendenzahlen im ingenieurpädagogischen Bereich zu erreichen, ist es notwendig, die Bedürfnisse dieser Studierendengruppe zu verstehen und bei der Gestaltung von Studienbedingungen zu berücksichtigen. Ziel der diesem Beitrag zugrundeliegenden Studie ist die Erhebung von Studienmotiven, Problemlagen sowie Stärken und Defiziten von beruflich qualifizierten Studierenden in der Studieneingangsphase ingenieurpädagogi-

scher Studiengänge. Die Datenerhebung erfolgt mit Hilfe visualisierter leitfadengestützter Interviews, die unter Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING 2015) ausgewertet werden. Neben der Darstellung des Berufs- und Bildungsweges findet eine differenzierte Betrachtung der Entscheidungsphase für die Studienaufnahme, des Studieneinstiegs und der Studieneingangsphase statt (s. Abb. 3). Hierdurch lassen sich spezifische Anforderungen einzelner Phasen hervorheben. Zudem ermöglicht der Bildungs- und Berufsweg einen Rückbezug der empfundenen Stärken sowie Defizite und hilft, Studienmotive und Problemlagen zu verstehen.

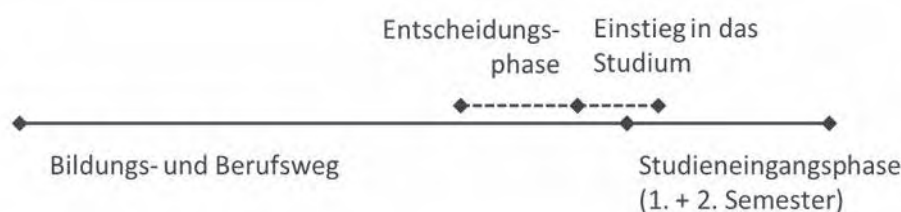


Abb. 3: Übersicht der relevanten Phasen für die Datenerhebung

Die Stichprobe setzt sich aus vier Studierenden im Bachelorstudiengang Berufsbildung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik zusammen. Davon befinden sich zwei Studierende im 2. Fachsemester und zwei im 4. Fachsemester. Drei dieser Studierenden weisen einen Abschluss als „Staatlich geprüfte Techniker Maschinentechnik/Maschinenbautechnik“ vor. Der vierte Interviewpartner verfügt über einen Abschluss als Industriemeister in der Fachrichtung Mechatronik.

Studienmotive

Für alle Befragten ist erkennbar, dass die Entscheidung zur Aufstiegsfortbildung nicht mit dem Ziel, ein Studium aufzunehmen, verbunden ist. Umso mehr überrascht, dass die Entscheidung für ein Studium nach einer teilweise sehr kurzen Explorationsphase erfolgt. Entsprechend stark müssen die Studienmotive bei den befragten Studenten ausgeprägt sein. Der Wunsch nach beruflichem Aufstieg deckt sich mit der Vergleichsstudie von JÜRGENS und ZINN (2015), wobei in der hier vorliegenden Studie – neben dem allgemeinen Interesse des beruflichen Vorankommens – der Berufswunsch, Lehrer zu werden, in den Vordergrund tritt. Dass die Studienwahl interessenorientiert stattfindet, zeigt sich mit Blick auf die jeweilige fachliche Ausrichtung der Aufstiegsfortbildung auch an der Wahl der beruflichen Fachrichtung. Ein weiteres Motiv der Studienwahl liegt in den Arbeits-

bedingungen als Lehrkraft. Die befragten Studenten identifizieren das sichere Einkommen, einen sicheren Arbeitsplatz und die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben als Vorteil gegenüber ihren bisherigen beruflichen Tätigkeiten. Zusätzlich geben die Befragten an, dass sie das Studentenleben erfahren wollen oder ein Studium in Erwägung gezogen haben, da Angehörige ebenfalls studierten.

Problemlagen

Einen Kernpunkt bildet die Finanzierung des Studiums. Hierbei ist die Finanzierung des Studiums nicht nur studienentscheidend, sondern beeinflusst ebenso den Studienerfolg, da die Aufnahme eines Nebenjobs oft zur Abwesenheit bei Lehrveranstaltungen führt und die vorhandene Lernzeit reduziert. Folglich wünschen sich die Studierenden zu

Beginn des Studiums eine Beratungsstelle, in der sie umfassend über die finanziellen Belastungen sowie Möglichkeiten im Studium informiert werden. Ebenso besteht der Wunsch nach mehr zielgruppenspezifischen Stipendien.

Insgesamt zeigen beruflich qualifizierte Studierende erhebliche Unsicherheiten im Informationsverhalten. So bestehen bei den Interessenten in der Entscheidungsphase durchaus Zweifel, ob sie tatsächlich für ein Studium zugelassen werden. Gerade hier sollten die Universitäten verstärkt über die Möglichkeit eines Studiums ohne Abitur informieren. Zudem bedarf es eines einfachen Informationszugangs bezüglich der Anforderungen im Studium, beispielsweise in Form von Musteraufgaben und -prüfungen, Hinweise zu Kontaktpersonen sowie eine Sensibilisierung für Begrifflichkeiten rund um das Studium.

Beim Einstieg in das Studium stellt sich die Herausforderung der Stundenplanerstellung. Es ist anzunehmen, dass dieser Aspekt nicht nur diese Zielgruppe, sondern alle Studienanfänger/-innen vor eine Herausforderung stellt. Desweiteren besteht eine große Unsicherheit hinsichtlich der Fragen, welche Lehrveranstaltungen zu besuchen und inwiefern Zulassungsbedingungen für anstehende Prüfungen zu erfüllen sind. Ein Grund dafür könnten die sehr unterschiedlichen Informationsstrukturen der Fakultäten darstellen, die am Lehramtsstudium beteiligt sind. Bei den Studierenden besteht durchweg der Wunsch nach mehr Ansprechpartnerinnen und -part-

nern sowie Bezugspersonen für verschiedene Bereiche. Insgesamt mangelt es am Standort nicht an vorhandenen Ansprechpartnerinnen und -partnern. Zielführend erscheint allerdings die fakultätsübergreifende Überprüfung gegebener Beratungsstrukturen und Informationsmittel hinsichtlich Transparenz, Vollständigkeit und vor allem Verständlichkeit und Zugänglichkeit des Informationsmaterials für Studieneinsteiger/-innen.

Einen weiteren Schwerpunkt, der intensiver diskutiert werden soll, bildet der intellektuelle Anspruch des Studiums. Bereits in der Entscheidungsphase sind sich die befragten beruflich qualifizierten Studierenden nicht sicher, ob sie den fachlichen Anforderungen gerecht werden können. Um dieser Sorge entgegenzuwirken, bereiten sie sich teilweise mit Lehrbüchern und Materialien aus ihrer Fachschule auf das Studium vor. Zudem nehmen sie an Vorkursprogrammen für Mathematik und Technische Mechanik teil. Der Besuch dieses Unterstützungsprogramms wird sowohl als hilfreich dahingehend bewertet, dass beruflich qualifizierte Studierende erfahren, welches Niveau gefordert wird, aber auch als nicht hilfreich eingestuft, da keine Zeit bis zum Studienstart zur Verfügung steht, um Defizite aufzuarbeiten. Ein weiteres Problem, welches das Vorkursprogramm für diese Studierendengruppe mit sich bringt, ist die zeitliche Kollision mit der vorherigen beruflichen Tätigkeit. Insgesamt führt die Unsicherheit, durch fehlendes Abiturwissen den fachlichen Anforderungen nicht gerecht zu werden, zu einer hohen zusätzlichen Lernzeit; allein für Mathematik nehmen sie sämtliche Unterstützungsangebote der Mathematik-Fakultät wahr, besuchen ein zusätzliches Mathematikutorium bei den Ingenieurpädagog*innen, treffen sich in Lerngruppen und betreiben Selbststudium. Hinzu kommt die Teilnahme an weiteren freiwilligen Tutorien bei den Ingenieurpädagog*innen für mehrere unterschiedliche Grundlagenmodule.

Mit Blick auf die Unsicherheiten erscheint die Grundidee der Vorkurse sehr hilfreich, um das fehlende Abiturwissen nachzuholen. Mit dem Ziel, die Studierendengruppe auf ein entsprechendes Ausgangsniveau – besonders in Mathematik – zu bringen, sollten jedoch andere Verfahrensweisen erprobt werden. Es empfiehlt sich ein Brückenkursprogramm, welches sich direkt an beruflich qualifizierte Studierende wendet und räumliche und zeitliche Flexibilität schafft. Hierzu erscheint ein onlinebasiertes Ange-

bot in Kombination mit persönlicher Betreuung als zielführend. Dies würde zudem ermöglichen, dass sich die Studierenden intensiv entsprechend ihres Ausgangsniveaus auf vorhandene Defizite konzentrieren können und durch eine persönliche Betreuung sowohl zum Studium motiviert als auch in ihrer Person wertgeschätzt werden.

Auch das Alter von beruflich qualifizierten Studierenden, welches zumeist höher ist als das der traditionell Studierenden, bereitet dieser Studierendengruppe zu Beginn des Studiums Unbehagen. Im Studienverlauf scheint es jedoch keine tragende Rolle mehr zu spielen. Trotzdem zeigt die Nennung dieses Aspektes, dass sich diese Studierendengruppe nicht durchgehend bewusst ist, welche Vorteile ihr bisheriger Lebens- und Berufsweg für den Beruf eines Lehrers an einer berufsbildenden Schule mit sich bringt. Diesen Bedenken sollte bereits in der Akquise dieser Studierendengruppe entgegengewirkt werden. Des Weiteren bereitet das eigene Alter dahingehend Sorgen,

Unsicherheit durch fehlendes Abiturwissen

Kontakte zu knüpfen, das Lernpensum zu bewältigen und das eigene Leben umzustellen. Wichtig erscheinen zum Studienbeginn regelmäßig ausgerichtete Treffen der Studienanfänger/-innen und spezifische Tutorien für eine erfolgreiche Einbindung in die Studierendengemeinschaft.

Stärken und deren Bezug zu Studienmodulen

Aufgrund ihres Berufs- und Bildungsweges identifizieren beruflich qualifizierte Studierende verschiedene Stärken, die sie im Studium nutzen können. Dazu gehören unter anderem die Problemlösefähigkeit, ihr fachspezifisches Vorwissen und die Selbstständigkeit. Interessant ist hierbei, dass mit Rückblick auf ihren Berufs- und Bildungsweg jede berufliche Etappe zur Herausbildung von Stärken geführt hat. Im Studium können sie diese Stärken in den verschiedenen Modulen unterschiedlich stark nutzen. Besonders in den Modulen zur Technischen Mechanik und der Konstruktionselemente bringen sie fast alle spezifische Vorkenntnisse und Stärken ein. Hierbei handelt es sich um Module, welche fachlich nah zur persönlichen Berufs- und Bildungsbio-graphie stehen.

In den allgemeineren Modulen zur Physik, Informatik und Mathematik finden beruflich qualifizierte Studierende weniger Ansatzpunkte, ihre Stärken zu nutzen. Deutlich wird, dass sie hier im Sinne der Vor-

lesungsinhalte nur weniger fachspezifisches Vorwissen einbringen können. Eher profitieren sie von ihrer Belastungsfähigkeit und Selbstständigkeit sowie der Problemlösefähigkeit. In diesem Zusammenhang wünscht sich diese Studierendengruppe praxisnahe und anwendungsbezogene Lehrveranstaltungen. Gerade hier, bei der Steigerung der Kenntnisrelevanz beruflicher Vorerfahrungen durch praxisnahe und anwendungsbezogene Lehrveranstaltungen, hat die Universität Chancen, sich entsprechend zu profilieren und die Attraktivität für beruflich qualifizierte Interessenten zu erhöhen. Zudem besteht der Wunsch nach Wertschätzung des Berufs- und Bildungsweges und der eigenen Person, indem bereits erbrachte Leistungen aus der Aufstiegsfortbildung auf das Studium angerechnet werden. Dieses Thema wird an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg bereits intensiv diskutiert und vorangebracht (vgl. ZECHIEL 2017).

WEITERGEHENDE FRAGESTELLUNGEN

Da für die vorliegende Studie ausschließlich Studierende der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik befragt wurden, können keine Erkenntnisse über beruflich qualifizierte Studierende anderer ingenieurpädagogischer Fachrichtungen gewonnen werden. Weiterführende Studien sollten hinsichtlich dieses Aspekts erweitert werden sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten. Die Ergebnisse zu den Studienmotiven und Hemmnissen beziehen sich auf einen Personenkreis, der sich für die Aufnahme eines Studiums entschieden hat. Hilfreich wäre auch ein Einblick in die Motive und Hemmnisse der Personen, die sich nach der Überlegung, ein Studium aufzunehmen, dagegen entschieden haben. Weiterführende Studien sollten zudem betrachten, welche kritischen Studienanforderungen sich nach der Studieneingangsphase ergeben und inwiefern sich das Einbringen von Stärken und der Einfluss von Defiziten über die gesamte Studienzeit entwickeln. Zudem sollte verstärkt diskutiert werden, inwiefern die Relevanz der im Beruf erworbenen Stärken im ingenieurpädagogischen Studium gesteigert werden kann.

LITERATUR

(DQR) BUND-LÄNDER-KOORDINIERUNGSSTELLE FÜR DEN DEUTSCHEN QUALIFIKATIONSRAHMEN FÜR LEBENSLANGES LERNEN (2013): Handbuch zum deutschen Qualifikationsrahmen, Stand 01.08.2013. Abrufbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2013/131202_DQR-Handbuch_M3_.pdf. Zugriff: 25.08.2017

(CHE) CENTRUM FÜR HOCHSCHULENTWICKLUNG (2017): Quantitative Entwicklung in den Bundesländern. Abrufbar unter: <http://www.studieren-ohne-abitur.de/web/information/daten-monitoring/quantitative-entwicklung-in-den-bundeslaendern-tableau/>. Zugriff: 29.08.2017

DAHME, G.; KERST, C. (2016): Erfolgreich studieren ohne Abi? In: WOLTER, A.; BANSCHERUS, U.; KAMM, C.: Zielgruppen Lebenslangen Lernens an Hochschulen. Münster, S. 225–265

JÜRGENS, A.; ZINN, B. (2015): Nicht-traditionell Studierende in Deutschland – Stand der empirischen Forschung und Desiderate. In: ELSHOLZ, U.: Beruflich Qualifizierte im Studium. Analysen und Konzepte zum Dritten Bildungsweg. Bielefeld, S. 35–56

(KMK) KULTUSMINISTERKONFERENZ (2009): Hochschulzugang für beruflich qualifizierte Bewerber ohne schulische Hochschulzugangsberechtigung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 06.03.2009

MAYRING, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12. Auflage. Weinheim und Basel

NICKEL, S.; SCHULZ, N. (2017): Update 2017: Studieren ohne Abitur in Deutschland. Überblick über aktuelle Entwicklungen

STATISTISCHES BUNDESAMT (2016): Staat & Gesellschaft - Schulen – Lehrkräfte nach Altersgruppen und Bundesländern. Abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Schulen/Tabellen/AllgemeinBildendeLehrkraefteAlter-Bundeslaender.html#Fussnote1>. Zugriff: 18.08.2017

ZECHIEL, O. (2017): Übergänge aus der Fachschule für Technik in das ingenieurpädagogische Studium. In: Lernen und Lehren. Jahrgang 32 (127), S. 106–111

GÜNTER PÄTZOLD: Betriebliches Bildungspersonal – Stärkung seines professionellen pädagogischen Handelns. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 2017, 134 Seiten, ISBN 9783834017154, 14,80 Euro

Betriebliche Bildungsprozesse sind stark durch das Spannungsverhältnis von ökonomischen und pädagogischen Zielen charakterisiert. Damit einher gehen besondere Anforderungen an das Bildungspersonal, soll es beiden Zielrichtungen gerecht werden. Unter aktuell diskutierten Herausforderungen – wie „demografischem Wandel“, „Digitalisierung“ oder „Heterogenität“ von (angehenden) Fachkräften – rücken wohlbekannte Fragen pädagogischer Professionalisierung in der betrieblichen Bildung in ein neues Licht. Das vorliegende Buch trägt zu dieser Renaissance des Professionalisierungsdiskurses bei, in dem zentrale Gebiete des auf Professionalisierung gerichteten, pädagogischen Handelns betrieblich Bildender von ihren historischen Wurzeln bis zu aktuellen Entwicklungen aufgezeigt werden.

Im ersten Kapitel wird die Berufserziehung in der berufsständischen Epoche unter Beachtung rechtlicher Regelungen beschrieben. Eingangs thematisiert der Verfasser die Entwicklung betrieblicher Bildung seit dem Mittelalter systematisch-historisch. Modelllernen – ergo das Lernen durch Imitation – als Form ständischer Berufserziehung mündet in die Anfänge geprüfter Unterweisungsfähigkeit von Lehrmeistern. In weiteren Subordinaten wird Berufserziehung als Selbstverwaltungsaufgabe der Wirtschaft thematisiert und die Eignung der Lehrmeister in Lehrlingswerkstätten diskutiert. Das zweite Kapitel beinhaltet Ausgangspunkte industrietypischer Berufsausbildung und Ausbildertätigkeit. Im Fokus stehen die Lehrwerkstätten und Werksschulen sowie die entstehende Nachfrage nach betrieblicher Ausbildungstätigkeit, welche – verbunden mit der Einführung von Lehrmeisterprüfungen – in kontinuierliche, betriebliche Berufserziehung münden. Im dritten Kapitel ist der Wandel von der subjektiven Überzeugung einer pädagogischen Begabung hin zur deren formalen Feststellung nach der Ausbilder-Eignungsverordnung (AEVO) sehr gut lesbar nachgezeichnet. So werden zunächst positive Änderungen und Erweiterungen in der

betrieblichen Berufserziehung der Nachkriegszeit aufgezeigt, die Anfänge pädagogischer Ausbildung der Ausbilder beschrieben und Tendenzen weiterer Verrechtlichung betrieblicher Berufsbildung anhand des Berufsbildungsgesetzes sowie der Ausbilder-Eignungsverordnung beleuchtet.



Während in den ersten drei Kapiteln die Anfänge der Professionalisierung des betrieblichen Bildungspersonals unter Bezugnahme auf zeitgenössische Problemlagen gegenwartsbedeutsam analysiert und zeitgenössische Denkweisen und Argumente eindrucksvoll herausgearbeitet werden, thematisiert der Autor in den folgenden Kapiteln vier bis sieben die aktuel-

le Debatte um die Professionalität von betrieblichem Bindungspersonal, Änderungen der AEVO sowie unterschiedliche Professionalisierungskonzepte.

So werden im vierten Kapitel einerseits in den Ausführungen zur Novellierung der AEVO jüngere Tendenzen von Zentralisierung und Dezentralisierung betrieblicher Bildungsarbeit nachvollzogen und dabei eine zunehmende Heterogenität der Ausbildungsadressaten berücksichtigt. Andererseits ist die Rolle von Modellversuchen für die zunehmende Professionalisierung betrieblicher Bildungsarbeit sowie ihres Personals aufgezeigt. Im fünften Kapitel beschreibt der Autor didaktisch-methodische Konzepte zielgerichtet, schätzt Lehr-Lern-Arrangements hinsichtlich ihrer Qualität ab und bringt dazu empirische Befunde ein. Die Entwicklung einer Einheit von Bildung und Ausbildung, von Ansätzen zur Lernprozessbegleitung sowie mehrperspektivischer Konzepte zur Ausbildung von Ausbildern werden im sechsten Kapitel aufgezeigt. Die „Professionalität des betrieblichen Ausbildungspersonals“ ist Thema des siebten Kapitels. Darin beschreibt der Autor eingehend die Pluralität der Profile betrieblicher Ausbildungstätigkeiten, erklärt die Prozess- und die Produktkomponente professioneller betrieblicher Ausbildungstätigkeit sowie die Bedeutung und Fol-

gen reflektierter Erfahrungen und eines subjektiven Kompetenzbedarfs.

Auf diese gründliche Analyse jüngst vergangener Entwicklungen pädagogischer Professionalisierung betrieblichen Bildungspersonals folgt das abschließende achte Kapitel mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf zukünftige Tendenzen. Deutlich wird, dass die Qualifizierung des betrieblichen Bildungspersonals auch weiterhin als Professionalisierungsprozess zu verstehen ist, der sachkundig gesteuert und begleitet werden sollte.

Mit dem vorliegenden Buch wird eine vielschichtige Beschreibung und Analyse der traditionell entstandenen und sich ständig weiterentwickelnden, pädagogischen Professionalisierung betrieblichen Bildungspersonals vorgelegt. Insgesamt ist anzunehmen, dass dieser 13. Band der Reihe „Diskussion Berufsbildung“ den aktuellen und zukünftigen Diskurs zur Professionalisierung des betrieblichen Berufs-

bildungspersonals weiter aufwerten und verstetigen wird. So eröffnen die gut herausgearbeiteten Entwicklungen der Professionalisierung in der betrieblichen Bildung eine Vielzahl an Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand.

Grundsätzlich kann dieser Band nicht nur Neueinsteigern als Überblick über professionelle betriebliche Bildungsprozesse und ihre Akteure empfohlen werden. Auch Lehrkräften an Berufsbildenden Schulen, die sich für die Professionalisierung von betrieblich Auszubildenden interessieren, sowie Studierende des Bildungsbereiches, die sich mit historischen Fragen der betrieblichen Bildung befassen, ist dieses Buch sehr zu empfehlen. Ferner wird es für das betriebliche Bildungspersonal selbst von hohem Interesse sein, um beispielsweise die eigene Berufsbiografie zu reflektieren und Hintergründe seines Berufsbildes zu erfahren.

Hannes Ranke

BERNHARD BONZ, HEINRICH SCHANZ und JÜRGEN SEIFRIED: Berufsbildung vor neuen Herausforderungen – Wandel von Arbeit und Wirtschaft. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 2017, 201 Seiten, ISBN 9783834017734, 19,80 Euro

Auch im 13. Band der Schriftenreihe Berufsbildung konkret ist es den Herausgebern gelungen ein aktuelles Thema der Berufs- und Wirtschaftspädagogik aufzugreifen und vielschichtig zu beleuchten. Ausgehend von einem weitreichenden Wandel von Gesellschaft und Beschäftigungssystem durch die Digitalisierung und durch die Veränderungen hin zu einer Industrie 4.0 werden Konsequenzen für die Berufsbildung aufgezeigt und kritisch betrachtet. Somit stellen die insgesamt zehn Beiträge aktuelle Herausforderungen an das berufliche Bildungswesen und neue Anforderungen an ein modernes Lehren und Lernen in der Berufsbildung zusammen. Der vorliegende Band ist in drei Schwerpunkte gegliedert: Teil I des Buches greift die Frage nach dem „Wandel von Gesellschaft und Beschäftigungssystem“ und den sich daraus zu folgernden „Konsequenzen für die Berufsbildung“ auf, Teil II thematisiert aktuelle „Herausforderungen für das berufliche Bildungswesen“ und im Teil III werden daraus „Neue Anforderungen an Lehren und Lernen in der Berufsbildung“ abgeleitet.



Der Einführungsbeitrag von BERNHARD BONZ betrachtet ausgehend von der historischen Entwicklung der Berufs- und Wirtschaftspädagogik die neuen Herausforderungen der Berufsbildung. Eine bildungswirksame Auseinandersetzung unter den sich verändernden

Bedingungen von Arbeit und Beruf resümiert er als eine der zukünftigen Aufgaben. Im Teil I startet GÜNTER KUTSCHA mit dem Beitrag „Berufsbildungstheorie auf dem Weg von der Hochindustrialisierung zum Zeitalter der Digitalisierung“. Aufbauen auf grundlegenden Ansätzen der Berufsbildungstheorie im Kontext industrieller Entwicklungsphasen, wird das Verhältnis von „Bildung“ und „Beruf“ als Leitfrage berufsbildungstheoretischen Denkens entfaltet, um am Ende

des Beitrages Desiderate offen zu legen. MARIANNE FRIESE nimmt sich in ihrem Beitrag „Inklusion, Gender, Migration – berufs- und wirtschaftspädagogische Herausforderungen im Zuge des demografischen Wandels“ einem Thema an, welches im Kern auf Fragen nach Bildungsungleichheit und gerechter Teilhabe an Ausbildung und Beschäftigung fokus-

siert. In historischer, systematischer, empirischer und handlungsfeldbezogener Perspektive wird das Themenfeld aufgezeigt und u. a. Konsequenzen für die Lehramtsausbildung und Professionalisierung begründet. Unter dem Titel „Akademisierung des Beschäftigungssystems“ wird von HEINRICH SCHANZ die starke Zunahme der Studierenden an Hochschulen thematisiert, die zu Effekten in der Arbeits- und Berufswelt führen kann. Seine umfassende Analyse nicht-akademischer und akademischer Bildung kommt zum bemerkenswerten Schluss, dass eine „Überqualifizierung“ durch die Akademisierung nicht stattfindet und die Akademisierung zu mehr Chancengleichheit beiträgt. Der Teil II des Bandes beginnt mit DIETER EULER und seinem Beitrag „Berufsausbildung zwischen altem Glanz und neuen Herausforderungen“. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Vielfältigkeit und Heterogenität in der Berufsbildung keine Verallgemeinerungen zulassen (sowohl die Erosions- als auch die Behauptungsthese des dualen Systems können zutreffen). MANFRED ECKERT nimmt sich der „Problematik des beruflichen Übergangssystems“ an. Aufbauend auf Darstellungen zur Pädagogik, Didaktik und Organisation in den Konzepten der Benachteiligtenförderung werden Entwicklungen im Bereich der Übergangsförderung vorgestellt. Im Rückblick resümiert er, dass die vorhandenen und hier dargestellten Konzepte zwar aktualisiert aber sehr prägend gewesen sind und somit ihre Berechtigung unter Beweis gestellt haben. Das Thema „Schulische Berufsausbildung – Begrenzung und Ausweitung“ wird von HEINRICH SCHANZ vorgestellt. Ausgehend von der Vielfalt beruflicher Schulen wird auf den Beitrag der Berufsschule zur dualen Berufsausbildung eingegangen. Danach werden die Berufsfachschulen vorgestellt und deren unterschiedlichen Zielsetzungen herausgearbeitet. Der Beitrag bietet insgesamt einen sehr informierenden Einblick in die unterschiedlichen Lernorte der Berufsbildung. DIETER MÜNK und GERO SCHEIERMANN erweitern die Sicht auf „Die europäische Berufsbildungspolitik und ihre Folgen für die deutsche Berufsbildung“. Es werden die Entwicklungen hin zu den heutigen Instrumenten der europäischen (Berufs-) Bildungspolitik dargestellt und die bestehenden Schwierigkeiten beispielsweise hinsichtlich der Anerkennung kritisch betrachtet. Mit dem Beitrag „Digitalisierung der Arbeit – Kompetenzerwartungen des Beschäftigungssystems und didaktische Implikationen“ von BERND ZINN beginnt der Teil III des Bandes. Seine Analyse betrachtet

die zukünftige Gestaltung der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Drei Perspektiven – eine technologische, eine ökonomische und eine aus der Berufs- und Arbeitssoziologie heraus begründete – verdeutlichen Veränderungsbedarf in der Aus- und Weiterbildung. Weitere sechs Dimensionen (Qualifikation, Arbeitstätigkeit, Lern- und Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsräume und Beschäftigungsformen) begründen veränderte berufliche Handlungskompetenzprofile, die im Weiteren skizziert werden. JÜRGEN SEIFRIED und EVELINE WUTTKE befassen sich mit dem Beitrag „Weiterentwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften an beruflichen Schulen“ mit dem Themenfeld Lehrkräftebildung. Kompetenzen zur Bewältigung von unterrichtlichen Aufgaben, diagnostische Kompetenzen und die Fähigkeit zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion werden als wesentlich angesehen.

Für Studierende, Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen, Lehrkräfte in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, Dozentinnen und Dozenten in der beruflichen Erwachsenenbildung, sowie alle, die an der Berufsbildung beteiligt und interessiert sind, ist dieser Band als Einführung in die jeweiligen Themenfelder zu empfehlen. Die Zusammenschau der unterschiedlichen Innovationsvektoren, die in ihren jeweiligen spezifischen Zusammenhängen Aus- und Einwirkungen auf die Berufsbildung haben (werden), werden hier kompakt und sprachlich gut nachvollziehbar dargeboten.

Axel Grimm

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

ADAMEK, JÜRGEN

Prof. Dr.-Ing., Hochschullehrer, Hochschule Osnabrück, Professor für Konstruktionstechnik, j.adamek@hs-osnabrueck.de

ARNOLD, JULIA

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

DANIEL, CHRISTIAN

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITB, Universität Bremen, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, christian.daniel@uni-bremen.de

FISCHER, GEORG

Dipl.-Ing. (IWE), Geschäftsführer der GEFERTEC GmbH, Schwarze-Pumpe-Weg 16, 12681 Berlin, georg.fischer@gefertec.de

GRIMM, AXEL

Prof. Dr., Hochschullehrer, Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat), axel.grimm@biat.uni-flensburg.de

HERKNER, VOLKMAR

Prof. Dr., Hochschullehrer, Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de

KRAHMER, MARKO

Leiter der Abteilung Metalltechnik, BBZ am Nord-Ostsee-Kanal, Herrenstraße 30-32, 24768 Rendsburg, m.krahmer@bbz-nok.de

MAASSEN, CHRISTIAN

Berufsschullehrer Metalltechnik, BBZ am Nord-Ostsee-Kanal, Herrenstraße 30-32, 24768 Rendsburg, c.maassen@bbz-nok.de

PETERSEN, MAREN

Prof. Dr.-Ing., Hochschullehrerin, Universität Bremen, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, ITB, maren.petersen@uni-bremen.de

PIWEK, VOLKER

Prof. Dr.-Ing., Hochschullehrer, Hochschule Osnabrück, Professor für Maschinenbau, insbesondere Konstruktionstechnik, v.piwek@hs-osnabrueck.de

RANKE, HANNES

M.Ed., Oberingenieur, Gewerbelehrer Farbtechnik und Raumgestaltung, Technische Universität Hamburg, Institut für Angewandte Bautechnik, hannes.ranke@tuhh.de

SCHLAUSCH, REINER

Prof. Dr., Hochschullehrer, Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de

SCHMITT, BIANCA

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITB, Universität Bremen, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, bschmitt@uni-bremen.de

SCHRÖTER, MARCUS

Dipl. Wirt.-Ing., wissenschaftlicher Mitarbeiter, Hochschule Osnabrück, m.schroeter@hs-osnabrueck.de

TÄRRE, MICHAEL

Dr., StD, Abteilungsleiter für die Beruflichen Gymnasien an den Berufsbildenden Schulen Neustadt der Region Hannover, michael_tierre@hotmail.com

WINKLER, FLORIAN

M. A., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken, florian.winkler@ovgu.de

Impressum

„lernen & lehren“ erscheint in Zusammenarbeit mit den Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.

www.lernenundlehren.de

Herausgeber

Axel Grimm (Flensburg), Volkmar Herkner (Flensburg), Klaus Jenewein (Magdeburg),
Georg Spöttl (Bremen)

Beirat

Matthias Becker (Hannover), Thomas Berben (Hamburg), Ralph Dreher (Siegen), Peter Hoffmann (Dillingen), Claudia Kalisch (Rostock), Andreas Lindner (München), Tamara Riehle (Siegen), Reiner Schlausch (Flensburg), Friedhelm Schütte (Berlin), Ulrich Schwenger (Heidelberg), Nikolaus Steffen (Freiburg), Thomas Vollmer (Hamburg), Andreas Weiner (Hannover), Lars Windelband (Schwäbisch-Gmünd)

Heftbetreuer: Reiner Schlausch

Titelbild: pixabay.com/mebner1

Schriftleitung (V. i. S. d. P.)

lernen & lehren

c/o Prof. Dr. Axel Grimm – Europa-Universität Flensburg, biat, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: 04 61/8 05-20 75, E-Mail: axel.grimm@biat.uni-flensburg.de

c/o StD Dr. Michael Tärre – Rehbockstr. 7, 30167 Hannover, Tel.: 05 11/7 10 09 23, E-Mail: michael_taerre@hotmail.com

Assistenz der Schriftleitung:

Tim Richter (Hannover), Britta Schlömer (Oldenburg/Oldbg.)

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an eine der obenstehenden Adressen senden. Manuskripte gelten erst nach Bestätigung der Schriftleitung als angenommen. Namentlich gezeichnete Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber dar. Theorie-Beiträge des Schwerpunktes werden einem Review-Verfahren ausgesetzt.

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit werden mitunter nicht immer geschlechtsneutrale Personenbezeichnungen genutzt, obgleich weibliche und männliche Personen gleichermaßen gemeint sein sollen.

Unverlangt eingesandte Rezensionsexemplare werden nicht zurückgesandt.

Layout/Gestaltung

Brigitte Schweckendieck/Winnie Mahrin

Verlag, Vertrieb und Gesamtherstellung

Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Postfach 15 59 – 38285 Wolfenbüttel

Als Mitglied einer BAG wenden Sie sich bei Vertriebsfragen (z. B. Adressänderungen) bitte stets an die Geschäftsstelle, alle anderen wenden sich bitte direkt an den Verlag.

Geschäftsstelle der BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik

c/o ITB – Institut Technik und Bildung der Universität Bremen

Am Fallturm 1 – 28359 Bremen

kontakt@bag-elektrometall.de

ISSN 0940-7340

ADRESSAUFKLEBER



WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE
KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE