

Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge

Vollmer, Thomas (Ed.); Jaschke, Steffen (Ed.); Schwenger, Ulrich (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

W. Bertelsmann Verlag

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Vollmer, T., Jaschke, S., & Schwenger, U. (Hrsg.). (2017). *Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge* (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. <https://doi.org/10.3278/6004575w>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt.
Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more Information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>

Steffen Jaschke
Ulrich Schwenger
Thomas Vollmer (Hrsg.)

43

Digitale Vernetzung der Facharbeit

**Gewerblich-technische Berufsbildung
in einer Arbeitswelt
des Internets der Dinge**

Steffen Jaschke
Ulrich Schwenger
Thomas Vollmer (Hrsg.)

Digitale Vernetzung der Facharbeit

**Gewerblich-technische Berufsbildung
in einer Arbeitswelt
des Internets der Dinge**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

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

Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation –
Band 43

Geschäftsführende Herausgeber
Klaus Jenewein, Magdeburg
Marianne Fries, Gießen
Georg Spöttl, Bremen

Wissenschaftlicher Beirat
Thomas Bals, Osnabrück
Karin Büchter, Hamburg
Frank Bünning, Magdeburg
Ingrid Darmann-Finck, Bremen
Michael Dick, Magdeburg
Uwe Faßhauer, Schwäbisch-Gmünd
Martin Fischer, Karlsruhe
Philipp Gonon, Zürich
Franz Ferdinand Mersch, Hamburg
Manuela Niethammer, Dresden
Jörg-Peter Pahl, Dresden
Karin Rebmann, Oldenburg
Susan Seeber, Göttingen
Tade Tramm, Hamburg
Thomas Vollmer, Hamburg

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Herausgebern.

W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG, Bielefeld, 2016
Gesamtherstellung: W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld
Umschlaggestaltung: FaktorZwo, Günter Pawlak, Bielefeld
Redaktion und Koordination: Dr. Steffen Jaschke

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

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

ISBN 978-3-7639-5810-8

Bestell-Nr. 6004575

Dieses Buch ist auch als E-Book unter der ISBN 978-3-7639-5811-5 erhältlich.

Inhalt

Vorwort	5
Industrie 4.0 – Konsequenzen für die Facharbeiter/-innen! <i>Georg Spöttl</i>	7
Analyse beruflicher Handlungsprozesse und Planung beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 <i>Martin Hartmann</i>	27
Digitalisierung der Arbeitswelt – Herausforderungen aus gesellschaftlich-politischer Sicht <i>Markus Wecker</i>	55
Arbeitsprozesse und Berufsbildung im Kontext von „Handwerk 4.0“ <i>Matthias Becker</i>	71
Digitalisierung in kleinen und mittleren Handwerksbetrieben <i>Bernd Mahrin</i>	87
Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit und technische Bildung <i>Gerd Gidion</i>	103
Informationstechnik als Querschnittsdimension gewerblich-technischer Facharbeit <i>Nicolai Heinrich</i>	117
Digital ist besser!? – Herausforderungen für die Facharbeit und die Berufsbildungspraxis <i>Jonas Gebhardt</i>	137
Virtual Reality als medientechnische und fachdidaktische Herausforderung der gewerblich-technischen Berufsbildung <i>Christian Stoll</i>	155

Inhalt

Medienkompetenz in der Berufsausbildung – Qualifizierung für die Arbeitswelt 4.0 <i>Heike Krämer, Gabriele Jordanski</i>	175
Netzkompetenz als Querschnittskompetenz in der Lehrerbildung <i>Axel Grimm</i>	189
Befähigung von Lehrkräften zur Umsetzung einer Beruflichen Bildung für eine nachhaltige Entwicklung <i>Sören Schütt-Sayed</i>	205
Lehrerbildung im Mechatronikstudium an der Fachhochschule <i>Gabriela Jonas-Ahrend, Dmitrij Tikhomirov</i>	225
Autorenverzeichnis	235

Vorwort

Die Arbeits- und Berufswelt befindet sich in starken Veränderungen. Nach der dritten industriellen Revolution, die durch Einsatz der Automatisierung in der Produktion und der Abwendung von tayloristischen Fertigungsstrukturen auch als „Digitale Revolution“ bezeichnet wurde, zeichnet sich erneut ein grundlegender Wandel der Arbeit ab. Industrie 4.0 steht für diese Entwicklung, in der die industrielle Produktion durch das „Internet der Dinge“ ein bisher nicht gekanntes Maß an Flexibilisierung bis hin zur Losgröße Eins erreicht. Wird die qualifizierte Facharbeit durch hochgradig vernetzte Technologie mit ihren immer komplexer werdenden Aufgaben ergänzt, ändern sich die Anforderungen an die betrieblichen Fachkräfte; es wird aber auch befürchtet, dass durch diese Entwicklung menschliche Arbeit weiter ersetzt wird und im Ergebnis nur noch hochqualifizierte Tätigkeiten verbleiben, die überwiegend nicht mehr die Produktherstellung, sondern deren Entwurf und die Produktionssysteme selbst zum Gegenstand haben. Eine solche Entwicklung würde nicht ohne gesellschaftliche Auswirkung bleiben. Der Wegfall ganzer Berufsbilder trägt den Keim zunehmender Arbeitslosigkeit in sich. Zudem bergen digital vernetzte Arbeitsplätze nicht nur die Gefahr der Entgrenzung beruflicher und privater Sphären, sondern auch den Verlust informationeller Selbstbestimmung.

Doch nicht nur die Industrie ist Ort der Veränderung. Ebenso verändert sich auch die Arbeit im Handwerk. Es ergeben neue Schnittstellen zwischen Industrie und Handwerk, die aus den Möglichkeiten der flexibilisierten und individualisierten Produktion resultieren. Des Weiteren wachsen die Möglichkeiten des automatisierten Austauschs von Daten zwischen Anlagen beim Kunden und dem Handwerksbetrieb für Konfiguration, Parametrierung oder Überwachung. Das „Internet der Dinge“ greift weit in den Arbeitsalltag ein. Geräte und Systeme auch aus unserem Alltag werden in zunehmendem Maß vernetzt; die Informationstechnik ist aus unserer Alltagswelt immer weniger wegzudenken. Aktuelle Kraftfahrzeugkonzepte in Verbindung mit permanenter Internetvernetzung und neuen Fahrer-Assistenzsystemen geben einen Einblick in die Entwicklungen, die auch in einer ersten Vision sichtbar werden lassen, wie in einigen Jahren bspw. unsere vernetzten Gebäude aussehen könnten. Gleichzeitig zeichnet sich bereits jetzt ab, dass die Segmentierungen der alten Berufsfelder keine Gültigkeit mehr haben und die Berufsbilder zusammenwachsen werden.

Was bedeutet diese Entwicklung für die berufliche Facharbeit in den Elektro- und Metallberufen? Wie kann eine moderne Berufsbildung auf die neu entstehenden Anforderungen vorbereiten? Was können wir von aktuellen Ausbil-

dungs- und Unterrichtsansätzen lernen? Und wie können wir Anforderungen begegnen, denen die Ausbilder/-innen und Lehrer/-innen beruflicher Schulen sich mehr und mehr gegenübersehen, wenn bspw. auch in den klassischen Elektro-, Metall- und Fahrzeugberufen nichts mehr ohne vernetzte Informationstechnik geht? Und schließlich: Wie kann das alles funktionieren unter den Bedingungen des demografischen Wandels und einer dynamischen Umstrukturierung des berufsbildenden Sektors, der gekennzeichnet ist von einer kontinuierlich abnehmenden Ausbildungsbereitschaft? Gleichzeitig benötigt ein immer größerer Anteil der jungen Menschen Unterstützung für einen erfolgreichen Ausbildungsabschluss, während sich die Anforderungen an die Fachkräfte rasant weiterentwickeln und schon jetzt ein Fachkräftemangel beklagt wird.

Für den Leser mag sich in diesem Buch mancher Anstoß für die Gestaltung einer verantwortlichen und auf „digitale“ Mündigkeit zielführende Berufsbildung finden. Und manchmal öffnet bereits die „richtige“ Fragestellung in dem einen oder anderen Beitrag den Einstieg in wirkungsvolles und nachhaltiges Handeln im Rahmen einer beruflichen Bildung, die den Anspruch hat, auch künftige, digitale vernetzte Prozesse der Arbeits- und Berufswelt verantwortlich gestalten zu können.

Industrie 4.0 – Konsequenzen für die Facharbeiter/-innen!

Georg Spöttl

Abstract

Wir erleben gegenwärtig eine erneute Hinwendung zur industriellen Arbeit unter dem Stichwort Industrie 4.0. Der im 20. Jahrhundert proklamierte strukturelle Wandel zur Dienstleistungsgesellschaft wird von der Industrie wieder eingeholt. Der Anteil der Industrie an der Bruttowertschöpfung ist in Deutschland seit den 1990er Jahren relativ stabil und beträgt um die 25 % (vgl. Ahrens und Spöttl 2015; Bauernhansl 2014, 7). „Industrie 4.0“ ist zu einem neuen Leitbegriff im Kontext „Zukunft der Arbeitswelt“ geworden. Um die Implementierung von Industrie 4.0 zu beschleunigen, gibt es zahlreiche Überlegungen und Aktivitäten und ein schrittweises Voranschreiten in der Nutzung von Cyber-Physischen-Systemen. Dieses hat erhebliche Wirkungen auf die Fachkräfte, besonders auf die als Facharbeiter, Meister und Techniker Beschäftigten. Eine der zentralen Fragen ist, ob diese Gruppe der Fachkräfte in der „intelligenten“ und digitalisierten Produktion von morgen noch Platz findet. Diese Frage wird nachstehend diskutiert.

Einleitung

Im Zusammenhang mit „Industrie 4.0“ ist unstrittig, dass sich im Zuge fort schreitender Automatisierung und echtzeitorientierter Steuerung Arbeitsorganisation und Arbeitsprozesse ebenso wandeln wie die Arbeitsinhalte und die Interaktion und Kommunikation zwischen Mensch und Technik. Bislang fehlen empirische Befunde, wie sich Aufgaben- und Kompetenzprofile verändern, wenn Produktionsprozesse verstärkt digitalisiert und mit „Cyber-Physischen-Systemen“ (CPS) dezentral gesteuert und eng vernetzt erfolgen und intelligente Werkstücke ihren Weg in der Produktion selbständig organisieren.

Trotz des gegenwärtig zu beobachtenden Bias auf technologische Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 bleiben die Beschäftigten Dreh- und Angel punkt für deren erfolgreiche Umsetzung. Um die Wirkungen der Implementierung von Industrie 4.0 auf die Facharbeiter zu identifizieren, wird auf die Ergebnisse einer Studie zurückgegriffen, die unter Leitung des Autors dieses Artikels verfasst und von bayme vbm im Frühjahr 2016 veröffentlicht wurde (vgl. bayme vbm Studie 2016).

Die Bedeutung von Industrie 4.0 für Unternehmen steht heute nicht mehr in Frage, weshalb eine Auseinandersetzung mit der Thematik dringend erforderlich ist. Eine aktuelle Erhebung von Jeske, Lennings und Stowasser (2016, 117 ff.) belegt, dass sowohl kleine und mittlere als auch große Unternehmen die Bedeutung von Industrie 4.0 mit 88,4 % als sehr hoch einschätzen (Steigerung um 15 % gegenüber einer Befragung ein Jahr früher). Die Einschätzung der Bedeutung für das eigene Unternehmen liegt bei knapp 70 %, was ebenfalls einer Steigerung der Bewertung innerhalb von einem Jahr um 15 % gleichkommt.

Zielsetzungen und Untersuchungsschwerpunkte

Das Ziel der Untersuchung war, den Wandel der Facharbeit zu erfassen und die veränderten Kompetenzanforderungen an die Mitarbeiter/-innen auf der „Shop-Floor“-Ebene und der mittleren Beschäftigungsebene im produzierenden Gewerbe der Metall- und Elektroindustrie zu identifizieren. Ausgangspunkt ist also die Annahme, dass die Digitalisierung der Arbeit die Aufgaben und Arbeitsprozesse verändern wird (Adolph et al. 2016, 77 ff.). Der Fokus lag demnach auf den Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte ohne akademische Ausbildung und an die mittlere Qualifizierungsebene. Die Untersuchungsergebnisse liefern auch Empfehlungen zu der Frage, ob eine Neugestaltung der in der Produktion anzutreffenden Berufe bzw. Berufsbilder angestoßen werden soll und mit welchen Schwerpunktsetzungen diese zu verfolgen sind. Benannt wurden zudem Empfehlungen für die Ausgestaltung der Produktionsarbeit im Zusammenhang mit Industrie 4.0 für Unternehmen und Qualifizierungsstätten.

An der zukünftigen Rolle der Fachkräfte setzte die Studie an und fragte, ob im Zuge einer verstärkt „individualisierten Produktion“ die Arbeitsaufgaben gleichermaßen in technologischer, organisatorischer und kommunikativer Hinsicht anspruchsvoller werden und welche Folgen dieses für die Beschäftigten unterhalb der akademischen Beschäftigungsebene hat. Nachstehende zentrale Fragen standen im Mittelpunkt:

1. Was sind die aktuellen und zukünftigen Veränderungen durch Einführung von Industrie 4.0 in der Metall- und Elektroindustrie? (Reichweite? Folgen für Mitarbeiter?)
2. Welche Auswirkungen hat die Einführung vernetzter und dynamischer Produktionsprozesse auf Qualifikations-, Kompetenz- und Berufsprofile? (von Facharbeitern, Meisten und Technikern)

3. Was sind die Folgen für Berufsbilder und Weiterbildungsprofile für diejenigen, die mit Industrie 4.0 in Berührung kommen?

Die Untersuchung im beschriebenen Anwendungsfeld war mehrstufig angelegt und basierte auf dem Einsatz qualitativer berufs- und sozialwissenschaftlicher Instrumente (vgl. Becker und Spöttl 2015; Windelband et al. 2012) wie Expertengespräche, Fallstudien und Experten-Workshops. Es wurde dabei die Absicht verfolgt, Veränderungen auf der Produktionsebene zu erfassen und daraus folgende Konsequenzen für die Gestaltung von Berufsbildern und Kompetenzprofilen zu erarbeiten. Konkreter Hintergrund für die Untersuchungen sind zum einen Erkenntnisse aus einer Studie zum „Internet der Dinge“ (IdD) in den Feldern Logistik und industrielle Produktion, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurden (vgl. Abicht und Spöttl 2012). Zum anderen wird auf Erkenntnisse aus einer aktuellen Studie in der Metall- und Elektroindustrie zur Umsetzung von Industrie 4.0 und deren Konsequenzen für die Facharbeit zurückgegriffen (vgl. bayme vbm Studie 2016). Mit den eingesetzten Instrumenten wurde nachstehend skizziertes Erkenntnisinteresse verfolgt:

- a) Mit Hilfe von fünfzehn Expertengespräche mit Fachleuten aus unterschiedlichen Einsatzgebieten von Industrie, Wissenschaft und Berufsbildung wurde herausgearbeitet, wie weit der Stand der technologischen Entwicklung hin zu Industrie 4.0 und Digitalisierung fortgeschritten ist und welche Veränderungen für die Facharbeit zu erwarten oder bereits real sind und welche Konsequenzen daraus für die Qualifizierung resultieren.
- b) In sechs Fallstudien in unterschiedlichen Unternehmen und ausgewählten Branchen der Metall- und Elektroindustrie ging es darum, aktuelle Entwicklungen in Unternehmen in Bezug zu den Technologieentwicklungen, der Veränderungen in der Arbeitsorganisation sowie in den Aufgaben der Facharbeit zu identifizieren. Daraus sollten Aussagen zu zukünftigen Qualifikationserfordernissen generiert werden. Es ging letztlich um die Erarbeitung eines Abbilds der „Branche“ zum Entwicklungstand Industrie 4.0.
- c) In zwei Expertenworkshops wurden mit 35 Produktionsfachkräften und Ausbildungsverantwortlichen Veränderungen in Betrieben auf der „Shop-Floor“ Ebene und in den Ordnungsmitteln diskutiert. Es ging dabei vor allem darum, Deutungsdifferenzen zu erschließen, real existierende, unterschiedliche Einschätzungen von Ausgangslagen und Orientierungen zu klären und eine Validierung der vorgenannten Erhebungsergebnisse zu erreichen. Daraus wurden Erkenntnisse gewonnen, um über Folgen und Gestaltungsmöglichkeiten in der Berufsbildung entscheiden zu können.

- d) In einem dritten Workshop mit Weiterbildungsexperten wurde diskutiert, wie inner- und außerbetrieblich durch Weiterbildungsaktivitäten sicher gestellt werden kann, dass Fachkräfte schnell und zielgerichtet auf die Anforderungen von Industrie 4.0 vorbereitet werden können.

Das Erkenntnisinteresse zielt auf die konkreten Entwicklungen auf dem Hallenboden, um erkennen zu können, mit welchen realen Herausforderungen Fachkräfte konfrontiert werden. Es wird bewusst darauf verzichtet, Makroanalysen vorzunehmen, weil zum einen solche bereits vorliegen und zum anderen über die Identifikation der generellen Zusammenhänge von sozialen, technologischen und arbeitsorganisatorischen Dimensionen in der Regel nicht entdeckt wird, mit welch konkreten Anforderungen Fachkräfte an den Anlagen tatsächlich konfrontiert sind. Es ging also bei dieser Studie um das Entdecken der Anforderungen auf der Mikroebene der Facharbeit, um Erkenntnisse zur Neugestaltung von Berufsbildung und Curricula gewinnen zu können.

Implementierungsstatus von Industrie 4.0

Als erstes soll die Frage beantwortet werden, wie weit die Unternehmen bei der Implementierung von Industrie 4.0 fortgeschritten sind? Viele Forschungsprojekte zu Industrie 4.0 wurden in Deutschland in den letzten Jahren erst gestartet, deshalb ist eine generelle Aussage zum aktuellen Zeitpunkt über alle Branchen hinweg kaum möglich.

Um die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 und damit die Verbreitung in den Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie einschätzen zu können, haben die Autoren der bayme vbm Studie (2016) ein Bewertungsinstrument für die Diffusion der Technologie und die Arbeitsorganisation entwickelt. Ersteres beinhaltet sieben Technologiedimensionen von der Sensorik/Aktorik (Vernetzung CPS), Vernetzung (gesamte Wertschöpfungskette), Funktechnik (Kommunikation), Big-Data (Datenanalyse), Cloud Computing (Datenspeicherung, Datengeschwindigkeit), Arbeitsplatzintelligenz CPS (Anteil Mensch/Technik) bis zur Datensicherheit (Datenhoheit). Diese Dimensionen wurden jeweils von Experten innerhalb von Experten-Workshops mit Blick auf die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 in Unternehmen bewertet. Bei dem aufgenommenen Ergebnis (vgl. Abbildung 1) handelt es sich um den Mittelwert aller Experten. Damit wurde ein Referenzsystem geschaffen, das eine eindeutige Charakterisierung zulässt, was die Entwicklungsstufen hin zu Industrie 4.0 bezogen auf die Technologiedimensionen ausmacht (vgl. bayme vbm Studie 2016, 56). Das Ergebnis in Abbildung 1 stellt also die Implementierungstiefe der Technologiedimensionen von Industrie 4.0 nach Einschätzung der Experten dar.

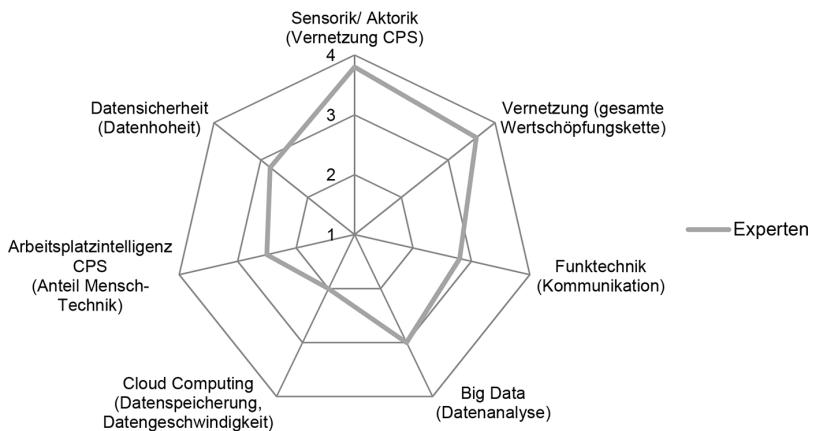


Abb. 1: Diffusionsstufen der Technologien – Experteneinschätzung

Quelle: bayme vbm Studie 2016, 59

Aus der Abbildung 1 ist auch zu erkennen, dass die höchste Ausprägungsstufe die Sensorik/Aktorik erreicht hat. D.h., die Verständigung der CPS über digitale Kommunikationseinrichtungen erfolgt bereits vernetzt innerhalb der Wertschöpfungskette und ist hoch relevant für die Facharbeitsebene. Eine geringe Bewertung erfolgte für die Dimension Cloud Computing; hier wurde die Ausprägungsstufe 2 zugeordnet. Das überrascht wenig und signalisiert, dass diese Thematik in den Unternehmen noch nicht angekommen ist. Zu klären sind vor allem die damit in Verbindung stehenden Fragen der Datensicherheit. Die Datenspeicherung erfolgt bisher vorwiegend unternehmensbezogen und bietet noch erhebliches Entwicklungspotenzial. Niedrig wurde auch die Funktechnik und die Arbeitsplatzintelligenz bewertet. Bei der Arbeitsplatzintelligenz könnte die Ursache für die niedrige Bewertung sein, dass diese bisher erst in ersten Ansätzen etabliert wurde. Datensicherheit ist eine Thematik, die in Verbindung mit sehr viel Vertrauen steht, welches bisher nicht gewährleistet scheint.

Die Dimension Arbeitsorganisation – Abbildung 2 – wird mit sechs Dimensionen umschrieben. Dazu zählen: Organisation der Prozesse (über die gesamte Wertschöpfungskette), Prozesssicherheit (Verfügbarkeit), Prozesseffizienz/Prozessoptimierung (Schnittstelle Mensch-Maschine), Prozesserfahrung (Erfahrungswissen), Prozessqualität (Fehlererfassung) und Prozessverständnis (innerhalb der Wertschöpfungskette). Diese Dimensionen wurden wie bei den Technologiedimensionen von Experten innerhalb von Experten-Workshops mit Blick auf die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 in Unternehmen bewertet. Bei dem aufgenommenen Ergebnis (vgl. Abbildung 2) handelt es sich um den Mit-

telwert aller Experten. Auch dieses Ergebnis ist als Referenzsystem zu verstehen, das eine eindeutige Charakterisierung zulässt, was die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 bezogen auf die Organisationsdimensionen ausmacht (vgl. bayme vbm Studie 2016, 70). Das Ergebnis in Abbildung 2 stellt also die Implementierungstiefe der Arbeitsorganisationsdimensionen von Industrie 4.0 nach Einschätzung der Experten dar.

Die Experten bewerteten die Dimensionen Prozessverständnis und Prozessqualität mit 3.4 bzw. 3.6 innerhalb der Ausprägungsstufen 1 bis 4 sehr hoch. D. h., dass das Prozessverständnis als sehr umfassend aufgefasst wird und von der Fachkraft über alle Arbeitsprozesse hinweg vorhanden sein muss. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Prozessqualität. Hier bewegen sich die Unternehmen immer mehr in Richtung einer Null-Fehler-Produktion durch die Nutzung der Echtzeitdaten. Beide Dimensionen werden in dem Sinne bewertet, dass sie für die Facharbeitsebene hoch relevant sind und beherrscht werden müssen.

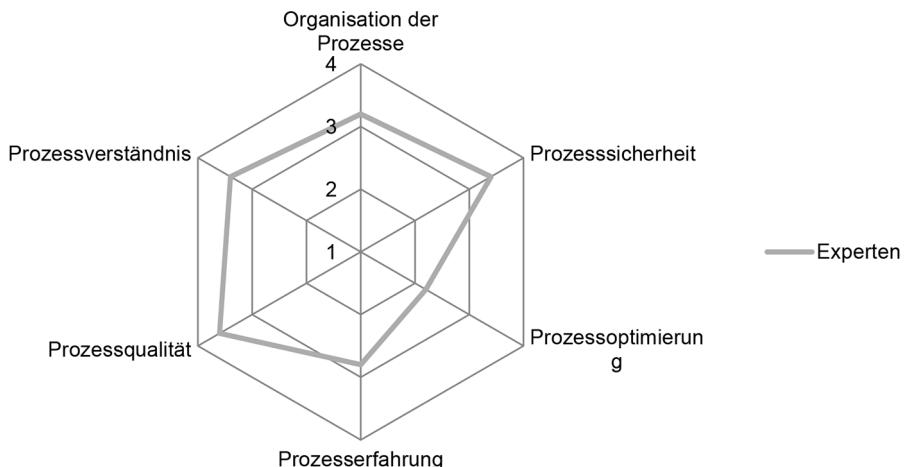


Abb. 2: Diffusionsstufen der Organisationsformen – Experteneinschätzung

Quelle: bayme vbm Studie 2016, 70

Die Dimension der Prozessoptimierung wird dagegen schwächer bewertet, obwohl das eine wichtige Aufgabe für die Fachkraft ist. Es wird hier allerdings die Maschine bzw. die Technologie als unterstützendes Werkzeug mit in das Kalkül einbezogen. Es kann aber auch der Schluss gezogen werden, dass die Unternehmen von einer eigenständigen Optimierung der Produktionsprozesse durch Industrie 4.0-Technologien noch ein ganzes Stück entfernt sind. Dem widerspricht allerdings die hohe Bewertung der Organisation der Prozesse. Erklärbar

wird die unterschiedliche Bewertung mit der Annahme, dass die Organisation als generelle Aufgabe der Fachkräfte gesehen wird und die Optimierung enger auf Industrie 4.0 bezogen wird. Hoch bewertet wird auch die Prozesssicherheit als Dimension von grundsätzlicher Bedeutung.

Die Ausführungen verdeutlichen, dass sich die Unternehmen immer mehr mit Industrie 4.0-Technologien beschäftigen und auch die Arbeitsorganisationsformen entsprechend weiterentwickeln. Jedoch sind die Entwicklungsstufen in den einzelnen Dimensionen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Es wird deutlich, dass es für die Unternehmen eine große Herausforderung ist, eine komplett Vernetzung über die gesamte Wertschöpfungskette von den Zulieferern bis hin zum Kunden herzustellen. Die Schnittstellenproblematik nach innen und außen durch die unterschiedlichen Datenformate und -systeme sowie die Datensicherheit spielen eine große Rolle bei der betrieblichen Umsetzung von Industrie 4.0-Technologien und wird aufgrund der hohen Relevanz für eine funktionierende Produktion vorsichtig vorangetrieben. Zudem sind die Prozessabläufe und die Prozesssicherheit eine zentrale Herausforderung, auf deren Beherrschung Mitarbeiter/-innen gezielt vorzubereiten sind.

Herausforderungen im Überblick

Die aus der Implementierung von Industrie 4.0 resultierenden Herausforderungen lassen sich auf der Grundlage der Untersuchungen in Betrieben (Fallstudien) und den Expertengesprächen (vgl. bayme vbm Studie 2016) wie nachstehend zusammenfassen:

- 1) Facharbeiter, Meister, Techniker, also Personen mit einer gewerblich-technischen Berufsausbildung und einer darauf aufbauenden Weiterbildung, sind in Industrie 4.0-relevanten Schwerpunkten zu qualifizieren. Sie müssen in der Lage sein, die Prozessabläufe in ihrer Komplexität zu beherrschen und einen störungsfreien Betrieb von Anlagen sicherstellen.
- 2) Das Beherrschen von vernetzten Systemen mit dezentraler Intelligenz, des Umgangs mit Daten und deren Analyse sowie die Fähigkeit, einen störungsfreien Anlagenbetrieb sicher zu stellen, gelten als wichtigste Anforderungen der Produktionsstätten. Daneben wird als Selbstverständlichkeit erwartet, dass die nach wie vor vorhandenen traditionellen Facharbeitsaufgaben bewältigt werden können.
- 3) Die bisherigen Schwerpunktsetzungen auf allgemeine Fragen zu Industrie 4.0 sind um technologische Schwerpunkte zu CPS, um arbeitsorganisatorische Fragen, um Fragen der Arbeitsgestaltung, der Prozessabläufe, der Datensicherheit, der Programmietechniken, der Störungssuche und der

Problemlösung mit Hilfe von Assistenzsystemen und Datenanalyse zu erweitern (vgl. bayme vbm Studie 2016, 3f.).

Die softwaretechnische Vernetzung mit den zugehörigen CPS-Elementen erfährt eine kontinuierliche Verbreitung. Anlagen und Maschinen müssen deshalb mit zunehmender Diffusion von Industrie 4.0 immer von

- der Vernetzung,
- den CP-Systemen,
- der Software und
- der Prozesseinbettung

her gedacht und betrachtet werden. Dadurch verändert sich die Interaktion zwischen Mensch und Maschine erheblich. Äußerer Ausdruck davon ist die intensiver werdende Nutzung der Bildverarbeitung, die Informationsweitergabe mittels visueller Aufbereitung auf verschiedenen Nutzergeräten, die Nutzung von Videos, von audiovisueller Sprache usw.

Mit anderen Worten: Es stehen kontextbezogene Daten im Mittelpunkt die Auskunft über Anlagen, Fertigungsprozesse und Prozessabläufe geben. Mithilfe von integrierten Sensoren und Akteuren wird das Verhalten der Maschinen gesteuert, analysiert und dokumentiert. Die erfassten Daten werden zu Informationen für die Anlagenbetreiber/-innen zusammengefasst. Die gesammelten Daten wiederum sind die Grundlage für Werkzeuge, die von den Fachkräften situationsabhängig zu nutzen sind (vgl. bayme vbm Studie 2016, 3f.).

Dabei stellt sich die Frage, wie sich durch Industrie 4.0 die Organisationsprozesse innerhalb der Produktion und dadurch die Hierarchien in den Unternehmen verändern? Hierzu finden sich in der Literatur nur wenig eindeutige Forschungsergebnisse. Deshalb ist auch unklar, wie sich bestimmte Entscheidungsprozesse auf der Facharbeitsebene verändern werden. Hat der Facharbeiter bzw. die Facharbeiterin noch eine Mitgestaltungsmöglichkeit innerhalb von Industrie 4.0 oder fördert Industrie 4.0 einen Taylorismus 4.0? Die Entwickler und Treiber der Idee Industrie 4.0 betonen immer wieder, dass eine kooperierende Interaktion zwischen allen Ebenen angestrebt wird und die Menschen innerhalb der Produktion dabei einen gestalterischen Einfluss auf ihre Arbeit haben sollen. Die Acadec-Arbeitsgruppe Industrie 4.0 führt dazu an:

„Die Smart Factory enthält Gelegenheitsstrukturen für eine neue Arbeitskultur, die sich an den Interessen der Beschäftigten orientiert. [...] Über die Qualität der Arbeit entscheiden nicht die Technik oder technische Sachzwänge, sondern Wissenschaftler und Manager, welche die Smart Factory modellieren und um-

setzen. Gefragt ist in diesem Zusammenhang eine soziotechnische Gestaltungsperspektive, in der Arbeitsorganisation, Weiterbildungsaktivitäten sowie Technik- und Software-Architekturen in enger wechselseitiger Abstimmung, „aus einem Guss“ mit dem Fokus darauf entwickelt werden, intelligente, kooperative, selbstorganisierte Interaktionen zwischen den Beschäftigten und/oder den technischen Operationssystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermöglichen.“ (Kagermann et al. 2013, 57).

Veränderungen auf der Facharbeitsebene

Fachkräftesituation – Beschäftigungssituation

Die Entwicklung von Industrie 4.0 mit Blick auf die Digitalisierung und deren Wirkungen auf die Beschäftigten wurde in den vergangenen Jahren in mehreren Studien (vgl. Dengler und Matthes 2015; Hammermann und Stettes 2015; Schumann et al. 2014; Wolter et al. 2015) und mit verschiedenen Zielrichtungen untersucht. Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass beim derzeitigen Stand der Umsetzung von Industrie 4.0 die Entwicklungen des Fachkräftebedarfs noch nicht zuverlässig festgestellt werden kann. Es dominieren verschiedene Szenarien von kräftigen Rationalisierungsverlusten bis hin zum Zugewinn an Beschäftigung. Allen Studienergebnissen ist jedoch gemeinsam, dass Beschäftigungsmöglichkeiten für gering qualifizierte Mitarbeiter im Zuge der Etablierung von Industrie 4.0 zurückgehen werden. Bei ausgebildeten Facharbeitern und akademisch qualifizierten Mitarbeitern wird ein höherer Bedarf der Unternehmen prognostiziert. Die genannten Zahlenwerte sind jedoch nur selten empirisch valide erhoben.

Aus den eigenen Erhebungen lassen sich folgende tendenzielle Aussagen zum zukünftigen Fachkräftebedarf zusammenfassen (bayme vbm Studie 2016, 44):

1. *Trend A: Unternehmen ohne „Industrie 4.0“.* Keine Veränderungen in der direkten Produktion, jedoch in der indirekten (z.B. Stellen für zukünftige Implementierung von Industrie 4.0).
2. *Trend B: Unternehmen mit geringer „Industrie 4.0-Dichte“.* Stagnation bis leichtes Anwachsen bei den hoch qualifizierten Fachkräften wie Facharbeitern, Meistern und Technikern und merkliche Produktivitätszuwächse.
3. *Trend C: Unternehmen mit hoher „Industrie 4.0-Dichte“.* Zunahme der oberen Qualifikationsebene um 20 Prozent bis 30 Prozent (gut qualifizierte Facharbeiter, Meister, Techniker, ...), weitgehender Abbau der Geringqualifizierten (An- und Ungelernte).

Aus den Trends lässt sich schlussfolgern, dass Facharbeitern mit einer auf Industrie 4.0 ausgerichteten hochwertigen Aus- und Weiterbildung sehr gute Beschäftigungs- und Karrierechancen eingeräumt werden. Dies widerspricht den Aussagen, die den Facharbeiter aufgrund der Entwicklungen hin zu Industrie 4.0 chancenlos und in Gefahr sehen (vgl. Bonin et al. 2015). Allerdings konkurriert diese Gruppe bei Planungsaufgaben und konzeptionellen Aufgaben mit akademisch ausgebildeten Personen. Bei anderen Aufgaben hingegen, wie Fehlersuche und -behebung, Inbetriebnahme, Einstell- und Rüstarbeiten und Warten und Instandhalten sind Fachkräfte mit einer metall- oder elektrotechnischen Berufsausbildung, ausgerichtet auf die softwarebasierte Vernetzung auf dem Hallenboden, unabkömmlig und erfreuen sich vor allem dann besonders hoher Wertschätzung, wenn sie auch noch drei bis vier Jahre Berufserfahrung aufweisen. Letzterem wird gerade für den Betrieb hoch komplexer Anlagen große Bedeutung beigemessen, wie die durchgeföhrten Fallstudien belegen. Spätestens ab der Inbetriebnahme von Anlagen sind es Fachkräfte mit einer Berufsausbildung, die den kontinuierlichen Anlagenbetrieb sicherstellen, vorausgesetzt, sie haben bereits gelernt, „von der Software her zu denken“ (bayme vbm Studie 2016, 44).

Die Aussagen zu verschlechterten Beschäftigungschancen der An- und Ungelehrte sind bei unseren Erhebungen identisch mit den anderen wissenschaftlichen Studien. Diese Gruppe verfügt nicht über die Kompetenzen, die an komplexen Hightech-Anlagen benötigt werden. Diese Zielgruppe, die je nach Region und Branche 15 bis 20 Prozent der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe in der Metall- und Elektroindustrie ausmacht, scheint der Verlierer der Entwicklungen von Industrie 4.0 zu werden.

Herausforderungen für Berufsbilder

Neben den Erhebungsergebnissen zur Diffusion der Industrie 4.0 Technologien und Arbeitsorganisationsformen liegen Erkenntnisse zu den Veränderungen der Facharbeit auf der „Shop-Floor“-Ebene vor. Diese haben erhebliche Auswirkungen auf Berufsbilder und werden nachstehend skizzenhaft dargestellt.

Empirisch ermittelte Veränderungen

Die Veränderungen konzentrieren sich auf:

- Instandhaltung, Lesen und interpretieren von Betriebsdaten der Anlagen, Fehlerbehebung in Sensorik/Aktorik (Signalverarbeitung beherrschen).
„Die handwerklichen Aufgaben wie Futterwechsel, Maschinen umzurüsten, ... Service- und Reparaturaufgaben wahrzunehmen bleiben“ (Fall A).

„Neue Aufgaben kommen hinzu – diese sind stark von der elektronischen Vernetzung geprägt“ (Fall E).

- Störungssuche an Anlagen hoher Komplexität, die immer mehr mit anderen Maschinen/Anlagen vernetzt sind.
- Genaue Analyse von Störungsursachenbeherrschung (Lesen von Live-Bildern aus der Maschine, deren Bewertung und entscheiden, was zu tun ist).
- Aneignung von Wissen über Internet, Handbücher, Datenblätter, Wissensforen.

„....Wir sind für das Materialauffüllen genauso zuständig, wie dass wir Störungen in der Mechanik beheben. Wenn es dann tiefer, elektrisch ist, dann haben wir noch einen elektrischen Service vor Ort. ... Also, in elektrische Schaltschränke dürfen wir als Mechaniker nicht rein, da brauchen wir den Service vor Ort. Auch bei den Programmen der Kamera-Systeme, da gibt es Serviceleute, ... Wir halten die ganze Maschine am Laufen. Fehler, die durch die SPS verursacht werden, solche Fehler beheben wir.“ (Facharbeiter)

- Prozessoptimierung selbstständig unterstützen, Informationsbeschaffung sicherstellen und aus dem täglichen Tun Ideen zur Verbesserung einbringen.

- Hybride Aufgabenwahrnehmung der Fachkräfte an Anlagen (mechanische, elektrische und softwarebasierte Aufgaben).

„Man muss sich ... auskennen, welche Prozesse an den einzelnen Stationen erledigt werden, wie wird es erledigt, mechanisch, elektrisch, ..., was sind für Bauteile verbaut und dann braucht man je nach Fehler den man beheben will die Ausbildung Pneumatik, Hydraulik, Mechanik, Elektrik ...“. (Facharbeiter)

- „IT Kompetenzen“ und hier speziell Netzwerktechnik, Routerkonfiguration, Firewalltechnik, getrennte Netze, Network Translation, Fehleridentifikation.

- Prozessverständnis, Integration und echtzeitnahe Synchronisierung von Prozessen entlang des Produktlebenszyklus.

„Auch in der Inselfertigung nimmt die Vernetzung der Anlagen weiter zu, Mitarbeiter hat immer mehr eine überwachende Rolle. Auslastung der Maschinen und Qualität wird immer entscheidender. Mitarbeiter werden bzgl. der IT-Betreuung geschult – bei der Neueinrichtung der Fertigungsinseln.“ (Fall E)

- Datenanalyse und Interpretation der Datennehmen sehr stark an Bedeutung zu – Gefahr: Vielfalt der Daten (Big Data) und Aufbereitung der Daten für den Arbeitsprozess.

„Gefühl wird plötzlich auf Software verlagert“ (Fertigungsleiter). „Maschinenbediener müssen bei diesen Anlagen nicht mehr nur wissen wie diese eingeschaltet werden, sondern sie müssen in der Lage sein, die auf dem Monitor angezeigten Daten zu lesen und zu interpretieren, um Schlüsse daraus zu ziehen.“ (Fall H).

- Parametriereraufgaben durchführen ist Teil des Aufgabenspektrums.
- Erfahrung mit mechatronischen Anlagen ist wichtige Voraussetzung für Einführung von Industrie 4.0.

Beruflische Erstausbildung: Generische beruflische Handlungsfelder Industrie 4.0

Die skizzenhaft dargestellten empirischen Ergebnisse belegen Veränderungen in der Aufgabenwahrnehmung von Fachkräften unterhalb der akademischen Ebene. Ausgehend von den ermittelten veränderten Arbeitsanforderungen wurden neun für Industrie 4.0 relevante generische beruflische Handlungsfelder aus den empirischen Handlungsfeldern identifiziert, die nachstehend beschrieben werden.

Begriffsklärung: Generische beruflische Handlungsfelder – Industrie 4.0

Ein „generisches Handlungsfeld Industrie 4.0“-Anforderungen erweitertes Aufgabengebiet für Fachkräfte, das mittels der empirischen Studien in Unternehmen identifiziert wurde. Die Implementierung von Industrie 4.0 hat in den Unternehmen teilweise bereits ein fortgeschrittenes Stadium erreicht. Ein generisches Handlungsfeld beschreibt neue Anforderungen und Aufgaben in einem Gebiet (z. B. Anlagenüberwachung), die typisch sind für ein Industrie 4.0-Umfeld.

Die insgesamt neun generischen Handlungsfelder, die generiert werden konnten, stellen ein Referenzsystem dar, mit dem beschrieben und charakterisiert wird, was aufgrund von Industrie 4.0 „neu“ ist (d. h. sich verändert hat). Das Referenzsystem kann als Instrument genutzt werden, um zu prüfen, ob vorhandene Berufsbilder verändert und festgeschrieben werden sollen, um in Folge in der Ausbildung darauf besser eingehen zu können.

Diese „generischen“ beruflichen Handlungsfelder verdeutlichen das für M+E-Berufe relevante „Neue“ aufgrund von Industrie 4.0 und den damit in Verbindung stehenden CPS. Nachstehend erfolgt eine Deskription der Veränderungen in der Form von beruflichen Handlungsfeldern.

Beschreibung der generischen Handlungsfelder:

Anlagenplanung

Die Planung neuer, automatisierter Anlagen ist in erster Linie eine Ingenieur-tätigkeit. Zunehmend setzen Unternehmen jedoch gemischte Teams ein, bei denen besonders qualifizierte Facharbeiter beteiligt werden. Deren Aufgabe ist es, zusammen mit Ingenieuren die für die Produktion geeigneten Anlagen auszuwählen. Ein wichtiger Punkt dabei ist, dass Facharbeiter sehr frühzeitig mit einer Vernetzung der Anlagen konfrontiert werden und im Rahmen des Planungsprozesses bereits Erkenntnisse zur Funktion der Anlagen und deren Möglichkeiten der Vernetzung sammeln, die sie dann zur Sicherstellung des Betriebes der Anlage und zur Störungssuche nutzen können. Immer mehr werden die Planungsprozesse mittels Virtual Reality simuliert. Virtual Reality ermöglicht ein Abbilden eines realistischen Produktionssystems, um das Verhalten des cyber-physicalen Produktionssystems zu simulieren und auf interaktive Weise zu explorieren.

Zielperspektive: Anlagensimulation

Anlagenaufbau

Beim Aufbau und Umbau von automatisierten, vernetzten Anlagen kommt den Ingenieuren in erster Linie eine koordinierende Aufgabe zu, wohingegen die Facharbeiter den realen technischen Aufbau vornehmen. Dabei lernen sie mithilfe der Ingenieure die genauen Zusammenhänge und Funktionen der einzelnen Arbeitsschritte der Anlage und deren Einbindung in den Gesamtproduktionsprozess kennen.

Die Vernetzungsstrukturen innerhalb der Wertschöpfungskette und der Einsatz von Sensoren und Aktoren werden dabei genau geplant und umgesetzt. Bei der Umsetzung kommt es dann auch darauf an, dass der vorlaufende und nachlaufende Prozess mit ins Kalkül gezogen wird und die für den Gesamtlauf wichtigen Daten (Programme, Schnittstellenkonfigurationen, statistische Daten, Daten zur Qualitätsprüfung und Vernetzung) auch von den Facharbeitern mit verarbeitet werden können.

Zielperspektive: Anlagenvernetzung

Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme müssen Anlagen eingerichtet werden. Solche Aufgaben wie beispielsweise die Einstellung eines Nullpunktes, das Kalibrieren, das Austarieren von Startpositionen, der unterbrechungsfreie Transfer von Daten, die korrekte Anzeige von Daten auf den Überwachungsbildschirmen sind Aufgaben, die von den Facharbeitern mit Unterstützung der Ingenieure wahrgenommen werden.

Die Inbetriebnahme von automatisierten Anlagen und deren Vernetzung erfolgt in enger Kooperation von Ingenieuren und Fachkräften. Die Ingenieure haben dabei sicher zu stellen, dass die notwendigen Programmierfunktionen und Schnittstellen innerhalb des Produktionssystems fehlerfrei arbeiten. Die Facharbeiter müssen hingegen dafür sorgen, dass alle mechanischen, hydraulischen, pneumatischen, elektrischen und elektronischen Funktionen gewährleistet sind, damit die Anlage störungsfrei arbeitet und in das Produktionsnetzwerk eingebunden werden kann.

Zielperspektive: Sicherstellen der Datenverfügbarkeit von Sensor-, Aktor- und Prozessordaten in Produktionssystemen (PPS, MES, SCADA, ERP, SAP)

Anlagenüberwachung

Anlagen überwachen – auch mehrere Anlagen gleichzeitig – ist eine wichtige Aufgabe der Facharbeiter. Dabei geht es vor allem um die Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes der Anlagen. D.h., die verfügbaren Echtzeit-Daten müssen ständig überwacht, analysiert und ausgewertet sowie der Gesamtlauf der Anlagen beobachtet und eventuell korrigiert werden. Dabei sind die von Anlagen entwickelten Geräusche genauso von Bedeutung wie die Daten, die Aussagen zur Produktionsüberwachung und der Qualität innerhalb der Produktionsprozesse und der herzustellenden Produkte machen.

Zielperspektive: Echtzeitdaten überwachen, analysieren und auswerten

Prozessmanagement (Visualisierung/Monitoring/Koordinierung/Organisation)

Eine für Facharbeiter sehr wichtige Aufgabe bei der Anlagenüberwachung und Anlagensteuerung ist das Sicherstellen kontinuierlicher Prozessabläufe. D.h., Facharbeiter müssen die Prozesse ständig beobachten, um dann, wenn sich

Störungen identifizieren lassen, diese sofort zu beheben oder vorbeugend gar nicht erst entstehen zu lassen (vorbeugende Inspektionen).

Dafür ist eine der wichtigsten Voraussetzungen ein Überblick über die gesamte Anlagensteuerung, eine genaue Kenntnis der Funktionen, des Ablaufes und des Betriebes der Anlage sowie eine Überwachung durch Monitoringsysteme. Die mittels dieser Systeme übermittelten Daten müssen die Fachkräfte lesen, analysieren und interpretieren können.

**Zielperspektive: Prozesssicherheit garantieren durch
Prozessüberwachung und Störungsbeseitigung**

**Datenmanagement (Umgang mit Betriebsdaten/Softwarezugang/
Parametrieren/Programmieren)**

Das Lesen, Analysieren und das Verarbeiten der Maschinendaten und deren vorgelagerte Daten ist eine wichtige Facharbeitsaufgabe. Die Daten sind für das Einrichten der Maschinen und für einen qualitätsbasierten Betrieb der Anlagen von hoher Bedeutung.

Facharbeiter müssen in der Lage sein, alle relevanten Betriebsdaten (Lasten, Maschinen- und Verbrauchszustände) zu lesen, zu analysieren und zu interpretieren. Abweichungen vom Standard müssen erkannt werden und es muss sofort eingegriffen werden, falls Fehler identifiziert werden. Die statistische Prozesslenkung (SPC) wird in vernetzten Produktionssystemen nicht mehr auf die einzelne Maschine, sondern mehr und mehr auf Produktionsabschnitte mit Verantwortung durch Facharbeiter bezogen. Fachkräfte müssen Anlagen und deren Funktion von

- den Prozessen und
- der Software

her denken und optimieren. Das erfordert ein vollkommen anderes Verständnis als es bei mechanisch-elektrisch betriebenen Anlagen erforderlich war. Sowohl für den Betrieb als auch für die Optimierung der Anlagen und deren Einbindung in den gesamten Produktionsprozess ist dieses andere Verständnis hoch relevant. Für einen effizienten Anlagenbetrieb ist es erforderlich, dass Fachkräfte an den Anlagen Parametrieraufgaben selbstständig wahrnehmen. Auch die Korrektur von Programmiersätzen und/oder Datenanalysen gehört zum Aufgabengebiet.

Zielperspektive: Maschinendaten sichern für Qualitätsbetrieb der Anlagen, Betriebsdaten bewerten und Prozesse optimieren

Instandhaltung

Einfachere Instandhaltungsarbeiten zur Sicherstellung eines störungsfreien Anlagenbetriebes zählen zu den Aufgaben der Facharbeiter. D. h., sie müssen Zugang zur Funktion von Anlagen haben und in der Lage sein, an Anlagen, die aus unterschiedlichen technologischen Systemen bestehen, alle gängigen Instandhaltungsaufgaben (metalltechnische, elektrische und IT-basierte Aufgaben) wahrzunehmen. Ausgenommen davon sind schwierige Reparaturaufgaben. Zu den Instandhaltungsaufgaben zählt auch die präventive Instandhaltung, die mehr und mehr durch die Erfassung, Aufbereitung und Visualisierung von Betriebs- und Produktionsdaten vorbereitet und an Arbeitsplätzen in der Produktion vorgehalten wird. Zunehmend müssen Fachkräfte auch die virtuell organisierte Instandhaltung beherrschen und dabei Assistenzsysteme zur Fehlerdiagnose, Dokumentation und zum Wissenstransfer nutzen.

Zielperspektive: Präventive, vorausschauende Instandhaltung, multifunktionale Maschinen, bewerten und Nutzung verschiedener Daten und Datenformate

Instandsetzung

Schwierige Instandhaltungs- und Reparaturaufgaben an vernetzten Anlagen und einzelnen Maschinen werden in der Regel von Instandhaltungsteams durchgeführt. Diese Teams sind auf derartige Aufgaben, die auch IT-Aufgaben wie Netzwerkanalysen oder IT-gestützte Fehlerdiagnosen einschließen, spezialisiert und beherrschen Verfahren zur Identifikation von Fehlern (Datenanalyse), Fehlerursachen und deren Behebung an komplexen, vernetzten Anlagen.

Zielperspektive: Berücksichtigung von Reparaturabhängigkeiten aufgrund von Vernetzungen und IT-Anbindung von Maschinen und Anlagen; Softwareupdates

Störungssuche und Störungsbehebung

Wenn Störungen sichtbar werden – beispielsweise durch fehlerhafte Produkte oder Prozessabläufe – müssen Facharbeiter in der Lage sein, die in Frage kommenden Ursachen zu identifizieren und zu beheben. Das setzt voraus, dass sie Diagnoseverfahren beherrschen, die nicht nur die mechanischen und elektronischen/elektronischen Grundfunktionen umfassen, sondern auch die digitale Steuerung der Produktionsprozesse. Es sind daher vermehrt Störungen nicht mehr unmittelbar an den Sensoren, Aktoren und Verkabelungen, sondern über

die IT-Systeme oder in der Vernetzung der Produktion zu identifizieren und zu beheben.

Zielperspektive: Diagnose, Störungssuche an den vernetzten Anlagen

Diskussion der Ergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse der Erhebung zu Veränderungen aufgrund der Implementierung von Industrie 4.0 verdeutlichen, dass für Facharbeiter in der Produktion ein Paradigmenwechsel dahingehend stattfindet, dass die bisher im Mittelpunkt stehende Aufgaben der Maschinenbedienung, des Rüstens, der Suche einfacher Fehler und deren Behebung zwar weiterhin eine Rolle spielen, jedoch der Zugang, die Analyse, die Interpretation und die Bewertung von Daten verschiedenster Formate einen zentralen Stellenwert einnehmen werden. Die Blickrichtung und das Gefühl im Umgang mit Anlagen wird aufgrund der datenbasierten Steuerung auf die Software verlagert. Diese Aussage markiert den Paradigmenwechsel von dem langwierigen Prozess der Dominanz mechanischer und später elektronischer Steuerungen hin zum softwaredominierten Betrieb hoch komplexer und effizienter Anlagen. Das heißt, Facharbeiter bekommen ein erweitertes und anspruchsvolleres Aufgabenfeld zugewiesen, das durch Vernetzung und datenbezogene Steuerungen zu abstrakteren Herausforderungen führt als das bisher der Fall ist. Auf der Basis dieser Entwicklungen räumten die Produktionsverantwortlichen in den befragten Unternehmen vor allem an- und ungelerten Fachkräften nur noch dann Beschäftigungschancen ein, wenn sie sich intensiv weiterbilden. Ist das nicht der Fall, dann gehen die Befragten davon aus, dass sich die Beschäftigtenzahl dieser Personengruppe erheblich reduzieren werde – hier wurden Einbrüche um bis zu 40 Prozent genannt. Diese Gruppe macht in den Unternehmen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik immerhin bis zu 20 Prozent aus. Eine Zunahme an Beschäftigten von wenigstens 20 Prozent wird dagegen bei den hoch qualifizierten Facharbeitern vermutet. Diese Aussagen standen jedoch immer in Verbindung mit einer Zunahme der Produktivität, als Voraussetzung für positive Beschäftigungseffekte.

Auf der Grundlage der in Kapitel 3 aufgezeigten Diffusionstiefe von Industrie 4.0 liegt es auf der Hand, dass Industrie 4.0 Berufsbilder erfordert, die nicht nur zu verändern, sondern um Industrie 4.0-Inhalte anzureichern sind. Das allein reicht jedoch noch nicht aus, um die Anforderungen durch Industrie 4.0 einzulösen. Es geht um deren Neuaustrichtung mit einer Prozess- und Digitalisierungsperspektive, wobei die Vernetzung, die Digitalisierung der Prozesse und die Gestaltung intelligenter Arbeitsplätze im Mittelpunkt stehen müssen. Die aktuellen, zukunftsoffenen Berufsbilder erlauben zwar Ergänzungen, aber

nicht einen Perspektivenwechsel. Grund dafür ist, dass sich die Strukturierungsprinzipien für Berufsbilder stärker verändern müssen als das in der Vergangenheit der Fall war.

Literatur

- Abicht, L.; Spöttl, G. (Hrsg.) (2012): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge. Bielefeld.
- Adolph, L.; Rothe, I.; Windel, A. (2016): Arbeit in der digitalen Welt – Mensch im Mittelpunkt. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. Jg. 70, Heft 2, 78–81.
- Ahrens, D.; Spöttl, G. (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden, 185–204.
- Bauernhansl, T. (2014): Die vierte industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendungen – Technologien – Migration. Wiesbaden, 6–35.
- bayme vbm Studie 2016 – Spöttl, G.; Gorlitz, C.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T.: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Studie herausgegeben von bayme vbm: Die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber. München. <http://www.baymevbm.de/industrie4.0> (letzter Zugriff: 27.05.2016).
- Becker, M.; Spöttl, G. (2015): Berufswissenschaftliche Forschung. Frankfurt am Main.
- Bonin, H.; Gregory, T. & Zierahn, U. (2015): *Übertragung der Studie von Frey und Osborn (2013) auf Deutschland. Endbericht.* ZEW-Forschungsbericht 455. Mannheim, 14. April 2015.
- Dengler, K., Matthes, B. (2015): Folgen der Digitalisierung der Arbeitswelt. Nürnberg: IAB-Forschungsbericht. <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf> (letzter Zugriff: 27.05.2016).
- Hammermann, A.; Stettes, O. (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.): Vierteljahrsschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung. Jg. 42, Heft 3, Köln, 77–94.
- Jeske, T.; Lennings, F.; Stowasser, S. (2016): Industrie 4.0 – Umsetzung in der deutschen Metall- und Elektroindustrie. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. Jg. 70, Heft 2, 115–125.

- Kagermann, H.; Wahster, W.; Helbig, J. (Hrsg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (letzter Zugriff: 27.05.2016).
- Schumann, A.; Assenmacher, M.; Liecke, M.; Reinecke J.; Sobania, K. (2014): Wirtschaft 4.0 – Große Chancen, viel zu tun – Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin, Brüssel.
- Windelband, L.; Fenzl, C. et al. (2012): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der Logistik. In: Abicht, L.; Spöttl, G. (Hrsg.): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge. Bielefeld.
- Wolter, M. I.; Mönnig, A.; Hummel, M.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zika, G.; Helmrich, R.; Maier, T.; Neuber-Pohl, C. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft – Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB.

Analyse beruflicher Handlungsprozesse und Planung beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0

Martin Hartmann

Abstract

„Industrie 4.0“ oder die „Digitalisierung der Arbeit“ wird in vielen Publikationen thematisiert¹. Es handelt sich um ein Megathema und das zu Recht: Die digitale Vernetzung wird die Arbeitsprozesse und die Art der in den Prozessen einzubringenden Kompetenzen massiv verändern. Mit ihr werden sich die Berufssarbeit und die Berufe weiterentwickeln. Diskutiert wird erneut der Wegfall von sehr vielen Arbeitsplätzen. Mit der Umsetzung des Konzeptes „Industrie 4.0“ wird in der Tat die Maschinerie und die Organisation in der Industrie (und im Handwerk) komplexer werden. Dies bedeutet, dass die Arbeitenden entweder zu Anhängseln der Maschine werden oder aber dass sie diese weiter und tiefer durchdringen müssen.

Im Sinne der industriellen Produktion selbst, wie sie in Deutschland gegeben ist, ist es geboten, letzteres zu erreichen. Die komplexen Prozesse können nicht der Maschinerie selbst überlassen bleiben, durch den einfachen Austausch von Modulen bewältigt bzw. schematisch an einem Prozessleitstand erfasst werden. Intuitives, nicht auf Einsicht beruhendes Handeln der Arbeitenden wird ansonsten zu großen Problemen im Produktionsprozess führen. Insofern werden für die Arbeitenden in Zukunft die Antizipation von Arbeitsabläufen, strategisches Denken, soziale Kompetenz und Medienkompetenz eine größere Rolle spielen müssen. Mensch und Maschine werden interagieren müssen. Die personalisierte Verknüpfung von Mensch und Maschine wird – wie es z.B. auch bei Smartphone und Internet geschieht – aus diesem Grund weitergeführt werden, auch wenn dem Datenschutzgesichtspunkte entgegenstehen. Es müssen Wege gefunden werden, die Kontrolle der Arbeitenden durch das Unternehmen zu reduzieren und der Maschinerie zwecks Kooperation trotzdem Daten der jeweiligen Beschäftigten zur Verfügung zu stellen.

Um deutlich zu machen, wie eine solche Durchdringung strukturiert werden kann, welche unterschiedlichen Herausforderungen sie auf den unterschiedlichen Stufen bietet und welche gegenwärtigen und zukünftigen Anforderun-

1 U.a. haben Georg Spöttl, Lars Windelband u.a. (2016) für den Verband der bayrischen Metall- und Elektroindustrie eine Studie erstellt, die in diesem Tagungsband thematisiert wird.

gen an die Lehrenden berufsbildender Schulen gestellt sind, soll im Folgenden dargelegt werden. Dazu wird eine Darstellung der Entwicklung der beruflichen Arbeit (und ihrer Anforderungen) erfolgen, sodass das Spezifische von Industrie 4.0, die Vernetzung und Komplexität, diskutiert und Konsequenzen für die Arbeit und die Berufsbildung beleuchtet werden können.

Ausgangspunkte

Berufliche Ausbildung ist in Deutschland dual (und manchmal auch an mehr als zwei Ausbildungsorten) organisiert. Die (Rahmen-)Lehrpläne der Berufsschule sind heute im Allgemeinen lernfeldstrukturiert. Sie postulieren, dass im Rahmen der Ausbildung eine umfassende berufliche Handlungskompetenz entwickelt werden soll und die Berufsschule diesbezüglich ihren Anteil übernehmen muss. Insofern ist aus der Perspektive der Berufsschule auf das Verhältnis Betrieb-Schule zu schauen. Wesentlich ist es, die betrieblichen Prozesse in den Blick zu nehmen. Die Komplexität der Prozesse dieser Lernorte ist in folgendem Schema (Abb. 1) dargestellt.

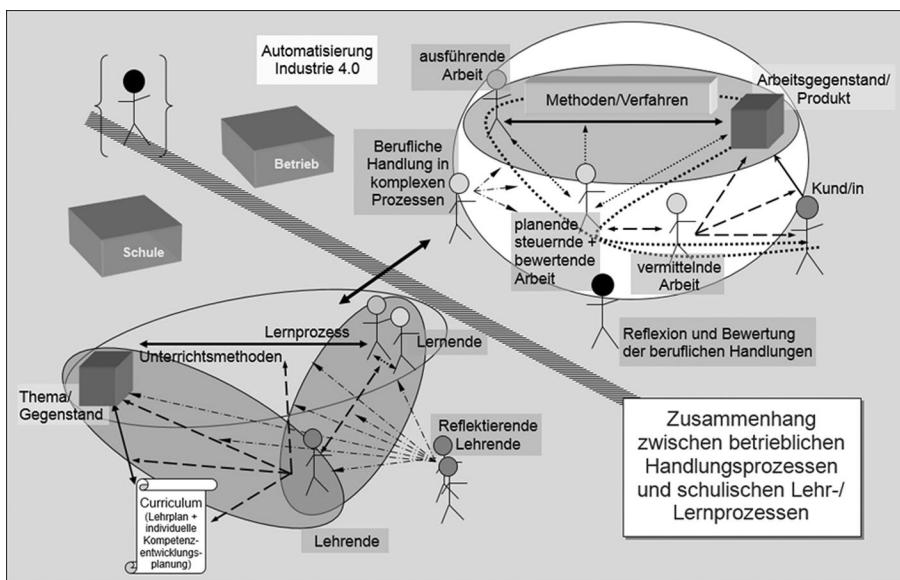


Abb. 1: Schule-Betrieb im Umfeld von Industrie 4.0

Rechts ist ein komplexer betrieblicher Arbeitsprozess im Sinne einer „vollständigen Handlung“ zu sehen:

Ausgehend vom Kundenauftrag und dessen genauer Erfassung (z. B. über ein Lastenheft)

- ist eine Umsetzung bzgl. der ermittelten Anforderungen (z. B. über ein Pflichtenheft und die darauf basierende Konstruktion) zu planen (Handlungsablauf, eingesetzte Verfahren, Maschinen, Werkzeuge usw.), dazu
- sind Informationen einzuholen und in der Handlung relevantes (Prozess- und systematisches) Wissen zu generieren oder zu aktualisieren,
- sind entsprechende, an entwickelten Kriterien orientierte Entscheidungen zu treffen,
- ist der Prozess durchzuführen (einschließlich der notwendigen direkten Handlungssteuerung bzw. -regulation),
- sind die (Teil- und Zwischen-) Ergebnisse während des gesamten Prozesses zu kontrollieren und zu bewerten.

Im Prozess ist an verschiedenen Stellen (u. a. Kundengespräche, Kooperation im Unternehmen) zu kommunizieren und zu vermitteln.

Eingebettet in die betriebliche Organisation sind Arbeitsaufgaben verschiedener Niveaustufen zu realisieren. Manchmal handelt es sich bei den Arbeiten um die einfache Ausführung von Handlungsanweisungen; des Öfteren müssen Handlungen geplant und in ihrer Qualität (Prozess- und Produktqualität) bewertet werden. Die Reichweite der Planung, Durchführung und Beurteilung sowie des notwendigen Fach- und Handlungswissens kann, abhängig von der Komplexität des Prozesses stark variieren. Die Expertise und Selbstregulations- bzw. Gestaltungsfähigkeit der zukünftigen Facharbeiter/-innen kann in der betrieblichen Ausbildung in konkreten Prozessen entwickelt werden, z. B. durch die Erfahrung der Widerständigkeit von Prozesselementen in der Praxis. Die Praxis im Betrieb ist jedoch in ihrer Konkretheit vielfältig und die Gelegenheit der systematischen Durchdringung der Prozesse nur selten möglich. Die „Kapselung“ von Prozessen in Maschinen/Anlagen führt zu einer zusätzlichen Reduktion von grundlegenden Erfahrungswelten bei Arbeitenden und Auszubildenden.

Ähnlich müssen die Lehrenden an den Schulen (und Universitäten) vorgehen (in der Grafik links). Sie handeln jeweils in unterschiedlichen Bezugssystemen, in denen die Handelnden sich selbst steuern (sollen)².

2 Die Selbstregulation der Lehrkräfte bzw. in der Lehreraus- und -weiterbildung (auch Universität) sind hier nicht dargestellt, um die Grafik nicht zu komplex werden zu lassen.

Um dem Problem der reduzierten Erfahrungswelt zu entgehen, soll die *schulische* Ausbildung, der Domänenspezifik des Berufes gemäß, die systematische Durchdringung der Handlungs- und der Fachsystematik unterstützen, indem die beruflichen Handlungsprozesse in ihren Wechselwirkungen zwar exemplarisch, jedoch ausführlich zu thematisieren sind. Die zu entwickelnde Fachkompetenz hilft Entscheidungen vorzubereiten und für den Transfer in andere Entscheidungssituationen zu systematisieren und bereitzustellen. So sollen die Lehrenden Unterricht eingebettet in schulische Organisation planen, durchführen und evaluieren.

Das bedeutet, dass die *Lehrenden* sich mit vielfach vermittelten, miteinander verschränkten Prozessen auseinandersetzen müssen: Ausbildung in der Schule muss betriebliches Handeln reflexiv durchdringen, Zielkonflikte (auch ethische) zugänglich machen, die Entscheidungs-, Selbststeuerungs- und Regulationsfähigkeiten der Auszubildenden fördern und Fachwissen sowie Expertise so bereitstellen, dass in verschiedenen Handlungssituationen professionell agiert werden kann. *Lehrbildung* muss schulisches Handeln mit diesem Ziel befördern. Diese vielfach vermittelten Prozesse erfordern ein stufiges Durchdringen der Handlungssituationen und der beruflichen Handlungskompetenzen der jeweiligen Gruppe.

Was kommt in der Entwicklung von Industrie 4.0 hinzu? Auf was müssen sich die Lehrenden an den berufsbildenden Schulen einstellen?

Die Entwicklung hin zu einer *vernetzten*, technischen Regulierung des Alltags, der Produktion und Organisation erreicht eine neue Stufe und fordert umfangreichere Kompetenzen in der Durchdringung und Unterstützung der Prozesse. Die Anforderungen werden höher, weil

- die Maschinen weiter an Komplexität gewinnen und aus bzw. unter sich ändernden Bedingungen lernend Prozesse werden steuern und regeln können.
- in der zukünftigen Fabrik nicht mehr vor allem die Handfertigkeit, die Bedienung, Überwachung und Kontrolle der Maschinen im Vordergrund stehen wird, sondern
- ihre strategische und taktische Ausrichtung und Anpassung in Interaktion mit ihnen bzw. mit ihren Subsystemen vor dem Hintergrund übergreifender Überlegungen (Ziele der äußeren Markt- oder inneren Anlagenentwicklungen und der Entwicklung der Kundenwünsche) und
- die Bereitstellung von umfassenden Dienstleistungen an Maschinen und Anlagen, wie z.B. durch Einbringung zusätzlicher Funktionen mittels

neuer Anlagenkomponenten sowie die Ermöglichung von Verständigung (z.B. Programmierung von Schnittstellen) bzw. die Außerbetriebnahme von Komponenten.

- mit der Flexibilisierung der Produktion die Losgröße 1, also die Herstellung von Unikaten auch in der Großserien- bzw. Massenfertigung möglich ist.³

Der gegenwärtige Stand der vernetzten Automatisierung ist erreicht worden in einem Zusammenspiel von Wissenschaft und Praxis, das sich in „industriellen Revolutionen“ ausgedrückt hat. Die (qualifiziert) Arbeitenden sind im Verlauf dieser „Revolutionen“ jeweils mit einer neuen Anforderungsstufe konfrontiert worden. Die berufliche Bildung und Ausbildung der Fachkräfte musste in Organisation und Durchführung den neuen Anforderungen genügen. Die Anforderungen der Praxis sind jedoch oft widersprüchlich und vieles wird auch in der Zukunft ad-hoc zu entscheiden sein. An diesen Stellen werden weiterhin Menschen tätig sein müssen. Die Maschinen können nicht alles allein. Im Gegenteil, die Anforderungen an die Arbeitenden werden sich erhöhen, weil das Handeln situativer und „freier“ werden muss. Dazu müssen die Arbeitenden in die Lage versetzt und unterstützt werden.

Im Folgenden wird das Handeln in den (immer komplexer werdenden) Prozessen thematisiert. Sehr vieles von dem, was in der Vergangenheit durch Menschen bewältigt wurde, wird heute durch das technische System bewerkstelligt. Ausgangsthese ist insofern, dass immer mehr Anteile (beruflicher) Handlungsprozesse in die Technik integriert werden. Heute betrifft das die Logistik und sogar die Kommunikation mit den Kund/-innen, die durch Big-Data-Analyse und die Anwendung komplexer Algorithmen teilweise bereits von Maschinen übernommen werden kann. Es soll nachvollzogen werden, welche Aspekte der Handlung in der Technik aufgegangen sind und demnächst auftreten, wie das die berufliche Arbeit verändert und was das für die berufliche Bildung bedeutet: Tritt eine Person als Noviz/-in in domänen spezifische Prozesse ein, wird sie durch Wahrnehmen, distanziertes Beobachten und einfaches Agieren einen ersten Eindruck von diesen gewinnen und im Laufe der Kompetenzentwicklung hin zu einem erfahrenen Vorgehen kommen. Dabei wird sie in die Lage versetzt, ihren eigenen Anteil am Geschehen zu durchdringen und zu verstehen. Das ist hilfreich, um die Prozesse zu managen, komplexe Maschinen und Anlagen bereitzustellen und/oder Fachkräfte für die Arbeit an ihnen strukturiert und didaktisch nachvollziehbar auszubilden. Grundlage der Ausführungen ist die vom Autor entwickelte „Reflexionsstufentheorie“ mit deren

3 Losgröße 1 steht für eine umfassende Kundenorientierung und für situationsbezogene Lösungen.

Hilfe der Prozess der Entwicklung der Technik und der Arbeit dargestellt wird (Hartmann 2005).

Entwicklung von Arbeit und Technik vor dem Hintergrund der Reflexionsstufen – Stufen der Technisierung der körperlichen und geistigen Arbeit

Erste Stufe: Einfache Werkzeuge zur „Organverstärkung bzw. zum Organersatz“

Tritt eine noch allgemein unerfahrene Person in einen ihr unbekannten Prozess ein (z. B. ein Kind, eine Jugendliche oder auch unsere Vorfahren – Abb. 2 „Akteur/-in“), wird sie sich mit wesentlichen Merkmalen des Prozesses beschäftigen, dabei einen oder wenige relevante Gegenstände identifizieren und sich in der Regel mit dem als am relevantesten erscheinenden dieser Gegenstände tiefer gehend auseinandersetzen⁴.

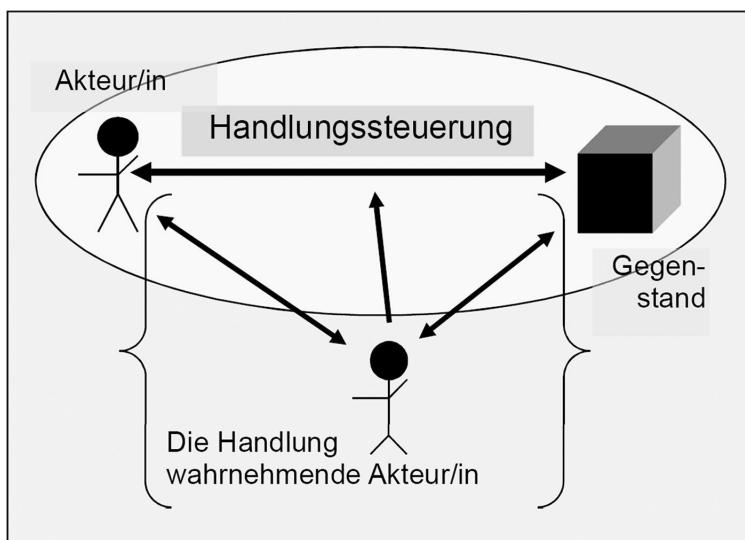


Abb. 2: Handlungssteuerung in bisher unbekannten Prozessen

4 Vgl. Abb. 2. In der Klammer ist der, seine eigene Handlung wahrnehmende bzw. beobachtende Mensch zu sehen. Ich diskutiere den Prozess in diesem Abschnitt aus dieser Warte.

Der Beschäftigung (bzw. Aktion) liegt in der Regel eine Motivation zu Grunde (sie gibt dem Gegenstand seine Relevanz). Es wird etwas damit gewollt (vielleicht nur Erkenntnis). Mit dem Eintreten in den Prozess bzw. dem Herangehen an den Gegenstand kommt die dem Wollen beigeordnete Voreinstellung der Person (Intention) zum Tragen. Sie beruht auf Wünschen und auf evtl. in anderen Zusammenhängen gemachten Erfahrungen (Analogienbildung⁵).

Mit einer unmittelbaren Aktion bzgl. des Objekts entsteht bei diesem eine Reaktion. Die Variation der Handlungen ermöglicht die systematische Generierung von Erkenntnis über den Gegenstand. So kann das Objekt mit seinen Merkmalen beschrieben und kategorisiert werden. Je nachdem, welchen Zugang die Analysierenden zum Prozess haben, können die Objekte kontextbezogen beschrieben werden (frühere Kulturen betrachteten Objekte eher in ihrer Beziehung mit der Umwelt und sahen sie als „beseelt“ an) oder kontextlos (seit der Renaissance wurden in Europa Objekte oft als Inventar im geometrischen Raum verstanden).

Das Ziel dieser Art des Vorgehens ist ein Erkenntnisgewinn, der es durch Systematisierung des Vorgehens und Einordnung des Gegenstandes in ein Kategoriensystem (besser) ermöglicht, mit dieser Art von Objekt umzugehen. Indem probiert und experimentiert wird, sich Probleme ergeben, Hypothesen nicht bestätigt und (implizit gegebene) Ziele nicht erreicht werden, wird die Person zumindest gedanklich aus dem Prozess heraustreten und versuchen das Hemmnis zu beseitigen. Sie wird in ihrer Auseinandersetzung evtl. Werkzeuge erstellen und einsetzen, um Wirkungen zu erzielen. In der Aktion erkennt sie, welchen Zugang sie als handelnde Person (womöglich) hat. Wegen der in dieser Reflexionsstufe noch fehlenden Durchdringung z. B. der sozialen oder psychischen Dimension bzw. durch Vermischung aller möglichen physischen, psychischen und sozialen Dimensionen bleiben viele Interpretationsspielräume. Die Abläufe und ihr Gelingen können jedoch (aktuell) beschrieben werden.

Schauen wir auf die Geschichte der Technik zurück, so ist vor dem Hintergrund eines ähnlichen Erkenntnisweges der Einsatz der Hand für die Bereitstellung von Produkten allein oft nicht ausreichend. Das Teilen von Materialien ist nur sehr begrenzt mit der Hand möglich, so dass Werkzeuge (z. B. Äxte zu ihrer Spaltung) hergestellt werden. Sie ermöglichen eine wirkungsvollere Handlung, das Anbringen von Werkzeugschäften ein kraftvollereres arbeiten. Erfolgreiche Arbeit setzt die geschickte und effiziente Führung der Werkzeuge voraus. Ler-

5 Erfahrung und Fähigkeit zur Analogienbildung hat der Autor mit der im ersten Satz des Abschnitts gemachten Einschränkung „z. B. ein Kind, eine Jugendliche oder auch unsere Vorfahren“ möglichst weit reduzieren wollen, um die Herangehensweise an den Gegenstand nicht durch ein Älteren evtl. eher gegebenes Abstraktionsvermögen zu sehr überformen zu lassen.

nen ist hier wesentlich auf das Üben des Umgangs mit den Werkzeugen und auf das Formen bzw. die geforderten Funktionalitäten des Gegenstandes gerichtet. Lernen findet oft über Imitation und ein Einweisen der lernenden Person in den Vorgang statt (Vermittlung von Regeln). Das Gewinnen von Erfahrung erhöht die Qualität der Arbeit und der Produkte.

Zweite Stufe: Analyse und Formalisierung von Denken und Abläufen: Übernahme von Bewegung/Energie und Steuerung in Apparatur oder Maschine

In einer Distanzierung vom unmittelbaren Wahrnehmen und Handeln geht es in der zweiten Stufe um die unmittelbare Handlung als gesteuerte und um die Wahrnehmungs- und Erkenntnismöglichkeiten des Subjekts. Das Wahrnehmen und Erreichen einer erwünschten Wirkung setzen die Aktion des Subjekts und die Reaktion des Objekts voraus. In der unmittelbaren Handlung ist dazu in der Regel eine Bewegung notwendig.

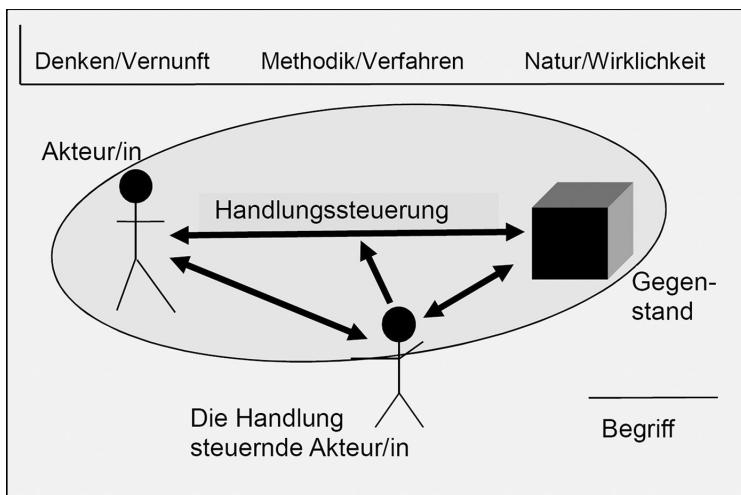


Abb. 3: Analyse und Formalisierung von Denken und Handlungsabläufen

Das agierende und erkennende Subjekt und der Gegenstand stehen zueinander in einer *Relation*. Diese hängt von den unmittelbaren Zielen, den Fähigkeiten der Erkennenden bzw. der Akteur/-in, also des *Subjekts* ab. Es kann einen *kausalen* Zusammenhang zwischen „*actio et reactio*“ (Dynamik) herstellen und damit z. B. naturwissenschaftliche „*Gesetzmäßigkeiten*“ herausarbeiten.

Wie in Abb. 3 zu sehen ist, sind in der einfach reflektierten Handlung (Denken/Vernunft) Objekt (Natur/Wirklichkeit) und Subjekt (Akteur/-in) sowie das eingesetzte Verfahren (Methodik/Verfahren) mit den dazu gehörigen Werkzeugen sowie die Handlungssteuerung als Prozedur zu unterscheiden. In der Analyse der Prozedur können die Handlungsabläufe sequentiell verstanden werden. So können Mechaniken erstellt werden, die mit festen und beweglichen Elementen ausgestattet, z. B. durch Federn angetrieben, die erfassten und technisch übersetzten Abläufe ausführen. Die unmittelbar gesteuerte Handlung wird in Technik übersetzt. Der Ablauf wird über in einander greifende Formen (z. B. ein mit Zahnrädern ausgestattetes Getriebe) und das Einbringen einer Bewegung realisiert. In der Mechanik der Apparaturen sind feste Reihenfolgen der Abläufe anzulegen, die immer wieder von neuem gestartet werden können, sobald der vorhergehende Prozess beendet ist. Auf diese Weise sind Steuerungen u. a. mittels Rotation oder gleichförmiger Bewegung (Musikwalzen, Kopierfräsen (vgl. z. B. Koesling und Schülke 2013, 61), Lochkarten (vgl. Aspray 1990) realisierbar.

Die Erfassung der Abläufe ist also Voraussetzung für die Übernahme der Bewegung in die Mechanik, die (z. B. durch Wasser, Wind oder Dampf) als (kontinuierlich) angetriebene zur Maschine wird. Die anfangs von Tieren oder Metallfedern eingesetzten Kräfte und erzeugten Bewegungen können durch andere Energieträger übernommen werden. Dies bedeutet, dass die z. B. anfänglich per Hand anhand eines Fiedelbogens ausgeführte Drehbewegung eines Stockes zum Zweck des Bohrens abgelöst wird durch einen anderen Energieträger.

Der dritte mögliche Ausgangspunkt dieser Reflexionsstufe ist der „vernünftige“, auf der Annahme einer Kausalität beruhende Denkvorgang des Subjekts – dies neben der Beschäftigung mit den Werkzeugen und Verfahren als in die Maschine übernommener Handlungsablauf sowie Ausdruck der Relation und der Bewegung. Seit Descartes Körper („res extensio“) und Seele („res cogitans“) trennte und den menschlichen Körper als mechanisches Ausführungsorgan, den Verstand als im Durchgang durch den Vorgang die Wahrheit erkennendes Denken identifizierte (vgl. Descartes 1960), konnte mit der Ausarbeitung einer *Logik* der Versuch gestartet werden, Denkgesetze zu formulieren (vgl. Günther 1978, 3 ff.). Sie ließen ein Verständnis des „göttlichen Willens“ erreichbar erscheinen (vgl. Hartmann 1994).

Die scharfe Trennung von Form und Inhalt sowie von empirischer und reiner Vernunft von der Urteilskraft (Kant) ermöglichte es, jeweilige Eigenschaften (Qualitäten) von ihrer Ausprägung (Quantität) klarer zu unterscheiden. Die zweiwertige mathematische Logik konnte darauf aufbauend solchermaßen geschiedene Denkoperationen in Ausdrücke von Zeichen (Variable als Platzhalter

und Konstante) und Operatoren (z. B. Konjunktion, Negation, Disjunktion) übersetzen. Sie hat damit seit Mitte des 19. Jahrhundert ausgehend von Boole zumindest einen Teil des Denkens (Affekt/Emotion, Psyche sind ausgeklammert) formalisiert. Vor dem Hintergrund der Annahme einer Identität des Gegenstands mit sich selbst – ausgedrückt in seinen Eigenschaften – und der Möglichkeit einer wahren *oder* unwahren Aussage über ihn (bzw. einzelne seiner Aspekte), lassen sich in Abstraktion von seiner konkreten Gestalt auf Denkoperationen beruhende Kausalketten (wenn-dann) entwerfen. Auf deren Basis lassen sich Entscheidungsprozesse wiederum in die Maschine integrieren.

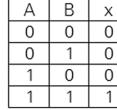
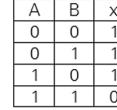
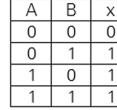
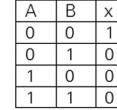
NOT	AND	NAND	OR	NOR
				
				
A x 0 1 1 0	A B x 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1	A B x 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0	A B x 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	A B x 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0

Abb. 4: Formalisierung des Denkens (Logiktabellen)

Das derart formalisierte Denken bleibt in der Dichotomie von Subjekt und Objekt stecken.

Das gilt auch für die heutige Zeit. Um komplexe Produkte realisieren zu können, wird für jeden Handlungsprozess jeweils ein neuer Gegenstand definiert. In der hierarchiebetonten Unternehmensorganisation ist das gut nachvollziehbar: Im Marketing geht es um die Kund/-innen, in der Konstruktionsabteilung um das zu konstruierende Objekt, am Arbeitsplatz um das Werkstück, im Einkauf um Rohmaterial und Halbzeug, im Verkauf um das Produkt, in der Arbeitsvorbereitung um den Materialfluss (vor dem Hintergrund verfügbarer Maschinen und Werkzeuge), in der Personalabteilung um das Personal und in der Qualitätssicherung um die Qualität. Die genannten Bereiche werden strikt getrennt und Abteilungen bzw. Zuständigkeiten zugeordnet. Sie führen Operationen an ihnen durch.

Arbeit und Berufsbildung

Während in der vorherigen Stufe die eigene Handlung gesteuert werden musste, muss nun der Mechanismus bzw. die Maschine mitsamt deren Abläufe

bedient und kontrolliert werden. Das bedeutet, dass neben einer puren Maschinenbedienung – dem Rüsten/Einrichten und möglicherweise weiterhin notwendiger Handsteuerung (z. B. bei der konventionellen Drehmaschine) – die Arbeit auf die Montage, Wartung und Instandsetzung auszuweiten ist. Dies allein führt bereits zu einer stärkeren Arbeitsteilung. Die zunehmende Produktivität ermöglicht eine Reduzierung der Arbeitskräfte im maschinisierten Produktionsprozess. Mit dem auf Frederick Winslow Taylor zurückgehenden Einsatz wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden in der Produktionsplanung treibt die Einführung des Fließbandes die Arbeitsteilung weiter voran und die Produktion wird noch rationeller gestaltet. Indem die Gesamtbewegung in einzelne Handlungssequenzen aufgeteilt wird, sind von jeder einzelnen Arbeitsperson nur noch einzelne Bewegungen durchzuführen, die meist keiner besonderen Geschicklichkeit bedürfen. Diese Arbeit bewegt sich demgemäß vollständig auf der Stufe 1.

Die Einsparung von Arbeitskraft wird jedoch erkauft mit der Notwendigkeit, neue, komplexer ausgerichtete Arbeitsprozesse einzurichten (z. B. im Maschinenbau und in der Instandhaltung) und mehr Personal für die Organisation der Produktion einzustellen. Auf dieser Grundlage differenzieren sich die Tätigkeiten und damit Berufe aus, was neben einer Spezialisierung ebenso zur Einrichtung neuer Berufe führt. Andere Tätigkeiten (z. B. am Fließband) dagegen können ungelernte Arbeitende ausführen.

Die Berufsbildung muss den neuen Entwicklungen Rechnung tragen. Insbesondere sind die Bereitstellung passgenauer, genormter Maschinenelemente und die Instandhaltung zu nennen, die eine – durch Werkzeuge und Maschinen gestützte – Facharbeit erfordern. Durch die Einführung von (Werkzeug-)Maschinen, die wesentliche Arbeitsabläufe übernehmen, ist in manchen Unternehmen nicht mehr *so sehr* die Geschicklichkeit gefragt, jedoch das Lesen von technischen Zeichnungen und der genaue Blick und die Urteilskraft beim Einsatz von Prüf- und Messinstrumenten zwecks Qualitätssicherung. Um den neuen Anforderungen gerecht zu werden, muss das Lernen systematisiert werden. Dabei sind höhere Anforderungen an a) ein naturwissenschaftliches Verständnis (Umsetzung von Wirkprinzipien im technischen Artefakt bzw. damit verbundene Probleme), b) ein konstruktives (von der Darstellung des zu fertigenden oder zu installierenden Artefaktes, seiner Herstellung bis zur Montage) und c) ein Funktions- und Zusammenhangsverständnis (u. a. zu Zwecken der Fehlerdiagnose) gestellt.

Dritte Stufe: Regelung von Prozessen: Die Berücksichtigung von Rückwirkungen in der Automatisierungstechnik

In der zweiten Stufe waren die Handelnden entweder auf die unmittelbare Ausführung von Tätigkeiten, also die Verrichtung verwiesen oder aber sie griffen regulierend in die Vorgänge ein. Wenn etwas nicht so funktioniert, wie es soll, muss der Vorgang entweder abgebrochen oder „nachgesteuert“ werden. Dafür müssen die Tätigen ihre *Sinne* einsetzen, die Produkte prüfen und auf dieser Grundlage Rückmeldungen an die Steuerzentrale (das Gehirn) geben, so dass eine sinnvolle Aktion eingeleitet werden kann.

In der direkten Regulierung der Handlung wird z. B. der Einsatz der Hand verändert – je nach Widerstand des Materials und des am Werkstück (z. B. durch einen Blick) zu erkennenden Ergebnisses. Es existiert ein Körpergefühl für die Wirkung des Werkzeuges auf den Gegenstand und ein Bild des Produktes mit dem verglichen wird. Bevor dieser Zustand erreicht wird, muss er erlernt werden. Das muss geschehen in der Auseinandersetzung mit den zu beeinflussenden Faktoren und ihrer Wirkung. Bewusst kann eine solche Auseinandersetzung u. a. angegangen werden durch das Selbstgespräch, das die Aufmerksamkeit steuert und den Handlungsablauf so auf bestimmte Aspekte konzentriert.

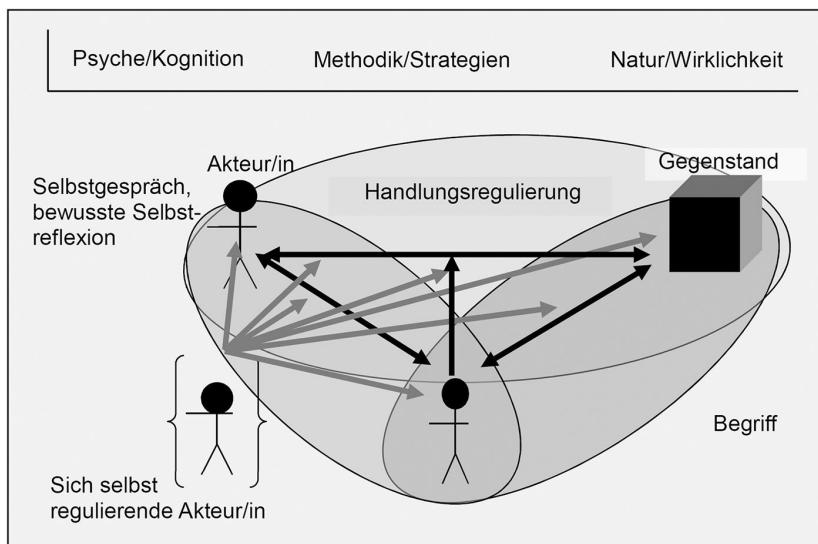


Abb. 5: Handlungsregulierung

Nach Analyse des von den Arbeitenden derart durchgeführten regulierenden Vorgangs bzw. Prozesses, der den Handlungsablauf, die geistige Verarbeitung und die darauf folgende erneute Handlung einschließt, lässt sich auch dieser Prozess in die Maschine hinein verlegen. Sie muss eine Sensorik erhalten, damit sie Abweichungen im gesteuerten Handlungsablauf erkennen kann. Zur Regelung des Prozesses darf die Steuerzentrale nicht mehr nur gegebene Befehle abarbeiten, sondern sie muss die Signale ihrer „Sinne“ aufnehmen, auswerten und durch Vergleich mit Kenngrößen bzw. Kennfeldern in an die Bedingungen angepasste Befehle umsetzen können, die von Aktuatoren ausgeführt werden.

Regelungstechnik ist in *direkter Verknüpfung* mit der Aktuatorik (z. B. durch Ausschaltung der Wasserzuführung mittels Schwimmer bei Erreichung eines Wasserpegels) schon in der Antike eingesetzt worden. Wie auf der zweiten Stufe der Integration der Arbeitsvorgänge in die moderne Maschine (z. B. mittels Lochkarten) wird die Abstraktion heute jedoch weitergetrieben. Es wird ein „Steuergerät“ zwischengeschaltet, das nicht mehr nur Anweisungen gibt, sondern auf Wahrnehmungen reagiert. Die Regelungstechnik bildet einen Verbund aus Sensorik, Informationsverarbeitungseinheit (Steuergerät) und Aktuatorik (Stellglied). Das ist die Voraussetzung dafür, dass die *in die Maschine übertragenen Handlungsabläufe* flexibel an festgelegte Aspekte der Verhältnisse (zu beeinflussende Größen) angepasst werden können. Das im Steuergerät implementierte Programm bildet im Allgemeinen einfache Wenn-Dann-Beziehungen ab und bezieht sich auf fest eingegebene Werte oder Wert-Relationen (z. B. Ein- bzw. Ausschalten des Brenners einer Heizungsanlage bei einer gewissen Wassertemperatur in Abhängigkeit von der Außen-Innentemperatur-Relation). Im Sinne einer (programmierbaren) Steuerung der zweiten Ordnung können Kenngrößen oder Relationen z. B. über die Zeit verändert werden (im Beispiel Heizungsanlage die „Nachtabsenkung“).

Es sollen aber nun nicht nur festgelegte *Abläufe* gesteuert, sondern komplexe *Zustände* (mehrerer abhängiger Größen) erfasst und beeinflusst werden. „Zustände“ sind somit in den gegebenen Strukturen fixierte Relationen. So strömt z. B. in einer chemischen Anlage zwar eine in Zusammensetzung und Relation der *Moleküle* des Fluids beständig andere Masse durch ein Rohrsystem, trotzdem bleiben wesentliche Merkmale bei gegebenen Zuständen gleich (z. B. Druck, Temperatur, Massenstrom pro Zeiteinheit) bzw. sollen durch technische Manipulationen gleich bleiben. Die entsprechend programmierte steuerungstechnische Einrichtung der Anlage greift gezielt ein, um die Prozesszustände zu erhalten oder um neue zu erzeugen.

Über die Definition der Zustände auf der pauschalisierenden Makro- oder Mesoebene wird der Prozess wiederum zu einem „zweiwertigen“, zu manipulie-

renden Objekt gemacht. Jedoch treten *dadurch* Unschärfen auf, dass die Vorgänge z. B. im Fluid auf Entwicklungen in der Mikroebene beruhen. Aufgrund dieser Entwicklungen können die Zustände umschlagen, also eine neue Qualität hervorrufen. Das kann den Prozess im Einzelfall unbeherrschbar machen. Deshalb ist in der Arbeit mit dem die Prozesse bereitstellenden und einhegenden „System“ die Kontrolle der Zustände und evtl. ein direkter Eingriff notwendig. Das geschieht bei solchen Anlagen über Prozesseleitstände. Die Zustände werden in der Regel durch Anzeigegeräte dargestellt, die über die Sensorik die ermittelten Werte von Größen, nicht die realen Zustände anzeigen. Fehler in der Sensorik, der Messeinrichtung oder in den über einen geringeren Steuerstrom betriebenen Übermittlungsmedien können zu Fehlalarmen führen wie beispielsweise Effekte der elektromagnetischen Unverträglichkeit.

Umschärfen vergrößern sich ebenfalls durch eine (dis-)kontinuierliche Veränderung der gegebenen Bedingungen in Maschine, Anlage bzw. System, z. B. durch Abrieb, Korrosion oder schwingungsbedingte Ermüdung des Werkstoffes. Einer dadurch erzeugten „Havarie“ muss entgegengewirkt werden. Das kann durch konstruktiv berücksichtigte „Sicherheiten“ oder durch Wartungsmaßnahmen geschehen. Wann und wie Sicherheiten einzubauen bzw. zu gestalten sind und wann Wartungen fällig werden, ist oft mittels Wahrscheinlichkeiten darstellbar. Es sind Aufwand und Nutzen gegeneinander abzuwegen: Manche zusätzliche Maßnahme führt zu keiner signifikanten Verbesserung der Sicherheit der Anlage, kann sogar zu ihrer Verschlechterung beitragen.

Die Regulierung von Prozessen über definierte Zustände hat mit zwei Problemfeldern zu kämpfen:

- a) Nur ein Teil der zu steuernden Prozesse bewegt sich in einem „Fenster“ stabiler Verhältnisse. Wirkungen sind leichter zu erreichen, wenn labile Verhältnisse bestehen. Dann lassen sich mittels geringer Einwirkungen große Effekte erzeugen. Das ist Vorteil und Nachteil zugleich, weil Labilität Einwirkungen leichter möglich machen, sie aber auch zu unerwünschten Effekten führen kann. Um erwünschte Effekte zu erzielen, sollen die Größen und ihre Wechselwirkungen eher genauer erfasst werden. Je mehr Faktoren wirksam sind, desto komplexer wird der Prozess. Das bedeutet, dass Unstetigkeiten im Verhalten vielfältige Kippmomente entstehen lassen. Solche Prozesse werden als „chaotisch“ bezeichnet: eine geringe Änderung der Variablen „x“ kann einen neuen Zustand herbeiführen, eine weitere Änderung einen völlig anderen, eine fortgesetzte Veränderung in derselben Richtung den ursprünglichen Zustand herstellen usw. Solche Zustandsänderungen lassen sich mittels einer einfachen Regelung kaum beherrschen. Interessant ist jedoch, dass es der „mensch-

lichen Hand“ nach längerer Erfahrung vielfach möglich ist, „kunstvoll“ Produkte zu erstellen.

- b) Die Beeinflussung der Prozessgrößen ist in diesem Sinne nicht nur abhängig von der Feinheit der Motorik der Aktuatorik, sondern auch von der Wahrnehmungsfähigkeit der Sensorik, von den von ihr übermittelten Daten und von der angemessenen Verarbeitung der Daten, also von der Regelungstechnischen Einrichtung insgesamt. Die Software der Verarbeitungseinheit muss deshalb mit Zufallswerten, also Unschärfen umgehen können. Dies kann z. B. über den Einsatz der Fuzzy Logic erreicht werden. Erhobene Werte werden in ein Kennfeld eingeordnet, nach programmierten Kontextschemata (Verknüpfungen von Wenn-Dann-Beziehungen) bewertet und daraus auf Wahrscheinlichkeiten beruhende Antworten generiert, die das zu steuernde System mit seinen stochastischen Prozessen in die gewünschte Zustandsrichtung bewegen. Das ist bei zumindest in den jeweiligen Teilbereichen von qualitativ definierten Zuständen gültigen linearen Beziehungen möglich: Die Kombination der Werte der gegebenen und zu verarbeitenden Größen lässt darauf schließen, dass ein bestimmter Zustand besteht, der nach Zielvorgaben in eine bestimmte Richtung zu steuern ist (vgl. z. B. Drösser 1994).

Die zweiwertige Logik stößt hier an ihre Grenzen, weil eine Kombination von Wahrnehmung und Handlung mit komplexen Dingen besteht. Prozesse können nicht wie feste Gegenstände als eineindeutig definiert angesehen werden. Ihrer Entwicklung liegt eine Verwobenheit von Subjekt und Objekt zugrunde. Der Inhaltsbereich des Gegenstands bzw. Objekts und der Wahrnehmungs- und Verarbeitungsbereich des Subjekts sind miteinander vermischt, was zu Paradoxien führen kann (vgl. Günther 1978). Ob und welche Probleme auftreten, entscheidet sich an vielen Stellen. Das geht bis zur eingesetzten Programmiersprache, der ein Paradigma (z. B. objektorientiert) zugrunde liegt. Sie lässt manche Dinge zu, schließt andere aus.

Wie dem auch sei. Die technische Einrichtung der dritten Stufe bleibt inflexibel, weil sie zwar wahrnehmen und reagieren kann, aber dies nur nach der Art der (komplexen) Programmierung. Die Maschine lernt nicht, weil die Zustände (z. B. über Kennfelder) und die Reaktionen auf Zustandsänderungen (z. B. über das Programm) fest definiert sind. Die Maschine ist nicht in der Lage den Kontext zu analysieren, so dass sie sich daraus selbst eine *neue Theorie* über den Prozess erschließen könnte, die eine angemessene Reaktion ermöglichte.

Arbeit und Berufsbildung

Die Arbeit mit deterministisch oder stochastisch prozessbezogenen Maschinen und Anlagen zielt in dieser Stufe auf ihre Bedienung, Beschickung und *Überwachung*. Die Maschinen und Anlagen müssen angesichts der zunehmend steigenden Investitionskosten am Laufen und in den vorgesehenen Grenzen stabil gehalten werden. Mit der Bedienungsarbeit werden im Allgemeinen bestimmte Vorgänge eingestellt, die abgearbeitet werden sollen. Die (dis-)kontinuierliche Beschickung kann automatisch oder durch Personal bewerkstelligt werden. Daneben ist eine Überwachungstätigkeit notwendig. Die Art der Arbeit an Leiständen ist oft ermüdend, da sich die Anlagen in der Regel selbst steuern/regeln. Im Alltag werden keine gravierenden Veränderungen erwartet. Falls solche auftreten, mag es sich um Fehler an den Sensoren oder der Verarbeitungseinheit handeln, die den konkret stattfindenden eigentlichen Prozess nicht berühren. Sind (wie z. B. in Atomkraftwerken) aus Sicherheitsgründen redundante Teilsysteme zwischengeschaltet, die bei Ausfall einer Einheit deren Aufgabe übernehmen, ist die Überwachungsarbeit an den Leiständen noch weniger fordernd. Da die Arbeitenden nach ihrer allgemeinen Erfahrung mit Vorfällen davon ausgehen, dass diese kaum gravierend sind, arbeiten sie – vermutend, dass ein Fehler in der Überwachungseinheit besteht – manchmal sogar gegen das Sicherheitssystem, um die teure Anlage am Laufen zu halten. Das kann dann die gefürchtete Havarie herbeiführen.

Neben der Überwachungsarbeit ist die Wartungsarbeit zu bewerkstelligen, die dazu beiträgt, das System in dem gesetzten Rahmen stabil zu halten und entsprechend der Vorgaben zu steuern. Wartungsarbeiten finden in bestimmten Intervallen (abhängig von Laufzeiten oder von anderen Größen, z. B. zurückgelegten Kilometern) statt. Sie dienen der Prüfung von Zuständen, der Zuführung von Betriebsstoffen oder ihrem Wechsel sowie dem Wechsel von einem hohen Verschleiß ausgesetzten Baugruppen. In der Regel sind bei Wartungsarbeiten keine tiefen Eingriffe in das System notwendig, um Störungen des Betriebs möglichst klein zu halten und die Wartungsarbeiten nicht zu anspruchsvoll zu gestalten.

Treten z. B. durch Havarie oder bei Prüfungen unerwartete Fehler auf, so sind Instandsetzungsarbeiten durchzuführen. Bei komplexen mechatronischen Systemen können Diagnosegeräte die Arbeit unterstützen. Spätestens ab dieser Anforderungsstufe sind konkrete und abstrakte Systemkenntnisse erforderlich. Zur Fehlererkennung können die drei Konzepte der Systemtheorie von Ropohl (vgl. 2009) herangezogen werden: Das *hierarchische* Konzept ermöglicht eine Eingrenzung von Fehlern auf Teilsysteme bzw. Baugruppen, das *funktionale* über die Fehlfunktion Fehlerarten einzuschränken und das *strukturelle* Konzept

über die Relationen Wechselwirkungen zwischen Bauelementen, Baugruppen und Teilsystemen in die Überlegungen einzubeziehen. In der Regel wird bei der Fehlersuche von außen nach innen, in das System hinein gezoomt. So kann der Aufwand verringert werden, wenn z. B. festgestellt wird, dass die Stromversorgung nicht intakt ist. Sind es nicht sofort an der Oberfläche der Systeme zu beobachtende Fehler, muss analytisch und durch Demontage tiefer in das System eingedrungen werden. Bei identifizierten Fehlerursachen in Baugruppen oder von bestimmten Bauelementen muss deren Wirkung auf das übergeordnete Teilsystem oder das Gesamtsystem nachvollzogen werden, um sie als Fehlerursachen zu verifizieren.

Berufliche Handlung und Arbeit wird komplexer. Es müssen Aufgaben unterschiedlicher Dimensionen in Übereinstimmung gebracht werden. Sie beziehen sich auf den Gegenstand (mechanisch), die – u. a. zur Bewegung – eingesetzte Energie (z. B. elektrisch), den Ablauf (steuerungstechnisch) und die Regulation (Sensorik, Wertabgleich, Verarbeitung, Beeinflussung der Aktuatorik abweichend von den vorherigen Vorgaben). Die Arbeitenden müssen die verschiedenen, miteinander verwobenen, technischen Felder in ihren Wirkungszusammenhängen verstehen. Das Verständnis kann nicht bei den Subsystemen stehen bleiben. Es muss auch die Wechselwirkungen der Abläufe und Prozesse im Gesamtsystem erfassen. Erst so lassen sich Fehlfunktionen erkennen, die zu erneuten Reparaturen führen. Diagnosesysteme sind in der Regel hilfreich, doch müssen sie in ihrer Funktionsweise durchaus kritisch hinterfragt werden, damit die Interpretation dort ansetzen kann.

Heute sind viele Ausbildungsberufe *mehr oder etwas weniger* mechatronisch ausgelegt. In vielen Erwerbsberufen müssen die Berufstätigen wenigstens in Teilen mechatronische Probleme lösen können. Berufliches Lernen muss deshalb der Komplexität heutiger beruflicher Wirklichkeit gerecht werden. Beziehungen und Wechselwirkungen von Handlungen, Zuständen oder zwischen komplexen Prozesskomponenten lassen sich nicht durch „Pauken“ von systematisiertem Fachwissen erkennen und beeinflussen bzw. steuern *und* regeln. Die Komplexität und Veränderlichkeit der konkreten Handlungsprozesse sind umgekehrt immer weniger nur durch Erfahrungslernen in den beruflichen Handlungsprozessen aufzubauen.

Stattdessen sind *Kompetenzen* systematisiert und reflektiert zu entwickeln. Die Problemfelder müssen in Aufgabenstellung, Anforderungsdimensionen und Grundlinien erkannt werden (Zugang zur Kundenorientierung), Handlungsprozesse geplant, organisiert, durchgeführt, bewertet und ständig verbessert werden (Prinzip der „Vollständigen Handlung“). Die Beziehungen und Wechselwirkungen der Handlungsprozesse (produktionstechnischer Zugang) und der

technischen Prozesse (systemischer Zugang) müssen durch vielfachen Durchlauf in vollständigen Handlungsprozessen durchdrungen werden (zu den aufgeführten und weiteren „didaktischen Zugängen“ vgl. Hartmann 2014). Fachwissen ist dazu erforderlich. Erst dann können Ursachen für das Verhalten von Prozessen und Systemen verstanden und *sinn- und verantwortungsvoll* in sie eingegriffen werden. In den handelnden Personen müssen innere Strukturen (Dispositionen) aufgebaut werden, die angemessenes Handeln ermöglichen, eine verantwortungsbewusste und die Interessen der Beteiligten (auch die eigenen) berücksichtigende Handlungsfähigkeit (besser: „Gestaltungsfähigkeit“) herstellen. Das lässt sich heute am besten über einen **Lernfeld strukturierten Unterricht** erreichen.

Vierte Stufe: Übergreifende Vernetzung

„Vernetzung“ findet heute vielfältig statt: in Unternehmen, in öffentlichen und in privaten Haushalten. Schlagworte wie „Industrie 4.0“ und „Internet der Dinge“ verdeutlichen das Ziel einer die Systeme integrierenden Vernetzung in Industrie, Haushalt oder allgemein Kommunikation.

Die Produktion in Fertigungsstraßen ist hardwaretechnisch hoch determiniert. Das bedeutet aber nicht, dass die Massenprodukte selbst (z.B. Smartphones oder Kraftfahrzeuge) keinen hohen Variantenreichtum aufweisen; denn es wird mehr und mehr mit Modulen bzw. Baukastensystemen gearbeitet. Die Modularisierung der hochkomplexen Baugruppen ermöglicht die Kombination von Baugruppen und/oder Bauelementen, sodass eine Individualität des Produktes entsteht, die u.a. in der äußeren Erscheinung in Bezug auf Produkteigenschaften (Funktionen, Leistung, Energieverbrauch usw.) gegeben ist. Das erhöht die Anforderungen an Standardisierung und Qualität, da Abweichungen zu Problemen bei der Montage sowie zu Fehlern beim Zusammenwirken im Endprodukt führen können. Dies kann teure Rückrufaktionen zur Folge haben. Bei der Fertigung (oft durch Zuliefererunternehmen) und Montage müssen die vernetzten Gesamtfunktionen des Endproduktes berücksichtigt werden. Um die Fehleranfälligkeit zu reduzieren, werden computerunterstützte Konstruktion und Entwicklung, vernetzte Automatisierung und Einsatz hochgenauer Maschinen und Anlagen bedeutender. Die direkte Arbeit an den Produkten wird durch vernetzte technische Systeme verdrängt.

In der „Industrie 4.0“ werden nicht nur einzelne Produktionsanlagen, sondern der gesamte Geschäftsprozess vernetzt. Das reicht vom Kundenauftrag und den Ergebnissen der Konstruktion über die Produktionsplanung, Logistik, die Bereitstellung und den sachgerechten Einsatz der Produktionsanlagen bis hin zur Sicherung der Qualität.

Die Integration muss der Logik der Prozesse im Unternehmen gerecht werden. Mit der Automatisierung der Organisation stehen *ökonomische* Ziele, die Buchhaltung und u. a. die Disposition im Vordergrund. Der Einsatz von Maschinen und Anlagen folgt dagegen *technischen* Gesichtspunkten, u. a. naturwissenschaftlichen Wirkprinzipien und ihrer technischen Einbindung; den Anforderungen der Steuerung und Regelung und Sicherheitsaspekten. Die Qualitätssicherung muss die Integrität, Funktionalität, Einhaltung der Kundenwünsche und -anforderungen und ebenfalls Sicherheitsaspekte prüfen. Auch das kann automatisiert erfolgen. Datenbanken und Kommunikationsnetzwerke spielen dabei eine wichtige Rolle. Diese müssen den Anforderungen genügen und zusammenwirken.

Bei einfacheren Fertigungsaufträgen in geringen Stückzahlen kann der Kernprozess weitgehend automatisiert mit Hilfe von 3D-Druckern (additives Verfahren) erfolgen. Oft werden 3D-Drucker von Kleinproduzent/-innen betrieben. Hier spielen Unternehmensorganisation und Logistik eine untergeordnete Rolle. Der Aufwand hält sich hier in Grenzen. Die Konstruktion findet unter Einsatz entsprechender CAD-Programme statt oder durch Annahme der von den Kund/-innen bereitgestellten Konstruktionszeichnung bzw. von daraus errechneten Daten, evtl. auch durch Anpassung von in der Datenbank verfügbaren Teilen. Dafür werden Drucker bereitgestellt. Die „Losgröße 1“ ist hier ohne weiteres zu realisieren.

Bei Fertigung und Montage großer Stückzahlen, wird die Integration von Maschinen und Anlagen in die automatisierte Fabrikorganisation anspruchsvoller. Meist haben die Unternehmen in der Vergangenheit viele Vorarbeiten und reiche Erfahrungen gemacht, den Materialfluss wegen der Notwendigkeit einer hohen Auslastung von Produktionsanlagen zu optimieren. Hier war die Produktion zentralisiert organisiert, wurden den Maschinen Materialien nach Einschätzung der Lage zugeführt. Puffer ermöglichten eine Flexibilisierung. Rückmeldungen über Störungen wurden in der Regel über Arbeitende gegeben. Sind Werkzeuge und Maschinen in der Lage über sich selbst und ihren Zustand Aussagen zu treffen, ist eine vorausschauende Instandhaltung erleichtert. Sind Werkstücke bzw. Baugruppen z. B. über RFID (Radio-Frequency-Identification-Chips) ebenfalls in der Lage z. B. über ihren Bearbeitungs- oder Montagestand sowie noch notwendige Schritte, die dafür vorgesehenen Stationen bzw. ihren Zustand Auskunft zu geben, so ist ein flexibles Umsteuern der Prozesse einfacher möglich. Gleichzeitig sind bisher getrennt automatisierten Prozesse wie Beschaffung, Lagerhaltung, Personalplanung und Kostenrechnung in den Prozess integrierbar.

Dafür müssen die Komponenten an den Schnittstellen unter Verwendung unterschiedlicher Programmiersprachen miteinander kommunizieren und sich verstehen. Ihre Kommunikation muss, geht sie über die direkte Absprache zwischen Komponenten (z.B. der Werkzeugmaschine und dem RFID-bestückten Werkstück) hinaus, nach der Ablauforganisation gesteuert und nach Priorität geregelt, geordnet stattfinden.

Die Tätigkeiten der Menschen, die Art ihrer Eingriffe in den Prozess und ihre Berechtigung zu Eingriffen sind zu definieren. Der zu integrierende Prozessablauf muss dafür erfasst, definiert und in das Gesamtsystem bzw. Subsysteme implementiert werden. Dafür werden in der Regel Einzelhandlungen oder „Rollen“ beschrieben. Sie beziehen sich auf auszuführende Tätigkeiten auf der zugewiesenen Berechtigungsebene. Sie können sich im Falle von Bedienung oder Wartung auf der Oberfläche des Systems bewegen oder tiefergehend, z.B. bei Implementierung und Programmierung, Administratorrechte erfordern bzw. die Berechtigung zur Instandhaltung. Zur Gewährleistung der Sicherheit der Prozesse und der Einhaltung von rechtlichen Standards, ist Dokumentationspflichten nachzukommen.

Zur flexiblen und effizienten Prozessbewältigung wird die Individualisierung der Prozesskomponenten durch Ausstattung mit eigener „Intelligenz“ zur Fehlerdiagnose und Selbstorganisation als Subsystem vorangetrieben. Die Prozesse des Subsystems werden dazu oft nach außen abgeschottet. Um Wechselwirkungsmöglichkeiten mit übergreifenden oder anderen auf der gleichen Ebene angesiedelten Subsystemen zu ermöglichen muss die interne und externe Steuerung berücksichtigt werden. Eine Kommunikation mit dem Supersystem oder anderen Systemen greift auf an der Oberfläche bereitzustellende Informationen zurück. Gekapselte Systeme haben den Vorteil, dass das Gesamtsystem in seiner Komplexität reduziert wird, jedoch den Nachteil, dass interne Prozesse nicht eingeschätzt, ihre Entwicklung nicht in die übergreifenden Steuerungsprozesse einbezogen werden können. Fehlfunktionen werden so evtl. übersehen.

Die Integration der Systeme führt zu vielfältigen neuen Herausforderungen in der Steuer- und Regelungstechnik (u. a. in der Schnittstellenprogrammierung). Ist die Komplexität so weit vorangeschritten, dass sich – wie bereits unter Reflexionsstufe 3 dargelegt – Prozesse chaotisch verhalten, sind ihre Erfassung (Big Data, Finden von Algorithmen bei einer unscharfen Suche), Auswertung und die Bereitstellung entsprechender Reaktionsmuster zu bewerkstelligen, damit die Prozessentwicklung eingefangen werden kann. Aufgrund der vielen Faktoren genügen feste Reaktionsmuster jedoch oft nicht mehr. Dann müssen die Maschinen „lernen“.

Maschinen sind schon dann lernfähig, wenn sie sich merken können, dass bestimmte Zustände des Öfteren vorkommen und dem Zustand (z. B. definiert über eine Bandbreite bestimmter Werte von Größen) mit der Zeit durch den Abruf der Konstellation aus dem Speicher eine schnell auszulösende Reaktion zuordnen können. Die Maschine macht das, was ein routinierter Mensch (nach Dreyfus und Dreyfus (1980) eine erfahrene Fachkraft) ebenfalls tut: „intuitiv“ handeln. So werden Ressourcen frei für andere wichtige Handlungen bzw. für genauere Abstimmungen und Optimierungen.

Eine tiefere Art des Lernens ist es, wenn die Maschine anhand der Auswertung von Daten vielfältiger (gleichzeitig oder verschoben stattfindender) Prozesse in der Lage ist, eine eigene Reaktion zu generieren oder sogar vorausschauend Schritte einzuleiten. Dies kann z. B. thesenbasiert, auf Analogiebildung beruhend bzw. mittels Auswertung vorhergehender Erfahrungen geschehen. Hierfür müssen die zu beeinflussenden äußeren Zustände der Prozesse anhand von Parametern erhoben und, z. B. über Vergleichstabellen gewichtet, beurteilt werden. Die eigene gegebene Antwort sollte a) als Satz von Aussagen („Theorie“) und b) über die Sensorik („Praxis“) als Differenz zwischen eigener Absicht und wirklicher Handlung erfasst werden. Die Reaktion der zu beeinflussenden Prozesse ist dann mit These, gewähltem Verfahren und wirklicher Handlung abzugleichen. Die Auswertung muss beurteilen, ob sich der Prozess in die gewünschte Richtung entwickelt, das System die Vorgänge positiv oder negativ verstärken muss bzw. den Prozess unbeeinflusst lassen kann.

Laufen die Entwicklungen den verfolgten Zielen entgegen, kann die lernende Maschine alternative Vorgehensweisen generieren. Dazu muss sie in der Lage sein auf Grundlage der Bewertung von Algorithmen eine Heuristik zu erstellen, Alternativen nach ihrer Wahrscheinlichkeit simulativ und/oder im physischen Prozess zu testen und sich dann für eine Lösung zu entscheiden. Die diese Maschine Programmierenden müssen über relevante Prozessdaten verfügen um (methodenbezogene Meta-)Algorithmen einzusetzen, die es der Maschine erlauben, Heuristiken zu entwickeln.

Die Kompetenz für eine analoge, komplexe Vorgehensweise ist für Menschen zumal bezogen auf die Simulation, die eine gewisse Vorstellungskraft erfordert, nicht ohne weiteres erreichbar. Sie müssen in der Domäne Erfahrungen sammeln, einfachere Handlungen automatisieren, also unterhalb der Bewusstseinsschwelle laufen lassen, sie kapseln, damit sie ihre ungeteilte Aufmerksamkeit den weiteren, übergreifenden Prozessparametern schenken können. Nur wenn Anzeichen zu erkennen sind, dass Störungen auftreten werden, sollten frühzeitige und damit wenig aufwändige Maßnahmen zur Korrektur vorge-

nommen werden. So erst kann der Gesamtprozess gelingen. Solche Fachkräfte wären nach Dreyfus & Dreyfus als Erfahrene oder Meister/-innen einzustufen.

Die Automatisierung von Handlungsroutinen entlastet den Wahrnehmungsapparat und die Handlung. Analog müssen komplexe, lernende Maschinen ebenfalls eine Kapselung der Aufmerksamkeit (i. e. einfacher) bzw. der Wahrnehmung bestimmter Prozesse (i. e. grundlegender) vornehmen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn ein reger Informationsaustausch Subsystemen erforderlich ist. Ein zentral eingesetztes Steuergerät, z. B. im Kraftfahrzeug, benötigt eine umfassende Verkabelung bzw. ein Prioritäten festlegendes Bussystem. Doch gibt es Situationen, in denen es kontraproduktiv ist Informationen über dieses Steuergerät zu schicken und auf eine Anweisung zu warten. Wenn Ereignisse eintreten, die das Gesamtsystem gefährden, kann es notwendig sein, innerhalb von Sekundenbruchteilen Entscheidungen zu treffen. Wenn das Kraftfahrzeug ins Schleudern gerät, sollte das zuständige Teilsystem unabhängig von der Zentralinstanz das Blockieren der Räder verhindern und/oder dem Schleudern entgegensteuern. Das Erfordernis einer schnellen Reaktion ist jedoch nur *ein* möglicher Fall der Ausschließung des zentralen Steuergeräts aus Entscheidungsprozessen. Es stellt sich ein grundsätzlicheres Problem: Soll das Gesamtsystem über alle Teilprozesse im Detail Bescheid wissen, dann kann es durch die Informationsflut handlungsunfähig werden. Es wird angesichts von sehr vielen Prioritätensetzungen, wichtige Teilprozesse vernachlässigen, diese sogar blockieren bzw. von ihnen blockiert werden. Das Subsystem kann die Teifunktion oft viel besser bereitstellen als die zentrale Steuerung, weil es sehr viel schneller lokale Daten auswerten, beurteilen und daraus ein angemessenes Verhalten generieren kann. So ist es möglich das zentrale Steuersystem zu entlasten, indem es dem Subsystem überlassen wird, wie es den ihm zugeordneten Prozess und sich selbst steuert. Entscheidend ist für das System nur, dass die geforderte Funktionalität zur Verfügung gestellt wird. Sie kann auch durch „intelligente“ Werkstoffe z. B. Formgedächtnislegierungen oder piezoelektrische Mikroaktuatoren *direkt* erreicht werden.

Wird die Funktionalität nicht zur Verfügung gestellt oder arbeitet das Subsystem sogar gegen das System, müssen alternative Vorgehensweisen initiiert werden, wie die Zuschaltung eines redundanten evtl. weniger effizienten Systems, die vorübergehende Zuweisung der Aufgabe an ein anderes Subsystem oder Übernahme der Aufgabe durch das Zentralsystem, die Einleitung von Selbstheilungsprozessen bzw. die völlige Abschaltung des Systems.

Komplexe Maschinen müssen vielfältigen Anforderungen genügen. Sie bilden in der Bewältigung der Prozesse ein komplexes Netzwerk nebeneinander stattfindender Prozesse, Entscheidungen, Informationsübermittlungen, Verarbeitun-

gen usw. Im Detail heißt das, dass ein jeweils *konkretes* und ein generelles, *übergreifendes* Verhalten generiert werden muss. Dieses muss abgestimmt sein, auch wenn die Prozesse vielfach nichts voneinander „wissen“. Nicht jedes Subsystem benötigt alle Informationen bzw. muss diese selbst erzeugen, sondern es kann auf die anderer zurückgegriffen werden. Damit dies möglich ist, müssen Maschinen und Anlagen brauchbare Informationen (Dateninhalt und -struktur) zur Verfügung gestellt bekommen, dieselbe Sprache sprechen bzw. Daten nach Übersetzung und/oder Umstrukturierung nutzen können, den zur Verfügung gestellten Dateninhalten bzw. der Datenintegrität vertrauen können. Die Informationen und Anweisungen müssen deshalb auf Herkunft, Plausibilität, Gewichtung, Priorität, Zielkonflikte usw. geprüft und beurteilt werden. Erst dann können sie berücksichtigt bzw. ausgeführt werden.

Agiert im komplexen System evtl. wegen Synergieeffekten ein individuelles Bauelement nicht (immer) standardisiert, so ist zu prüfen, ob der Prozess unter diesen Umständen aufrechterhalten werden soll. Fehlertoleranzen oder Redundanzen können das ermöglichen. Gibt es weitere Unwägbarkeiten, Abweichungen von den Modellrechnungen und -konstruktionen, so muss die Informationstechnik auf immer abstraktere Wirkmodelle zurückgreifen, die das Konkrete der Prozesse abbilden und attribuieren können. Die Sensorik muss die Prozessabweichungen verifizieren. Doch in der Komplexität werden die Objekte und Relationen weiterhin oft abstrakt und starr bleiben. Das bedeutet, dass Maschinen auch mittelfristig noch nicht so intelligent sein werden, dass sie alleine agieren können. Es gibt in der Komplexität der Prozesse zu viele Parameter die nicht in einem linearen bzw. stetigen Bezug zu einander stehen. Deshalb werden weiterhin Parametrierungs- und Einstellungsvorgänge erforderlich sein. Berufliche Erfahrungen können auch heute Bezüge herstellen helfen, die den Maschinen bisher nicht möglich sind. Die Lücke im Zusammenhang von Konkretion und Abstraktion muss von den Facharbeiter/-innen geschlossen werden.

Arbeit und Berufsbildung

Die Arbeit beim Aufbau von oft großen, vernetzten Anlagen (Maschinen- und Anlagenbau), die Arbeit an und mit den Maschinen und Anlagen und ihre Instandhaltung können sehr vielfältig ausgeprägt sein. Zunächst einmal ist davon auszugehen, dass alle bisherigen Arbeitsformen weiterhin, oft in geringerem Umfang, eine Rolle spielen werden. Im Vorrichtungsbau und bei kleinen Stückzahlen werden Arbeitende weiterhin an Werkbänken (Handfertigkeiten) bzw. an Universalmaschinen (Unterstützung bei komplexeren Werkstücken) tätig sein.

Im Werkzeug- und Maschinenbau ist der Einsatz von Zerspanungsmaschinen weiterhin nicht wegzudenken. Hier spielt auch die Montage eine wichtige Rolle. Da viele Maschinen immer schneller und präziser arbeiten müssen, steigen die Anforderungen an die bereitgestellten mechanischen Bauelemente und ihre Passungen. Beispiele sind Druck- oder Verpackungsmaschinen, die hochpräzise funktionieren müssen. Für den Herstellungs- und Montageprozess der Maschinen und Anlagen bedeutet das, dass Sicht- und Funktionsprüfungen und evtl. Nacharbeiten einen wichtigen Stellenwert erlangen.

Die Integration der Maschinen in umfangreichere Anlagen und Produktionsabläufe wird zunehmend bedeutender. Das betrifft die Mechanik, die Elektrik und die Informationstechnik. Die Integration und Vernetzung wird von den bereitstellenden Maschinenbauunternehmen bzw. in Kooperation mit den Fachkräften vor Ort vorgenommen, denn die Probleme treten in der Umsetzung auf. Maschinenbauunternehmen müssen ein zusätzliches Dienstleistungsangebot ausweisen, das Aufbau und Instandsetzung, evtl. Restrukturierungen bei den oft im Ausland angesiedelten Kund/-innen Rechnung trägt. Die Tätigkeit der Fachkräfte muss neben einer hohen u. a. organisationsbezogenen, soziokulturellen, kommunikativen (Sprachkenntnisse) und tiefgehenden mechatronischen Kompetenz auch Erfahrungen umfassen. Dafür kommen verschiedene Fachkräfte zum Einsatz.

Immer wichtiger werden die IT-Kompetenzen. Maschinen und Anlagen sind in modulare, komplexe und vernetzte (Fertigungs-)Systeme einzubetten. Sie müssen informatisch beschrieben werden, um sie integrieren und die an ihnen ablaufenden Prozesse steuern zu können. Kommunikationsprozesse in den Anlagen sowie die Bereitstellung und Fortschreibung u. a. von Datenbanken werden vielfältiger. Einsteils geht es um Schnittstellen, andernteils um die übergreifende Systemintegration und besonders um Sicherheitsaspekte. Die geforderten IT- bzw. informatischen Kompetenzen gehen inzwischen so weit, dass einige Unternehmen selbst im Ausbildungsberuf Fachinformatiker/-innen ausbilden.

Die Fertigungs- und Montagestraßen z. B. der großen Automobilhersteller sind an vielen Stellen (noch) nicht vollständig automatisiert. Die Bedienung von Maschinen und Anlagen ist deswegen weiterhin relevant. Trotz teilweise monotoner, wenigfordernder Arbeitsvorgänge kommen hier oft ausgebildete Fachkräfte zum Einsatz, um die Qualität der Produkte sicherzustellen. Wer eine vollständige Ausbildung durchlaufen hat, kann schon an kleinen Anzeichen bemerken, dass ein Problem vorliegt. Wegen des in der Zeit der Ausbildung entwickelten Berufsethos und der Verbindung zum Unternehmen (Corporate Identity) verhalten sich Facharbeitende eher verantwortungsvoll. Kosteninten-

sive Rückrufaktionen in die Werkstätten werden vor diesem Hintergrund seltener.

Die Wartung und Instandhaltung der Maschinen und Anlagen wird einen wichtigen Anteil an den beruflichen Tätigkeiten der technischen Fachkräfte einnehmen. Hochvernetzte Kraftfahrzeuge z.B. besitzen eine Reihe von Subsystemen mit eigenen Steuergeräten, die die – teilweise gekapselten – Prozesse steuern und regeln. Auftretende Fehler werden gespeichert und später abgerufen. Bei der Instandsetzung ist in der Regel eine De- und Remontage von kompakten und ineinander greifenden Systemkomponenten erforderlich. Die Fehlersuche ist wegen der Wechselwirkungen der mechatronischen Baugruppen nicht trivial. Deshalb werden Diagnosegeräte eingesetzt, die die Facharbeit unterstützen. Diese sind allerdings manchmal nicht in der Lage, eindeutige Fehlerursachen zu benennen. So werden Fahrzeuge mehrfach in die Werkstatt zurückbeordert, weil der behobene Fehler erneut auftritt, er sich also als Folgefehler mit grundlegender Ursache erweist.

Die Komplexität der Aufgabenstellung bei Produkterstellung und Einbettung der technischen Systeme in den Kundenkontext ist durch ein Individuum meist nicht mehr zu bewältigen, so dass – neben der Zusammenarbeit mehrerer Berufe im Team – hoch entwickelte, für die Praxis der Anbieter/-innen taugliche Assistenzsysteme (z. B. über Augmented Reality) grundlegende Unterstützung geben können. Augmented-Reality-Systeme bieten die Möglichkeit Arbeitenden und Lernenden, in Maschinen und Anlagen stattfindende Prozesse offen zu legen, z. B. indem der jeweilige Prozess – auf Tablet-Bildschirm oder in die Video-Brille projiziert – ohne Verkleidungsbleche transparent gemacht wird. Dafür müssen die Vorgänge z. B. als abrufbare Videos in einer Datenbank abgelegt und bei bestimmter Haltung des Tablets bzw. durch bestimmte Blickrichtung und durch entsprechende Identifizierungsmerkmale (Form, Strichcode) abrufbar sein. Um Zustände bzw. Zustandsänderungen erfassbar zu machen, müssen sie durch eine entsprechende Sensorik erfasst und an das Medium übermittelt werden. Die Arbeitenden können über das Medium evtl. auch auf Datenbanken zurückgreifen, die z. B. Kataloge der Bauelemente einschließlich deren Merkmale sowie notwendige Werkzeuge beinhalten, so dass Instandhaltungsmaßnahmen direkt ausgeführt werden können. Die Bereitstellung solcher Medien ist m. E. erforderlich, um in den Unternehmen weiterhin Facharbeiter/-innen einzusetzen zu können, die mit mittlerem Schulabschluss durch eine Berufsausbildung gehen. Zur Erstellung der beschriebenen Assistenzsysteme sind Fachkräfte erforderlich, die die Prozesse und Arbeiten verstehen, medien-didaktisch geschult sind, sich mit Sicherheitsfragen (Arbeitssicherheit, Datenschutz, Betriebsgeheimnisse usw.) auskennen und programmieren können.

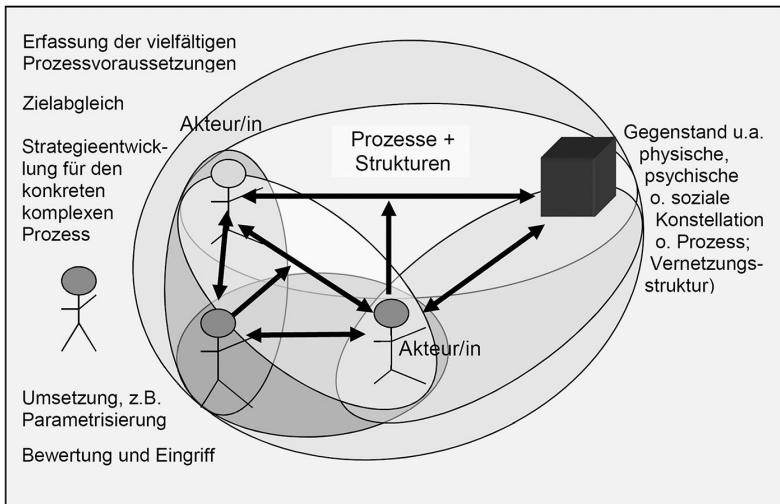


Abb. 6: Prozessteuerung

In weiteren Vernetzungsschritten kann die Interaktion von Mensch und Maschine weitergetrieben werden. Dazu muss geklärt werden, ob das erwünscht ist. Das heißt, dass die Unternehmen und die Arbeitenden auch strategische Überlegungen zur Einbettung der (Teil-)Systeme in die Abläufe anstellen und dass sie IT- und Medienkompetenz besitzen müssen. Die Frage ist, ob diese Kompetenzen noch mit einer konventionellen Berufsausbildung erreichbar sind. Zumindest sind Weiterbildungen erforderlich. Facharbeit wird hoch anspruchsvoll.

Für die Berufsbildung bedeuten die skizzierten Entwicklungen, dass eine weitere Ebene berücksichtigt werden muss. Das sind das Programmieren und die für eine sinnvolle Programmierung erforderliche Analyse von Vorgängen auf dem Hintergrund deren Zielsetzungen und deren Bedingungen. Komplexes und vernetztes Denken wird immer wichtiger, so dass die Lernprozesse weiterhin und noch stärker situiert werden müssen, damit sie konkret erfahrbar werden. Einbettet in situierte Lernprozesse müssen Materialien, naturwissenschaftliche Wirkprinzipien, manuelle technische Verfahren, maschinelle Umsetzungen in programmierten Steuerungen, Umgang mit technischen Systemen grundlegend erfahrbar und zugänglich gemacht werden. Die Bearbeitung von komplexen Aufgaben (in Lernfeld strukturiertem) Unterricht wird immer bedeutender. Wenn die verschiedenen Ebenen technischer Arbeit – manchmal nebeneinander und vielleicht auch mithilfe der angesprochenen oder ähnlicher Medien) zugänglich gemacht werden, kann m.E. auch in der Komplexität heutiger

Arbeitsprozesse gestaltend agiert werden, ohne dass eine übermäßig lange Ausbildung zu Spezialist/-innen erforderlich ist. Sollte es den Berufsbildenden Schulen nicht gelingen, eine arbeitsprozessnahe, auf berufliche Handlungskompetenzen abzielende Berufsbildung zu gestalten, wird die duale Ausbildung an Bedeutung verlieren.

Literatur

- Aspray, W. (Hg.): Computing before Computer. Ames IA 1990.
- Boole, G.: An Investigation of The Laws of Thought, E-Book. <http://www.gutenberg.org/etext/15114> (Letzter Zugriff: 27.07.2016)
- Descartes, R.: Meditationen über die Grundlagen der Philosophie. Hamburg 1960.
- Dreyfus, H. L.; Dreyfus, S. (1980): A five-stage model of mental activities involved in directed skill acquisition. Unpublished report supported by the Air Force Office of Scientific Research (AFSC), Berkley 1980.
- Drösser, C.: Fuzzy Logic. Methodische Einführung in krauses Denken, Reinbek bei Hamburg 1994
- Günther, G.: Idee und Grundriss einer nichtaristotelischen Logik. Hamburg 1978.
- Hartmann, M.: Beruf, Bildung, Entwicklung, Frankfurt am Main 1994.
- Hartmann, M.: Theorie der Praxis – Entwurf einer Reflexionsstufentheorie am Beispiel der Berufsbildung. Baden-Baden 2005.
- Hartmann, M.: Didaktische Zugänge zur Strukturierung und Entwicklung berufsgruppenspezifischer Kompetenzen. In: Severing, E.; Weiß, R.: Weiterentwicklung von Berufen – Herausforderung für die Berufsbildungsforschung. Bielefeld 2014, 155–180. https://www.agbfn.de/dokumente/pdf/agbfn_14_hartmann.pdf (Letzter Zugriff: 04.08.2016).
- Koesling, V.; Schülke, F.: Mensch, Technik. Eine Entdeckungsreise durch die Kulturgeschichte der Technik, hrsg. vom Deutschen Technikmuseum. Berlin 2013.
- Ropohl, G.: Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe 2009.
- Spöttl, G.; Windelband, L. u. a.: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie, hrsg. vom Bayerischen Unternehmensverband Metall und Elektro e. V. und vom Verband der Bayerischen Metall- und Elektroindustrie e. V. München 2016.
- Taylor, F. W.: Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung, Nachdruck. Weinheim, Basel 1977.

Digitalisierung der Arbeitswelt – Herausforderungen aus gesellschaftlich-politischer Sicht

Markus Wecker

Die voranschreitende Digitalisierung umfasst in Zukunft alle Bereiche des gesellschaftlichen und privaten Lebens. Insbesondere werden Wachstumschancen und enorme Effizienzsteigerungen, aber auch eine Erleichterung der Arbeit z. B. für ältere Arbeitnehmer/-innen oder Verbesserungen in der medizinischen Versorgung genannt. Aufgrund der zu erwartenden umfassenden Veränderungen – zumindest für den Bereich der Arbeitswelt – werden diese auch als *Digitale Revolution* oder *4. Industrielle Revolution* charakterisiert.

Die heutige Welt ist so komplex und vernetzt, dass jegliche Veränderung immer positive wie auch negative Auswirkungen hat. Dass also neben den vielen Chancen und Potentialen auch Risiken und kritisch zu betrachtende Entwicklungen eintreten können, ist offensichtlich.

Im historischen Kontext führten insbesondere die heute als erste und zweite industrielle Revolution bekannten Veränderungen auch zu erheblichen Widerständen. Die Menschen, die ihre Arbeitsplätze und damit ihre wirtschaftliche Existenz erheblich bedroht sahen, haben zum Teil versucht, die Maschinen und technischen Neuerungen zu verhindern oder wieder zu zerstören. Im Gegenzug wurden diese sogenannten Maschinenstürmer drakonisch bestraft. So wurde beispielsweise in England denjenigen die Todesstrafe angedroht, die Maschinen zerstörten oder die Maschinenstürmer deckten. Der technische Fortschritt indes ließ sich zu keiner Zeit aufhalten. Es kann also auch für uns nur darum gehen, die zukünftigen Entwicklungen zu begleiten, eventuell zu lenken und rechtzeitig die Weichen für unsere Gesellschaft so zu stellen, dass die Chancen der Entwicklung genutzt, die Risiken aber abgedeckt werden. Vor diesem Hintergrund sind auch die Kosten für die Solidargemeinschaft und die Privatwirtschaft zu berücksichtigen, die aufgrund dieser Entwicklung entstehen werden.

Zu den wesentlichen prognostizierten Änderungen und Auswirkungen der Digitalisierung zählen:

1. die Flexibilisierung der Arbeitszeiten und der Arbeitsorte – und damit einhergehend eine Entgrenzung von Privatem und Beruflichem,
2. der Wegfall ganzer Berufsbilder und infolgedessen eine möglicherweise stark ansteigende Arbeitslosigkeit,

3. die zunehmenden Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeiter/-innen und eine notwendige Anpassung der (beruflichen) Ausbildung der Heranwachsenden sowie einer stetigen Fort- und Weiterbildung erfahrener Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,
4. eine weiter fortschreitende Automatisierung und damit ein immer kleiner werdender Anteil der menschlichen Arbeit an der Wertschöpfung und
5. daneben ist in sämtlichen gesellschaftlichen Bereichen – sowohl privaten als auch beruflichen – die Frage des Datenschutzes entscheidend.

Diese Punkte haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf unsere zukünftige Lebensqualität, unterschiedliche Zeithorizonte und zudem sind unsere Einflussmöglichkeiten auf die Veränderungen selbst nicht homogen. Die fünf Punkte sollen im Folgenden genauer erläutert werden.

1 Entgrenzung von Arbeit und Privatleben

Ein wesentliches Phänomen, das in den kommenden Jahren insbesondere durch die Digitalisierung deutlich zunehmen wird, ist die immer weiter verbreitete Entgrenzung der Arbeit. Die Entgrenzung bezieht sich dabei auf räumliche, zeitliche, rechtliche, strukturelle und technische Komponenten der Erwerbstätigkeit. Je nach konkreter Tätigkeit sind die einzelnen Komponenten mehr oder weniger stark von der Auflösung bisheriger Grenzen betroffen (vgl. im Folgenden Gottschall/Voß 2005; IT-Planungsrat 2013).

Die am besten bekannte und am weitesten fortgeschrittene Entgrenzung bezieht sich auf die zeitliche Komponente. Die ursprünglich durch die Industrialisierung vorgegebene Taktung der Arbeit im produzierenden Gewerbe löst sich zunehmend auf. Weniger akut im Dreischichtbetrieb (Früh-, Spät- und Nachschicht), aber doch stärker im Bereich der „Normalschicht“ und der typischen „Büroarbeit“ (z. B. 9.00 bis 17.00 Uhr). Voraussetzungen hierfür sind technische Mittel zur Arbeitszeiterfassung in Kombination mit flexiblen Arbeitszeitmodellen wie Gleitzeit, Kernarbeitszeit oder Vertrauensarbeitszeit. Die jeweiligen Arbeitszeiten der Arbeitnehmer/-innen unterscheiden sich daher von einander und sind individuell an ihre (familiäre) Situation adaptierbar. Die Chancen dieser Individualisierung liegen auf der Hand: die bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf ermöglicht es, dass Mütter und Väter Arbeits- und Kinderbetreuungszeiten aufeinander abstimmen können. Vor allem Alleinerziehende erhalten so die Chance, flexibel Lösungen auch in schwierigeren Situationen zu finden, wenn zum Beispiel ein Kind erkrankt ist.

Die örtliche Entgrenzung löst die starre Trennung der Räume für Arbeit und Freizeit auf. War es bisher der industrielle Produktionsprozess, der den Arbeiter ans Fließband bannte, so kann mit fortschreitender Technik mittlerweile sogar die Überwachung und Steuerung von Maschinen und Produktionsanlagen räumlich getrennt davon ausgeführt werden. In anderen Bereichen sind Telearbeit und Home-Office längst üblich geworden. Gerade in Kombination mit der Loslösung vom starren Korsett der zeitlichen Taktung erweitern sich die angesprochenen Chancen für eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie.

Neben diesen individuellen Vorteilen bietet die räumliche Loslösung von Arbeitsort und Betrieb auch Vorteile für bisher strukturschwache Regionen. Sie kann zu einem verringerten Zentralisierungsdruck und zu abnehmenden Mobilitätserwartungen führen, weil Arbeitnehmer/-innen immer häufiger keine dauerhafte Präsenzpflicht am betrieblichen Arbeitsplatz haben. Der Zwang zur Verlagerung des Lebensmittelpunktes hin zur Arbeitsstätte könnte so im Prinzip erstmalig auch für das produzierende Gewerbe obsolet werden. Der Trend zur weiteren Urbanisierung kann hierdurch abgeschwächt oder sogar umgekehrt werden, weil der wesentliche Pull-Faktor wegfällt.

Daneben können sich durch Home-Office und Telearbeit weitere Vorteile ergeben: Mittlerweile pendeln über 60 % der Arbeitnehmer/-innen von ihrem Wohnort zum Arbeitsplatz. Allein 8,5 Millionen verbringen jeden Tag länger als eine Stunde zwischen Wohnort und Arbeitsplatz (Sohn und Panter 2015, 27). Neben der enormen Zeit, die dabei „auf der Strecke“ bleibt und der Familie fehlt, macht häufiges Pendeln verbunden mit stetigem Zeitdruck auch krank. Staus und Zugverspätungen führen zu einem permanenten Stress, der auf Dauer die Gesundheit in Mitleidenschaft zieht und sowohl die Arbeitsleitung als auch die Lebensqualität einschränkt. Der klimaschädliche CO₂-Ausstoß ist da nur ein weiterer, aber nicht unerheblicher negativer Nebeneffekt. Insgesamt sind durch das Arbeiten von zu Hause aus durchaus deutliche Verbesserungspotentiale und Chancen feststellbar. Allerdings gibt es auch in diesem Feld Beharrungsfaktoren, die die aufgezeigte Entwicklung behindern: Nach wie vor gilt in deutschen Betrieben, dass praktisch nur die Arbeit vor Ort gesehen und honoriert wird. Karriere machen also diejenigen, die möglichst früh im Büro anfangen. Die tatsächliche Arbeitszeit ist in der allgemeinen Wahrnehmung von nachrangiger Bedeutung (vgl. Tatje 2014; Sohn und Panter 2015).

Die Entgrenzung betrifft zunehmend auch rechtliche und strukturelle Aspekte der Berufsarbeit. So geht der Anteil der Normalarbeitsverhältnisse in der letzten Zeit stetig zurück. Zudem treten mit dem Entstehen von „digitalen Tagelöhnnern“ neue Formen von Arbeitsverhältnissen auf. Sie sind selbstständig im sogenannten Solo-Unternehmertum, haben keinerlei soziale Absicherung und

hangeln sich von einem schlechtbezahlten Job zum nächsten (Schmidt und Strube 2015; Haake 2016). Über spezielle Plattformen im Internet werden die Jobs vermittelt ohne persönlichen Kontakt und ohne das klassische Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Verhältnis. Zu den bekanntesten Plattformen zählen zurzeit die virtuellen Marktplätze für Gelegenheitsarbeiten „Mechanical Turk“ (Amazon), „Helpling“ und „Crowdworker“ sowie „Uber“ und „Airbnb“ als Vermittler von privaten Fahrdiensten und Unterkünften, die den klassischen Taxis und Hotels zur schärfsten Konkurrenz geraten sind. Gemeinsam haben alle diese Plattformen, dass sie nur in geringem Umfang eigenes Kapital investieren müssen, da sie nahezu ausschließlich virtuell agieren. Das Unternehmen „Uber“ besitzt bspw. keinen eigenen Fuhrpark, sondern vermittelt lediglich die Fahrten, die PKW-Besitzer als sogenannte Partner dann mit ihrem privaten Fahrzeug durchführen. Das unternehmerische Risiko Ubers reduziert sich damit auf ein Minimum und wälzt alle Risiken auf die „Partner“ ab. Während die durch „Uber“ und „Airbnb“ vermittelten Dienstleistungen aufgrund ihrer spezifischen Art ortsgebunden sind an Wegstrecken bzw. Immobilien, können die über Mechanical Turk oder Crowdworker vermittelten internetbasierten Tätigkeiten grundsätzlich von jedem Ort der Welt mit Internetanschluss erledigt werden. Viele der hier angebotenen Tätigkeiten bedürfen keiner speziellen Qualifikation. Durch diese Entwicklung entsteht eine riesige weltweite Konkurrenz, bei der die marktwirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten die Entlohnung dieser Arbeiten dauerhaft niedrig halten wird. Für Menschen aus einkommensschwachen Entwicklungsländern kann eine solche Tätigkeit lukrativ sein, für das europäische Preisniveau reicht es dann oft nicht.

Auf technischer Ebene bedeutet die Entgrenzung, dass die vormals geltenden Schranken des notwendigen Wissens und der notwendigen Fähigkeiten eingerissen werden. Die Schlagworte vom lebenslangen Lernen sind nicht neu; neu sind aber die extrem kurz gewordenen Innovationszyklen. So kann ein Arbeitnehmer/eine Arbeitnehmerin heute und noch weniger in Zukunft davon ausgehen, dieselbe Software für fünf oder gar zehn Jahre unverändert einsetzen zu können. Ebenso wird sich auch die Hardware in immer kürzeren Abständen verändern. Waren von gut zehn Jahren noch Handys mit „normalen“ Tasten die marktbeherrschenden Mobiltelefone, so sind heute fast ausschließlich Smartphones mit Touchscreen anzutreffen. Die Steuerung der Geräte und Maschinen wird zunehmend intuitiver. Aber es dürfen die älteren Arbeitnehmer/-innen dabei nicht auf der Strecke bleiben. Die „Rente mit 67“ kann zur Folge haben, auch mit 63 Jahren noch die Nutzung einer gänzlich neuartigen Software oder Maschine erlernen zu müssen und mit ihnen Leistungen zu erbringen, die auf dem Arbeitsmarkt konkurrenzfähig sein müssen.

Allgemein gilt für die fortschreitende Entgrenzung, dass die Individualisierung von Arbeit stetig zunimmt und dass die Sozialbezüge vermindert werden. Besonders deutlich wird letzteres bei den „Crowd- und Cloudworkern“ (vgl. Baurmann und Rudzio 2016, Scholz und Müller 2014).

2 Wegfall von Berufsbildern

Die im Jahr 2013 veröffentlichte Studie von Frey und Osborne (2013) hat große Aufmerksamkeit erregt. In ihr wird prognostiziert, dass bis zum Jahr 2030 ungefähr 47 % aller Arbeitsplätze in den USA durch Maschinen und Computer ersetzt werden. Die Ergebnisse der Studie können sicher nicht ohne weiteres auf andere (europäische) Arbeitsmärkte übertragen werden, aber sie zeigen doch eindrucksvoll, in welchen Größenordnungen die Umwälzungen durchaus erwartbar sind. Dieses riesige Rationalisierungspotential führt auf der einen Seite zu einer deutlichen Produktivitätssteigerung, auf der anderen Seite aber zunächst zu einem erheblichen Anstieg der Arbeitslosigkeit.

Die Boston Consulting Group kommt in ihrer Studie *Industry 4.0 – The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* (BCG 2015) hingegen zu dem Ergebnis, dass es auf dem deutschen Arbeitsmarkt durch die Neuschaffung von Berufsbildern und weiterem Wachstum der Industrie zu einem Zuwachs an Arbeitsplätzen von 6 % kommt. Die Digitalisierung würde so zu einem Sinken der Arbeitslosenzahlen beitragen.

Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung in Nürnberg hat in einer Studie prognostiziert, dass „Industrie 4.0“ den Strukturwandel hin zu Dienstleistungen beschleunigt. Es ist demnach zu erwarten, dass 760.000 Arbeitsplätze bis zum Jahr 2030 zwischen den Berufsfeldern umgeschichtet werden. Die Digitalisierung wird zu einer Nachfrage nach höher Qualifizierten zunehmen zu Lasten von Personen mit Berufsabschluss und Routine-Tätigkeiten, insbesondere IT-Berufe und Lehrende Berufe werden wohl aufgrund der erforderlichen Investitionen langfristig von diesem Strukturwandel profitieren (IAB 2015a, 49).



Abb. 1: Substituierbarkeitspotenzial nach Berufssegmenten (IAB 2015 b, 4)

Die IAB-Studie kommt zu dem Schluss, „dass die Digitalisierung statt zu einem Beschäftigungsabbau zu einem Beschäftigungsaufbau führt“ (IAB 2015 b, 7),

also einem Jobverlust ein Jobgewinn in ähnlicher Größenordnung gegenübersteht und aktuell keine konkrete Aussage getroffen werden kann, in welche Richtung das Pendel letztendlich ausschlagen wird.

Alle Studien sind sich aber darin einig, dass einfache, repetitive Arbeiten am ehesten von Maschinen übernommen werden, während ein stärkerer Bedarf bezüglich höherqualifizierter Arbeit bestehen wird. Daneben werden aber auch zunehmend höherqualifizierte Tätigkeiten ersetzt werden können. Beispielsweise sind Dienstleister in vielen Fällen durch umfassende, online abrufbare Datenbanken ersetzbar. Viele der Dienstleistungen, die wir Verbraucher heute in Anspruch nehmen, sind durch Algorithmen besser auf den einzelnen Kunden abzustimmen als durch Vermittler/- oder Berater/-innen. Christian Rieck prophezeit, dass insbesondere in der Finanz- und Versicherungswirtschaft die Beratung und der Zahlungsverkehr zukünftig vollautomatisiert ablaufen (Krohn 2015). Das dort genannte Prinzip lässt sich problemlos auch auf andere Dienstleister wie z. B. Reisebüros übertragen. In einem weiteren Schritt können auch Ärzt/-innen ersetzt werden durch Krankenpfleger/-innen, die mit Hilfe umfassender Software eine vollständige Anamnese durchführen und direkt die passgenaue Medikation anbieten können. Das Risiko, dass der Arzt/die Ärztin z. B. eine Allergie übersieht, wird dadurch praktisch ausgeschlossen.

3 Bildung

Insofern sind von der Digitalisierung nicht nur die einfachen Arbeiten betroffen, sondern in noch nicht abschätzbarem Umfang auch diejenigen Tätigkeiten, für die man sich ein besonders umfangreiches Wissen angeeignet haben muss. „Verschont“ von der Digitalisierung bleiben danach zunächst die Arbeitsplätze, an denen Empathie oder eine soziale Komponente essentiell sind. Dazu gehören neben pflegerischen und therapeutischen Arbeiten auch Tätigkeiten im Erziehungs- und Bildungsbereich. Außerdem ist der Mensch dem Computer im kreativen Bereich insofern überlegen, als dass der programmierte Computer selbst nur eine Schöpfung des Menschen ist. Erfindungen, die neue Wirkprinzipien enthalten oder neue Zusammenhänge aufzeigen, sind dadurch weiterhin den Menschen vorbehalten.

Auch wenn noch keine konkreten Prognosen gegeben werden können, zeichnen sich mit den zuvor beschriebenen Veränderungen in der Arbeitswelt auch herausfordernde Aufgaben für die berufliche Aus- und Weiterbildung ab. Zu erwarten ist die Neuordnung von zahlreichen Berufen in den nächsten 15 Jahren. Welche das sein werden, in welcher Weise dies inhaltlich erfolgt und welche Konsequenzen sich daraus für Ausbildungsbetriebe und Berufsschulen ergeben ist noch nicht absehbar. Ebenso ist noch unklar, welche Aufgaben auf

die berufliche Fort- und Weiterbildung zukommen und wie groß die Anzahl der Beschäftigten sein wird, die aufgrund der Digitalisierung der Arbeit welche Maßnahmen in welchen Zeitabständen absolvieren müssen. Erkennbar ist jedoch, dass mit der Dynamik der technischen Entwicklungen eine ebenso dynamische Entwicklung in der Berufsbildung einhergehen wird – auch mit dem Ziel, die Betroffenen zur Mitgestaltung der Veränderungsprozesse in der Arbeitswelt zu befähigen.

Für den Bereich der (Berufs)Bildung im Allgemeinen sollen zwei Aspekte betrachtet werden: Zum einen allgemeine Veränderungen zur heutigen Situation und zum anderen die spezifischen Kenntnisse, die für die digitale Arbeitswelt voneinander sind.

Vom Grundsatz her muss das Konzept des lebenslangen Lernens immer weiter ausgebaut werden. Wie oben dargelegt, bleiben weder die Arbeit selbst, noch die dafür notwendigen Kenntnisse über längere Zeit stabil. Essentiell in diesem Fall ist die Fähigkeit, sich schnell und zielgerichtet auf neue Situationen und Umgebungen einzustellen zu können. Eigenständig lernen zu können ist dafür unabdingbar.

Die spezifischen Kenntnisse und Fähigkeiten, die für die digitale Welt benötigt werden, werden bisweilen unter dem Begriff „Digital Literacy“ subsumiert. Neben den klassisch notwendigen Fähigkeiten und Kompetenzen, wie z. B. Lesen, Schreiben, Rechnen zählen dazu neben Kenntnissen über den Aufbau und die Funktionsweise von Computern, Smartphones, Tablets, Routern etc. auch eine umfassende Medienkompetenz. Dabei geht es nicht nur darum soziale Medien zu nutzen und zu verstehen, sondern auch die besonderen Risiken in diesen Bereichen abschätzen zu können. Eine zielgerichtete und zeiteffiziente Recherche im Internet durchführen zu können wird dabei ebenso erforderlich sein, wie der sichere Umgang mit sensiblen Daten oder das Arbeiten „in der Cloud“. Die Digital Literacy umfasst zudem die Fähigkeit, digitale Ressourcen zweckmäßig und zielgerichtet für auftretende Arbeitssituationen zu nutzen. (vgl. BAS 2015)

4 Einfluss auf die Sozialsysteme

Die Sozialkassen sind abhängig von der Lage auf dem Arbeitsmarkt. Bei einem hohen Beschäftigungsgrad werden hohe Einnahmen erzielt, während die Ausgaben niedrig sind. Im umgekehrten Fall müssen hohe Summen für das Arbeitslosengeld I und die Grundsicherung (ALG II) gezahlt werden, wenn die Konjunktur auf dem Arbeitsmarkt daniederliegt. Die sich aus diesem Zusammenhang ergebenden Konsequenzen aus der Digitalisierung können nicht ge-

nau abgeschätzt werden, wie schon die stark divergierenden Studien zur allgemeinen Entwicklung des Arbeitsmarktes zeigen.

Durch die Umschichtung im Beschäftigungssystem aufgrund der Digitalisierung von niedrig- zu höherqualifizierten Tätigkeiten kommt es – bei möglicherweise gleichbleibenden Gesamtzahlen – zu höherer Arbeitslosigkeit im unteren Segment. Dazu kommen viele Flüchtlinge und Migranten, deren Qualifikationsniveau tendenziell auch im niedrigeren Bereich liegt. Laut einer Studie der Bertelsmann-Stiftung können Migration und Zuwanderung einen positiven Effekt auf die Sozialsysteme haben, wenn die Qualifikationen der Zuwanderer im langjährigen Trend ansteigen (Kebbedies 2015). Die Bürgerkriege im Nahen Osten haben zu massiven Fluchtbewegungen geführt. Die Asylantragsteller im Jahr 2015 waren mehrheitlich Männer, von denen der Großteil als höchste Bildungseinrichtung eine Mittelschule besucht hat. Die Frauen waren im Durchschnitt weniger gut gebildet. Dadurch, dass sich sowohl das Bildungsniveau als auch die Bleibeperspektive der jeweiligen Herkunftsänder unterscheiden, dürfte das durchschnittliche Bildungsniveau der dauerhaft in Deutschland bleibenden Zuwanderer/Zuwanderinnen insgesamt etwas höher liegen (Rich 2016). Ob sich das Qualifikationsniveau der in Deutschland lebenden Ausländer insgesamt positiv entwickelt, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht gesagt werden. Das Qualifikationsniveau der im Jahr 2012 in Deutschland lebenden Ausländer reichte aber noch nicht aus, um positive fiskalische Effekte zu erzielen (Bonin 2014). Aufgrund anfänglicher Verständigungsschwierigkeiten ist daher zu vermuten, dass die großen Flüchtlingszahlen das Problem der Konkurrenz um Arbeitsplätze im Bereich der niedrig Qualifizierten zusätzlich zur Digitalisierung eher verstärken.

Hinzu kommen strukturelle Veränderungen und Probleme: Weil der Anteil der Löhne an der gesamten Wertschöpfung stark zurückgeht, sinken die Einnahmen der Sozialkassen in Relation zur allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung. Neben der daraus entstehenden Gewinnkonzentration in wenigen Händen ergeben sich auch alle weiteren bekannten Folgen einer steigenden Ungleichverteilung des Vermögens sowie ungleichen Bildungs- und Aufstiegschancen mit daraus resultierenden unterschiedlichen Partizipationsmöglichkeiten an gesellschaftlichen und betrieblichen Entscheidungsprozessen.

Dieser Konzentrationseffekt ist systemimmanentes Resultat unserer freiheitlichen Wirtschaftsordnung. Eine zu starke Konzentration der wirtschaftlichen Macht in den Händen eines oder weniger Unternehmen kann durch das Bundeskartellamt respektive des europäischen Pendants durchaus verhindert werden. Die klassischen ordnungspolitischen Maßnahmen gehen aber immer von der Prämisse aus, dass die Arbeitnehmer/-innen Teil der Wertschöpfung sind

und über angemessene Tarifverträge auch an der wirtschaftlichen Entwicklung partizipieren (Ehlscheid und Janczyk 2016). Eine zukünftige Verschiebung hin zu einer arbeitnehmer/-innenfreien Fabrik (i. S. einer pessimistischen Prognose, s.o.) reduziert den Anteil der an der Wertschöpfung beteiligten Arbeitnehmer/-innen allerdings drastisch. Unsere bisherige Ordnungspolitik hält für diesen Fall bisher keine Lösungen oder Rezepte parat. In jedem Fall ist in einem solchen Szenario ein Machtverlust der Arbeitnehmer/-innen sowohl im Bereich der betrieblichen Mitbestimmung als auch in Bezug auf die Verhandlungsposition in Tarifverhandlungen quasi vorprogrammiert.

Die Problematik der sich verringernden Lohnsumme führt neben den daraus resultierenden sinkenden Einnahmen der Sozialkassen noch zu einem weiteren gravierenden Problem: Bisher wird der größte Teil der staatlichen Steuereinnahmen in Form der Einkommensteuer aufgebracht. Die Folge sinkender Beschäftigungszahlen durch zunehmende Automatisierung ist offensichtlich. Hier ließen sich negative Effekte eventuell durch die Einführung einer sogenannten „Maschinensteuer“ reduzieren. Die Maschinensteuer stellt dabei ein Konzept dar, bei dem nicht die Erwerbsarbeit der Arbeitnehmer/-innen, sondern die Wertschöpfung eines Unternehmens besteuert wird. Eine Rationalisierung und Automatisierung würde also lediglich zu einer Verlagerung der Steuerschuld führen; aus staatlicher Sicht (nicht aus Sicht der Sozialkassen!) eine akzeptable Alternative. Eine Kompensation durch stärkere Einnahmen über die Körperschaftssteuer ist nach heutigen Maßstäben aber nur theoretisch möglich – in realiter schaffen es insbesondere international operierende Unternehmen, ihre Steuerlast effizient zu drücken. Eine konsequente und möglichst exakte Berechnung der eigentlichen Wertschöpfung und ihrer räumlichen Zuordnung wäre in diesem Fall vonnöten.

Aber: Durch weltweite digitale Vernetzung und die mögliche räumliche Trennung zwischen Maschinенsteuerung und Maschine selbst können die Maschinenstandorte nahezu beliebig gewählt werden. Die Zuordnung der Wertschöpfung zu einem konkreten steuerrechtlichen Geltungsbereich wird damit absurdum geführt. Selbst eine europaweit geltende Lösung wäre hierfür nicht ausreichend.

Insofern liegt hier ein essentielles Problem, wenn man von einer allgemein pessimistischen Prognose bezüglich der zukünftigen Arbeitslosigkeit ausgeht. Allerdings erlangen hier gesamtwirtschaftliche Theorien und volkswirtschaftliche Betrachtungen eine wesentliche Bedeutung unter der Prämisse, dass die produzierten Güter auch an irgendjemanden verkauft werden müssen. Das oft diskutierte Sinken der Binnennachfrage oder der Nachfrage allgemein erlebt hier eine Renaissance (vgl. Späth 2015).

Als Lösung wird bisweilen ein (Bedingungsloses) Grundeinkommen angeführt, das aus Steuermitteln jedem Bürger zur Verfügung gestellt wird. Der wesentliche Unterschied zur heutigen Grundsicherung besteht darin, dass nicht nur Bedürftige Anspruch darauf haben, sondern dass es unabhängig von der individuellen Situation gezahlt wird. Eine als erniedrigend empfundene Antragstellung im Falle von Arbeitslosigkeit könnte damit unterbleiben. In der Schweiz fand jüngst darüber eine Abstimmung statt, mit dem Ergebnis, dass 22 % der Wähler dafür votierte (Zeit online v. 5. Juni 2016). Und Finnland wird ein Pilotprojekt vorbereitet, mit dem geklärt werden soll, „ob ein bedingungsloses Grundeinkommen zu einem schlankeren Staat und besserer Arbeitsmarkt-Partizipation führen könnte“ (Hermann 2016). Schwierigkeiten können sich hierbei jedoch ergeben, wenn nur einzelne Staaten solche Lösungen anbieten. Die Erfahrungen bezüglich des Grundeinkommens bleiben also abzuwarten.

5 Datenschutz

Der Datenschutz ist ein, wenn nicht sogar *das* zentrale Thema auf dem Weg zu einer digitalen Gesellschaft und einer digitalen Wirtschaft. Es ist deshalb so wichtig, weil die Akzeptanz neuer Technologien ganz entscheidend davon abhängt, ob die Unternehmen es wagen, ihr Wissen, also ihre neben den Mitarbeiter/-innen wichtigste Ressource per Internet erreichbar zu speichern. Notwendig wird dies, wenn die Mitarbeiter/-innen zukünftig „in der Cloud“ arbeiten und so von überall auf der Welt auf ihre Firmendaten und -dokumente zugreifen können.

Aus technischer Sicht kann eine vollständige Datensicherheit nicht gegeben sein, denn wo immer eine Tür, eine Verbindung zwischen internem Bereich und Internet besteht, gibt es auch die Möglichkeit für Hacker und Industrieespione, an sensible Daten zu gelangen und so den Unternehmen massiven Schaden zuzufügen. Die Arbeit an diesem Problembereich ist daher essentiell für die Nutzung der Chancen, die die neuen Technologien unter dem Schlagwort Industrie 4.0 bieten. Schwierigkeiten entstehen insbesondere dann, wenn es zu einem Datendiebstahl oder einem Hackerangriff kommt. Bei einem physischen Einbruch ist es noch notwendig, dass die Einbrecher sich in die deutsche Rechtssphäre begeben und auf frischer Tat, bei der Flucht oder mit Hilfe einer späteren Fahndung gefasst und belangt werden können. Datendiebstahl lässt sich aber auch aus anderen Rechtssphären, wie z. B. dem amerikanischen oder asiatischen Raum durchführen. Eine Strafverfolgung durch deutsche Behörden allein ist dann nicht mehr möglich. Hier können nur internationale Abkommen helfen. Agieren die Täter aus Regionen, in denen keine ordentliche Staatlichkeit herrscht, ist eine Strafverfolgung *a priori* zum Scheitern verurteilt. Aber

auch wenn die Täter ihren Standort in Deutschland haben, kann durch Umleitung der Datenströme ein Nachverfolgen der Spuren unmöglich werden. (vgl. McKinsey 2015, Höpner 2015)

Neben der unternehmerischen und rechtlichen Sichtweise birgt die digitale Durchdringung unseres Alltags und Lebens noch weitere Imponderabilien. Der „gläserne Bürger“ wird durch das massenhafte Sammeln von Daten längst Realität. Auch wenn derzeit viele Gesetze vorschreiben, Nutzerdaten zeitnah zu löschen, kann sich dieser Zustand durchaus ändern. Aus technischer Sicht ist es ohne weiteres möglich, nahezu vollständige Bewegungsprofile zu erstellen. Angefangen beim Einwählen des Smartphones in bestimmte Mobilfunkknoten über die Aktivitäten in den sozialen Medien, bis hin zur Überwachung der eigenen Aktivitäten durch sogenannte Wearables, kleine elektronische Geräte, die bspw. sportliche Aktivitäten messen und mit deren Hilfe Tarife bei Krankenversicherungen reduziert werden können bzw. Boni erlangt werden können.

Die Digitalisierung durchdringt auch den Bereich der Mobilität. In wenigen Jahren werden die ersten autonom fahrenden Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen fahren. Abgesehen von der Haftungsfrage, wer bei möglichen Unfällen für den entstandenen Schaden aufkommt, tauchen auch andere Risiken auf. Ein mögliches Szenario zeigt, dass im Falle einer vollständigen Vernetzung der Fahrzeuge miteinander, die Fahrzeuge nur dann einsatzbereit sind, wenn sich der Benutzer zum Beispiel mit Hilfe seines Fingerabdrucks oder eines Irisscans identifiziert. Ist der Benutzer vorher möglicherweise wegen einer Ordnungswidrigkeit aufgefallen, so kann ihm jegliches Benutzen von Fahrzeugen untersagt und insofern effizient durchgesetzt werden, als dass die Fahrzeuge nach erfolgter Identifizierung einen Start verweigern. Strafmaßnahmen in einer solchen vollständig überwachten – geradezu Orwell'schen – Gesellschaft können von den Behörden sekundengenau und absolut wirksam verhängt werden. Anstelle des Fahrzeugverbots sind der Fantasie hier keine Grenzen gesetzt. Der Entzug sozialer Netzwerke, des Telefons, des Internets etc. lassen viele Gedankenspiele zu. In diesem Kontext ist es ungemein wichtig, private Daten zu schützen und auch in Schule schon den vorsichtigen und zurückhaltenden Umgang mit seiner eigenen digitalen Identität zu üben.

Fazit – Aufgaben für Politik und Gesellschaft

Die Politik hat die Aufgabe den Transformationsprozess hin zu einer digitalen Zukunft so zu gestalten, dass die Chancen genutzt, aber die Risiken nicht überhandnehmen werden. Es sollen alle Bevölkerungsgruppen von den vielen positiven Effekten partizipieren können und niemand soll zurückgelassen werden.

Da die Politik nicht ohne Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger Entscheidungen treffen und für Veränderungen sorgen kann, sind alle gesellschaftlichen Gruppen und Bereiche in der Pflicht zu gemeinsamen Anstrengungen und Diskussionen. Es müssen dadurch Antworten unter anderem folgende Aspekte geklärt werden:

- Wem gehören erfasste Nutzerdaten? Wer hat die Eigentums- und Nutzungsrechte an Bewegungsdaten und anderen erfassten digitalen Informationen über die Bürger/-innen? Die Vorstellung, dass die erfassenden Unternehmen die Daten frei verwenden dürfen, ist nicht vertrauenserweckend.
- Welche Gerichte sind bei internationalen Streitigkeiten zuständig? Hier können nur multinationale Abkommen helfen. Möglichst viele Staaten müssen hier mit im Boot sein, auch um eine Zersplitterung in unzählige Einzelabkommen zu verhindern.
- Die Dekonstruktion der bestehenden Beschäftigungsstruktur darf nur so erfolgen, dass die Sozialpartnerschaft nicht ausgehebelt wird. Die Geschäftsprozesse der Vermittler von Mikrojobs sollen überprüft und gegebenenfalls reguliert werden. Auch hier stellt sich aber wieder die Frage nach internationalen Übereinkünften.
- Die Politik muss im Bildungssektor dafür sorgen, dass alle Schülerinnen und Schüler eine umfassende Medienkompetenz (auch im Sinne einer zielgerichteten (arbeits-) alltagsrelevanten Mediennutzung) erwerben können. Schwerpunkte sind das lebenslange Lernen sowie also die Vermittlung der Digital Literacy.
- Die Gesellschaft muss sich ebenfalls einigen Fragen stellen. Die angesprochene Orwell'sche Überwachung und Sanktionierung des Individuums kann nicht Ziel unserer gesellschaftlichen Zukunft sein. Es bleibt offen, inwiefern wir uns als Gesellschaft und als Individuum von der Technik abhängig machen wollen. Ob es zukünftig „Cyborgs“ mit unmittelbarem Zugriff auf alles Wissen gibt, ist nicht auszuschließen. Eine Steuerung künstlicher Arme und Hände nur durch Gedankenströme ist bereits heute möglich (JHU 2014). Dass weitere medizinische Fortschritte ausbleiben ist unwahrscheinlich.
- Eine höhere Akzeptanz der Telearbeit kann Familien, Alleinerziehenden und auch ganzen Regionen helfen. In aktuellen Umfragen zeigt sich, dass das Home-Office in Deutschland an Attraktivität verliert. Dieser Trend sollte nach Möglichkeit wieder umgekehrt werden.

- Die Bedeutung der Arbeit und ihre Entlohnung müssen breit angelegt diskutiert werden. In einer Welt, in der Arbeit nicht mehr zum Überleben notwendig ist, weil Maschinen und Roboter säen, ernten, Konsumgüter produzieren, uns Menschen transportieren und vieles mehr erledigen, wird die Arbeit als notwendige Tätigkeit überflüssig. Das Einkommen muss also von der Erwerbsarbeit entkoppelt werden. Überlegungen eines sogenannten Grundeinkommens existieren schon länger; es bleibt abzuwarten, welche Erfahrung Finnland und die Schweiz (so das Grundeinkommen denn verabschiedet wird) mit ihren jeweiligen Modellen gewinnen können.

Literatur:

Baurmann, J. G.; Rudzio, K. (2016): Die neuen Heimwerker, in: Zeit online vom 5. Mai 2016, <http://www.zeit.de/2016/18/crowdworking-freelancer-digital-arbeitsmarkt>

BCG – Boston Consulting Group (2015; Hrsg.): Industry 4.0 – The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf,

BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015; Hrsg.): Grünbuch Arbeiten 4.0, – Grünbuch Arbeiten 4.0 – Arbeit weiter denken. Berlin. <http://www.arbeitenviernull.de/dialogprozess/gruenbuch.html>

Bonin, H (2014): Der Beitrag von Ausländern und künftiger Zuwanderung zum deutschen Staatshaushalt. Bertelsmann Stiftung: Gütersloh

Ehlscheid, Chr.; Janczyk; St. (2016): Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik. In: Schröder, L.; Urban, H.J. (Hrsg.): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen. Frankfurt a. M., 295–309

Frey, C.B.; Osborne, A. (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to Computerisation? http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

Gottschall, K.; Voß, G.G. (2005): Entgrenzung von Arbeit und Leben – Zur Einleitung, <http://www.arbeitenundleben.de/downloads/Entgr-GottVoss.pdf>

Haake, G. (2016): Digitalisierung der Gewerkschaften. Solo-Selbständige integrieren. In: Schröder, L.; Urban, H.J. (Hrsg.): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen. Frankfurt a. M., 310–321

- Hermann, R. (2016): Bedingungsloses Grundeinkommen. Finnland startet Pilotversuch. In: Neue Zürcher Zeitung v. 3. Mai 2016. <http://www.nzz.ch/wirtschaft/wirtschaftspolitik/bedingungsloses-grundeinkommen-finnland-startet-pilotversuch-ld.17575>
- Höpner, A. (2015): Industrie 4.0 – Die Fallstricke der digitalen Vernetzung. In: Handelsblatt v. 22. Mai 2015. <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/industrie-4-0-die-fallstricke-der-digitalen-vernetzung/11817118.html>
- IAB – Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2015 a; Hrsg.): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft (IAB-Forschungsbericht 8/2015), <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf>
- IAB – Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2015 b; Hrsg.): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. (IAB-Kurzbericht 24/2015). <http://doku.iab.de/kurzber/2015/kb2415.pdf>
- IT-Planungsrat (2013; Hrsg.): Zukunftspfade Digitales Deutschland 2020. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2013/Studie%20Digitales%20Deutschland.pdf?__blob=publicationFile
- JHU – Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (2014; Hrsg.): Amputee Makes History with APL's Modular Prosthetic Limb, Video. <https://www.youtube.com/watch?v=9NOncx2jU0Q>
- Kebbedies, S. (2015): Migration. In: Bertelsmann-Stiftung (Hrsg.): Proklamation Zukunft der Arbeit, Gütersloh
- Krohn, Ph. (2015) Roboter übernehmen die Macht im Beratungsgeschäft. Interview mit Christian Rieck. In: FAZ-Net v. 28.10.2015. <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/versichern-und-schuetzen/christian-rieck-ueber-finanzrobo-ter-im-beratungsgeschaeft-13879149.html>
- McKinsey (2015; Hrsg.): McKinsey-Studie zu Industrie 4.0: Deutsche Unternehmen trotz wachsender Konkurrenz zuversichtlich. <https://www.mckinsey.de/mckinsey-studie-zu-industrie-4-0-deutsche-unternehmen-trotz-wachsender-konkurrenz-zu-versichtlich>
- Rich, A.-K. (2016): Asylantragsteller in Deutschland im Jahr 2015. Sozialstruktur, Qualifikationsniveau und Berufstätigkeit, Ausgabe 3/2016 der Kurzanalysen des Forschungszentrums Migration, Integration und Asyl des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge. Nürnberg
- Schmidt; S. K.; Strube, S. (2015): Digitale Tagelöhner – Wie das Netz die Arbeit verändert. In: Süddeutsche Zeitung v. 13. März 2015. <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/digitale-tagelohner-wie-das-netz-die-arbeit-veraendert-1.2375232>

- Scholz, C., Müller S. (2014): Cloudworker – ein Modell mit Risiken und Nebenwirkungen, in Computerwoche vom 16.07.2014, <http://www.computerwoche.de/a/cloudworker-ein-modell-mit-risiken-und-nebenwirkungen,3063439>
- Sohn, G., Panter, R. (2015): Arbeit und Mobilität: Von der Pendler-Republik zur Cloudbelegschaft. In: Bertelsmann-Stiftung (Hrsg.): Proklamation Zukunft der Arbeit, Gütersloh
- Späth, P. (2015): Adieu Jobs! Willkommen, Maschine! Gastbeitrag. In: ZEIT online v. 9. Februar 2015. <http://www.zeit.de/karriere/2015-01/kapitalismus-arbeitsplaetze-digitalisierung-maschinen>
- Tatje, C. (2014): Die Pendlerrepublik. In: ZEIT online v. 22. Mai 2014. <http://www.zeit.de/2014/22/mobilitaet-pendler-arbeitsweg>
- Volksabstimmung in der Schweiz: Schweizer lehnen bedingungsloses Grundeinkommen ab. In: Zeit online v. 5. Juni 2016. <http://www.zeit.de/politik/ausland/2016-06/schweizer-lehnen-bedingungsloses-grundeinkommen-ab>

Arbeitsprozesse und Berufsbildung im Kontext von „Handwerk 4.0“

Matthias Becker

Abstract

Die Digitalisierung macht auch vor dem Handwerk nicht Halt und entwickelt dort eine eigene Dynamik, verändert die Arbeitsprozesse und zieht Konsequenzen für die Berufsbildung nach sich. Bei genauerer Betrachtung gehen Fachkräfte im Handwerk schon heute mit Cyber-Physischen-Systemen um, organisieren ihre Arbeit mit vernetzten Computersystemen, betreiben Fernwartung über das Internet und vermarkten ihre Produkte und Dienstleistungen online. Vor allem ergeben sich veränderte Arbeitsbeziehungen zwischen der Industrie, dem Handwerk und den Kunden. Dies führt zu neuen Modellen der Arbeitsteilung und erfordert auch ein Eingehen der Berufsbildung auf die durch „4.0“-Entwicklungen verursachten Veränderungen. Dabei spielen insbesondere die Virtualisierung von Technik und Arbeitsprozessen sowie die zunehmende Technikintelligenz (Stichwort: smart technologies) eine Rolle. Der Beitrag charakterisiert diese Entwicklungen und diskutiert Konsequenzen für die Berufsbildung im Handwerk.

Einleitung

Das „Internet der Dinge“ war mehr oder weniger der Beginn einer Entwicklung hin zu etwas, was heute mit dem Begriff „Industrie 4.0“ versehen wird. Schon in den 1990er Jahren wurde damit eine Vision beschrieben, die Schritt für Schritt in die Realität umgesetzt wird. Produkte bekamen zum Beispiel durch RFID-Chips eine „Intelligenz“ in dem Sinne, dass auf diesem Chip Angaben über den Produktionsstatus, die Produkteigenschaften und anderes gespeichert und im gesamten Wertschöpfungsprozess auch verändert werden konnten. Heute wird nicht mehr nur über Produktintelligenz gesprochen, sondern über den Einfluss von Cyber-Physischen-Systemen (CPS) auf den Charakter der Produktion insgesamt, auf die Veränderung der Produktionsabläufe genauso wie auf die Veränderung der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine in einer vernetzten Produktion. Aktuelle Forschungsprojekte befassen sich in diesem Zusammenhang auch mit Fragen der Qualifizierung bis hin zu Überlegungen zu neuen Ausbildungsberufen, Fortbildungsprofilen oder zur Notwendigkeit der Neuordnung bestehender Ausbildungsprofile in der Industrie. Gibt es eine dazu vergleichbare Entwicklung im Handwerk? Dieser Beitrag

geht auf die Digitalisierung und Vernetzung der Arbeitsprozesse im Handwerk ein und versucht aufzuzeigen, welche Konsequenzen die Entwicklungen für die Berufsbildung im Handwerk haben.

Prägende Entwicklungen hin zu Handwerk 4.0

Die mittlerweile eher als Schlagworte zu verstehenden Begrifflichkeiten, welche mit der sogenannten vierten Revolution in der Industrie verbunden sind, lassen sich nur mit tiefergehenden Analysen und Betrachtungen so entschlüsseln, dass sich die Veränderungen in der Arbeit und für die Berufe ausmachen lassen. Das „Internet der Dinge“, Industrie 4.0, die globale Vernetzung, Big Data, Smart Logistics etc. werden mittlerweile eher als Marketingbegriffe verwendet und auch Medien preisen die vielen Vorteile von Handwerk 4.0 an (vgl. z. B. <http://digitalisierung-im-handwerk.handwerk-magazin.de>), ohne aufzuklären, welche Veränderungen für die Facharbeit dadurch wirklich entstehen. „4.0“ wird überall etikettiert; so nun auch im Handwerk. Eine Befragung zum Bekanntheitsgrad, zur Klarheit und zur Bedeutung von Industrie 4.0 in Unternehmen zeigt, dass zwar über 90 % die Begrifflichkeiten kennen oder schon gehört haben, ohne allerdings eine klare Vorstellung davon zu haben, was dies zu bedeuten hat. 67,2 % der befragten Unternehmen sagten aus, dass ihnen der Begriff Industrie 4.0 nicht klar definiert erscheint; dieses Ergebnis fällt in großen Betrieben wie in KMU gleichermaßen aus (vgl. ifaa 2015).

Bei genauerem Hinsehen entpuppt sich die „4.0“-Debatte eher als kontinuierliche Evolution im Sinne einer Durchdringung neuer Technologien (insb. der Digitalisierung) und dadurch verursachter Veränderungen der Arbeitsformen statt als Revolution. Dies gilt für die Arbeit in der Industrie ebenso wie im Handwerk. Es ist daher eher Marketing, was man mit „Industrie 4.0“, „Wirtschaft 4.0“ oder gar „Verwaltung 4.0“ verbindet: Die wesentlichen Vorteile der Digitalisierung von Geschäfts- und Arbeitsprozessen werden in den Vordergrund gestellt; komprimiert formuliert: Die Flexibilisierung und Individualisierung von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik kennzeichnet die übergeordnete Zielsetzung. Und so verwundert es nicht, dass die Handwerksmesse in München im Jahr 2016 die Digitalisierung zum Schwerpunktthema erklärt hat und nun auch im Handwerk allen Ortes über „Handwerk 4.0“ gesprochen wird.

Es macht daher Sinn, nicht nur mit Hilfe von Schlagworten und Zukunftsvisionen auf die Digitalisierung des Handwerks zu blicken, sondern die sich kontinuierlich abzeichnende Entwicklung der Durchdringung handwerklicher Arbeit mit cyber-physischen-Systemen (CPS) zu analysieren, beispielhaft darzustellen

und so eine Basis für Diskussionen über Veränderungen in der Berufsbildung zu schaffen. Im Mittelpunkt steht dabei die Betrachtung

- der Übertragung von durch CPS ausgelösten Entwicklungen in der Industrie auf das Handwerk,
- der entstehenden Schnittstellen zwischen Industrie und Handwerk, die sich aus den Möglichkeiten der flexibilisierten und individualisierten Produktion ergeben,
- der „Dinge“, die im Handwerk ebenso wie in der Industrie nicht mehr nur zu produzierende Produkte, sondern insbesondere auch Werkzeuge und beim Endkunden installierte bzw. genutzte Anlagen und Einrichtungen darstellen.

Kennzeichnend für die „vierte Revolution“ in der Industrie sind die durchgehende Vernetzung aller Objekte bzw. Dinge in der Arbeitswelt und die „intelligenten“ Eigenschaften dieses Gesamtgebildes aus realen und virtuellen Welten, in und mit denen Menschen arbeiten. Dabei rückt zunächst stets die Industrie in den Fokus und damit deren Produktion und die Fabrikanlagen. Entsprechend stehen die „intelligenten“ Netze (Smart Grids) und Fabriken (Smart Factors) schon länger im Zentrum der Betrachtungen (vgl. z.B. Schlausch 2005). Die Beiträge des damaligen Heftes 77 der Zeitschrift „lernen und lehren“ standen noch unter der Überschrift „digitale Fabrik“, behandelten jedoch bereits im Grunde das gleiche Themenfeld. Es soll im Folgenden versucht werden, den evolutionären Charakter der stattfindenden Entwicklungen in Hinblick auf zentrale Begriffe zu skizzieren und so eine Graduierung des Einflusses von „Intelligenz“ auf das Handwerk aufzuzeigen. Intelligenz (und im Übrigen gilt das auch für den Begriff Virtualisierung) steht in diesem Zusammenhang stets in Anführungszeichen, weil es überhaupt fragwürdig ist, ob diese Begrifflichkeit für die Kennzeichnung der Entwicklungen tragfähig ist (vgl. dazu u. a. den Turing-Test; Turing 1950). Es geht daher um die Bestimmung eines Grades des Zusammenspiels aus Digitalisierung, Informatisierung und Virtualisierung sowie Vernetzung im Zusammenhang mit der dadurch entstehenden „Intelligenz“. Den entstehenden Stufen der Ausprägung von CPS (vgl. Abbildung 1) können ganz konkrete Beispiele für realisierte Technologien und damit zusammenhängende Arbeitsprozesse zugeordnet werden, die später im Beitrag exemplarisch dargestellt werden sollen, um den prägenden Charakter für das Handwerk aufzuzeigen.

- Stufe 1: Informationen zu Produktlebenszyklen auf RFID-Chip (Auftragsdaten/Produktionsdaten/Lieferdaten/Servicedaten etc.)
- Stufe 2: Embedded Systems: Codierung, Parametrierung und Selbstregulierung von Anlagenteilen
- Stufe 3: Interaktion (Informationsweitergabe) zwischen Werkzeugen, Computern und Anlagen
- Stufe 4: Auslösen von „Aktionen“ durch „Dinge“ (z. B. Einspeisen von elektrischer Energie bei Smart Grids)
- Stufe 5: Kooperation zwischen „Dingen“ à Selbstregulierende Produktion

Abb. 1: Stufen der Ausprägung von CPS und der vierten Revolution

Die Stufe 1 ist dadurch gekennzeichnet, dass Informationen zu einem Produkt oder einem Prozess einem Objekt angeheftet werden können. Geschieht dies analog, so ist diese Stufe schon seit Jahrzehnten als Materialschein oder Produkt(ions)datenblatt bekannt, welches dem Objekt im Produktionsprozess mitgegeben wird. Im Handwerk hat und hatte diese Art der Information eine nicht unbedeutende Rolle, um etwa Einbauinformationen mit dem Produkt selbst mitzuliefern. Geschieht dies digital (z. B. durch einen RFID-Chip), so ergibt sich im Zusammenhang mit der Vernetzung die Möglichkeit, Auftragsdaten, Produktionsdaten und Lieferdaten zusammen mit dem Produkt zu transportieren und auf Computern verfügbar zu machen. Dies ist unter anderem die Grundlage für Smart Logistics – was das Handwerk mittlerweile nutzt, um den Überblick über den Lagerbestand zu behalten oder um computergestützte Auftragskarten zu schreiben und zu pflegen. Typische Handwerkssoftware ermöglicht diese Nutzung seit einigen Jahren, auch wenn davon noch nicht überall konsequent Gebrauch gemacht wird.

Wird das Objekt/Ding selbst mit einem Mikroprozessor ausgestattet, ergibt sich Stufe 2 der Ausprägung von CPS. Eine solche Konstellation nennt man embedded system. Möglichkeiten der Stufe 1 werden in den Gegenstand selbst eingebettet und nicht mehr angeheftet. Industrielle Produkte auf der Basis von *embedded systems* können mit verschiedenen Daten versorgt werden und erhalten dadurch unterschiedliche Eigenschaften. Zusätzlich ergeben sich je nach vorhandenen Schnittstellen an den *embedded systems* Möglichkeiten der automatisierten Weitergabe von Informationen an andere Anlagenteile. Im Handwerk entstehen dadurch Aufgabenstellungen der Codierung (Anpassung in Be-

zug auf eine bestimmte Konfiguration), Parametrierung (Versehen des Objekts mit einer bestimmten Eigenschaft) oder Überwachung der Selbstregulierung (automatisierte Weitergabe der Information an ein anderes Anlagenteil). Beispiele für solche Aufgabenstellungen sind die Codierung eines Brennwertkessels auf die beabsichtigte Leistung im SHK-Handwerk oder die Steuergerätekodierung im Kfz-Handwerk bzw. die Vernetzung der Anlagen und Systemeinheiten in Verbindung mit parametergesteuertem Betrieb.

Stufe 3 der CPS-Ausprägung besteht in der Interaktion zwischen Werkzeugen, Computern und Anlagen. D.h., wenn „Dinge“ mit Eigenschaften der Stufe 2 in beide Richtungen in Abhängigkeit von Systemzuständen oder ausgelöst durch vordefinierte zeitliche Abstände bzw. „Jobs“ selbstständig Informationen weitergeben, führt das zu veränderten handwerklichen Arbeitsweisen. So wird durch die Vernetzung zwischen Werkzeug und Anlage eine Anlagenüberwachung, eine Störungsdiagnose oder eine Fernwartung möglich. Beispiele sind die heute standardmäßig mit Internetschnittstelle versehenen Heizgeräte, an denen über das Internet Werkzeuge in Form von Apps oder Programmen anschließbar sind oder auch die CAD-CAM-Kopplung in der Werkstattfertigung mit Anbindung an Qualitätssicherungssysteme, etwa um Verschleißdaten von Werkzeugen zu erfassen und zu dokumentieren.

Auch heute lösen schon Dinge Aktionen mit einem Wirkungsradius aus, der das System oder die Anlage selbst überragt, so bspw. smart meter, die in Abhängigkeit des Strompreises elektrische Energie in das Netz einspeisen. Ein weiteres Beispiel sind aktuelle Heizungsanlagen, die in Abhängigkeit des Anlagenzustands automatisch den SHK-Betrieb informieren. Dies kennzeichnet Stufe 4 der CPS-Ausprägung. Das Handwerk ist bei der Installation, Konfiguration und beim Betreiben solcher Anlagen bereits stets eingebunden.

Stufe 5 entspricht schließlich der eigentlichen Vision von Industrie 4.0 oder auch Handwerk 4.0, bei der unter Einschluss des Menschen den Dingen (Werkzeuge, Anlagen, Systeme) alle genannten Kennzeichen der Stufe 1 bis 4 automatisch verliehen werden können und das Gesamtsystem bzw. der Prozess sich selbst reguliert. Im Bereich der Logistik ist dies eventuell im Handwerk noch am ehesten ein realitätsnah aufzeigbares Beispiel, wenn etwa die Lagerhaltungssoftware in Abhängigkeit des Lagerbestands automatisch ein Ersatzteil beim Hersteller ordert und den Soll-Lagerbestand (etwa Teileentnahme pro Monat) korrigiert.

Auswirkungen der Digitalisierung auf das Handwerk

Die fünf dargestellten Stufen der CPS-Ausprägung lassen ein bestimmtes Muster der Auswirkungen der Digitalisierung auf das Handwerk erkennen, welches sich folgendermaßen beschreiben lässt:

- Entwicklungen, die in der Forschung und Industrie beginnen, durchdringen ab dem Zeitpunkt der Marktreife von Systemen, Anlagen und Dienstleistungen die Arbeit im Handwerk.
- Vorteile digitalisierter Produkte und Dienstleistungen werden im Handwerk unmittelbar genutzt und auch weiterentwickelt, wenn sie einen Nutzen für die Geschäfts- und Arbeitsprozesse haben.
- Es entstehen bei der Einführung von „4.0“-Elementen Qualifizierungslücken, die zunächst durch Produktschulungen oder durch „Abwälzen“ der entsprechenden Aufgaben auf Spezialisten oder die Industrie¹ aufgefangen werden. Alles, was sich zu regelmäßig wahrzunehmenden Aufgaben entwickelt, findet unabhängig von Veränderungen der Berufsbilder Eingang in die Berufsausbildung. Warum dies so ist, wird weiter unten erläutert.
- Handwerksunternehmen operieren globaler als in der Vergangenheit, weil sie ihre Produkte und Dienstleistungen über das Internet einfacher bekannt machen, anbieten und via Shop-Systemen einschließlich Logistik vermarkten können.
- CPS-basierte neue Produkte und Dienstleistungen entstehen (z. B. bei der Anlagenüberwachung von Endprodukten des Einzelkunden), welche die Industrie selbst im Wertschöpfungsprozess nicht betreuen kann und weshalb diese Aufgabe vom Handwerk übernommen wird.
- Das Handwerk kooperiert enger als zuvor mit der Industrie, weil nur so Einführungsprozesse von Produkten und Dienstleistungen beherrschbar sind.
- Die Größe der Handwerksunternehmen wächst, um den vielfältigen Anforderungen besser gerecht zu werden und weil die Investitionen in IT-

1 Man denke an die Serviceabteilungen der Hersteller, die bei Produkteinführungen oftmals die neu entstehenden Aufgaben für eine gewisse Zeit übernehmen müssen, z. B. die Konfiguration bei Heizungsregelungen. Nicht selten lassen sich gar neue Produkte oder Anlagen nicht am Markt etablieren, weil sie von Handwerksunternehmen nicht akzeptiert und Kunden nicht angeboten werden. Dies gilt auch für digitalisierte Anlagen wie etwa Waschmaschinen mit Internetanschluss.

und CPS-basierte Werkzeuge und Prozesse für sehr kleine Betriebe oft nicht lohnt.

- Zum Teil spezialisieren sich Handwerksunternehmen auf die durch Digitalisierung hervorgerufenen neuen Aufgaben- und Handlungsfelder.
- Das Handwerk übernimmt zunehmend industriell geprägte Produktions- und Fertigungstechniken (z. B. Rapid Prototyping oder Lasergravur).
- Im Handwerk können bisher der Industrie zugeordnete Produkte immer öfter selbst hergestellt und Dienstleistungen (über bessere IT-Fähigkeit) selbst übernommen werden.
- Die Dezentralisierung als eine der Auswirkungen von Industrie 4.0 führt zu neuen Aufgabenfeldern für das Handwerk, bspw. bei der Fernwartung oder der Produktdefinition vor Ort. Als Beispiel für Letzteres sei die individualisierte Schuhfertigung genannt, bei der das Handwerk die Kundenberatung, die Definition der individualisierten Schuhparameter und das Auftragsmanagement übernimmt (z. B. bei Nike)².
- Durch die Vernetzung entstehen neue Kooperationsbeziehungen zwischen Handwerk, Industrie und vor allem den Kunden; dabei wirkt das Handwerk als Mittler zwischen Industrie und Kunden.
- Handwerkszeuge werden nahezu durchgängig vernetzt, vom Datenerfassungssystem für die Abgasemissionen des Schornsteinfegers/der Schornsteinfegerin bis hin zur Wasserwaage des Maurers/der Maurerin einschließlich Anbindung an Datendokumentations- und -auswertesysteme.

Immer dann, wenn praktische Beispiele für die genannten Punkte analysiert werden, ist zu erkennen, dass sich viele schon seit Jahren oder gar Jahrzehnten etablierte Arbeitsweisen (z. B. durch digitalisierte Messwerkzeuge) eher evolutionär auf die Arbeitsprozesse auswirken und die Digitalisierung und auch Vernetzung gerade im Handwerk Schritt für Schritt vor sich geht. Daher finden sich auch nur selten durch die Digitalisierung hervorgerufene, wirklich neue Arbeitsprozesse, sondern es findet eine Durchdringung der „klassischen“ handwerklichen Arbeitsprozesse statt, die jedoch durchaus das Agieren und den Charakter des Handwerks insgesamt nachhaltig verändern. Vergleicht man typische Merkmale der Industrie und des Handwerks (vgl. Abbildung 2) und prüft diese auf ihre Stimmigkeit, so wird deutlich, dass sich auch (aber nicht nur) unter dem Einfluss von „4.0“ der Charakter handwerklicher Arbeit verändert, und zwar in Richtung industrieller Arbeit, allerdings stets gepaart mit

2 <http://www.adidas-group.com/de/unternehmen/stories-copy/specialty/adidas-und-die-produktion-der-zukunft/>

größerer Flexibilität bezüglich Kundennähe, realisierbaren Arbeitsorganisationsmodellen und Kombination erfahrungsgebundener Arbeitsweisen mit wissenschaftlichen Arbeitsverfahren. Dazu gehört auch das Improvisieren und Abweichen von als gesichert angesehenen – aber in der Praxis nicht umsetzbaren – Arbeitsabläufen sowie die Möglichkeiten auf das Eingehen auf individuelle Kundenwünsche.

Handwerk	Industrie
■ Werkstatt	■ Fabrik
■ Einfache Werkzeuge	■ Komplexe Werkzeuge
■ Einzelfertigung	■ Serienfertigung
■ Individuelle Produkte	■ Massenprodukte
■ Geringe Arbeitsteilung	■ Starke Arbeitsteilung
■ Kleine Betriebsgröße	■ Große Betriebsgröße
■ Regionale Aufträge	■ Globale Aufträge
■ Bekannte Kunden	■ Anonyme Käufer
■ Handwerklich ausgebildete Facharbeiter	■ Industriell ausgebildete Facharbeiter

Abb. 2: Gegenüberstellung von tradierten Merkmalen des Handwerks und der Industrie

Veränderung der Arbeitsprozesse im Handwerk

Wie im letzten Kapitel bereits angedeutet, verändern sich die Arbeitsprozesse im Handwerk durch den Einzug der Digitalisierung, Informatisierung und Vernetzung so, dass auf der Basis traditioneller Arbeitsweisen die Vorteile industrieller Verfahren und Techniken und insbesondere der IT-Unterstützung auch dort genutzt werden. Das geschieht mit dem Ziel, die Arbeit zu erleichtern, die Qualität der Arbeit zu sichern oder die Kundenzufriedenheit zu steigern, vielleicht auch den Absatz zu erhöhen (Stichwort: Globalisierung), jedoch in keinem Fall, um physische Arbeit durch virtuelle Arbeit zu ersetzen. Dies ist das Besondere an handwerklicher Arbeit. Ein Erklärungsansatz dafür ist, dass Facharbeit im Handwerk trotz aller Versuche, die Arbeitsprozesse zu standardisieren, immer höchst individuell ist. Dies ist etwa im Kfz-Handwerk beobachtbar, wo man – erfolglos – mit Hilfe des Einsatzes von „intelligenten“ Diagnosewerkzeugen versucht hat, die Fehlersuchprozesse vollständig zu objektivieren und technologisch dominierte Arbeitsprozesse zu implementieren (vgl. Becker 2003; 2005). Eine weitere Erklärung liegt im Arbeitsethos im Handwerk begründet, welches durch das Selbstverständnis geprägt ist, „etwas ganz Konkretes um

seiner selbst willen gut zu machen“ (Sennett 2008, 196). Letzteres darf nicht als Verharren in tradierten Arbeitsweisen missverstanden werden. Vielmehr ist die ständige Rückkopplung der theoretischen Erkenntnisse und des als gesichert erscheinenden Wissens an der Praxis in einem iterativen Prozess eine Notwendigkeit, die Handwerker zugleich als eine Erfüllung erleben. Man sieht, dass etwas funktioniert (oder nicht funktioniert) und nähert sich einer praktikablen Lösung. An einem Beispiel aus dem SHK-Handwerk lässt sich das verdeutlichen:

Im Kontext von Handwerk 4.0 ist die Fernwartung und Ferndiagnose von Heizungsanlagen mittlerweile möglich und prinzipiell umsetzbar. So werden z.B. Anlagenstörungen von der Heizungsanlage automatisch via Internet an die SHK-Firma versendet. Diese erhält nicht nur einfach eine Information über die Störung, sondern kann über eine Software oder auch App auf die Heizungsanlage selbst zugreifen, dort Parameter und Einstellungen verändern und auch die Störungsmeldungen einschließlich der Umgebungsdaten abrufen (vgl. Abbildung 3). Im hier gezeigten Fall ist die Heizungsanlage ausgefallen – die Flamme des Brennwertgerätes brennt nicht. Während in der Vergangenheit der Handwerker vom Kunden nach Hause gerufen worden und dort vor Ort an der Anlage der Störungscode „6L-229“ ermittelt worden wäre, hat die Fachkraft diese Informationen im Idealfall bereits über eine App übermittelt bekommen, bevor der Kunde den Ausfall der Anlage bemerkt hat. Der Kunde erteilt dem Handwerker zuvor eine Berechtigung für den Zugriff auf die Heizungsanlage via Internet, die zumeist mit einem Wartungsvertrag gekoppelt ist.

Über die Software bzw. App ist auch gleich das zugehörige Servicehandbuch zur Anlage abrufbar, so dass das Einkreisen der Fehlerursache erleichtert wird. Über die Anlagenhistorie kann der Wartungszustand für die Beurteilung hinzugezogen werden, um etwa die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Fehlerursache zu bestimmen. Hier könnte ein Wartungsdefizit bspw. auf einen vollgelaufenen Kondensatablauf hinweisen oder die Reparaturhistorie im Zusammenhang mit dem Alter der Anlage auf eine verschlissene Überwachungselektrode. Dennoch wird die endgültige Diagnose erst vor Ort vorgenommen. Dieses Beispiel steht für eine optimierte Planung des Arbeitsprozesses durch CPS. Herausfordernd ist an dem veränderten Arbeitsablauf jedoch nichts, was sich mit „IT-Kompetenz“ charakterisieren ließe. Inhaltlich wird die Anzeige von Informationen vor Ort durch eine Anzeige auf dem Smartphone ersetzt. Und das Vorgehen bei der Diagnose erfordert Erfahrungswissen über typische FehlerSymptome und auch mögliche Fehlercode-Kombinationen. Diese Praxiserfahrungen werden mit den nun „neuen“ Möglichkeiten der Informationsaufbereitung und Einflussnahme kombiniert, um ein optimiertes handwerkliches Vorgehen zu realisieren.

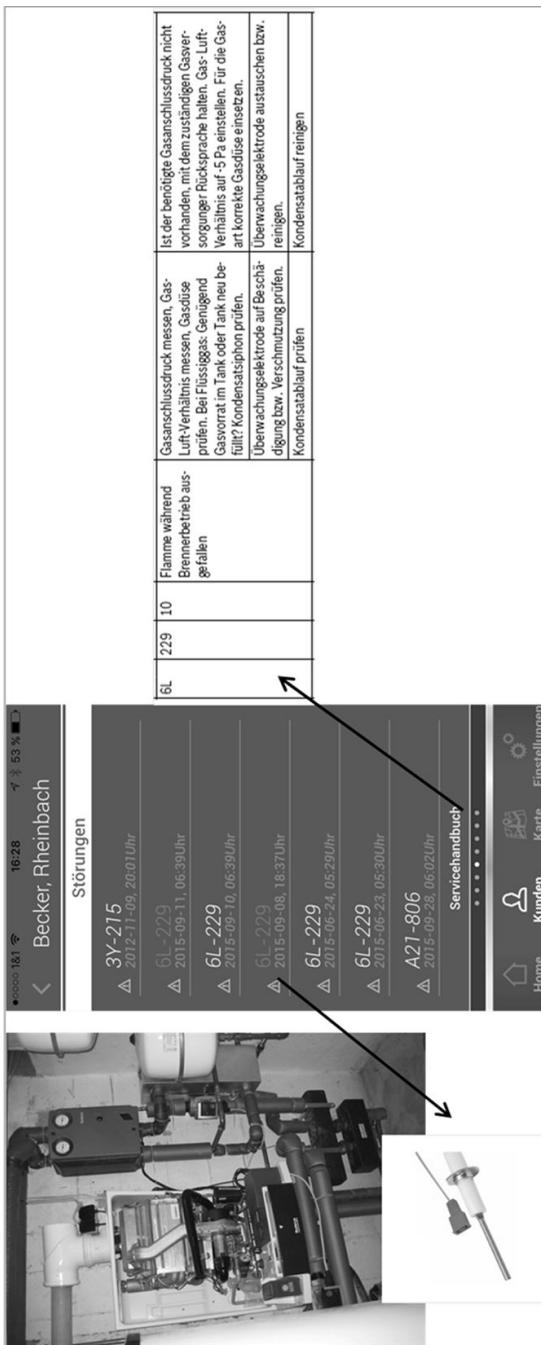


Abb. 3: Fernwartung und Ferndiagnose über eine App als Beispiel für veränderte Arbeitsprozesse im SHK-Handwerk

Ein weiteres Beispiel wäre die Optimierung der Heizungsregelung, die mittlerweile auch über eine entsprechende App möglich ist. Hier sind allerdings in der Regel Wissen über die Gesamtanlage und Informationen über die Gebäudehülle (Dämmung, Bausubstanz etc.) notwendig und es ist das Empfinden des Kunden mit einzubeziehen, um die Regelungsparameter richtig bestimmen zu können.

Es zeigt sich also, dass es durch „4.0“-Konzepte zu veränderten Arbeitsabläufen kommt, die sich jedoch auf inhaltlich kaum veränderte Arbeitsprozesse beziehen und neue Aufgabenstellungen allenfalls an diese angehängt sind. Im SHK-Handwerk sind das die

- *Anlagenüberwachung* durch den SHK-Betrieb: Dies ist eine Erweiterung der auch in der Vergangenheit bereits angebotenen Dienstleistung im Rahmen von Wartungsverträgen.
- *Kundenberatung/Einweisung* in vernetzte Anlagensysteme; insbesondere bezüglich des Umgangs mit den computergestützten Anwendungen, die mittlerweile zu den Systemen gehören.
- *Fernregelung* der Anlagen (heute via App).
- *Fernwartung/Ferndiagnose* (vgl. obige Beispiele).
- *Wartungs-, Installations- und Reparaturdokumentation* mittels durch auf das Handwerk angepasste ERP-Software – auch die Speicherung der Wartungsdaten und Störungshistorie in Handwerker-Apps gehört dazu.
- *Installation und Konfiguration* von IT-Schnittstellen.

Gerade der letzte Punkt – so könnte man meinen – erfordert eine Auseinandersetzung mit den hinter der Vernetzung stehenden Technologien. Das ist jedoch meist nicht der Fall, denn die Anbindung selbst im Sinne der handwerklichen Aufgabe beschränkt sich auf das Einsticken des Netzwerkkabels und der Konfiguration der Schnittstellengeräte nach Anweisung. Dabei tauchen für IT-freie Handwerke durchaus neue Begrifflichkeiten auf (Gateway, TCP/IP, IP-Adresse etc.), deren Bedeutung für das Funktionieren der Systeme und Anlagen gekannt werden muss. Es sind allerdings eindeutig eher Anwenderkompetenzen, die hier gefragt sind und die nicht über das hinausgehen, was ein Endanwender von Computersystemen im privaten Umfeld heute auch beherrschen muss. Es ist daher unangemessen, wenn hier mancherorts von neuen IT-Kompetenzen als Herausforderung gesprochen wird. Vielmehr fehlt es hier im Handwerk eher hin und wieder an Informationen über die neuen Möglichkeiten, die sich durch die Digitalisierung ergeben und die nicht konsequent genutzt werden. Dieser Herausforderung widmen sich Projektinitiativen wie

„Digitales Handwerk“ (vgl. <http://www.handwerkdigital.de/>), bei der Handwerksunternehmen Unterstützung in den Bereichen „IT-gestützte Geschäftsmodelle“, „Digitale Prozesse“, „Produktions- und Automatisierungstechnologien“ sowie „Informations- und Kommunikationstechnik“ (IKT) erhalten können. Symptomatisch dafür ist die große Verbreitung von Weiterbildungsangeboten, die Handwerksunternehmen über die Vorteile der Nutzung von Social Media, die Bedeutung der Beachtung neuer rechtlicher Herausforderungen (Online-Recht; Agieren im Internet) und die IT-Sicherheit informieren wollen. Auf den regionalen Handwerksmessen sind solche Themen mittlerweile zentral vertreten, wobei dort nur in den seltensten Fällen auf tatsächliche Veränderungen der Arbeitsprozesse eingegangen wird.

Neue Kompetenzanforderungen

Der oben skizzierte Charakter der Veränderung in den Arbeitsprozessen lässt also nicht erkennen, dass sich nun IT-Kompetenzen im Handwerk zu dominierenden Anforderungen entwickeln. Vielmehr ist die *durchgängige Durchdringung* der Werkzeuge, Anlagen und Systeme mit „IKT“ stets im Zusammenhang mit den dadurch veränderten Arbeitsprozessen und erweiterten Handlungsfeldern zu sehen. Kompetenzanforderungen entstehen durch ein anderes Agieren der am Geschäftsprozess Beteiligten und durch erweiterte Dienstleistungen. Dadurch werden Kompetenzen für das Umsetzen kooperativer Arbeitsweisen (v.a. zwischen Handwerk und Industrie) und das Pflegen engerer Kundenbeziehungen notwendig, die stets mit den neuen Aufgabenstellungen verbunden sind. Zusammenfassend heißt das, dass Kompetenzanforderungen in folgenden Feldern entstehen:

1. Instandhaltungsberufe:

- Neue Dienstleistungen (z. B. Fernwartung) und neue Arbeits- und Geschäftsfelder (z. B. für das globale Agieren) beherrschen;
- IT-gestützte Arbeitsprozesse beherrschen (z. B. Ersatzteil-Bestellungen, Wartungs- und Störungs-Dokumentation);
- Stärkere Beeinflussung handwerklicher Arbeit durch und über die Hersteller, was als Kompetenzanforderung dazu führt, dass die Herangehensweisen der Hersteller bei der Arbeitsplanung berücksichtigt und Abläufe mit verteilten Zuständigkeiten zwischen Handwerk und Industrie koordiniert werden müssen – aber zugleich
- Aufgaben von der Industrie in das Handwerk verlagert werden (z. B. im Bereich der Einzelteifertigung).

2. Produktionsberufe:

- Kompetenzen zur Verknüpfung handwerklicher Kundenorientierung und Individualisierung mit industriellen Produktionsprozessen und Produkten (bspw. Metallbauer, die industriell vorgefertigte Geländer individuell anpassen und diesen Prozess über Online-Portale steuern etc.);
- Kompetenzen zur Auswahl der effektivsten oder/und geeignetsten Arbeitsabläufe. Hier sind „Parallelen“ zur Einführung von CNC-Werkzeugmaschinen und der Debatten um Losgröße 1 auszumachen;
- Zunahme der Bedeutung von kooperativen Arbeitsweisen.

Der letzte Punkt führt zu beruflichen Kompetenzen, bei denen personale, fachliche und soziale Komponenten eine neue Qualität erhalten, weil sich die kooperativen Arbeitsweisen nicht mehr nur wie in der Vergangenheit auf das Gewerke übergreifende Arbeiten beziehen, sondern insbesondere eine veränderte Aufgabenwahrnehmung über den Wertschöpfungsprozess bedeuten. Kunden greifen sehr viel weitergehend als früher in Planungsprozesse ein (planen etwa einen Wintergarten bereits online mit entsprechenden Tools oder konfigurieren die Heizungsanlage bis zu einem gewissen Grad via benutzerfreundlicher Softwareprogramme selbst) und Hersteller sind auf Grund von stärker durch Software beeinflusster Aufgaben in Arbeitsabläufe zu integrieren. Letzteres ist etwa im Kfz-Handwerk Alltag; dort werden Fehlfunktionen an Fahrzeugen teils überwiegend durch Softwareupdates gelöst. Die Abläufe dazu gibt der Hersteller vor; das Handwerk ist jedoch ebenso oft dazu gezwungen, solche Abläufe – in Abstimmung mit dem Hersteller – anzupassen. Diese Entwicklungen zeigen sich ansatzweise auch in anderen Handwerken – vor allem im SHK-Handwerk.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die Digitalisierung im Handwerk vor allem in zwei Bereichen neue Kompetenzanforderungen auszumachen sind:

1. Kompetenz zur Steuerung von Geschäfts- und Arbeitsprozessen im Handwerk, die zu kundenorientierten Aufgabenerweiterungen führt und
2. Kompetenz für Aufgaben, die (nur noch!) durchgängig mit IKT bearbeitet werden.

Konsequenzen für die Berufsbildung im Handwerk im Zeitalter der Digitalisierung

Soziologisch angelegte Studien und Expertisen betonen den Stellenwert des Umgangs mit Daten sowie mit der Automatisierung und Robotik für die Aus- und Weiterbildung (vgl. Pfeiffer 2015) und bleiben bezüglich Aussagen zu beruflichen Qualifikationsanforderungen eher vage (ebd. 40 f.). Ebenso wird häufig prognostiziert, dass neue IT-Berufe notwendig werden oder zumindest eine Steigerung beim Bedarf an Personen mit IT-Berufen absehbar ist; so z. B. eine Studie des BIBB (vgl. Hall u. a. 2015), die eine Zunahme des Bedarfs an IT-Berufen zu 37 % im verarbeitenden Gewerbe sehen.

Es zeigen sich also zwei Diskussionsstränge: Die einen gehen davon aus, dass „IT-Kompetenzen“ in der Berufsbildung einen besonderen Stellenwert erhalten müssen, die anderen setzen darauf, dass viele neue IT-gestützte Aufgabenstellungen entstehen, für die entsprechend ausgebildete Personen (IT-Berufe) gefragt sein werden.

Auf Grund der obigen, beispielhaften Analysen aus dem SHK-Handwerk und auch der Erfahrungen bei der massiven Einführung von IKT im Kfz-Handwerk (vgl. Becker 2002; Becker und Spöttl 2004) und in der Kfz-Industrie (vgl. Spöttl und Becker 2004) spricht allerdings viel dafür, dass die bestehenden Berufe konkrete, berufsbezogene Aufgabenstellungen beherrschen müssen, bei denen IT, Virtualisierung und Digitalisierung als Querschnittsanforderungen zusätzlich notwendig sind, um berufsbezogen Kernarbeitsprozesse zu beherrschen. Dabei helfen weder der Erste noch der Zweite oben angedeutete Diskussionsstrang. Modernisierungen bei Berufsbildern und Curricula müssten daher die in Kapitel 5 dargestellten Kompetenzen aufnehmen – nicht als isolierte neue Inhalte, sondern so, wie sich die veränderten Aufgabenstellungen in der Praxis zeigen. Am Beispiel des in Kapitel 4 skizzierten Falles bedeutet das, dass Lern- und Arbeitsaufgaben im bestehenden Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK) die Ferndiagnose via App, die Installation einer Internetschnittstelle des Brennwertgerätes und die Beratung von Kunden in der Heizungseinstellung via Software als Selbstverständlichkeit und eingebettet in die beruflichen Handlungsfelder aufgreifen sollten (und nicht als Sonderthemen, Ergänzungen, Zusatzqualifikation oder gar als Inhalt eines Fortbildungsprofils). Es bleibt allerdings abzuwarten, ob bei den sich abzeichnenden Neuordnungen in den Berufsfeldern Metalltechnik und Elektrotechnik dieser Weg beschritten wird.

Bei der im Jahr 2016 neu geordneten Berufsausbildung Anlagenmechaniker/-in SHK sind die hier beschriebenen Kompetenzanforderungen jedenfalls nicht

aufgegriffen worden – weder in Form von zusätzlichen IKT-Kompetenzen noch als Querschnittskompetenz, was etwa in den Lernfeldern 10/11 „Wärmeerzeugungsanlagen installieren“ oder 14 „Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren“ zu erwarten gewesen wäre. In Lernfeld 14 findet sich hier nur der Hinweis: „Die Schülerinnen und Schüler berücksichtigen die Möglichkeiten der Regelungs- oder Gebäudeleitsysteme sowie Systeme zum Datenaustausch“ (vgl. RLP SHK 2016).

Untersuchungen im Bereich der industriellen Berufe zeigen ebenfalls, dass der Umgang mit IKT allein keine Handlungsfähigkeit nach sich zieht, sondern bestehende berufliche Handlungsfelder erweitert werden und Berufe wie der Industriemechaniker/in für diese erweiterten Handlungsfelder – etwa bei der Instandhaltung der CPS-basierten Anlagen – zu qualifizieren sind (vgl. Spöttl u. a. 2016).

Literatur

- Becker, M. (2002): Diagnosekompetenz für Kfz-Mechaniker. Warum Elektronik- und Informatikkenntnisse die Probleme nicht lösen werden. In: lernen & lehren, Heft 65. Wolfenbüttel: Heckner, 7–12.
- Becker, M. (2003): Diagnosearbeit im Kfz-Handwerk als Mensch-Maschine-Problem. Konsequenzen des Einsatzes rechnergestützter Diagnosesysteme für die Facharbeit. Bielefeld: Bertelsmann, Berufsbildung, Arbeit und Innovation. Band 20.
- Becker, M. (2005): „Intelligente“ Diagnosesysteme im Serviceeinsatz – Gestaltungskriterien und Grenzen automatisierter Diagnosemechanismen. In: VKA, ika (Hrsg.): 14. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorenmechanik. Aachen; 469–484.
- Becker, M.; Spöttl, G. (2004): Was Kfz-Mechatroniker im Bereich der Fahrzeugkommunikationstechnik können müssen. In: Rauner (Hrsg.): Qualifikationsforschung und Curriculum. Bielefeld: W. Bertelsmann, 223–242.
- Hall, A.; Maier, T.; Helmrich, R.; Zika, G. (2015): IT-Berufe und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0. Reihe Fachbeiträge im Internet. Bonn: BIBB (Hrsg.).
- Ifaa (Hrsg.)(2015): Industrie 4.0 in der Metall- und Elektroindustrie. Düsseldorf: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.
- Pfeiffer, S. (2015): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. ITA-manu:scripts ITA-15-03, hrsg. vom Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

- RLP SHK (2016): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik und Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 29.01.2016).
- Schlausch, R. (2005): Die „Digitale Fabrik“ – CIM in neuen Schläuchen? In: lernen & lehren, 19. Jg. (2005), Heft 77, 23–26.
- Sennett, R. (2008): Handwerk. Berlin: BVT.
- Spöttl, G.; Becker, M. (2004): ICT practitioner skills and training: automotive industry. Luxembourg: Cedefop, Cedefop Panorama series; 91.
- Spöttl, G.; Gorlitz, Ch.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T. (2016): Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie (baymевbm-Studie 2016). München: Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V. und Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V. (Hrsg.).
- Turing, A. M. (1950): Computing Machinery and Intelligence. In: Mind. LIX, Nr. 236, 1950, 433–460, doi:10.1093/mind/LIX.236.433.

Digitalisierung in kleinen und mittleren Handwerksbetrieben¹

Bernd Mahrin

Abstract

Digitalisierung in produzierenden Betrieben wird zumeist in Verbindung gebracht mit großen Unternehmen. „Industrie 4.0“ drückt dieses verkürzende Verständnis begrifflich aus. Doch auch in Handwerksbetrieben sind die Auswirkungen digitaler Technologien auf Arbeitsprozesse und technische Ausstattung spürbar – mit stark steigender Tendenz. Digitalisierungsprozesse in Handwerksbetrieben erfolgen oft schleichend und ohne strategische Ausrichtung. Sie sind teilweise bedingt durch Abhängigkeiten als Zulieferer von Industrieunternehmen. Anstöße zur Nutzung digitaler Arbeitsmittel kommen aber auch aus der Lebenswelt der Beschäftigten. Der Umfang betrieblich organisierter Fort- und Weiterbildung zu digitalen Technologien entspricht nicht der Bedeutung, die diese Technologien in Geschäfts- und Arbeitsprozessen einnehmen. Dadurch besteht die Gefahr, dass den Unternehmen und ihren Beschäftigten die Gestaltungshoheit für eben diese Prozesse entgleitet. Hier besteht dringender Handlungs- und Unterstützungsbedarf. Besonders überbetriebliche Berufsbildungsdienstleister sind gefordert, entsprechend attraktive, zu Strukturen und Bedürfnissen kleiner Betriebe passende Angebote zu entwickeln, die den gezielten Einsatz digitaler Lern- und Arbeitsmittel einschließen. Der Beitrag skizziert an einigen Beispielen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt im Handwerk und thematisiert Voraussetzungen für systematische, praxisgerechte Kompetenzentwicklung.

Einleitung

Wir kommunizieren digital, informieren uns digital, verwalten Wissen digital, orientieren uns digital, organisieren uns digital, steuern technische Prozesse selbst im Haushalt digital, unterhalten uns digital (Abb. 1). Diese Liste ließe sich fortführen. Da wäre es nicht nur naiv, sondern für die Entwicklung von Unternehmen und Erwerbsarbeit geradezu gefährlich, anzunehmen, dass die Digi-

¹ Der vorliegende Beitrag geht teilweise zurück auf eine Untersuchung, die das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) im Zusammenhang mit der Förderung von überbetrieblichen Berufsbildungsstätten und ihrer Entwicklung zu Kompetenzzentren in Auftrag gegeben hatte (BIBB 2016).

lisierung in der Arbeitswelt hauptsächlich ein Phänomen der Industrie ist und bleibt. Insofern ist der in Deutschland häufig verwendete Begriff „Industrie 4.0“ irreführend. Die im anglo-amerikanischen Sprachraum gängige Bezeichnung „Internet of Things – IoT“ trifft den Sachverhalt besser, weil sie ohne begriffliche Exklusion auskommt. Es geht um die fortschreitende Vernetzung zunehmend autonomer Informations- und Materialflüsse innerhalb und außerhalb von Unternehmen und ihre Wechselwirkung mit menschlichen Arbeits- und Entscheidungsprozessen.



Abb. 1: Auswahl von Online-Anwendungen in der Arbeits- und Lebenswelt

Bereits im Jahr 2013 nutzten in Deutschland 87 Prozent aller Berufstätigen bei ihrer Arbeit Computer und Internet; 79 Prozent benötigen dafür mobile Geräte (BITKOM 2013, 7). In einer Befragung von 278 Unternehmen waren die beiden meistgenannten Herausforderungen in diesem Zusammenhang Standardisierung (147 Nennungen) und Arbeitsorganisation (129) (DGB 2013). Gefahren durch mangelnde Daten- und Prozesssicherheit sowie durch neu erwachsende Abhängigkeiten werden allerdings noch zu häufig ausgeklammert. Insbesondere in Handwerksbetrieben finden sie unzureichend Beachtung (vgl. HPI 2013, 45). In einer jüngeren Online-Umfrage unter den Beauftragten für Innovation und Technologie der Fachverbände zeigt sich zwar ein steigendes Problembewusstsein, das aber dadurch beeinflusst sein kann, dass diese Gruppe durch laufende Drittmittelprojekte (ebd.) besonders für das Thema sensibilisiert ist (vgl. DHI 2015, 45).

Neben der unterschätzten Sicherheitsproblematik besteht ein weiteres „Digitalisierungs-Risiko“ für Unternehmen in ungenügender Urteils- und Entscheidungsfähigkeit bei der Auswahl und der Implementierung digitaler Systeme und den damit verbundenen steigenden Abhängigkeiten von Dritten. Beiden

Defiziten können und müssen adäquate Aus- und Weiterbildungsangebote entgegenwirken. „Eine Qualifizierungsoffensive ist nötig“, äußerte der Präsident der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften, Ex-SAP-Chef und einer der Initiatoren von Industrie 4.0, Henning Kagermann, am Rande des nationalen IT-Gipfels 2014: „Wir müssen ein Fundament für die Arbeit der Zukunft schaffen, die durch Industrie 4.0 geprägt wird“ (SAP 2014). Was damit genau gemeint ist, lässt er weitgehend offen. Sicher ist aber, dass die Digitalisierung enorme wirtschaftliche Bedeutung gewinnen und deshalb zwangsläufig Einfluss auf die Erwerbsarbeit bekommen wird. Einer aktuellen Studie des McKinsey Global Institute mit dem Titel „The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype“ zufolge kann das Internet der Dinge im Jahr 2025 einen weltweiten wirtschaftlichen Mehrwert von jährlich bis zu elf Billionen Dollar erreichen. Das entspräche rund elf Prozent der globalen Wirtschaftsleistung (MGI 2015, 2).

Der Industrie kann bei der Entwicklung der Digitalisierung in Unternehmen nicht allgemein die Funktion eines Treibers zugerechnet werden. Das Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität St. Gallen stellt in seinem Digital Maturity & Transformation Report 2016 fest, dass die produzierende Industrie in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich bezüglich der „digitalen Reife“ gegenüber anderen Wirtschafts- bzw. Branchenbereichen Aufholbedarf hat (IWI 2016, 17).

Begriffe und Erscheinungsformen der Digitalisierung

Digitalisierung umfasst mehr als die unmittelbar mit Datenerfassung und -integration in Produktion, Logistik, Vertrieb, Verwaltung und anderen Bereichen verbundenen Prozesse:

„Digitalisierung in kleinen und mittelständischen Betrieben wird verstanden als Summe von Entwicklungen, die originäre und periphere Arbeits- und Lernprozesse in diesen Betrieben und in ihrem Umfeld durch den Einsatz digitaler Technik beeinflusst oder verändert haben oder sie künftig beeinflussen oder verändern werden. Zur digitalen Technik gehören in diesem Verständnis alle betrieblich genutzten mobilen und stationären Geräte, Maschinen, Anlagen, Installationen und sonstige Betriebsmittel einschließlich entsprechender Software, mit deren Hilfe betriebsrelevante Informationen und Daten aller Art digital erfasst, gespeichert, transportiert oder verarbeitet werden.“ (Mahrin 2016, 169)

Der Begriff Internet of Things/Internet der Dinge bezeichnet die informations-technische Verbindung realer und virtueller Welt zu „Cyber-Physical Systems“

auf der Basis von Cloud Computing (nicht-lokale Haltung und ortsunabhängig allgegenwärtige Verfügbarkeit von Daten) mit dem Ziel der Optimierung von Prozessen und Ergebnissen während der Produktion, der Nutzungsphase und des Recyclings (Abb. 2). Selbst Produkte werden zu Cyber-Physical Systems (CPS). Parallel zu den realen Prozessen werden produktindividuelle, virtuelle Abbilder dieser Prozesse und der Produkte erzeugt. Diese begleiten das Produkt als „digital twin“ (digitaler Zwilling) während der Fertigung und über seinen gesamten Lebenszyklus. Sie können den Nutzungskomfort steigern, die Instandhaltung unterstützen, im Schadensfall Haftungsfragen klären helfen, aber auch das Nutzerverhalten überwachen und beeinflussen.

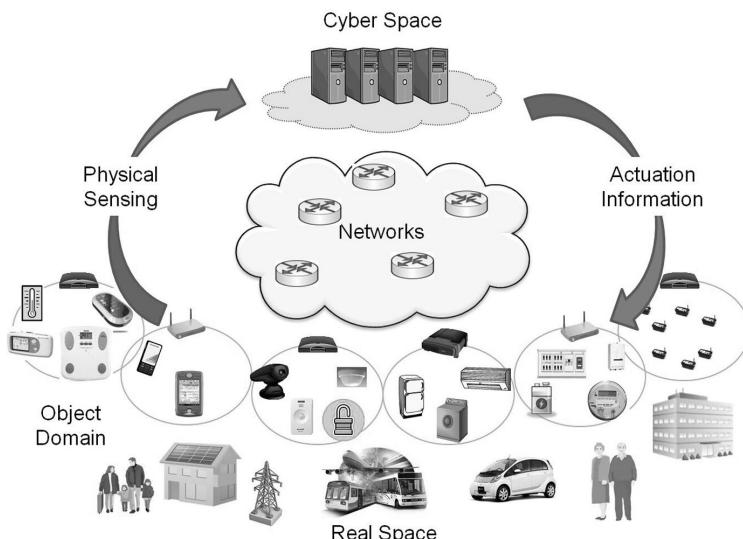


Abb. 2: Cyber-physical Systems (CPS) (Grafik: Japan Advanced Institute of Science and Technology – JAIST²)

Eine Schlüsseltechnologie stellt die Radio Frequency Identification (RFID) dar, die in unzähligen Arbeits- und Lebensbereichen vorzufinden ist. Ausweise, Scheckkarten, Einlasssteuerungen, Produktmarkierungen, Kennzeichnungen von Tieren („Hunde-Chip“) und Menschen sind nur einige Beispiele. RFID-Chips in der Produktion enthalten nicht nur Angaben über Art und Zweck von Bauteilen, Baugruppen und Produkten, sondern auch über ihren jeweiligen Bearbeitungs- oder Abnutzungszustand. Diese dynamischen Daten werden im Herstellungsprozess mit den Objekten beispielsweise zwischen Zuliefer- und Industriebetrieben ausgetauscht.

2 <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/lim-lab/research.php>

Bedeutung, Entwicklungsbeispiele, Arbeitsgestaltung

Nach Einschätzung maßgeblicher Handwerks-Institutionen „beschäftigen sich bereits mehr als 50.000 Handwerksbetriebe mit dem ‚Internet der Dinge‘ – ihre Maschinen kommunizieren untereinander“ (ZDH et al 2015). Dabei sind bereits heute alle Berufe vom Einsatz digitaler Technik geprägt oder zumindest davon berührt. Kleine und mittlere Betriebe (KMU), die als Partner größerer Unternehmen konkurrenzfähig bleiben wollen, müssen die technische Kompatibilität aufrechterhalten (vgl. Seiter 2015, 27). Handwerksbetriebe sind von der Digitalisierung industrieller Prozesse beispielsweise beim Datenverkehr, bei der Auftragsverwaltung und der Qualitätssicherung, bei der Systeminstallation sowie bei Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben betroffen. Doch auch ohne diese Zwänge bietet die Digitalisierung Chancen zu einer zukunftsähnlichen Restrukturierung von Betrieben und zur Neugestaltung von Arbeitsprozessen von der Planung bis zur Rechnungslegung, unter anderem bei der Material-, Termin- und Ablaufplanung, beim Betriebsmittelmanagement, bei der Kommunikation und Informationssicherung, bei kaufmännischen Geschäftsprozessen sowie gewerkeabhängig bei der Planung, Gestaltung und Individualisierung eigener Produkte und bei spezifischen technischen Prozessen. Einige ausgewählte Beispiele:

Intelligente, vernetzte Elektro-Handwerkzeuge erfassen und speichern jede Operation mit exakter Angabe, wann welche Schraube wo von wem mit welchem Drehmoment angezogen wurde (vgl. Bosch o. J.). Virtuelle Kraftwerke und Smart-Grid-Technologien steuern Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Energie bedarfs- und verfügbarkeitsgerecht mit dem Ziel ressourcenschonender dezentraler Lösungen mit höchster Effizienz (ebd.). Handwerksbetriebe erfüllen bei der Realisierung, Inbetriebnahme und Wartung dieser Anlagen zentrale Aufgaben. Die Instandhaltung technischer Systeme erfolgt zunehmend nach der über Sensoren erfassten tatsächlichen Nutzungsintensität statt nach festgelegten Zeitintervallen. Wartungsbetriebe werden automatisch beauftragt und dokumentieren alle Leistungen und Auffälligkeiten digital (vgl. Microsoft 2014). Bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken – bis hin zu ihrem Abbruch – werden Building Information Modeling (BIM) Systeme eingesetzt. Sie schließen die versorgungstechnische Ausstattung und sonstige Infrastruktur ein, lassen Änderungen im Prozess zu, so dass alle Beteiligten jederzeit auf aktuelle Daten zurückgreifen können (vgl. BMVI 2015). Beschäftigte in Baubetrieben und in baunahen Gewerken müssen mit diesen sehr komplexen Anwendungen kompetent und sicher umgehen lernen. Das Internet der Dinge birgt ein immenses Potenzial für die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen. Rapid Prototyping Verfahren wie Stereolithografie, Selective Laser Sintering (SLS), 3D-Druck werden in Kombination mit umfassender Sensorik und

wachsender Rechenleistung völlig neue Möglichkeiten der Individualisierung bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung eröffnen – auch in kleinen Unternehmen und in Bereichen, die bislang als weniger IT-affin galten.

Im Zusammenhang mit diesen und weiteren Anwendungen und Entwicklungen stellen sich auch für Handwerksbetriebe und KMU zentrale Fragen der Gestaltung von betrieblichen Abläufen und Arbeitsprozessen neu. Sie bedürfen dringend der bewussten Auseinandersetzung und Strategieentwicklung unter Einbindung aller Beteiligten. Daniela Ahrens und Georg Spöttl (2015, 190f.) beschreiben mit Verweis auf Buhr (2015) und Windelband/Spöttl (2012, 217) drei mögliche Szenarien:

- Beim „Werkzeugszenario“ unterstützen die digitalen Systeme – beispielsweise in Form von Expertensystemen und Augmented Reality Systemen³ – qualifizierte Fachkräfte bei den Arbeitsprozessen ohne Abläufe fest vorzuschreiben.
- Im „Automatisierungsszenario“ sind die Gestaltungsspielräume der Fachkräfte durch systemautonom gesteuerte und selbtoptimierende Technologien eingeschränkt, was unter anderem zu einer Entwertung von Qualifikationen führt.
- Das „Hybridszenario“ verbindet die Effektivität und Verlässlichkeit intelligenter digitaler Systeme mit der flexiblen Entscheidungsfähigkeit kompetenter Fachkräfte, richtet dabei aber auch neue Anforderungen an die Menschen und verlangt eine Arbeitsorganisation, die solche Mensch-Maschine-Kooperationen zulässt und fördert.

Welches der drei Szenarien letztlich dominieren wird und ob es dadurch zu einer Auf- oder Abwertung von Kompetenzen und Erfahrungen der gewerblich-technischen Fachkräfte kommen wird, lässt sich zurzeit noch nicht abschließend beurteilen (Ahrens und Spöttl 2015, 193). Erfahrungen aus der früheren Einführung digitaler Technologien wie der CNC-/CAM-Technik und der Robotik zeigen jedoch, dass der direkte Umgang mit diesen komplexen Systemen und Anlagen eher steigende Qualifikationsanforderungen bedingte. Zwar entfallen durch Automatisierungs- und Rationalisierungsprozesse im Zuge von Digitalisierung einfache Tätigkeiten, doch die verbleibenden und neu entstehenden Arbeitsplätze werden anspruchsvoller. Sie müssen den Maßstab beruflicher Aus- und Weiterbildung bilden.

3 Augmented Reality Systeme erweitern die Realität durch virtuelle Informationen in verschiedenen Erscheinungsformen. So können beispielsweise während der Ausführung „kritischer“ Montage- oder Wartungsarbeiten wichtige Hinweise über eine einfache Datenbrille in Form von Medienbausteinen (Bilder, Kurzvideos, Grafiken, Einstellwerte usw.) eingeblendet werden.

Implementierung und Kompetenzentwicklung

Digitale Systeme brauchen längst keine großen industriellen Strukturen mehr, um ihre Wirkungen auf Wirtschafts- und Arbeitsprozesse zu entfalten, selbst wenn diese Veränderungen nicht von Unternehmensseite geplant werden, sondern von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus deren Lebenswelt auf ihre Arbeit übertragen werden. Beispielsweise werden nicht nur betriebliche, sondern auch private Smartphones und andere mobile Endgeräte für Recherchen von Problemlösungen und zur Bestellung von Ersatzteilen genutzt, aber auch zur Termin- und Ressourcenplanung, zur fotografischen Dokumentation der eigenen Arbeit, zum schnellen und ortsunabhängigen Austausch mit Kolleginnen und Kollegen sowie zu anderen Zwecken, die die eigene Arbeit erleichtern und beschleunigen.

Für spezielle Aufgaben werden von Betrieben digitalisierte Einzelanlagen-/geräte beschafft, deren spätere Einbindung in übergeordnete Strukturen und Abläufe zu diesem Zeitpunkt nicht bedacht werden und häufig von den beteiligten noch gar nicht beurteilt werden können. Die schleichende Implementierung digitaler Systeme beruht gerade in kleineren Unternehmen häufig nicht auf strategischen Entscheidungen und einer ganzheitlichen Konzeption, sondern sie wird von Zufälligkeiten und Einzelereignissen bestimmt. In der Folge entstehen Wirkungsverluste, Wettbewerbsnachteile und Zusatzbelastungen durch Schnittstellenprobleme, Inkompatibilitäten, suboptimale Systemeignung und hohen nachträglichen Anpassungsaufwand.

Unzureichende Kompetenzen der Beteiligten verstärken diese nachteiligen Entwicklungen, die mitunter zu Unrecht der vermeintlichen Unzulänglichkeit der technischen Systeme angelastet werden. Deshalb bedingt der Modernisierungs- und Investitionsdruck, der auch auf kleinen und mittleren Unternehmen lastet, für die berufliche Bildung erheblichen Handlungsbedarf. Sowohl in der Fort- und Weiterbildung als auch in der Erstausbildung sind systematische Qualifizierungsangebote zur Digitalisierung zu entwickeln beziehungsweise zu modifizieren. Besonders hohe Akzeptanz ist bei den Zielgruppen der beruflichen Erstausbildung und der Berufsorientierung zu erwarten – schließlich bestehen sie aus „digital natives“, die den Umgang mit digitalen Technologien aus anderen Kontexten gewohnt sind (vgl. Lay 2016). Von den Nachwuchskräften nutzen 100 Prozent das Internet und 87 Prozent Smartphones – Werte, die weit über dem Bevölkerungsdurchschnitt liegen (Initiative D21 2014). Den veränderten Anforderungen folgend müssen digitale Systeme, Technologien und Medien sowohl Gegenstand als auch selbstverständliches Mittel des beruflichen Lernens werden. Die Wege der Wissensaneignung zu digitalen Systemen sind zurzeit noch stark individualisiert und eigeninitiativ gesteuert. Der Umfang be-

trieblich organisierter Fort- und Weiterbildung zu digitalen Technologien entspricht nicht der Bedeutung, die diese Technologien in den Geschäfts- und Arbeitsprozessen der Unternehmen einnehmen. Nicht einmal die Hälfte der von der Initiative D21 Befragten (Abb. 3, Initiative D21 2015) geben an, dass sie zur Wissensaneignung zu digitalen Systemen unter anderem auch Schulungsangebote durch Arbeitgeber nutzen. Da die Befragungsergebnisse auch Antworten von Beschäftigten der Industrie einschließen, wo Schulungsangebote zur Digitalisierung weiter verbreitet sind, ist davon auszugehen, dass es um die systematische Kompetenzentwicklung bei KMU und insbesondere im Handwerk noch weitaus schlechter bestellt ist.

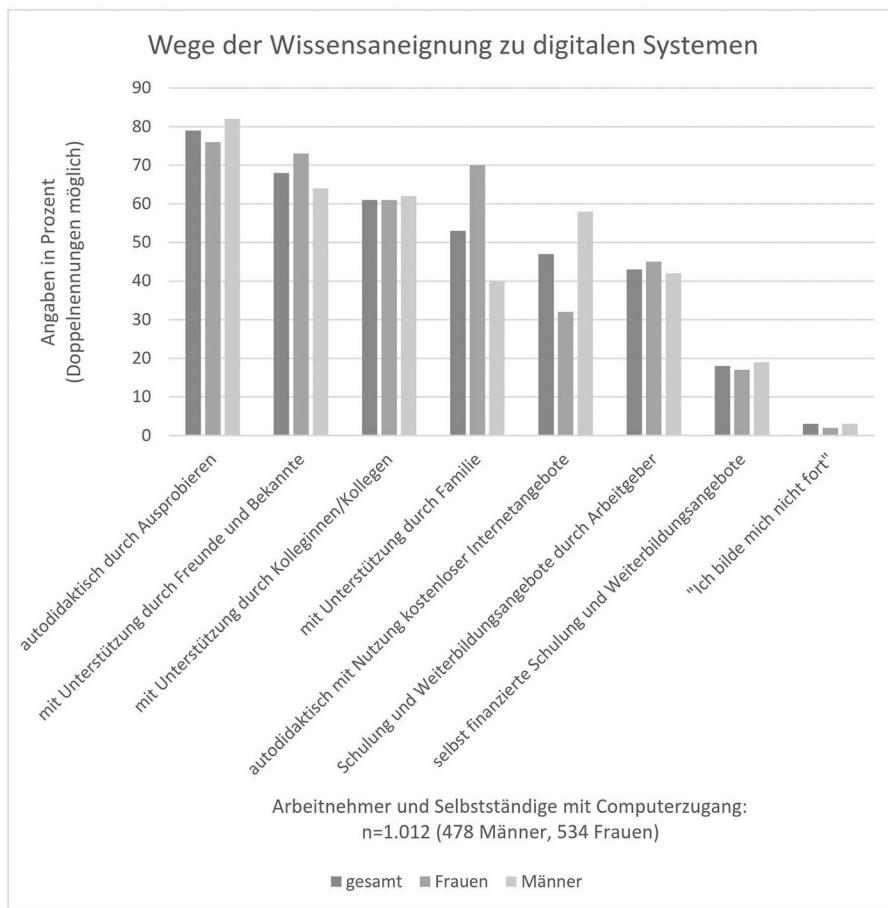


Abb. 3: Wege der Wissensaneignung (nach Initiative D21 2015, 45)

Der bei Frauen und Männern ähnlich hohe Anteil der Unterstützung durch Kolleginnen und Kollegen bei der entsprechenden Wissensaneignung spricht allerdings dafür, dass die von Hirsch-Kreinsen (2014) erwartete zunehmend partizipative Form der Arbeitsorganisation mit expliziter Nutzung informeller sozialer Prozesse der Kommunikation und Kooperation tatsächlich greift.

Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt

Digitalisierungstendenzen werden sich auf die Arbeitswelt und auf die Aus-, Fort- und Weiterbildung vor allem in vier Bereichen auswirken (Abb. 4). Handwerksbetriebe suchen Unterstützung beim Umgang mit Digitalisierungssystemen vor allem bezüglich der Datensicherheit sowie bei Angebot und Vertrieb ihrer Leistungen (ZDH 2014, 13).



Abb. 4: Digitalisierungsbedingte Auswirkungen auf die Arbeitswelt

Die folgenden Kernaussagen aus aktuellen Studien und Veröffentlichungen zu erwartenden Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt zeigen, dass Problembewusstsein und Handlungsbedarfe zunehmen, während die Vorstellungen über konkrete Handlungsansätze noch äußerst vage sind.

Die Initiative D21 stellt fest, dass Berufstätige mit den Herausforderungen der Digitalisierung häufig allein gelassen werden (vgl. Initiative D21 2014, 51). Da

die Digitalisierung in alle Bereiche der Arbeitswelt Einzug hält, „ist ein gesellschaftlicher Findungsprozess zu definieren: Was ist gute Arbeit? Was ein guter Arbeitsplatz? Welche Rahmenbedingungen sind nötig, um Arbeit und Leben erfolgreich zu vereinbaren? Welche Fähigkeiten und Fachkräfte benötigt der digitalisierte Arbeitsmarkt?“ (Initiative D21 2015, 48)

Im Rahmen der Digitalen Agenda der Bundesregierung (<http://www.digitale-agenda.de>) hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die Initiative "IT Sicherheit in der Wirtschaft" gestartet und richtet sich dabei besonders an kleine und mittlere Unternehmen, die sich neuen Herausforderungen betrieblicher Sicherheitsprozesse stellen müssen (vgl. BMWi 2015).

Einer repräsentativen Marktbefragung (Ingenics 2015, 6 f.) zufolge erwarten jeweils mehr als die Hälfte der befragten überwiegend mittelständischen Unternehmen die Reduzierung einfacher manueller Tätigkeiten, veränderte Kompetenzprofile und individuellere Vergütungsmodelle sowie einen Anstieg des Anteils indirekter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter⁴ bei planenden und steuernden Tätigkeiten. Qualifizierung und Kompetenzentwicklung werden nach dieser Studie hoch bewertet. Als notwendig werden vor allem genannt die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen (86 Prozent), das interdisziplinäre Denken und Handeln (77 Prozent) sowie eine höhere IT-Kompetenz (76 Prozent). Die Unternehmen bauen vor allem in indirekten Bereichen (80 Prozent), Logistik (75 Prozent) und Fertigung (67 Prozent) IT-Kompetenzen auf.

Arbeitssoziologen erwarten eine partizipative Form der Arbeitsorganisation („Schwarm-Organisation“), die gekennzeichnet ist durch eine lockere Vernetzung hoch qualifizierter und gleichberechtigt agierender Fachkräfte, die ihre Arbeit außerordentlich flexibel und kontextorientiert selbst organisieren (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014). Das tangiert die bisherigen Formen von Beruflichkeit, Arbeitsteilung und Zuständigkeiten. Qualifizierungsangebote müssen entsprechend stärker auf flexible, vielseitige Kompetenzentwicklung und Gewerke übergreifende Kooperation ausgerichtet werden, um institutionelle und individuelle Entwicklungsfähigkeit zu ermöglichen. Statt personenbezogener Kompetenzen werden in KMU zunehmend kurzfristig projekt- oder auftragsbezogen neu kombinierbare Kompetenzelemente die Arbeit und den Erfolg bestimmen (vgl. Hartmann und Tschiedel 2016, 13 f.).

Auf unterschiedlichen Ebenen entstehen Plattformen für Abstimmungsprozesse, Informations- und Wissensaustausch. Für KMU wird der Rahmen von Ein-

4 Indirekte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind nicht unmittelbar mit der Herstellung von Produkten oder der Bereitstellung von Dienstleistungen befasst.

zelbetrieben überschritten und auch Kunden werden in diesen Informationsraum einbezogen (vgl. Boes et al. 2014).

Technikentwicklung und Arbeitsorganisation sowie Qualifikation und Flexibilität der Fachkräfte stehen in immer engerem Zusammenhang und sind nicht isoliert voneinander zu betrachten. Die Leitstudie „Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0“ stellt in abschließenden Thesen unter anderem fest, dass die traditionelle Trennung von Wissens- und Produktionsarbeit zunehmend aufweicht und dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter künftig für kurzfristigere, weniger planbare Arbeitstätigkeiten im Arbeitsprozess qualifiziert werden müssen (vgl. Spath et al. 2013, 135). Dies hat Auswirkungen auf die Strukturen, Organisationsformen und den Grad der Verzahnung von Aus-, Fort- und Weiterbildung. Padur und Zinke (2015, 31) sehen für die Fort- und Weiterbildung im Zusammenhang mit der Digitalisierung vor allem fünf Anforderungen: Stärkere Bedarfsorientierung beim formellen und informellen Lernen, Durchlässigkeit und Passfähigkeit von Bildungssequenzen, Befähigung des Bildungspersonals zur Gestaltung des technologischen Wandels, Erleichterung der Zugänge zu Bildungsmaßnahmen und Lernangeboten sowie Entwicklung passender Fortbildungsregelungen.

Fazit

Die Digitalisierung wird in Quantität (Anzahl betroffener Prozesse, Datenvolumen usw.) und Qualität (Veränderung von Arbeits- und Informationsprozessen, Wissensmanagement, Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen usw.) und damit in ihrer Bedeutung auch für Handwerksbetriebe und andere KMU weiter zunehmen. Doch diese Betriebe sind häufig nicht im erforderlichen Umfang in der Lage, ihren Belegschaften die erforderliche Unterstützung für eine effektive Nutzung dieser Technologien zu bieten. Externe Unterstützung ist notwendig, doch systemgebundene Einweisungen und Lehrgänge von Herstellern sind unzureichend. Überbetriebliche Berufsbildungszentren in der Trägerschaft von Kammern, Innungen und Fachverbänden sind mit Hersteller- und Anwendungsbetrieben in der Regel gut vernetzt, technisch gut ausgestattet und verfügen über die nötige Fachkompetenz, um adäquate Lehrgänge zu entwickeln und anzubieten. Sie können erheblich dazu beitragen, die Qualifizierungslücken zu schließen, wenn sie auf fünf Ebenen die nötigen Voraussetzungen schaffen (Abb. 5).

Zentrale Bedingung für die Nutzung der digitalen Ausstattung in den Werkstätten ist eine zeitgemäße informationstechnische Infrastruktur in der gesamten Bildungsstätte, die eine gute bildungstechnologische Ausstattung in den Werkstätten, Laboren und Seminarräumen mit der Gebäudesystemtechnik und

den Verwaltungssystemen verbindet. Um dem Konzept des Internets der Dinge nahezukommen, müssen die digitalen Systeme in die vorhandene physische und informationstechnische Ausstattung eingebunden werden. Das reibungslose Zusammenspiel von Verwaltungssoftware, Lernplattformen, drahtlosen Netzwerken, Autorenwerkzeugen, Lernmanagementsystemen, Wissensdatenbanken, Energiesystemen, Sensorik usw. macht den Lernraum zum Lerngegenstand und das Qualifizierungsangebot überzeugend.



Abb. 5: Handlungsebenen zur Digitalisierung in überbetrieblichen Berufsbildungszentren

Die Beschaffung und Implementierung digitaler Technologien in den Bildungszentren muss flankiert werden durch Weiterbildung für Ausbilderinnen und Ausbilder sowie für Dozentinnen und Dozenten. Systemschulungen durch Hersteller sind auch hier erforderlich, aber nicht hinreichend. Ergänzend empfehlen sich die Inanspruchnahme externer Beratung und Dienstleistungen, die kooperative autodidaktische Qualifizierung im Zuge der Inbetriebnahme und der eigenen Lehrgangsentwicklung und der institutionsübergreifende Austausch mit Kooperations- und Netzwerkpartnern. Idealerweise werden alle drei Ansätze miteinander verbunden und auf diesem Wege die interne und externe Kooperation verstetigt.

Eine vertrauensvolle und gleichberechtigte Zusammenarbeit und inhaltliche Abstimmung des Lehrpersonals in der beruflichen Bildung erscheint unter kol-

legalen, ökonomischen, konzeptionellen und didaktischen Gesichtspunkten selbstverständlich und geradezu unverzichtbar. Gleichwohl stellt sich die Praxis der Zusammenarbeit gerade zwischen überbetrieblichen Berufsbildungszentren und berufsbildenden Schulen, aber auch innerhalb einzelner Institutionen, nicht selten anders dar (vgl. Lohse und Thielke 2016). Hier besteht weiterhin dringender Verbesserungsbedarf. Unterstützende, komfortable digitale Hilfsmittel für Audio- und Video-Konferenzen, Dateitransfer, Screen-Sharing, Application-Sharing, Remote Computing, Chats und Foren stehen für Bildungszwecke häufig sogar kostenlos oder sehr kostengünstig zur Verfügung. Zeitgleich oder zeitversetzt gemeinsam an einer Aufgabe, einem Problem oder Projekt zu arbeiten kann und sollte damit auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung und im Arbeitsalltag kleiner Betriebe selbstverständlich werden.

Literatur

- Ahrens, D.; Spöttl, G. (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden, Nomos edition sigma, 185–203
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.) (2016): Liste von Ausstattungsgegenständen – Ergänzung zu Richtlinien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung von Digitalisierung in überbetrieblichen Berufsbildungsstätten (ÜBS) und Kompetenzzentren (Sonderprogramm ÜBS-Digitalisierung) vom 10. Dezember 2015. Online: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a34_Ausstattungsliste_SOP-UeBS.pdf (Letzter Zugriff: 20.02.2016)
- BITKOM – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Hrsg.) (2013): Arbeit 3.0 – Arbeiten in der digitalen Welt. Online: https://www.bitkom.org/Publikationen/2013/Studien/Studie-Arbeit-3-0/Studie_Arbeit_30.pdf (Letzter Zugriff: 07.12.2015)
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken. Berlin. Online: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile (Letzter Zugriff: 09.02.2016)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015). Initiative "IT Sicherheit in der Wirtschaft". Online: (<http://www.it-sicherheit-in-der-wirtschaft.de/IT-Sicherheit/Navigation/meldungen,did=485424.html>) (Letzter Zugriff: 09.02.2016)

- Boes, A.; Kämpf, T.; Langes, B.; Lühr, T. (2014): Informatisierung und neue Entwicklungstendenzen von Arbeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien. Jahrgang 7, Heft 1, Mai 2014, 5–23
- Bosch Software Innovations GmbH (o.J.): Die vernetzte Welt verwirklichen – Anwendungsbeispiele für das Internet der Dinge. <https://www.bosch-si.com/de/produkte/bosch-iot-suite/iot-anwendungen/internet-dinge-beispiele.html> (Letzter Zugriff: 21.02.2016)
- Buhr, D. (2015): Industrie 4.0 – Neue Aufgaben für die Innovationspolitik. Expertise im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn. Online: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11496.pdf> (Letzter Zugriff: 08.04.2016)
- DGB (Hrsg.) (2013): Mensch und Maschine. In: einblick – gewerkschaftlicher Info-Service 21/2013. Online: <http://einblick.dgb.de/-/Fyj> (Letzter Zugriff: 09.02.2016)
- DHI Deutsches Handwerksinstitut (Hrsg.) (2015): Digitalisierung der Wertschöpfungs- und Marktprozesse – Herausforderungen und Chancen für das Handwerk. Berlin
- Hartmann, V.; Tschiedel, R. (2016): Betriebliches und überbetriebliches Management „künstlicher Kompetenz“. In: lernen&lehren 31. Jg., Heft 121, 10–16
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014): Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? In: Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.). WISO direkt, Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Dezember 2014
- HPI – Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik an der Leibniz Universität Hannover (Hrsg.) (2013): Stand der IT-Sicherheit im Handwerk. Mainz, Handwerkskammer Rheinhessen. Online: https://www.it-sicherheit-handwerk.de/uploads/tx_sbdownloader/Studie.pdf (Letzter Zugriff: 09.02.2016)
- Initiative D21 (2014) (Hrsg.): D21 – Digital-Index 2014. Die Entwicklung der digitalen Gesellschaft in Deutschland. Studie der Initiative D21, durchgeführt von TNS Infratest, lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz. Online: http://www.initiatived21.de/wp-content/uploads/2014/11/141107_digitalindex_WEB_FINAL.pdf (Letzter Zugriff: 09.02.2016)
- Initiative D21 (2015) (Hrsg.): D21 – Digital-Index 2015. Die Gesellschaft in der digitalen Transformation. Eine Studie der Initiative D21, durchgeführt von TNS Infratest, lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz. Online: http://www.initiatived21.de/wp-content/uploads/2015/11/D21_Digital-Index2015_WEB2.pdf (Letzter Zugriff: 09.02.2016)
- IWI – Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität St. Gallen (Hrsg.) (2016): Digital Maturity & Transformation Report 2016. Online: <https://aback.iwi.unisg.ch/kompetenz/digital-%C2%ADmaturity-transformation/> (Letzter Zugriff: 15.09.2016)

Lay, W. (2016): „Das Ohmsche Gesetz gilt auch in der Industrie 4.0“. Interview. In: Bildungspraxis 01/2016, 24

Lohse, C.; Thielke, S. (2016): Berufsschule und überbetriebliche Ausbildungsstätte – Lernortkooperation in bautechnischen Berufen und in der Augenoptik. In: Mahrin, B. (Hrsg.): Wertschätzung Kommunikation Kooperation. Perspektiven von Professionalität in Lehrkräftebildung, Berufsbildung und Erwerbsarbeit. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, 128–139

Mahrin, B. (2016): Digitalisierung, Berufsbildung und kooperative Arbeit. In: Mahrin, B. (Hrsg.): Wertschätzung Kommunikation Kooperation. Perspektiven von Professionalität in Lehrkräftebildung, Berufsbildung und Erwerbsarbeit. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, 168–189

MGI – McKinsey Global Institute (2015): The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype. Seoul, San Francisco, Shanghai, McKinsey & Company

Microsoft News Center Staff (2014): The Internet of Things gives the world's cities a major lift. Online: <http://blogs.microsoft.com/firehose/2014/07/16/the-internet-of-things-gives-the-worlds-cities-a-major-lift/> (Letzter Zugriff: 21.02.2016)

Padur, T.; Zinke, G. (2015): Digitalisierung der Arbeitswelt – Perspektiven und Herausforderungen für eine Berufsbildung 4.0. In: BWP 44. Jg., Heft 6, 30–32

SAP (2014): AG 6 auf dem IT-Gipfel: Nun auch Industrie 4.0 im Fokus. Pressemitteilung vom 22.10.2014. Online: <http://de.news-sap.com/2014/10/22/ag-6-auf-dem-gipfel-nun-auch-industrie-4-0-im-fokus/> (Letzter Zugriff: 09.02.2016)

Seiter, M. (2015): Kleinere Unternehmen haben Nachholbedarf. In: IHK Ulm und Bodensee-Oberschwaben (Hrsg.). Die Wirtschaft zwischen Alb und Bodensee 01/2015, 26

Spath, D. (Hrsg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Windelband, L.; Spöttl G. (2012): Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In: Faßhauer, U.; Fürstenau, B.; Wuttke, E. (Hrsg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen, Farmington Hills, 205–219. Online: http://www.pedocs.de/volltexte/2013/7118/pdf/Fasshauer_Analysen_2012_Windelband_Spoettl_Diffusion_Technologien.pdf (Letzter Zugriff: 08.04.2016)

ZDH Zentralverband des Deutschen Handwerks, Deutscher Handwerkskammertag, Unternehmerverband Deutsches Handwerk (Hrsg.) (2015): „Handwerk 2014“. Online: http://www.zdh.de/fileadmin/user_upload/publikationen/jahresberichte/ZDH_JAHRESBERICHT2014.pdf (Letzter Zugriff: 07.12.2015)

Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit und technische Bildung

Gerd Gidion

Abstract

Die laufende Digitalisierung kann als Zusammenspiel mehrerer Entwicklungen betrachtet werden, die sich infrastrukturell auf Lebens- und Arbeitsalltag auswirken. Seit längerem relevante und weiter fortlaufende Trends (wie die Diffusion der IT und des Internet in den (arbeits-) alltäglichen Gebrauch) korrespondieren mit aktuell besonders dynamischen Trends (verbunden etwa mit den Begriffen Industrie 4.0 oder Big Data) und für die nahe Zukunft plausibel vorhergesagten Trends (etwa der automatisierten Spracherfassung, Verschriftlung und Übersetzung). Der nachfolgende Beitrag betrachtet Teile der Digitalisierung in ihrem Zusammenspiel und leitet aus dieser Perspektive die Aufforderung zu einer das Zusammenspiel beachtenden Bewertung und Gestaltung ab. Möglichkeiten für entsprechende strategische Orientierungen werden mit Bezug auf die technische Bildung innerhalb einer betrieblichen Organisation erörtert.

Ausgangslage

Die intensive Diskussion der mit dem Label Industrie 4.0 verbundenen Vorgänge drückt die verbreitete Wahrnehmung aus, dass sich eine neue Qualität der Digitalisierung durchsetzt. Deren „industrieller“ Mittelpunkt bezieht sich auf Arbeitstechnologien, die über das bisher erreichte hinaus in vernetzten Strukturen Daten aufnehmen, austauschen, auswerten und anwenden. Fachkräfte erhalten auf diese Weise vielfältige Unterstützungen seitens der technischen Systeme, ihre Tätigkeiten werden technisch in zahlreichen Funktionen erfasst. Eine exakte Abgrenzung der Konstellationen und Vorgänge erscheint schwierig. Auch ist die Diffusion der Computertechnologien in den Arbeitsumgebungen bereits seit Jahrzehnten in mehr oder weniger aufgeregt Diskursen thematisiert worden (s. Hartmann, 2015, 9 f.). Erwähnt sei in diesem Zusammenhang beispielsweise das Konzept des Computer Integrated Manufacturing der 1980er Jahre. Unbestreitbar zeigen sich wesentliche, der mit dem Label Industrie 4.0 versehenen, Entwicklungen als schlüssige Fortsetzungen von seit langem laufenden Entwicklungen. Allerdings haben sich gleichermaßen relevante Erscheinungsformen erst in den letzten Jahren auf neue Weise herausgebildet und etabliert. Zudem sind Umbrüche absehbar, die durch das Zusammenspiel

mehrerer Phänomene ermöglicht werden. Dabei geht es nicht nur um die an einzelnen Arbeitsplätzen, in abgrenzbaren Arbeitssystemen oder betrieblichen Arbeitsstrukturen vorhandenen Phänomene, sondern auch um die weitgehend allgemein verfügbaren und in Gebrauch genommenen digitalen Arrangements und Infrastrukturen. Das Zusammenspiel zwischen der arbeitsbezogenen und ubiquitären Digitalisierung intensiviert – so die Annahme – die Dynamik der Industrie 4.0 Phänomene. Auf Grundlage einer seit vielen Jahren vorhandenen Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien in den Arbeits- und Lebensalltag haben sich darüber hinaus mehrere Trends ergeben, die nachfolgend in einer gezielten Auswahl skizziert werden sollen, um aus dieser Darstellung die Bedeutung des Zusammenspiels ableiten zu können.

Digitalisierungstrends und deren Zusammenspiel

Zunächst hat sich das Internet in einer Weise entwickelt, die als Übergang aus der konsumierenden Nutzung zu einer interaktiven Nutzung beschrieben werden kann. Der zwischenzeitlich mit dem Begriff "Web 2.0" bezeichnete Verlauf (s. Schmidt-Hertha et al. 2011) wurde ermöglicht durch einen durch den stark vereinfachten technischen Zugang zur aktiven Eingabe in internetbasierte Umgebungen bzw. Anwendungen und zum anderen die zeitgleich wachsende Akzeptanz und Bereitschaft der Internetnutzer, aktiv aufzutreten, Eingaben zu tätigen und die Eingaben anderer Nutzer zu würdigen und zu verwenden. Die auf diese Weise entstandene Normalität der Nutzung von Foren, kommunikativen Apps und Peer-to-Peer-Netzwerken (P2P) sowie (auf einer anderen Ebene) Tauschbörsen und sog. Darknet-Umgebungen hat den Charakter der Internetnutzung verändert: der „User“ ist gleichwohl Leser wie Autor, Empfänger wie Sender; der genutzte Inhalt entstammt wesentlich auch „eigenredaktionellen“ Uploads und Eingaben. Das Internet ist ganz wesentlich zu einem Marktplatz der vielen Akteure geworden. Übertragen auf technische Inhalte bedeutet dieses: viele – professionelle wie private – Autoren liefern relevante Informationen, Suchende würdigen beiderlei Quellen (d.h. sowohl fachlich-seriöse als auch individuell-subjektive). Übertragen auf das Lernen bedeutet dieses: Lerner sind zugleich häufig auch Autoren und Mitwirkende an der Entstehung von (Fach-) Diskursen im Netz – zumindest als Lieferanten von Fragestellungen und Problemen, die etwa die Struktur von FAQ-Sammlungen generieren. Eine internetbasierte Umgebung wird dann als attraktiv empfunden, wenn sie den (vermeintlich) individuell spezifischen Zugriff und Austausch ermöglicht. Alle aktiven Nutzer werden (absichtlich oder unabsichtlich) zu öffentlichen Akteuren in (derzeit weitgehend) unbefristet gespeicherten und verwerteten Archiven. Einzelne Unternehmen wie Google oder Facebook haben auf den involvierten Märkten aktuell nahezu Monopolpositionen erreicht.

Bereits diese Vorgänge sind hochgradig auf (informations-) technische Weise ermöglicht und geprägt. Als weitere mit dem Internet verbundene Entwicklung hat sich zudem die Ein- und Ausgabe von Daten bzw. Informationen durch Artefakte und Algorithmen ergeben. Durch die Etablierung des sog. Internet der Dinge/Internet of Things laden technische Equipments (kontinuierlich) Daten in die digitalen Netze bzw. sie rufen Daten für den automatisierten Prozess ab. Eine Abgrenzung zwischen den von menschlichen zu den von maschinellen Quellen eingegebenen Daten ist nur noch eingeschränkt möglich, zumal sich offenbar die von „Dingen“ stammenden Daten deutlich rascher vermehren. Innerhalb der miteinander verbundenen Internetbereiche „web 2.0“ und „Internet der Dinge“ werden mittels technischer Funktionen zudem weitere Inhalte generiert, indem einerseits unterschiedliche (also menschliche und artifizielle) Quellen kombiniert werden und andererseits aus den Quellen mittels technischer Funktionen bzw. Features neue Texte entstehen, etwa – als einfachste Version – bei der Beantwortung von Suchanfragen. Menschliche Nutzer verlassen sich in diesem Umfeld weitgehend unbesorgt auf die durch technische Prozesse erstellten Antworten bzw. Zuleistungen und bauen darauf ihre Entscheidungen und Folgeaktivitäten auf. Übertragen auf die technische Bildung kann angenommen werden, dass ein erheblicher Anteil internetbasierter Inhalte und Dialoge durch automatisierte Abläufe gestaltet wird und etwa die Recherche nach technischen Informationen zu überwiegend automatisch generierten Informationen führt. Zusammengenommen beschleunigen sowohl das Web 2.0 als auch das Internet der Dinge die Aktivierung Lernender sowohl als Abfragende wie auch als Autoren, die Verknüpfung der Rollen Lehrender und Lernender sowie die automatisierte Entstehung, Gestaltung und Administration von Inhalten.

Die Inhalte werden in den internetbasierten Umgebungen prinzipiell jederzeit, an jedem Ort und in nutzungsspezifischer Zusammensetzung zugänglich. Diese Eigenschaft korrespondiert mit der Entstehung und Erweiterung offener digitaler Archive, Anwendungen und Anbietermärkte. Unternehmen mit Geschäftsfeldern im technischen Bereich betätigen sich als Treiber und Gestalter in diesem Feld, weil die Verwendung ihrer Produkte auf den internetbasierten Unterstützungsstrukturen aufbaut. Es werden initiale und laufend aktualisierte Begleitinformationen bereitgestellt, zudem ergeben sich vielfach Foren, in denen Kunden und Nutzer der Produkte untereinander und mit den Produktherstellern korrespondieren. Auch wenn die Kontrollierbarkeit dieser internetbasierten Diskurse an Grenzen stößt, sehen sich Anbieter genötigt, entsprechende Umgebungen bereitzustellen oder daran mitzuwirken, um den unvermeidlich entstehenden Austausch zumindest zu verfolgen und daran teilzuhaben. Es zeigt sich zudem, dass die Wertschätzung eines Produkts bzw. die Akzeptanz

eines Services seitens der Nutzer auch anhand der Zugänglichkeit aktueller, differenzierter und offener Informationen wächst oder sinkt. Diese Erwartung hat sich als allgemeine Annahme verbreitet; die Open Access Bewegung greift den Trend auf (Arbeitsgruppe Open Access 2009) und unterstützt die allgemeine Verfügbarkeit von dokumentiertem Wissen. So werden in Bibliotheken Dokumente sukzessive digitalisiert und bereits digital erstellte Dokumente seitens der Autoren oder der Verlage unmittelbar bereitgestellt. Damit korrespondierend kommen hochwertige und Standard schaffende Anwendungen als Free-ware oder Open Source Applikationen in Gebrauch (z. B. das Learning Management System Moodle). Ihr Erfolg beruht zu einem Teil auf der erfüllten Erwartung der Anwender, durch eigene Aktivität mitgestalten zu können. Die Attraktivität von internetbasierten Diensten, die Relevanz von bereitgestellten Informationen und die Nachfrage nach Content-Produzenten und -anbietern entscheidet sich auch an der eingerichteten Option, dass sich Interessenten (Lernende) selbst die gewünschten Inhalte zusammenstellen und abrufen können. Dieses Recherchieren auf individuell spezifischen Wegen erfolgt auf technologisch basiertem, neuartigem Niveau, da sich die bereitgestellten Informationen jeweils der Suche entsprechend spezifisch sortieren. Die redaktionelle Bestimmung über den Inhalt, wie sie sich bei der Herstellung gedruckter Bücher oder Periodika ergibt, kann dann nur noch eingeschränkt gelten. Zugleich wird die Zuordnung der Autorenschaft zu konkreten Personen bei umfangreichen Wissensressourcen komplexer. In fragmentiert entstehenden Dokumenten – wie als Musterbeispiel den Artikeln der Wikipedia – sind zwar die jeweiligen Textfragmente den Verursachern zuzuordnen, sie betreffen jedoch oftmals ein kollektiv bzw. kumulativ bearbeitetes „Living Document“-Puzzle, welches einem kontinuierlichen Veränderungsprozess (durch eine Redaktion oder die sog. crowd) unterliegt. Auch wenn Untersuchungen bislang ergeben, dass sich weniger Aktive als zwischenzeitlich vermutet intensiv beteiligen, verändert die direkte Mitwirkung dennoch den Charakter der zum Abruf bereitstehenden Inhalte.

Die Bereitstellung bzw. -haltung findet nicht mehr – wie in früheren Zeiten – auf lokalen Rechnern oder vom Netz getrennten Speichern statt, vielmehr entstehen, reifen und verfallen die Inhalte im Netz, häufig ohne dass jemals die Bearbeitung auf einem lokalen, isolierten Offline-Equipment Bedeutung hätte. Vermehrt verlagern sich auch die Daten-Speicherungen in netzgestützte Server, d. h. an verteilte Orte in einem dynamischen Vorgang unter Nutzung der im Netz angeschlossenen Ressourcen und verfügbarer Equipments. Die Speicherungen werden mehrfach gespiegelt und somit potenziell unbegrenzt verstetigt. In diesem Zusammenhang wird u. a. das Cloud Computing (vgl. Erkoç & Kert 2011) verwendet, welches nicht nur einer praktischen Option folgt, son-

dern auch zusätzliche Leistungspotentiale erschließt und die Verfügungsmacht diversifiziert. Aus den netzbasierten Spuren der Verursacher von Datenein- oder ausgaben – wie etwa Autoren oder Suchende – lassen sich persönliche Profile und Typisierungen ableiten, die wiederum eine profilspezifische Personalisierung zulassen. Die Personalisierung erfolgt vorrangig anhand der Bildung technisch erkennbarer ähnlicher Muster; sie lässt sich durch die Nutzung von zeitlich strukturierten Verläufen konsolidieren und weiterentwickeln. Die datentechnische Erfassung der Interaktionen in Netzwerken schafft die Grundlage für die Verwendung individueller Benutzerdaten über längere Zeiträume hinweg, etwa indem die Suchanfragen über Jahre hinsichtlich Inhalt, Abfragezeit und Folgewirkungen verwertet werden. Einzelne Personen können ihre eigenen Angaben über lange Zeiträume und weitgehend vollständig erfasst nutzbar machen und entsprechend Lernwege und Vorerfahrungen nachvollziehen. In diesem Zusammenhang werden Konzepte sogenannter „e-portfolio“-Anwendungen in Gebrauch genommen, die u.a. Lernenden den Aufbau und die Pflege sehr persönlicher Archive erlauben – die originär netzgestützt und verlinkt aufgebaut sind (Hornung-Prähauser et al. 2007; Himpel-Gutermann 2012). Die Perspektive der Lernenden auf diese Daten ist prinzipiell auch als Perspektive der Lehrenden zu erweitern, wenn diese Zugang zu den erfassten Daten erhalten, wie etwa in den internetbasierten Lehrveranstaltungen (vgl. Portale wie Coursera, aber auch Bildungsdienste von entsprechend aktiven Produkt-Herstellern).

Die medienvermittelte Individualisierung lässt sich verstetigen und intensivieren durch verschiedene Technologien, deren Gehalt mit diversen Anwendungen der laufenden Datenerfassung bzw. des ambulanten Monitorings verbunden ist. So vermitteln nicht nur Transponder und RFID-Technologien den aktuellen Standort von Artefakten in das Netz, auch viele Menschen übermitteln stetig ihre „getrackte“ Position (über mitgeführte Smartphones, Fitness-Armbänder oder auch Fahrzeuge, in denen sie sich befinden). Das geschieht teilweise unreflektiert, teilweise aber auch gezielt im Rahmen etwa der „Quantified Self“ Bewegung, deren Verfechter den jeweils eigenen Status in Relation zu früheren eigenen oder vergleichbar ähnlichen anderen Personen zu beobachten beabsichtigen. Diese erfassten Angaben werden interpretiert und darüber hinaus für die Definition entsprechender Zugriffe und Interventionen nutzbar gemacht, beispielsweise in Fitnesstrainings, medizinischen Behandlungen, aber auch Verkaufsumgebungen oder ggf. am Lern- oder Arbeitsort. Über die Ortsdaten hinaus werden vermehrt zusätzliche Daten am Körper erfasst, übertragen, ausgewertet und spezifisch zurückgegeben. Beispielsweise ermöglichen marktgängige Technologien bereits die Erkennung von spezifischen Bewegungsmustern, aus denen sich ableiten lässt, welche Belastung akut erlebt

wird und aus welcher Art von Aktivität diese entspringt. Mittels der erfassten und grundsätzlich kombinierbaren Daten können an sich auch situationsbezogene Unterstützungen des Lernens zugeordnet werden. Vermehrt basieren sogar Arrangements auf der Annahme, dass die betroffenen Personen Anforderungen durch situative Dateninterpretationen und akutes Lernen bewältigen. In diesen Fällen ergibt sich aus der datenbasierten Analyse vergleichbarer, in der Vergangenheit dokumentierter Verläufe, welche Unterstützungen eine Person in einer akuten Anforderungssituation benötigt, um erfolgreiches Lernen und Handeln möglich zu machen. Aus didaktischer Sicht sind konkrete digitale Anwendungen zur Begleitung und Unterstützung des Lern- und Lehrprozesses bedeutsam, welche die Auswertung der Daten auf der Ebene des handelnden Individuums (lerner- und dozentenseitig) und auf der Ebene aggregierter Daten nutzbar machen (Salden et al. 2014, 211f.). Es kann als hochwahrscheinlich angenommen werden, dass künftig die anfallenden Daten unvermeidlich dazu genutzt werden, Lehr-/Lernprozesse zu untersuchen. Es ist lediglich offen, wer daran beteiligt sein wird. So könnten Lernende über die reine Darstellung quantitativer Angaben (wie zum Beispiel die Anzahl der Beiträge in einem Fachforum oder die Anzahl der heruntergeladenen Texte) hinaus ihre eigenen Lernaktivitäten im Vergleich zu denen ihrer Kollegen einschätzen. Personalisiertes Feedback durch Learning Analytics (Elias 2011) wäre dann möglich, wenn ein bestimmtes Nutzungsverhalten eines Lernenden (beispielsweise das wiederholte Ansehen eines Abschnitts in einem Lehrvideo) dem Lehrenden systemseitig mitgeteilt würde. Dieser erhielte dann nicht nur Rückmeldung zu möglicherweise schwierigen Stellen auf Inhaltsebene, sondern hat auch die Möglichkeit, auf die betreffenden Lernenden zuzugehen. Feedback in Verbindung mit Aktivierung der Teilnehmenden in Schulungen und Trainings, Workshops, Seminaren und Lehrgängen ist durch die Nutzung von sogenannten Backchannel-Systemen möglich, die den Lernenden die Möglichkeit geben, bereits während der Veranstaltung über digitale Verbindungen zu kommunizieren und zu interagieren. Interessant im Sinne von Learning Analytics ist dabei etwa der Zeitpunkt, an dem die Fragen sich häufen – dieser zeigt möglicherweise Schwierigkeiten im Verständnis von Inhalten und Instruktionsmethoden (Salden et al. 2014, 215). In Phasen, in denen Lernende selbstständig mit digitalisierten Materialien und Übungen umgehen, erkennen die adaptiven Systeme prinzipiell bereits heute, welche Form von Übungen Lernende bereits lösen können und mit welchen sie Schwierigkeiten haben. Die technischen Systeme können dann anhand des spezifischen Lernstandes die Aufgaben auswählen, die für die jeweilige lernende Person als nachfolgende geeignet wären (ebd., 216). Die von Algorithmen gesteuerten Lernprozesse werden beispielsweise im Foresight-Bericht „Gesellschaftliche Veränderungen“ unter dem Aspekt des Grades der Selbstständigkeit des Computersystems in Entscheidungssituationen diskutiert.

Je nach Grad der Eigenständigkeit der Computersysteme ergeben sich neue Herausforderungen auch für das Prüfungswesen, beispielsweise wenn Systeme die Korrektur von Prüfungsleistungen übernehmen (VDI-Technologiezentrum 2015, 175) oder aufgrund der räumlichen Verteilung der Studierenden mit den „Gefahren des Betrugs bei Übungsaufgaben und Prüfungen“ (ebd., 44) umgegangen werden muss. Im Foresight-Bericht wird für die Zukunft als anzunehmen bezeichnetet, dass die Identität der Teilnehmer anhand biometrischer Daten überprüft werden kann (ebd., 38).

Hinter den einzelnen hier erwähnten Technologien, Anwendungen und Diensten stehen in kontinuierlicher Entwicklung befindliche digitale Infrastrukturen. Diese dienen als Arbeitsgrundlage für Anbieter und Anwender. Die Infrastrukturen bilden ein komplexes Geflecht international vernetzter (Be-)Treiber und Gestalter. Es zeigen sich keine genau abgrenzbaren und für einzelne Bereiche zuständige Produzenten, Rechteinhaber, Vertragspartner und Lieferanten. Vielmehr scheint ein Gefüge von Akteuren und Prozeduren zu wachsen, in dem Viele beitragen und jeweils nur ausgewählte Anteile konkret zwischen explizit tätigen Vertragspartnern vereinbart werden. Implizit ergeben sich dennoch in der digitalen Welt gültige bzw. akzeptierte Standards (und Verhaltensgewohnheiten) mit erheblicher Bindungskraft. Auch die Sicherheitsgefährdungen und die darauf eingehenden Vorkehrungen befinden sich in einem stetigen Wettlauf miteinander (Bub & Wolfenstetter 2014). Die Sicherheitsmaßnahmen und -routinen reagieren zum Teil auf sich verbreitende Sekundärnutzungen von in den vernetzten Umgebungen und „Clouds“ (KPMG 2014) aufgenommenen Daten sowie auf diesbezügliche Dienstleistungen.

Die Diffusion der Informationstechnologien erstreckt sich vor allem auf die Bereiche der Hardware, der Vernetzung, der Internetverbindung, der Intranetumgebung, der unternehmenseigenen Website, der gebräuchlichen Software, der IT-relevanten Regelwerke und der Standards. Als für eine Organisation – wie etwa den einzelnen Betrieb – bedeutsam anzusehen, ist zunächst die ganze Breite von der IT-Grundausrüstung bis hin zu fachspezifischen oder Geschäftsfeld getriebenen Anwendungen. Darüber hinaus erfordert etwa die betriebliche Verwaltung ebenso wie die in den Geschäftsprozessen verwendete IT-Ausstattung eine leistungsfähige und solide digitale Organisation. Bereitzustellen und zu betreiben ist ein zugleich geschützter wie den Märkten, den Partnern und Kunden gegenüber offener digitaler Raum. Innerhalb der Organisation existieren heterogene Anwendungsbereiche, Nutzungsintensitäten und Innovationsgeschwindigkeiten der Digitalisierung. Die betriebliche Abgrenzung erfolgt gegenüber einer Umgebung, in die die Organisation wiederum eingebettet ist, so dass notwendigerweise zahlreiche Wechselwirkungen, etwa als kooperative Beziehungen, bestehen.

Die Tabelle zeigt eine Übersicht von als relevant angenommenen Trends der Digitalisierung mit Auswirkungen auf das Lehren und Lernen.

Tab. 1: Digitale Trends und deren Auswirkungen auf das Lehren und Lernen (OER = Open Educational Resources, BYOD = Bring-Your-Own-Device; QSelf = Quantified Self)

	Technologie- bereich	Wirkung der Technologie	Auswirkungen auf das Lernen
1	Interaktives Internet (Web 2.0)	Personen nehmen aktiv an der Internetkommunikation teil	Lernende werden als Autoren aktiv und wahrgenommen
2	Internet of Things Internet of Everything	Technische Equipments wirken als Akteure im Internet	Nutzung von durch Artefakte und Algorithmen generierter Inhalte
3	Open Access, Open Educational Resources	Relevante Inhalte werden im Internet frei/kostenlos verfügbar	lernrelevante Informationen werden situativ abgerufen
4	Open Source Software und Communities	relevante Software wird ohne direkte Kosten bereitgestellt	die Nutzung der Software wird mit Nutzerdaten finanziert
5	Datenhaltung in „Cloud“-Strukturen	Daten werden in weltweit verteilten Umgebungen gespeichert und bereithalten	Gespeicherte Lerninhalte/-daten befinden sich nicht mehr an abgegrenzten Orten
6	Social Media/Software	persönliche Profile der Nutzer werden in internetbasierten Umgebungen generiert	Individualisierte Merkmale der Lernenden werden für die Differenzierung nutzbar
7	Etablierung von BYOD & Wearable Computer	Nutzer tragen eigenes, individualisiertes und kontinuierlich vernetztes Equipment am Körper	ubiquitäre Informationstechnologie dient der Kommunikation zwischen Diensten und Lernern
8	digital-ambulantes Monitoring	Interventionen erfolgen über das Equipment unmittelbar an Nutzer	Unterstützung wird situativ und personalisiert zugeleitet
9	ubiquitär-digitale Infrastrukturen	digitale Systeme sind als überall und ständig präsent etabliert	Lernen löst sich von der räumlichen Bindung
10	digitale Sekundärdienstleistungen	Auswertung netzbasiert erfasster Daten als Geschäftsmodellbasis	Gesamtheit der digitalen Vorgänge wird gezielt ausgewertet

Während sich aus dem Umfeld auf Unternehmen einwirkende und für einen Betrieb als Gesamtes geltende Entwicklungen der Digitalisierung als generelle

Rahmenbedingungen darstellen, zeigt sich in spezifischen und differenzierten Anwendungen unmittelbares Gestaltungspotential auch für Individuen. So sieht sich die technische Bildung herausgefordert, die mit den Arbeitstätigkeiten verbundenen Phänomene der Digitalisierung aufzugreifen und zum Gegenstand des berufsbezogenen Lernens zu machen. In einem Übergang von der Betrachtung der Digitalisierung-Trends auf die Betrachtung der Gestaltungsfelder kommen verschiedene Schwerpunktsetzungen in Betracht. Eine Strukturierung in drei Arten von Schwerpunkten könnte (1) die Komplettierung bereits laufender Entwicklungen in der bereits deutlich absehbaren Richtung, (2) die Gestaltung relevanter, aber in ihrer Ausprägung noch nicht bestimmter Entwicklungen und (3) die frühzeitige Vorbereitung auf wahrscheinlich kommende, aber noch nicht etablierte Entwicklungen enthalten. Im Kern kann es vorrangig um die Vernetzung digitaler Systeme, die Digitalisierung bislang analoger Arrangements und die Durchdringung bislang heterogener Bereiche gehen. Anhand von neun möglichen Entwicklungen sollen diese Überlegungen nachfolgend skizziert werden.

Übertragung der Digitalisierungstrends auf die (technische) Bildung

Zunächst werden innerhalb der (auch mit dem Label Industrie 4.0 versehenen) Digitalisierung Anstrengungen zur optimierten Systemintegration betrieben. Die integrierten IT-Systeme verbinden aufgrund der langjährigen Vorbereitung und Inbetriebnahme die wesentlichen datentechnischen Funktionen miteinander und ermöglicht den Nutzern eine einheitliche und komfortable Datenerfassung, -verarbeitung und -nutzung. Das betriebliche integrierte System bildet zugleich den informationstechnischen Kern der jeweiligen digitalen Infrastruktur. Es schließt die interne Verknüpfung wesentlicher Teilsysteme und den seriösen Schutzraum für Akteure innerhalb des Betriebs gegenüber der digitalen Umgebung ein.

Als laufender Vorgang kann auch die Erweiterung konventioneller Lehr-Lern-Arrangements um Blended Learning Formate angesehen werden. So etablieren sich die bereits vorhandenen Lösungen der digitalen Aufzeichnung von instruktiven Schulungen. Deren Bearbeitung, Archivierung und Bereitstellung kann sich auf Grundlage von definierten Standard-Workflows und etablierten Kooperationen ausweiten und zu einem umfassenden Bestand an dokumentierten Veranstaltungen führen. Dieser wird zum entstehenden Markt aufgezeichneter Schulungen und Trainings beitragen und daran teilhaben. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Aufzeichnung von Veranstaltungen, die nachfolgende Aufbereitung und Nutzung dieser Dokumente und die Anreicherung

mit weiteren, neuen, originären Veranstaltungen das Normalumfeld der künftigen technischen Bildung darstellen.

Internetbasierte, interaktive, offene Veranstaltungen der technischen Bildung haben sich als Teillösungen bereits entwickelt und verbreitet. Die thematisch ausgerichteten digitalen Lehr-Lern-Umgebungen bilden einen offenen Rahmen, innerhalb dessen einzelne Lehrbausteine, zusammenhängende Folgen von aufeinander aufbauenden Modulen, Foren mit tutoriell begleiteten Bearbeitungen definierter Teilinhalte u.a. enthalten sind. Es können sich „optimale“ Vorgehensvarianten für dauerhaft gleichbleibende Lehrinhalte herausbilden, die sich für individuelle Konstellationen und Präferenzen differenzieren lassen. Zugleich koppeln sich Learning Communities und Portale mit fachlichen Themen zu Inhalten zusammen, die in wachsendem Maße auch für technische Inhalte relevant sind.

Die Digitalisierung schafft neue Möglichkeiten der Verknüpfung von Theorie und Praxis in technischen Umgebungen. Diese didaktisch angestrebte Entwicklung kann den heterogenen Einsatz von Trainingsumgebungen und digitalen Laboren fördern. Es lässt sich auf unterschiedlichem Niveau beginnend mit der Einführung und Einarbeitung, der Vorbereitung über Praktika und Übungen bis zur Umsetzung des Lernens in technisch komplexen Umgebungen und bis hin zur simulativen Arbeit in realen Arbeitsumgebungen lernen. Die digitale Nutzung bezieht sich auf die ortsunabhängige Einbindung von Orten und Personen, die Nutzung simulativer und virtueller Repräsentationen (Simulation von Technologien und Akteuren) und die Verknüpfung zwischen unterschiedlichen technischen Trainingssystemen.

Die Digitalisierung des Lehrens und Lernens bezieht den gesamten biografischen Verlauf des lebenslangen Lernens ein, auf diese Weise können neue Möglichkeiten einer ortsunabhängigen Kontaktierung und Einbeziehung genutzt werden. Das beginnt mit der Öffnung für potentiell angehende Auszubildende und Fachkräfte und deren Vorbereitung und Eingangsphase, die zielgruppen- und individuenspezifische Ausrichtung der Lerner begleitenden Unterstützung und die Prüfungsbetreuung. Es schafft die Verbindung zu den nachfolgenden Phasen der Tätigkeit im Beruf samt Weiterbildung. Im Zuge der Etablierung von digitalen Equipments, die mit der Kleidung oder direkt am bzw. im Körper mitgeführt werden und die der kontinuierlichen Datenerfassung und datengetriebenen Interaktion dienen, können Lernende und Lehrende persönlich mittels eigener Ausstattungen in die digitalen Umgebungen eintreten. Ihre Einbeziehung im digitalen System erfolgt auf Basis der biographieverlausbegleitenden Erfassung.

Die im Umfeld der jeweiligen Arbeitstätigkeit etablierten Formen der Zusammenarbeit in computerunterstützten Umgebungen werden sich als Anforderung auf die Lehr-/Lern-Arrangements übertragen. Kollaborative Arbeitsformen der digitalen Umgebungen dienen als Orientierung für die Arbeitsformen in der technischen Bildung. Zudem dringen kooperative Lern- und Arbeitsweisen aus dem privaten, öffentlichen und betrieblichen Bereich als abgeleitete Varianten der zeitweiligen oder kontinuierlichen, offenen oder in gesichertem Raum erfolgenden gemeinsamen Arbeit in die technische Bildung vor. Lehrkonzepte öffnen sich notwendigerweise für variantenreiche Formen des Austausches, der kollektiven und fragmentierten Autorenschaft, der Gleichzeitigkeit von organisierten und informellen Gruppen. Digitale Services und Arrangements ermöglichen und beeinflussen das kooperative Arbeiten.

Die seit langem laufenden Bemühungen einer computergestützten Spracherfassung und Verschriftlung in Echtzeit werden voraussichtlich in den kommenden Jahren zu komfortabel verwendbaren und in der alltäglichen Bildung routinemäßig einsetzbaren Lösungen führen, die die Sprachbarriere deutlich absenken. Momentan noch punktuell und ausgewählt im Einsatz befindliche Anwendungen können in diesem Zuge weitere Verbreitung finden. Die Kodierung und Archivierung, die Optimierung durch Nutzereinbeziehung und die Verwertung von archivierten Daten für nachfolgende Sprachübersetzungen stellen weitere Entwicklungsschritte dar, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit ergeben werden, soweit das datenrechtlich zulässig ist.

Die aufgrund der Nutzung digitaler Anwendungen ermittelten Informationen (etwa als „BYOD“ mitgeführter „Wearables“ und als „Quantified Self“ automatisch erfassender Datensammler (vgl. etwa Kuketz 2015), lassen sich einsetzen, um Lehr-/Lern-Prozesse zu untersuchen und hinsichtlich einer zielgerichteten Gestaltung zu optimieren (dieses ist derzeit datenrechtlich in vielen Fällen allerdings nicht zulässig). Die in diesem Zusammenhang eingesetzten Verfahren der Learning Analytics können zudem (seitens der Lehrenden oder auch der Lernenden) verwendet werden, um individuelle Diagnostik und Spezifizierung der Unterstützung im Lernprozess vorzunehmen. Dieser Vorgang erhält besondere Bedeutung in Gebieten mit weitgehend konstant gleichbleibenden Lehrinhalten.

Aufgrund der anteilmäßigen Bedeutungszunahme der veränderlichen Inhalte in den Fachgebieten und -disziplinen, die als Diskurse in digitalen Communities oder Foren, projektbasierten Arbeitsumgebungen, Texten mit multiplen Autorenschaften und als „Living Documents“ betriebenen Arbeiten etc. existieren, wird die situative Aufbereitung technisch-fachlicher Inhalte auf die spezifische Anfrage hinzunehmen; diese schafft weitere Varianten algorithmengenerierter

Dokumente. Die digitalisierte Bildung kann dann in wesentlichen Teilen (und im Unterschied zur tradierten Vorgehensweise) mit für den spezifischen einzigartigen Fall generierten Inhalten umgehen.

Tab. 2: Zusammenstellung digitaler Gestaltungsfelder der (technischen) Bildung

	Komplettierung laufender Entwicklungen	Gestaltung entstehender Lösungen	Vorbereitung auf kommende Möglichkeiten
Durchdringung	digitale Öffnung der Lehr-/Lern-Formate	zeitliche Verfestigung der digitalen Erfassung	didaktische Differenzierung aufgrund digitaler Diagnose
Digitalisierung	digitale Anteile beim Lehren und Lernen als Standard	digitales Sharing beim Lehren und Lernen	Spracherfassung und -übersetzung
Vernetzung der Systeme	Integration der digitalen Systeme	digitale Verbindung der Lehr-/Lern-Orte	digital-redaktionelle Prägung des beruflichen Wissens

Während die ersten drei aufgelisteten Trendbenennungen als folgeschlüssige Fortsetzungen bereits laufender Entwicklungen eingeordnet werden können, folgen die mittleren drei Trendbenennungen bereits gegebenen, voraussichtlich aber zunehmend relevanten Entwicklungen; die abschließenden drei Trendbenennungen sind als spekulativ einzuschätzen, doch sind sie aus der heutigen Sicht hochwahrscheinlichen Entwicklungen zuzuordnen.

Mögliche widerläufige Entwicklungen

Im Blick auf die Zukunft besteht, so ist an dieser Stelle hinzuzufügen, nicht nur die Möglichkeit, dass die angenommenen Entwicklungen ausbleiben bzw. scheitern, langsamer bzw. schneller kommen oder sich in anderer als erwarteter Weise ergeben (vgl. CHE 2013; Fedynich 2014); es kann zudem zu Widerständen und Gegenbewegungen kommen (vgl. Grüter 2013). So ist anzunehmen, dass es auch dauerhaft Lernende und Lehrende gibt, die sich der Digitalisierung verweigern, zumal sich nachweisliche Vorteile hinsichtlich der Förderlichkeit für die Bildung nicht widerspruchsfrei zeigen (vgl. Musolesi, 2014). Auch führen nicht gewünschte Wirkungen (etwa hinsichtlich der Übermittlung persönlicher Daten in ein System), Gefährdungen und Entgrenzungen bis hin zur Technikdominanz in den entstehenden Arrangements gegebenenfalls zu (berechtigten) Distanzierungen und Oppositionshaltungen. Bei ungeeigneter Gestaltung können zudem die nachteiligen Auswirkungen zur Desavouierung der digitalisierten Arrangements selbst führen.

Beispielsweise fordern Helbing et al. in dem von ihnen 2015 veröffentlichten „Digital-Manifest“ die Einhaltung einer Anzahl von Grundprinzipien u.a. der stärkeren Dezentralisierung der Funktionen von Informationssystemen, der Unterstützung der informationellen Selbstbestimmung und Partizipation sowie kollektiver Intelligenz, der Verbesserung der Transparenz für eine erhöhte Vertrauenswürdigkeit, der Ermöglichung von durch Nutzer gesteuerten Informationsfiltern, der Erstellung digitaler Assistenten und Koordinationswerkzeuge und insgesamt der Förderung der Mündigkeit der Bürger in der digitalen Welt. Sie warnen vor einer wachsenden Übermacht der digitalen Technologie über die menschliche Individualität.

Die unbestreitbaren Zwiespältigkeiten in den angenommenen Entwicklungen sollten sowohl zu einer bedachtsamen Vorgehensweise führen als auch zur gemeinsamen Gestaltung der Zukunft mit Personen und Gruppen, die andere als digitale Bildungskonzepte verfolgen.

Literatur

Arbeitsgruppe Open Access in der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen (2009): Open Access. Positionen, Prozesse, Perspektiven. Bonn. https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/01_forschung/Open_Access/openaccess.pdf. (Letzter Zugriff 19.08.2016).

Bub, U.; Wolfenstetter, K.I.-D. (Hrsg.) (2014): Beherrschbarkeit von Cyber Security, Big Data und Cloud Computing. Tagungsband zur dritten EIT ICT Labs-Konferenz zur IT-Sicherheit. Wiesbaden.

CHE – gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung (2013): Die digitale (R)evolution? Chancen und Risiken der Digitalisierung akademischer Lehre (Lukas Bischof, Thimo von Stuckrad), Gütersloh.

Elias, T. (2011): Learning Analytics – Definitions, Processes and Potential. <http://learninganalytics.net/LearningAnalyticsDefinitionsProcessesPotential.pdf> (Letzter Zugriff: 28.06.2015).

Erkoç, M. F., Kert, S. B. (2011): Cloud Computing For Distributed University Campus: A Proto-type Suggestion. International Conference for the Future of Education. http://conference.pixel-online.net/edu_future/common/download/Paper_pdf/ENT30-Erkoc.pdf (Letzter Zugriff: 28.06.2015).

Grüter, Th. (2013): Offline! Das unvermeidliche Ende des Internets und der Untergang der Informationsgesellschaft. Berlin, Heidelberg.

- Hartmann E. (2015): Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0 – Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen, in: Botthof, A.; Hartmann, E. A. (Hrsg.) (2015): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Wiesbaden, 9ff.
- Helbing, D.; Frey, B. S.; Gigerenzer, G.; Hafen, E.; Hagner, M.; Hofstetter, Y.; van den Hoven, J.; Zicari, R. V.; Zwitter, A. (2015): Das Digital-Maifest. <http://www.spektrum.de/news/wie-algorithmen-und-big-data-unsere-zukunft-bestimmen/1375933> (Zugriff 17.11.2015).
- Himsl-Gutermann, Kl. (2012): E-Portfolios in der universitären Weiterbildung. Studierende im Spannungsfeld von Reflexivem Lernen und Digital Career Identity. Boizenburg.
- Hornung-Prähauser, Veronika et al (2007): Didaktische, organisatorische und technologische Grundlagen von E-Portfolios und Analyse internationaler Beispiele und Erfahrungen mit E-Portfolio-Implementierungen an Hochschulen. Salzburg.
- KPMG Wissenschaftsprüfungsgesellschaft (2014): Cloud-Monitor 2014. Cloud-Computing in Deutschland – Status quo und Perspektiven. Berlin.
- Kuketz, M. (2015): Horch was kommt von drinnen raus? Die »Kommunikationsfreudigkeit« mobiler Endgeräte. Karlsruhe.
- Fedynich, L. (2014): Teaching beyond the classroom walls The pros and cons of cyber learning. In: Journal of Instructional Pedagogies.
- Salden, P.; Rick, D.; Tscheulin, A. (2014): Learning Analytics aus hochschuldidaktischer Perspektive. In: Apostolopoulos, Nicolas et al. (Hrsg.) Grundfragen Multi-medialen Lehrens und Lernens. Münster.
- Schmidt-Hertha, B.; Gidion, G.; Kuwan, H.; Strobel, C.; Waschbüsch, Y. (2011): Zukünftige Qualifikationserfordernisse bei beruflichen Tätigkeiten auf mittlerer Qualifikationsebene aufgrund der Auswirkungen von Web 2.0, Frequenz. Bielefeld.
- VDI-Technologiezentrum (2015): Gesellschaftliche Veränderungen 2030 Ergebnisband 1 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II. Hrsg.: Zweck, A.; Holtmannspötter, D.; Braun, M.; Hirt, M.; Kimpeler, S.; Warnke, Ph.. Düsseldorf.

Informationstechnik als Querschnittsdimension gewerblich-technischer Facharbeit

Erste Überlegungen zu einem berufsdidaktischen Konzept

Nicolai Heinrich

Abstract

Durch die bereits begonnene und sicher noch weiter fortschreitende Diffusion informationstechnischer Inhalte und Techniken in alle Berufe, wird im Rahmen von Industrie 4.0 der kompetente Umgang mit IT weiterhin an Bedeutung gewinnen. Das Anliegen dieses Beitrages ist es, ein berufsdidaktisches Vorgehen für zukünftige Fachkräfte der Metall- und Elektrotechnik in den Beruflichen Schulen zu skizzieren und dadurch das Entwickeln einer Netzkompetenz zu ermöglichen. Dazu werden Konzepte aus der allgemeinen Didaktik und der Didaktik der Informatik mit der Arbeitsprozess- und Handlungsorientierung der beruflichen Bildung verbunden. Als Grundlage dienen einerseits relevante Handlungen wie Programmieren, Adressieren, Modellieren, Konfigurieren und Kommunizieren. Andererseits werden auf Basis fundamentaler Ideen der Informatik fachliche Inhalte wie Algorithmisierung, Strukturierte Zerlegung oder Qualitätskontrolle ausgewählt und beispielhaft miteinander verbunden.

Prolog

Bei den ersten Geräten der LOGO! Serie wurde ein spezielles Kabel mit einem Siemens eigenen Stecker auf der LOGO!-Seite und RS-232 Schnittstelle auf der PC-Seite zur Datenübertragung genutzt. Mit dem allgemeinen Technikwandel hat sich der RS-232 Standard in die Bedeutungslosigkeit verabschiedet und Siemens setzte stattdessen auf USB als PC-Schnittstelle. An der grundsätzlichen Funktion hat sich aber nichts geändert. Eine serielle 1:1 Verbindung von Steuerung zu PC oder Laptop, für die kein spezielles Wissen nötig war. Seit der LOGO! 7 hat sich dies grundlegend verändert. Statt der teuren Spezialkabel braucht man nur noch standardisierte Netzwerkkabel mit RJ-45-Stecker. Diese sind zwar preislich deutlich günstiger aber dafür braucht der Benutzer jetzt grundlegende Kenntnisse über das Internet-Protokoll (IP), um eine Verbindung zwischen PC und Steuerung herstellen zu können. Ähnliche Entwicklungen sind in vielen Bereichen der gewerblich-technischen Berufe festzustellen. Fast kein Gerät kommt mehr ohne Netzwerkanschluss aus: Roboter, Bearbeitungszentren, 3D-Drucker, sämtliche Automatisierungskomponenten. Die Netzwerkintegration ist dabei noch unterschiedlich ausgeprägt, manche Geräte funktio-

nieren gar nicht mehr ohne, bei anderen dient die Funktion vor allem dem Komfort der Benutzer. Grundsätzlich ist der Entwicklungstrend aber eindeutig: Netzwerkfähigkeit ist ein entscheidender technischer Funktionsumfang. Vielfach sind isolierte Geräte technisch nicht mehr zeitgemäß. Für die Facharbeiter/-innen, die mit diesen neuen Geräten arbeiten, bedeutet dies häufig, dass sie eine andere Technik anwenden und beherrschen müssen. Sie müssen netzkompetent werden.

Ziel der folgenden Überlegungen ist es, ein berufsdidaktisches Konzept zu entwerfen, dass die Entwicklung einer Netzkompetenz für nicht informationstechnische Ausbildungsberufe in der Berufsschule ermöglicht. Dazu werden im Vorfeld exemplarisch technologische Entwicklungen sowie aktuelle Forschungsergebnisse betrachtet, um den Begriff der Netzkompetenz besser erfassen zu können.

Technischer Wandel und neue Herausforderungen auf dem Weg 4.0

Im Jahr 2013 hat die Bundesregierung die neue Hightech-Strategie ins Leben gerufen (vgl. BMBF 2013) und damit den Startschuss für vielfältige Aktivitäten gegeben. In der Folge hat sich ein breites Bündnis von Unternehmen, Sozialpartnern und Forschern auf den Weg gemacht, Zukunftsvisionen für das Jahr 2025 zu entwickeln. Industrie 4.0, Arbeit 4.0, Produktion 4.0 und viele mehr sind die anvisierten Ziele. Hinter allen steckt die Überzeugung, durch breite Innovationen, die nicht auf einen Sektor festgelegt sind, die Zukunft positiv zu gestalten (vgl. BMBF 2014, 9 ff.). Am Anfang stand dabei sicherlich das Schlagwort Industrie 4.0, gemeint ist damit eine Entwicklung „hin zu einem Produktionsumfeld (...), das aus intelligenten, sich selbst steuernden Objekten besteht“ (Spath et al. 2013, 22). Indem individualisierte Produkte zu Massenmarktpreisen produziert werden, soll die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft gestärkt werden. Erreicht werden soll diese „Losgröße Eins“ durch stärker automatisierte Prozesse von Bestellannahme über Produktion bis Logistik. Netzwerkschnittstellen sind dabei die Voraussetzung für Entwicklungen, die im Englischen – vielleicht an manchen Stellen selbsterklärender – als „(Industrial) Internet of Things, bezeichnet werden. Dinge wie Maschinen, die bisher alleine standen, werden vernetzt, es entstehen neue Möglichkeiten aber auch neue Herausforderungen. Durch die Vernetzung setzt ein Prozess der Standardisierung ein, das heißt, die Entwicklung geht weg von proprietären firmenspezifischen Lösungen, hin zu herstellerunabhängigen offenen Ansätzen, denn nur so ist es möglich, dass unterschiedlichste Systeme miteinander kommunizieren können. Für die Menschen bedeutet dies, dass sie Dazu lernen

müssen, um weiterhin mit allen Beteiligten – Menschen wie Maschinen – kommunizieren zu können (vgl. BMBF 2013, 30f.). Es ist in diesem Zusammenhang auch immer wieder betont worden, dass die Entwicklung nicht ohne den Menschen stattfinden soll. Die menschenleere Fabrik ist keine angestrebte Zukunftsvision (vgl. Spath 2013, 52 oder Hirsch-Kreiensen 2013).

Die benannte Entwicklung hat auch in der Robotik ganz konkrete Auswirkungen. Die aktuelle Generation von Robotern verfügt ebenfalls über eine Netzwerkschnittstelle. Bei den Modellen der Agilus-Serie der Firma Kuka dient sie der Wartung und dem Komfort. Der Roboter lässt sich aber auch ohne sie steuern. Bei den kollaborativen Robotern von F&P erfolgt die gesamte Bedienung des Roboters inklusive des „teachens“ über eine Webseite. Dabei liegt die Intelligenz zwar im Embedded-PC des Roboters, jedoch erfolgt die Eingabe aller Befehle über den Browser eines mit dem Roboter via Netzwerk verbundenen PCs. Ohne einen externen PC wäre der Roboter nicht in Betrieb zu nehmen. Gleichzeitig werden von beiden Herstellern derzeit Konzepte neu implementiert, die die Steuerung von einer eigenen herstellerspezifischen (Programmier-) Sprache hin zu Standards wie Java oder Python verlagern (vgl. KUKA o.J., 20 ff., F&P 2016, 4 ff.).

Zu den Veränderungen der Arbeitswelt, die durch Industrie 4.0 ausgelöst werden, gibt es mittlerweile mehrere Untersuchungen mit ersten Ergebnissen beispielsweise der Universitäten Bremen und Flensburg. Diese beleuchten einerseits die tatsächliche Umsetzung in den Betrieben und lassen andererseits Rückschlüsse auf die Facharbeit zu. Zusammenfassend kann man sagen, der Weg zur Industrie 4.0 hat begonnen, aber es gibt kein Unternehmen, das mit seinem Veränderungsprozess bereits am Ziel ist (vgl. Gebhardt et al. 2015, bayme/vbm 2016, Gebhardt in diesem Band). Deswegen arbeiten die Forscher mit Szenarien, die helfen sollen, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Aus den unterschiedlichen Szenarien, die dort skizziert wurden, kann man grob zwei Cluster bilden. Cluster eins kann als die Entwicklung von „Problemlöser Berufen“ gesehen werden (vgl. Zinke et al. 2014, 35). Gemeint ist die Neuordnung bestehender Berufe oder die Schaffung eines neuen Berufs, der seinen Fokus auf die vielfältigen Anforderungen der veränderten Arbeitswelt legt. So sind neben den klassischen fachlichen Kompetenzen aus den Berufsfeldern der Metall- und Elektroberufe auch fachliche Kompetenzen aus dem Bereich der Informationstechnik zu entwickeln. Das zweite Cluster geht von der Prämisse aus, dass die Arbeit zukünftig stärker in interdisziplinären Teams organisiert wird. Das heißt, dass Fachkräfte aus den Bereichen der Metall-, Elektro-, und Informationstechnik enger zusammenarbeiten werden. In solchen disziplinheterogenen Teams wird die Kommunikation an den Schnittstellen zwangsläufig zunehmen. Aus diesem Grund muss eine gemeinsame Sprache entwickelt

werden, um eine möglichst verlustfreie Kommunikation zu ermöglichen. In beiden beschriebenen Szenarien ist es notwendig, dass in stärkerem Maße als bisher fachliche und methodische Inhalte aus der Informatik bzw. der Informationstechnik als Querschnittsdimension in den elektrotechnischen und metalltechnischen Berufen entwickelt werden sollten. Gestärkt wird diese Annahme auch durch Hall et al. die prognostizieren, dass durch Industrie 4.0 der Bedarf an ausgebildeten IT-Fachkräften steigt, dieser Bedarf aber nicht allein durch Informatiker zu decken sein wird. „In allen anderen Berufen und Branchen werden IT-Kompetenzen als eine Teilkompetenz erheblich an Anteil zunehmen. Diese Anforderungen – besonders mit Blick auf Industrie 4.0 – gilt es, bei allen gegenwärtigen und künftigen Neuordnungsverfahren besonders im Blick zu haben“ (Hall u. A. 2016, 31).

Die genannten IT-Kompetenzen werden von Gebhardt u. A. in Anlehnung an Wordelmann als Teil einer Netzkompetenz gesehen, die außerdem auch Kooperieren, Kommunizieren, Lernen und reflektiertes Informieren in Netzen beinhaltet (vgl. Wordelmann 2000 oder Gebhart et al. 2015, 54). Unter Netzkompetenz können so fachliche und methodische Einzelkompetenzen subsumiert werden, die gebraucht werden könnten, um in einer sich verändernden Arbeitswelt anschlussfähig zu bleiben. Sie sind zugleich eine Voraussetzung, um die Kommunikation in heterogenen Teams überhaupt zu ermöglichen. Nicht von ungefähr stammt die Ursprungsidee aus der ersten Hochzeit der Informationstechnik, als Personal Computer und das Internet in die „Büros“ Einzug hielten. Die Annahme, die damals durchaus existierte, dass alle kaufmännischen Berufe Programmieren lernen müssten, kann man aus heutiger Sicht sicherlich als übertrieben abweisen. Gleichwohl können Forderungen von Reetz (1994) durchaus auch heute noch Zustimmung finden. Er sprach von der Notwendigkeit einer „Mitgestaltungskompetenz“ und forderte, dass die Bedienung von Computern über das „black-box-Prinzip“ hinaus auch die Bearbeitung von Störungen und Fehlern beinhaltet. Dazu sei mindestens ein „Orientierungswissen im Bereich der Programmiersprachen und der DV-Organisation¹“ notwendig (vgl. Reetz 1994, 238). Um dies zu erreichen forderte er, dass es keine „additive Lösung“ gibt, das heißt es soll kein Fach oder aus heutiger Sicht kein Lernfeld Informationstechnik/Informatik geben, sondern die Inhalte sollen mit der „betrieblichen Problemsituation“ verknüpft werden (vgl. ebd.). Diese Forderung kann man für heute vollständig übernehmen. Bestehen bleibt aller-

1 DV-Organisation ist ein schönes Beispiel für die sich verändernde Fachsprache. DV oder EDV als Abkürzungen für (Elektronische) Datenverarbeitung sind längst abgelöst durch IT. Das stammt wahlweise aus dem Englischen und ist kurz für information technology bzw. die deutsche Kurzform für Informationstechnik oder auch Informations- und Telekommunikationstechnik.

dings auch die damals schon aufgeworfene Frage, in welcher Tiefe die IT-Kenntnisse erlangt werden sollen.

Fundamentale Ideen und berufliche Handlungssituationen als Grundsteine

Die Frage, was Inhalt von Informatikunterricht sein soll, stellt sich schon seit Jahren immer wieder, dabei geht es um klassische Fragen des Curriculums aber auch um Besonderheiten der Informatik, beispielsweise die Frage nach Hersteller, System oder Technik unabhängigen Inhalten oder ob die Bindung an eben diese zulässig oder gar notwendig ist. Schubert und Schwill schlagen für den allgemeinbildenden Informatikunterricht vor, sich an den fundamentalen Ideen der Informatik zu orientieren. Die „fundamentale Idee“ geht auf Jerome Bruner zurück. Durch die Orientierung an fundamentalen Ideen soll vor allem der Transfer erworbener Kenntnisse auf neue Situationen ermöglicht werden (vgl. Schubert und Schwill 2011, 59). Um den schnellen Innovationszyklen der Informatik zu begegnen, sollen die fundamentalen Ideen dazu dienen, dass die Fähigkeiten möglichst robust gegenüber neuen wissenschaftlichen Entwicklungen sind. Es müsse „ein Bild von den dauerhaften Grundlagen, den fundamentalen Ideen, Prinzipien, Methoden und Denkweisen der Informatik“ (ebd., 79) erlangt werden. Diese Argumentation lässt sich zur Gänze auf die Berufsbildung übertragen.

Fundamentale Ideen wurden schon für mehrere Wissenschaftsdisziplinen identifiziert, vor allem in der Mathematik. Da die Definition von Bruner nicht eindeutig ist, hat sich im Laufe der Zeit ein Schema entwickelt, anhand dessen geprüft werden kann, ob eine Idee so bedeutsam ist, dass man sie als fundamentale Idee bezeichnen kann.

„Eine Fundamentale Idee bzgl. eines Gegenstandsbereichs (Wissenschaft, Teilgebiet) ist ein Denk-, Handlungs-, Beschreibungs- oder Erklärungsschema, das

1. in verschiedenen Gebieten des Bereichs vielfältig anwendbar oder erkennbar ist (*Horizontalkriterium*),
2. auf jedem intellektuellen Niveau aufgezeigt und vermittelt werden kann (*Vertikalkriterium*),
3. zur Annäherung an eine gewisse idealisierte Zielvorstellung dient, die jedoch faktisch möglicherweise unerreichbar ist (*Zielkriterium*),
4. in der historischen Entwicklung des Bereichs deutlich wahrnehmbar ist, und längerfristig relevant bleibt (*Zeitkriterium*),

5. einen Bezug zu Sprache und Denken des Alltags und der Lebenswelt besitzt und für das Verständnis des Faches notwendig ist (*Sinnkriterium*) (Schubert und Schwill 2011, 64f.)“.

Um mögliche fundamentale Ideen zu identifizieren, haben sich Schubert und Schwill am Modell des Lebenszyklus eines Softwareprodukts orientiert und gelangen so zu typischen Phasen, die eine Anwendung von der Idee bis zur Wartung bestehender Produkte durchläuft. Alternativ wäre auch die Orientierung an Vorgehensmodellen der Software Entwicklung möglich gewesen, das Ergebnis hätte sich dadurch nur in der Reihenfolge der Schritte unterschieden (vgl. ebd., 66).

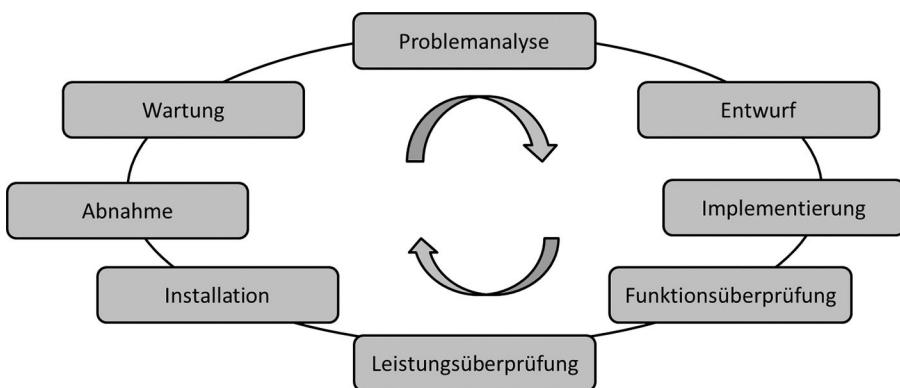


Abb. 1: Software-Life-Cycle

Der idealtypische Prozess von der Idee bis hin zum fertigen Produkt startet mit einer Phase, die als Problemanalyse bezeichnet wird. In dieser werden die Anforderungen aufgenommen, die vom Kunden oder Anwendern an das zu erstellende Produkt formuliert werden. Die Anforderungen werden in einem sogenannten Lastenheft dokumentiert. Es folgt der Entwurf, in dem mindestens eine mögliche Lösung für die beschriebenen Probleme skizziert wird. Am Ende der Phase steht eine mit dem Auftraggeber abgestimmte Planung, die über den Leistungsumfang der Software ebenso Auskunft gibt wie über die Technik, mit der die Umsetzung erfolgen soll. Das angestrebte Produkt wird in einem Pflichtenheft beschrieben, das auf jede Last eine Erwiderung dokumentiert, sodass der zu erbringende Umfang eindeutig festgelegt ist. Im Anschluss wird in der Implementierungsphase der aufgestellte Plan umgesetzt. Es folgen die Funktions- und Leistungsüberprüfung, also die Überprüfung, ob die Software die geforderten und geplanten Funktionen aufweist und diese das erwartete Ergebnis liefern. In der Leistungsüberprüfung wird beispielsweise zusätzlich

überprüft, ob eine ausreichende Arbeitsgeschwindigkeit des Systems vorliegt und/oder ob ausreichend viele gleichzeitig agierende Benutzer mit dem System arbeiten können. Es folgen die Installation beim Kunden, die Abnahme durch den Kunden und abschließend die Wartung durch den Hersteller.

Schubert und Schwill identifizieren innerhalb des beschriebenen Zyklus wiederkehrende Muster, die sie gegen die aufgestellten Kriterien geprüft haben und kommen somit zu fundamentalen Ideen, namentlich sind dies unter anderem die „strukturierte Zerlegung“, die „Algorithmisierung“ und die „Sprache“, welche sie sogar als Masterideen bezeichnen. Daneben gibt es die „Modularisierung“ und die „Qualitätskontrolle“ und viele weitere. Die Modularisierung ist eine besondere Art der strukturierten Zerlegung und wird folglich nicht weiter separat betrachtet. Innerhalb der Phasen Problemanalyse und Entwurf wurde die strukturierte Zerlegung als bedeutsamste Idee identifiziert. Zur Phase Implementierung gehören als zentrale Elemente die Algorithmisierung und die (Programmier-) Sprache. Zu den Phasen Funktions- und Leistungsüberprüfung gehört die fundamentale Idee der Qualitätskontrolle, die man verkürzt auch als geplantes und durchdachtes Testen bezeichnen könnte (vgl. Schubert und Schwill 2011, 79ff.).

Für die Gestaltung beruflicher Bildungsprozesse in der beruflichen Schule ist zuerst die Orientierung am Berufskonzept wichtig (KMK 2011, 5). Ausgangspunkt für den Unterricht ist seit Einführung der Lernfelder nicht mehr die fachwissenschaftliche Theorie, sondern es wird von beruflichen Problemsituationen ausgegangen. Der Unterricht soll so angelegt sein, dass er „fachwissenschaftliche Systematiken in eine übergreifende Handlungssystematik integriert“ und an Arbeits- und Geschäftsprozessen orientiert ist, diese aber auch kritisch beleuchtet (ebd., 10). Um den Vorgaben der Kultusministerkonferenz zu entsprechen bedeutet dies, dass bei der Auswahl der Lernsituationen darauf zu achten ist, dass sie sowohl an Arbeitsprozessen oder/und beruflichen Handlungen orientiert sind und sie gleichzeitig so anzulegen sind, dass die fundamentalen Ideen, die zur Problemlösung hilfreich sind, „herausgearbeitet, betont, zu anderen Teilgebieten in Beziehung gesetzt und so in einen übergeordneten Zusammenhang“ (Schubert und Schwill 2011, 79) gebracht werden. Die fundamentalen Ideen stellen so die geforderte fachwissenschaftliche Systematik dar. Noch konkreter bedeutet das, wenn man bei der angedachten Lernsituation keine Verbindung von beruflicher Handlung mit einer fundamentalen Idee herstellen kann, dann sollte die Lernsituation als ungeeignet verworfen werden. Um ein berufsdidaktisches Vorgehen zu entwickeln, werden den fundamentalen Ideen und damit auch den Phasen des Software-Life-Cycle exemplarische berufliche Handlungen zugeordnet und so eine Verbindung von beruflicher Bildung im Sinne der KMK und fundamentalen Ideen gestaltet. Als exemplarische

berufliche Handlungen seien Modellieren, Kommunizieren, Programmieren sowie Adressieren und Konfigurieren genannt. Diese sollen Cluster für tatsächliche berufliche Handlungen sein, erheben jedoch nicht den Anspruch, das gesamte Spektrum der beruflichen Tätigkeiten abzudecken. Sie reichen aber aus, um die identifizierten fundamentalen Ideen unterrichtlich zu thematisieren und dadurch die Entwicklung von Netzkompetenz zu ermöglichen.

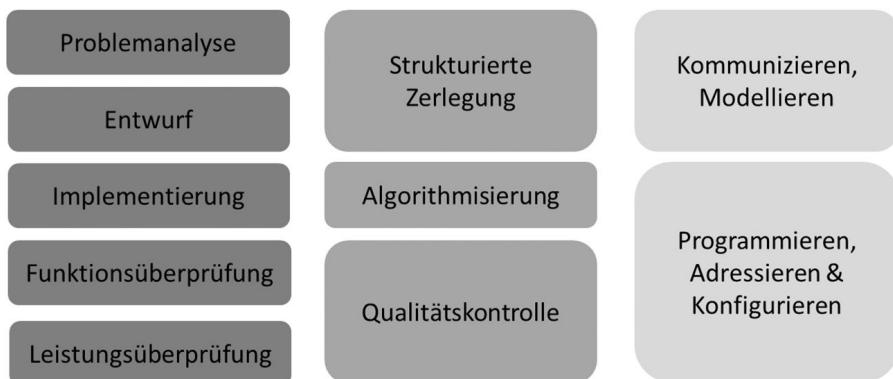


Abb. 2: Software-Product-Life-Cycle, fundamentale Ideen und berufliche Handlungen

Den identifizierten Ideen wird zur Erlangung von Netzkompetenz eine unterschiedliche Bedeutung zugesprochen. Die sogar als Masteridee bezeichnete Sprache erfährt deswegen keine Zuordnung zu den beruflichen Handlungen, da es nicht das Ziel der Überlegungen ist, dass Fachkräfte aus nicht informationstechnischen Berufen zu Anwendungsentwicklern/Programmierern ausgebildet werden. Die Idee der Netzkompetenz ist es vielmehr, ein Grundlagenwissen zu vermitteln, dass die Zusammenarbeit unterschiedlicher Spezialisten ermöglicht und Problemlösefähigkeiten für auftretende Störungen zu entwickeln. Aus diesem Grund wird den anderen Ideen – im speziellen Fall der Algorithmisierung – eine gewichtigere Rolle zugeschrieben. Das Ziel der Algorithmisierung ist es, jedes Problem effizient und korrekt maschinell zu lösen. Ein Algorithmus soll mit einer endlichen Anzahl von Schritten bei gleicher Eingabe zur gleichen Ausgabe kommen. Das heißt, er ist zuverlässig und endlich. Dazu werden komplexe Schritte in berechenbare Unterschritte aufgespalten (vgl. Schubert und Schwill 2011, 68). Die strukturierte Zerlegung kann grob in zwei Teilgebiete unterschieden werden. Einerseits in die Hierarchisierung, bei der ein System in aufeinander aufbauende Ebenen zerlegt wird und andererseits die Modularisierung, bei der voneinander unabhängige Teile mit speziellen Eigenschaften identifiziert werden. Bei komplexeren Sachverhalten sind auch Misch-

formen möglich. Systeme sollen so mit ihren Eigenschaften vollständig erklärt werden (vgl. ebd., 70f.). Die dritte Idee, die eine besondere Bedeutung für die Entwicklung einer Netzkompetenz zugesprochen wird, ist die Idee der Qualitätskontrolle oder des Testens. Systeme werden auf die unterschiedlichsten Arten getestet, im Gesamten, in Teilen, während des Entwicklungsprozesses und/oder danach. Getestet wird, ob das richtige Ergebnis erzielt wird, ob das System stabil auf Falscheingaben reagiert, auf Verlässlichkeit und Geschwindigkeit und vieles mehr. Gerade bei automatisierten Abläufen ist ausgiebiges Testen vor dem Start des produktiven Prozesses unablässig. Testen erfolgt dabei geplant und systematisch und nicht zufällig.

Um die Orientierung an den ausgewählten fundamentalen Ideen für möglichst viele Berufe zu ermöglichen, wurden exemplarische berufliche Handlungen gesucht, die nicht auf den Prozess der Softwareentwicklung festgelegt sind, sondern in unterschiedlichen Kontexten Anwendung finden können.

Modellieren

Modellieren, bzw. das Erstellen von Modellen, ist ein zentrales Element der Informatik und des Informatikunterrichts (vgl. Thomas 2002, 7). Gleichwohl ist der Begriff relativ unbestimmt und wird sehr inhomogen verwendet (ebd., 13). Beim Modellieren im Sinne einer beruflichen Handlungssituation geht es in erster Linie um den Prozess sich verändernder Anforderungen. Diese können grundsätzlich immer wieder auftauchen, häufig stehen sie aber am Anfang eines Projektes oder der Idee zu einem Projekt. Ein betrieblicher Arbeitsprozess könnte beispielsweise die Planung zur Veränderung oder dem Neuaufbau einer Produktionstrecke sein. Dazu müssen die neuen Anforderungen beschrieben und möglichst verlustfrei mit den Projektbeteiligten kommuniziert werden. Die fundamentale Idee, die mit dem Modellieren in Verbindung steht, ist die der strukturierten Zerlegung. Durch das gedankliche Zerlegen der beruflichen Aufgabenstellung, wird die Vorstellung präzisiert, beteiligte technische Komponenten oder menschliche Akteure werden identifiziert und Beziehungen zwischen diesen dargestellt. Die strukturierte Zerlegung beziehungsweise das Modellieren entsprechen damit auch den Phasen Informieren und Planen des Modells der vollständigen Handlung.

Zu den beschriebenen Anforderungen existiert in der Informatik die sogenannte „Unified Modelling Language“ (UML), die ursprünglich aus der objektorientierten Softwareentwicklung stammt. Dabei handelt es sich um eine Reihe von Diagrammen, die Strukturen und Verhalten von Systemen graphisch darstellen. UML ist nicht nur weltweit verbreitet, sondern auch formal standardisiert, das heißt, es erscheinen in unregelmäßigen Abständen neue Versionen. Gerade

diese Tatsachen macht UML zu einem geeigneten Thema. Ausgewählte Diagramme lesen, erstellen oder verändern zu können, kann ein wichtiger Baustein sein, um einerseits inhaltlich an informationstechnischen Problemstellungen zu arbeiten und andererseits die Zusammenarbeit in heterogenen Teams zu ermöglichen.

Kommunizieren

Kommunizieren ist fester Bestandteil des Alltags und jedes Berufs. Die Kommunikation innerhalb von IT-Projekten scheint jedoch besonders schwierig, wenn man beispielsweise der „Deutschen Gesellschaft für Projektmanagement“ folgt, die in der Kommunikation den Grund für das Scheitern vieler IT-Projekte sieht. Neben der Güte der Kommunikation, die sicherlich schwer zu beurteilen ist, liegt ein weiterer Grund für das Scheitern von Projekten auch an unklaren Anforderungen und Zielen (vgl. GPM 2008, 8 oder Dobe 2013). Eine genaue Definition der Ziele meint auch eine Definition, unter der alle Beteiligten dasselbe verstehen. Das bedeutet, dass erstens die Ziele eindeutig beschrieben werden müssen und zweitens alle Projektbeteiligten in der Lage sein müssen, diese Zielbeschreibungen zu verstehen. Als berufliche Handlung bezieht sich das Kommunizieren dabei nicht nur auf die verbale sondern auch auf die schriftliche Kommunikation. Zu letzterer gehören beispielsweise auch Dokumente und Grafiken zum Projektmanagement bzw. zum Entwicklungsprozess. Anwendung finden hier auch die beschriebenen Diagramme aus der UML.

Hinzu kommen Probleme in der Kommunikation, die durch die Verwendung der Informatik Fachsprache entstehen. Schwierigkeiten durch die Verwendung von Fachsprache sind vermutlich bei allen Disziplinen normal. Im IT-Bereich ist das Problem aus vielerlei Gründen vielleicht besonders groß. Dies könnte erstens an den vielen Metaphern in der IT-Fachsprache liegen, die Begriffe aus der allgemeinen Sprache nutzt, ihnen aber eine eigene Bedeutung zuweist. Dies kann nach Busch zu Missverständnissen und richtigen Fehlern führen (Busch 1998, 3). Zweitens gibt es in der deutschen Fachsprache der Computertechnik sehr viele Anglizismen, die durch die technologische Dominanz der USA ihren Weg in die deutsche Sprache gefunden haben (vgl. Chang 2005, 21). Chang weist außerdem darauf hin, dass sich die IT-Fachsprache häufig schon von Arbeitsgruppe zu Arbeitsgruppe in einer Organisation unterscheiden kann (Chang 2005, 30 f.). Daneben sind viele Menschen zumindest soweit mit dem IT-Jargon in Berührung gekommen, dass sie Worte wie Datenbank benutzen, ohne genau zu wissen, was in der Informatik damit gemeint ist und wo beispielsweise der elementare Unterschied zu einer Excel-Datei liegt. Die Kombination dieser Faktoren macht die Verwendung der IT-Fachsprache insgesamt so schwierig. In der Berufsschule ist deswegen auf die korrekte Verwendung der

Fachsprache zu achten, die am besten befreit von „Dialekten“ mit möglichst eindeutigen Begriffen und sprachlich präzise erfolgen soll. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Informationstechnik Lehrerinnen und Lehrern in Unterrichten der Metall- und Elektroberufe zu diskutieren. Einerseits wäre dies eine schulische Entsprechung der heterogenen beruflichen Wirklichkeit. Andererseits könnte es zu einer Sonderrolle führen, die der Forderung, dass es kein eigenes Lernfeld Informationstechnik geben soll, entgegensteht. Eine Lösung wären Lehrkräfte, die fachrichtungsübergreifend über die benötigten Kompetenzen verfügen (vgl. Grimm in diesem Band).

Adressieren und Konfigurieren

Wie im Prolog bereits dargestellt, gewinnen IP-Netzwerke in allen Bereichen an Bedeutung. Diese Entwicklung ist noch lange nicht abgeschlossen, dies kann anschaulich von der neuen Version IPv6 abgeleitet werden. Da die Anzahl möglicher Adressen bei der heute noch vorwiegend genutzten Version IPv4 sehr begrenzt ist, wurde die Anzahl der theoretisch verwendbaren Adressen für die neue Version IPv6 stark erhöht. So reichen die theoretisch verfügbaren Adressen bei IPv6 um jeden Quadratmeter der Erdoberfläche mit $6,6 \times 10^{23}$ IP-Adressen zu versorgen (vgl. Riggert 2014, 173), dies sind weit mehr als die theoretisch 4,2 Milliarden Adressen bei IPv4 insgesamt. Darin drückt sich einerseits die Hoffnung aus, auf lange Zeit zukunftsfähig zu sein, andererseits zeigt es, dass mit einem noch zunehmenden Bedarf an adressierbaren Elementen gerechnet wird.

Auch wenn es mittlerweile Systeme gibt, die Nutzern einen Teil der Netzwerk- und Adresskonfiguration abnehmen und diese Funktionen mit IPv6 ausgebaut werden, so ist ein elementares Verständnis über IP-Adressen dennoch nützlich, vermutlich sogar notwendig, um diese Assistenzfunktionen sinnvoll nutzen zu können. Zu diesem Themenkomplex gehört auch, dass elementare Funktionen und Begriffe aus dem Bereich Computer-Netzwerke soweit bekannt sind, dass ihre Bedeutung im Prozess des Adressierens richtig beurteilt werden kann. Zu nennen seien hier beispielsweise Begriffe wie Gateway, Host, Switch, Firewall oder Router.

Dabei ist derzeit die besondere Situation zu beachten, dass noch einige Jahre lang zwei Versionen des Internet Protokolls mit Gemeinsamkeiten aber auch großen Unterschieden bedeutsam seien werden. Mit Profinet gibt es daneben noch einen weiteren Standard, der im industriellen Sektor, beispielsweise der Prozessautomatisierung genutzt wird. Profinet nutzt dazu unter anderem die IP-Adressierung und erweitert das IP-Protokoll zusätzlich.

Konfigurieren bezeichnet das Anpassen eines Softwaresystems aus verfügbaren Bausteinen an eine neue Aufgabe (vgl. Schubert und Schwill 2011, 150). Aber auch Hardwaresysteme können konfiguriert werden, um sie an die jeweiligen Bedürfnisse anzupassen. Fast alle Systeme sind heute konfigurierbar. Die berufliche Handlung bezieht sich also genau darauf, dass ein bestehendes System neuen Anforderungen angepasst werden muss, Fehler behoben werden sollen oder im Rahmen der Wartung nach Verbesserungen im Ablauf gesucht wird. Alle diese Effekte können durch eine veränderte Konfiguration erreicht werden. Während vor einigen Jahren noch in sogenannten Konfigurationsdateien, dies waren mehr oder weniger einfach zu lesende Textdateien, Werte geändert werden mussten, indem die Dateien mit einem Editor geöffnet wurden und man an der richtigen Stelle Werte ändern oder Zeilenauskommentieren oder Kommentarzeichen löschen musste, sind die Systeme heute häufig wesentlich komfortabler geworden. Beispielsweise verfügen neuere Komponenten aus dem Bereich der Automatisierungstechnik von Siemens genauso wie die zuvor bereits beschriebenen Roboter über integrierte Webserver. Wenn diese im Netzwerk eingebunden sind, können die Änderungen auf speziellen Webseiten vorgenommen werden. Der Zugang zu und das Verändern von Einstellungsmerkmalen sind dadurch wesentlich einfacher geworden, da unterschiedliche Optionen beispielsweise durch Dropdown-Menüs statt durch das Setzen von Kommentarzeichen in Textdateien realisiert werden. Etabliert sich zusätzlich die in der Informatik bereits weit verbreitete Herangehensweise, in Internet-Foren Probleme zu beschreiben und nach Lösungen zu suchen – die Anwender darauf basierend vorgeschlagen haben – könnte dies eine weitere gravierende Veränderung der Arbeitsweise bedeuten. Das Informieren und Lernen in Netzen würde so als weiterer Bestandteil der Netzkompetenz hinzukommen.

Addressieren und Konfigurieren wurden der fundamentalen Idee der Qualitätssicherung zugeordnet. Im Anschluss an jede Veränderung eines Systems muss dieses getestet werden. Dazu hat die Informatik viele verschiedene Testverfahren entwickelt. Der Ablauf der Tests ist zu planen. Es sind Testfälle mit ihrem erwarteten Ergebnissen zu formulieren und die tatsächlichen Ergebnisse der Tests sind dabei genauso wie die vorgenommenen Änderungen in speziellen Protokollen zu dokumentieren.

Programmieren

Die Bedeutung des Programmierens für den Informatikunterricht ist nicht umstritten. In der Literatur sind Argumente zu finden, die sich sowohl für als auch gegen das Programmieren als Inhalt für allgemeinbildenden Informatikunterricht wenden. Sie reichen von ablehnenden Meinungen, dass Programmierung Spezialistenarbeit ist, die nicht allgemeinbildend oder nur für das Denken in Algorithmen förderlich ist, bis hin zu befürwortenden Meinungen. Diese sehen Programmieren als Schlüssel zum Verstehen informatischer Grundbegriffe. Parallel wird aber davor gewarnt, dass beim Programmieren das Erlernen der Programmiersprache im Vordergrund steht und nicht das Modellieren, Strukturieren und algorithmische Denken (vgl. Hubwieser 2007, 87 f.).

Ob aus Facharbeiter/-innen der Metall- und Elektrotechnik in Zukunft Spezialisten für Softwareentwicklung werden, ist noch nicht hinreichend untersucht, die Wahrscheinlichkeit kann aber als eher gering eingeschätzt werden. Die abgeschlossene ähnliche Entwicklung bei den kaufmännischen Berufen lässt die Annahme auch nicht wahrscheinlicher erscheinen. Die Informatik bestand in ihren Anfängen allerdings nur aus Quereinsteigern aus anderen Disziplinen und auch heute wird ein Großteil des Fachkräftebedarfs aus diesen Quellen verschlossen (vgl. Hall et al. 2016, 20f.). Es wäre folglich nicht ungewöhnlich, wenn sich einzelne Facharbeiter/-innen zu IT-Spezialisten entwickeln. Es geht deswegen mindestens darum, die Denk- und Arbeitsweise von Informatikern zu kennen, um erfolgreich zusammenarbeiten zu können. Dies bedeutet auch, dass die Grundlagen des Programmierens Gegenstand der Lehr-Lernprozesse seien sollen und damit die fundamentale Idee der Algorithmisierung, also die Zerlegung in schrittweise abzuarbeitende Anweisungsketten. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, auf Gemeinsamkeiten zwischen dem Programmieren und Automatisieren hinzuweisen und die allgemeinen Grundlagen des Programmierens zu behandeln. Gemeint sind Themen wie Datentypen, Schleifen und Verzweigungen aber auch die Unterschiede zwischen objektorientierter und prozeduraler Programmierung. Grundsätzlich sind die genannten Themen Inhalte, die schon in der Sekundarstufe I vermittelt werden sollten, wenn man die Lehrplanentwürfen der „Gesellschaft für Informatik“ für das allgemeinbildende Fach Informatik als Grundlage nimmt (vgl. GI 2008, 12 f.). Es besteht Grund zu der Annahme, dass außerhalb der Gymnasien häufig kein Unterricht stattfindet, der den von der GI formulierten Ansprüchen genügt, da es schlicht zu wenig ausgebildete Informatiklehrer an den Schulen gibt. In Schleswig-Holstein werden beispielsweise gar keine Lehrer für Informatik im Bereich der Sekundarstufe I universitär ausgebildet.

Drei Repräsentationsebenen weisen den Weg

Schon im Jahr 1965 veröffentlichte Bruner den „Entwurf einer Unterrichtstheorie“, die er beeinflusst von Piaget verfasste. Darin beschreibt er unter anderem, wie sich bei Kindern im Laufe der Entwicklung das Speichern, Verknüpfen und Abrufen von Erfahrungen entwickelt. Er nutzt den Begriff der Repräsentation, um zu beschreiben, wie Wissen erworben wird. So kann Wissen enaktiv, also durch Handlung erworben werden, entweder durch die Handlung des Kindes selbst oder die Beobachtung des Handelns anderer. Der Gegenstand der Handlung muss dabei immer präsent sein. Im zweiten Schritt kann Wissen durch visuelle Wahrnehmung, die sogenannte ikonische Repräsentation, erworben und gespeichert werden. Die Gegenstände und Handlungen müssen dazu nicht mehr direkt beobachtet oder gerade in diesem Moment verfügbar sein. Drittens kann Wissen symbolisch repräsentiert werden. Das heißt, durch Sprache oder Worte, die keinerlei Ähnlichkeit zum tatsächlichen Gegenstand haben. Er nennt dazu als Beispiel das Wort Wal, das auf etwas sehr Großes deutet und das Wort Mikroorganismus, das auf etwas sehr Kleines hinweist (vgl. Bruner 1974, 16 ff.). Die drei Repräsentationsebenen werden nach Bruner nacheinander durchlaufen, bleiben aber für den Rest des Lebens präsent. Die Mathematik-Didaktik arbeitet häufig mit den Repräsentationsebenen. Wer so auf der höchsten Stufe gelernt hat, einfache Additionsaufgaben symbolisch mit Zahlen zu rechnen, kann immer noch auf der enaktiven Ebene Rechnungen durch die Verwendung eines Abakus durchführen. Für den Unterricht bedeutet dies, dass möglichst alle drei Repräsentationsebenen angesprochen werden sollten.

Exemplarisch wird eine berufliche Lernsituation aus dem Bereich der Modellierung betrachtet, beispielsweise das Planen einer neuen Automatisierungsstrecke, die auf der fundamentalen Idee der strukturierten Zerlegung fußt. Diese sollte in allen drei Repräsentationsebenen durchlaufen werden. Dazu könnte eine vorhandene Automatisierungsstrecke enaktiv in ihre Module zerlegt werden. Gerade in der Automatisierungstechnik wird viel mit Modulen gearbeitet, die alle eine bestimmte Rolle im Prozess haben. Ausgänge sind beispielsweise als separate Baugruppe getrennt von den Eingängen erhältlich. Ebenso sind Sensorik und Aktorik jeweils eigene Bausteine. Auf diese Art werden alle benötigten Komponenten identifiziert und können hinsichtlich ihrer Rolle im Prozess betrachtet werden. Im nächsten Schritt kann Software basiert eine Automatisierungsstrecke mit ihren nötigen Komponenten in einem geeigneten Verfahren geplant werden. Die benötigten Bausteine sollten dazu ikonisch wie sie als Bauteil aussehen dargestellt werden. Jeder benötigten Funktion wird ein Bauteil zugeordnet. Der dritte Schritt wäre die rein symbolische Beschreibung der gesamten Anlage mit ihren Komponenten durch die Verwendung der Sprache oder bestimmter symbolischer Zeichen, die keinerlei Ähnlichkeit zu den tat-

sächlichen Bauteilen haben und die auch nicht physikalisch oder grafisch vorhanden sein müssen.

Beim Programmieren und der fundamentalen Idee der Algorithmisierung kann ähnlich vorgegangen werden. Wenn ein geeignetes Modell zur Verfügung steht, kann der Algorithmus, also die schrittweise abzuarbeitende Anweisungskette enaktiv durchlaufen werden. Dazu sind die einzelnen Aktoren und Sensoren von Hand anzusteuern bzw. abzufragen oder die Schritte werden komplett manuell vorgenommen. Auf der nächsten Stufe wäre der Algorithmus ikonisch in Form eines Ablaufplans festzuhalten, bevor er im letzten Schritt auf der symbolischen Repräsentationsebene in ein Programm übersetzt werden kann. Für das Programmieren an sich kann auf Entwicklungsumgebungen zurückgegriffen werden, die speziell zum Erlernen von Programmiersprachen entwickelt wurden wie BlueJ oder Greenfoot (vgl. Barnes & Kölling 2013 bzw. Kölling 2010). Greenfoot wird meistens mit der Entwicklung von kleinen Spielen in Verbindung gebracht. Die Umgebung eignet sich aber auch hervorragend für die Entwicklung von Simulationen.

Die Abbildung zeigt einen Screenshot von Greenfoot, indem die Simulation einer Automatisierungsstrecke dargestellt ist. Diese soll zwei Werkstoffe unterscheiden und auf unterschiedlichen Positionen ausgeben. Der linke Bereich zeigt die Ansicht der sogenannten Welt. Die Welt ist eine schachbrettartige Oberfläche, auf der Objekte platziert und in vier Richtungen bewegt werden können. Dazu werden in Java Regeln programmiert, die festlegen wie sich die Objekte bewegen und was passiert, wenn sich Objekte annähern oder überlappen. Am rechten Bildrand ist ein verkürztes UML-Klassendiagramm zu sehen. Durch einen Doppelklick auf jede der dort dargestellten Klassen öffnet sich die zugehörige Quellcode Datei in einer integrierten Entwicklungsumgebung. Die Objektorientierung selbst und ihre wichtigen Konzepte wie die Vererbung sind in Greenfoot besonders gut zu verstehen, da sie von Anfang an elementarer Bestandteil sind, dies folgt dem didaktischen Anspruch „Objektorientierung zuerst“ (vgl. Barnes und Kölling 2013, 17). Daneben sind die klassischen Grundlagen der Programmierung wie einfache Datentypen, Schleifen, Verzweigungen und Funktionsaufrufe mit und ohne Parameterübergabe und Rückgabewerte fester Bestandteil von Greenfoot. Durch den Ansatz Objekte durch die Welt zu bewegen, stehen für Programmieranfänger ganz andere Möglichkeiten zur Verfügung, als das klassische „Hallo Welt“ oder das Programmieren eines Taschenrechners, der auf der Kommandozeile Eingaben erwartet und Ausgaben liefert. Durch die Verwendung von speziellen Umgebungen wie Scratch, Greenfoot, BlueJ oder Robot Carol sind grafische Ausgaben möglich, die ohne komplexe Programmierkenntnisse vorher nicht möglich waren. Diese Darstellungen entsprechen eher den heutigen Erfahrungen in der Arbeit mit dem PC

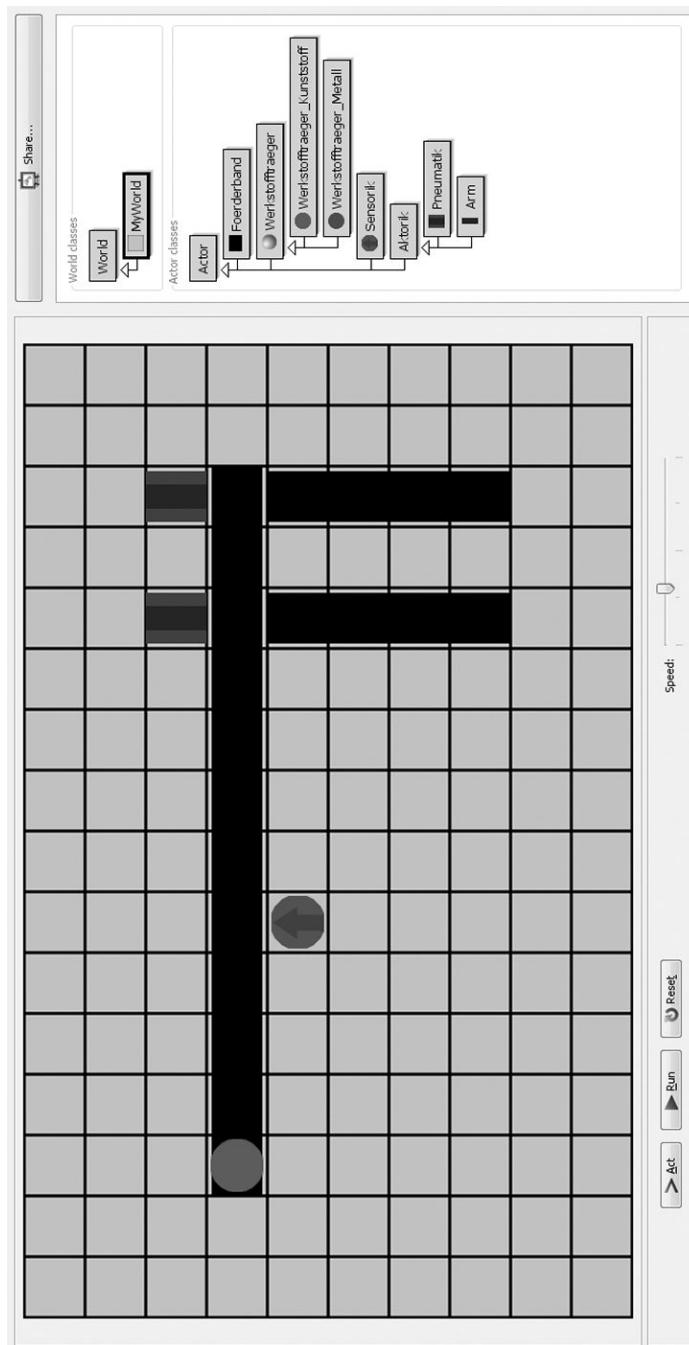


Abb. 3: Exemplarische Darstellung der Simulation einer Automatisierungsstrecke in Greenfoot

als MS-DOS artige Textausgaben in schwarz-weiß. Ziel von Greenfoot war es, dass Programmieren auch Anfängern Spaß machen soll (vgl. Költing 2010, 11 f.). Gleichzeitig reduzieren die speziellen Editoren, die in Greenfoot oder auch BlueJ verwendet werden, die Komplexität eines industriellen Entwicklungswerkzeuges wie Eclipse. Diesen Umstand betont der Erfinder der Sprache Java Gosling positiv. Er sieht darin eine weitere Stärke von Lernumgebungen (vgl. Gosling 2013, 13). Aus diesen Gründen sollte die Verwendung von Lernumgebungen erwogen werden, auch wenn sie sicherlich kein Industriestandard sind und deswegen in der beruflichen Bildung auch zu Recht kritisch betrachtet werden können.

Das Programmieren eines Roboters wie dem P-Rob von F&P kann ähnlich auf den unterschiedlichen Repräsentationsebenen vorgenommen werden. Der Roboter ist von Hand, nacheinander in alle Positionen zu führen, die er im Laufe der Aufgabenbewältigung einnehmen muss. Jede dieser eingenommenen Posen ist abzuspeichern und mit einem Namen zu versehen. Der Algorithmus ist also enaktiv zu planen, dabei ist darauf zu achten, dass sinnvolle Namen für die Posen die spätere Arbeit ungemein erleichtern. Im Anschluss kann in Form eines Ablaufplanes dargestellt werden, welche Position der Roboter wann anfährt. Dabei sind das Öffnen und Schließen des Greifers und eventuelle Alternativpfade zusätzlich zu ergänzen und im Plan darzustellen. Als letzter Schritt muss das Programm geschrieben werden. Jede Position die angefahren werden soll und jedes Öffnen bzw. Schließen des Greifers entspricht dabei einem Funktionsaufruf. Der Quellcode kann entweder von Hand geschrieben werden, wenn man die benötigten Befehle kennt, oder man kann aus einer Liste die vorhandenen Befehle auswählen. Im letzteren Fall müssen die Parameter, beispielsweise der Name der Pose noch ergänzt werden. Der Roboter kann beispielsweise Aufgrund des Greifwinkels Rückschlüsse auf den Gegenstand ziehen, den er gegriffen hat. Wenn der Roboter aufgrund solcher Sensordaten unterschiedliche Positionen anfahren soll, sind auch die benötigten Verzweigungen als Bausteine aus einer Liste auszuwählen. Alternativ sind Verzweigungen und Schleifen auch direkt im Programmcode zu realisieren, wenn man die Befehle bereits kennt. Die Arbeit mit dem Roboter hat dabei den großen Vorteil, dass die Funktionsaufrufe direkt in Bewegungen übersetzt werden. Das Testen, das hier sofort elementarer Bestandteil des Prozesses ist, kann somit gezielt und kleinschrittig iterativ bis hin zum Gesamttest des fertigen Programms vorgenommen werden.

Noch nicht am Ziel

Die dargestellten Überlegungen sind noch kein elaboriertes Konzept. Tiefergehende Betrachtungen werden in den nächsten Jahren in Form einer Qualifikationsarbeit folgen. Die fundamentalen Ideen können sicherlich als etablierte Theorie gelten. Gleches gilt für die Repräsentationsebenen, die ebenfalls eine bewährte und häufig in der Mathematikdidaktik angewandte Theorie sind. Im Rahmen von Unterrichtsversuchen wäre die Kombination aus fundamentaler Idee, exemplarischer beruflicher Handlungssituation, Repräsentationsebenen und ausgewählten Technologien zu untersuchen, um eine Bewertung des Ansatzes zu ermöglichen. Die Identifizierung fundamentaler Ideen und beruflicher Handlungen ist noch nicht abgeschlossen, gleiches gilt für die bisher ausgewählten fundamentalen Ideen und Handlungen.

Eine Netzkompetenz lässt sich sicherlich nicht mit wenigen Unterrichtsstunden anbahnen. Solange die entsprechenden Grundlagen nicht schon bereits in der Sekundarstufe der allgemeinbildenden Schulen gelegt werden, ist dies ein langer Weg. Auf der anderen Seite schreitet die Entwicklung der Technik voran und wird erwartungsgemäß auch nicht auf die Berufsbildung warten.

Literatur

- Barnes, D.; Kölling, M. (2013): Java lernen mit BlueJ. München.
- Bayrische Metall und Elektroarbeitgeber (bayme vbm) (2016): Industrie 4.0 –Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München. https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS-Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf (Letzter Zugriff: 20.06.2016)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2013): Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Die neue Hightech-Strategie, Innovationen für Deutschland. Berlin.
- Busch, C. (1998): Metaphern in der Informatik: Modellbildung, Formalisierung, Anwendung. Wiesbaden.
- Chang, Y. (2005): Anglizismen in der deutschen Fachsprache der Computertechnik. Frankfurt am Main.
- Dobe, B. (2013): Projekte scheitern an Kommunikation. <http://www.cio.de/a/projekte-scheitern-an-kommunikation,2907479> (Letzter Zugriff: 20.06.2016).

- Hall, A.; Maier, T.; Helmrich, R.; Zika, G. (2016): IT-Berufe und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0, Bonn.
- Hirsch-Kreiensen, H. (2013): Industrie 4.0: Die menschenleere Fabrik bleibt eine Illusion. VDI-Nachrichten, Ausgabe 28, 20.09.2013. <http://www.vdi-nachrichten.com/Management-Karriere/Industrie-40-Die-menschenleere-Fabrik-bleibt-Illusion> (Letzter Zugriff: 18.08.2016).
- Hubwieser, P. (2007): Didaktik der Informatik. 3. Auflage, Berlin.
- Kuka (o.J.): Der LBR iiwa. Eine neue Ära sensitiver Robotik beginnt. http://www.dieroboter.de/fileadmin/content/files/kuka/KUKA_PB_LBR_iiwa_DE.pdf (Letzter Zugriff: 18.08.2016).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2011): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Berlin.
- Kölling, M. (2010): Einführung in Java mit Greenfoot, Spielerische Programmierung mit Java. München.
- Gebhardt, J.; Grimm, A.; Neugebauer, L. M. (2015): Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 3 (Heft 2), 45–61.
- Gesellschaft für Informatik (GI) e. V. (2008): Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule, Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. https://www.gi.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/Bildungsstandards_2008.pdf (Letzter Zugriff: 20.06.2016).
- Gosling, J. (2013): Vorwort. In: Barnes, D.; Kölling, M.: Java lernen mit BlueJ. München, 13–14.
- Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement (GPM) (2008): Ergebnisse der Projektmanagement Studie 2008 – Erfolg und Scheitern im Projektmanagement. https://www.gpm-ipma.de/fileadmin/user_upload/Know-How/Ergebnisse_Erfolg_und_Scheitern-Studie_2008.pdf (Letzter Zugriff: 20.06.2016).
- Reetz, L. (1994): Neue Informations- und Kommunikationstechniken und das Konzept der Schlüsselqualifikationen in der kaufmännischen Berufsbildung. In: Kell, A.; Schanz, H. (Hrsg.): Computer und Berufsbildung, Beiträge zur Didaktik neuer Informations- und Kommunikationstechniken in der kaufmännischen Berufsbildung. (bzp Bd. 15) Stuttgart, 230–241.
- Schubert, S.; Schwill, A. (2011): Didaktik der Informatik. 2. Auflage, Heidelberg.
- Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, St.; Hämerle, St.; Krause, T.; Schlund, (2013): Produktionsarbeit der Zukunft –Industrie 4.0. Stuttgart.

- Tomas, M. (2002): Informatische Modellbildung, Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht. Potsdam. http://ddi.cs.uni-potsdam.de/Personen/marco/Informatische_Modellbildung_Thomas_2002.pdf (Letzter Zugriff: 20.06.2016).
- Zinke, G.; Schenk, H.; Wasiljew, E. (2014): Berufsfeldanalyse zu industriellen Elektroberufen als Voruntersuchung zur Bildung einer möglichen Berufsgruppe. Bonn.

Digital ist besser!? – Herausforderungen für die Facharbeit und die Berufsbildungspraxis

Jonas Gebhardt

Abstract

Die Aussagen des Beitrags speisen sich aus den aktuellen Erkenntnissen der vom biat durchgeführten Analysen und Erhebungen im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „PROKOM 4.0 – Kompetenzmanagement für die Facharbeit in der High-Tech-Industrie“, an dem das Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat) an der Europa-Universität Flensburg beteiligt ist. Dieser Text widmet sich den zukünftigen Anforderungen an die Facharbeit und folglich auch an die Berufsbildungspraxis, im Umfeld von Industrie 4.0. Auf vielen Ebenen schreitet die Globalisierung, die Digitalisierung und die Durchmischung von Informationstechnik in Gesellschaft und Arbeitswelt voran. Zur Stärkung der nachhaltigen beruflichen Handlungsfähigkeit der Facharbeit in eben diesen Zeiten schnelllebiger Veränderungen, bedarf es einer aktiven Weiterentwicklung von Querschnittskompetenzen, wie der Netzkompetenz.

Prolog

“Schwülstig-euphorische Oden für die Akademiker-Disko” (Tanner 2013), so lautete einst ein Urteil gegenüber den Musikstücken der Band Tocotronic. So mag dieses Zitat für Leserinnen und Lesern in seiner fachfremden Verwendung wohl zu alleinstehend und gekünstelt dastehen, doch ist der konstruierte Bezug auf den damaligen Albumtitel „Digital ist besser“ eine dienliche und übertragbare Retrospektive infolge momentaner „4.0-Entwicklungen“. Mit diesem „Longplayer“ positionierten sich jene Vertreter der Hamburger Schule im Jahre 1995 kritisch ironisch gegenüber der damals subjektiv erfahrenen Schnelllebigkeit durch aufkommende technologische und subkulturelle Trends, welche als gesellschaftlicher Druck und Zwang empfunden wurden. Die Mitte der 1990er Jahre sind als eine eher frühe Epoche der digitalen Aufklärung und IT-Durchdringung zu betrachten. Die Grundlagen für die heutigen „Digital Natives“ sowie „Digital Immigrants“ wurden gelegt und erweitert, indem Personal Computer mit einem Windows Betriebssystem vermehrt in mittelschichtige Privathaushalte Einzug nahmen, während Informatikräume in Schulen den Schülerinnen und Schülern weiterhin als Abenteuerspielplätze für „Chat- und Netzwerksessions“ dienten und man inzwischen bereits begann, sich vereinzelt untereinander mit mobilen Endgeräten, sogenannten Pagern, zu Scallen (das

Hinterlassen von Nachrichten über einen ehemaligen Nachrichtendienst eines Mobilfunkanbieters). Ein mittel- oder längerfristiger Umbruch durch einen breiten Einzug von Internet, Digitalisierung und Vernetzung in die Arbeitswelt und den Alltag bahnte sich an. Es sollte fortan nicht nur durch die elitäre „Akademiker Disko“ mitgestaltet werden, sondern auch die professionelle Teilhabe an der Facharbeit. Als Reaktion auf die technologischen Entwicklungen wurden 1997 die IT-Berufe für die duale Berufsausbildung eingeführt, deren Neuordnungsbedarf nach fast 20 Jahren dieser Tage vom BIBB untersucht wird. Die Durchdringung von Digitalisierung und IT ist in der heutigen Zeit überexponentiell gewachsen und durchdringt gegenwärtig sämtliche Berufe, Arbeits- und Alltagsprozesse. Es ist nun gefordert, den Menschen in der Schnelllebigkeit und Vielschichtigkeit dieser Trends und Entwicklungen der Neuanordnungen im Arbeitsprozess (z.B. in der Vision von der Smart-Factory in der Industrie 4.0), um den Menschen fachlich und gesellschaftlich vorzubereiten, zeitgemäß zu qualifizieren und seine Beschäftigungsfähigkeit nachhaltig zu gestalten.

1. Aktuelle Entwicklungen

„[...] der Einsatz rechnergesteuerte Maschinensysteme in der Produktion ist mehr als eine solche weitere Verbesserung und Vervollkommenung der mechanisierten Produktion. Er bedeutet einen qualitativen Sprung und zieht weitgehende Veränderungen des Arbeitsplatzes und des Arbeitsumfeldes nach sich. [...] Computer steuern heute beispielsweise automatisierte Prozessabläufe, ermöglichen die flexible Produktion kleiner Stückzahlen und individueller Bestellungen, überwachen die Qualität und analysieren Abweichungen oder Fehlerquellen im Prozessablauf.“ (Meyer-Dohm und Schütze 1987, 11f.)

Rückblickend wirkt diese Aussage des ehemaligen Leiters des Bildungswesens der Volkswagen AG Prof. Dr. Meyer-Dohm und des damaligen Koordinators für „Educational Research and Innovation of the Organization for Economic Co-operation and Development“ (OECD) in Paris, Prof. Dr. Hans Georg Schütze, zeitlos, hochaktuell und allgemeingültig. Vergangene Szenario-Entwicklungen und Erkenntnisse aus vorangegangenen technologischen Umbrüchen in der Wirtschaft nun in der Gegenwart wiederaufzunehmen, neu zu beurteilen und hinsichtlich aktueller digitaler Vernetzungsbestrebungen im Industrie 4.0-Kontext nachhaltig weiter zu denken – auch im Sinne der Zeitökonomie – ist das Ziel. Im menschlichen Streben nach Veränderung und Wandel ist es der Mensch, der einerseits Defizite im eigenen Wirken versucht zu beseitigen, um es auf neue Ebenen zu heben, zu gestalten oder zu optimieren. Andererseits sind die Urheber solcherlei Impulse bzw. Absichten nach Veränderungen meist

elitär und in einer Minderheit und entsprechen nicht zwangsläufig dem Wunsch oder den noch nicht verbalisierten Bedürfnissen aller bzw. verschiedener Interessenvertreter in gegenwärtigen pluralistischen Bildungsgesellschaften. Die technologischen Innovationen und Entwicklungen mit dem oberbegrifflichen Zugpferden Digitalisierung oder Industrie 4.0, betreffen die reale Arbeits- sowie Lebenswelt und sind zunächst ökonomisch orientiert. Die Einführung von technologischen Neuanordnungen auf den Hallenböden der Betriebe und deren Implementierung in bestehende Arbeitsprozesse wird zum Primat erhoben. Miteinander kommunizierende Werksstücke (Internet der Dinge), z.B. durch RFID- und Sensortechnik, erweiterte M2M-Kommunikation (Machine to Machine) durch wertschöpfungskettenübergreifende digitale Vernetzung oder der Einsatz cyberphysischer Unterstützungssysteme (Leichtbaurobotik und Augmented Reality Brillen) sind Bausteine und Schlagworte auf dem Weg der wirtschaftlichen Erstarkung. Produktionsprozesse sollen flexibler und marktorientierter gestaltet werden, um die Effizienz und den Gewinn von Produktion und Dienstleistungen zu steigern. Letztendlich sind es die Unternehmen selbst, die über die Einführungen von Innovationen entscheiden, denen auch arbeitssoziologische Änderungen folgen werden. Die gegenwärtigen 4.0-Diskussionen und Auseinandersetzungen mit der Arbeitswelt der Zukunft und das Nutzbar machen vergleichbarer technologischer Neuanordnungen orientieren sich zum Großteil an der reinen technologischen Machbarkeit. Aktuell Bedarf es verstärkt einer menschenzentrierten Orientierung, gemessen an den jeweiligen Kompetenzen gegenwärtiger und zukünftiger Fachkräfte, besonders in Bezug auf die Aus- und Weiterbildung der Facharbeit. In solchen Anfangs- bzw. Schwellenphasen des als Fortschritt gefärbten Strebens nach technologischer Veränderung und Optimierung des Arbeitsalltags ist eine politische und betriebliche Top-Down-Implementierung technologischer Innovationen kritisch zu reflektieren. Notwendig sind subjektorientierte Sichten auf die Heterogenität betroffener Arbeitnehmer/-innen bzw. subjektorientierte Perspektiven der Bildungsverantwortlichen und Ausbilder/-innen und der daraus abgeleiteten passgenauen situativen Personalentwicklung in den Betrieben¹. Die „jüngsten“ technologischen Wandlungsprozesse, die besonders seit dem dritten Drittelp des 20. Jahrhunderts (Automatisierung) Einzug in den betrieblichen Arbeitsalltag und Produktion fanden, waren und sind stets gepaart mit Existenzängsten der Facharbeit vor dem Niedergang der eigenen beruflichen Wertigkeit, der berufsbioografischen Identität und des Jobverlustes. Die aktuellen Digitalisierungs- und Vernetzungstendenzen in Gesellschaft und Arbeitswelt, unter dem Dach der

1 Personalentwicklung steht in diesem Fall stellvertretend für das Wissen über die Kompetenzen der Mitarbeiter und eine Abschätzung zukünftiger Entwicklungen, auch in KMU oder kleinen Handwerksbetrieben.

bundesministerialen High-Tech-Strategie und Förderinitiative Industrie 4.0, soll nicht die Strömungen des Computer Integrated Manufacturing (kurz: CIM) kopieren. Eine menschenleere Produktions-/Wertschöpfungskette durch automatisierte Maschinen sei nicht das Ziel. In dialogischen überparteilichen Initiativen, z. B. Arbeiten 4.0 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, treten Arbeitnehmer- und Arbeitgebervertreter/-innen gemeinsam mit Politik, Bildung und Wissenschaft in einen gestalterischen Dialog, um den Menschen auch in der intelligenten Fertigung oder dem smarten Handwerk als flexibelstes und qualifiziert-mitdenkendes Element zu bewahren. Aus Sicht der Berufsbildungspraxis und des gesamten Schulsystems gilt es weiterhin die persönliche und berufliche Handlungskompetenz für den Übergang zum Arbeitsmarkt zu gewährleisten. Im Sinne eines humanistisch-aufgeklärten Ideals der Weiterbildung des Menschen gilt es in einer Arbeitswelt und einer Gesellschaft, die im zunehmenden Maße durch kürzer werdende technologische Innovationszyklen beeinflusst wird, Kompetenzen nachhaltig zu entwickeln und auch eine Art Resilienz gegenüber den eigens erschaffenen Maschinen zu bewahren. Vor dem Hintergrund einer steigenden Akademisierung sind in diesen Zeiten die gegenwärtigen bereits erfahrenen sowie zukünftigen Facharbeiter/-innen durch Bildung und Weiterbildung zum lebenslangen Lernen zu befähigen. Hierzu trägt nicht nur der Lernort der berufsbildenden Schulen teil, sondern auch bereits vorgelagert die regelschulische Ausbildung, ebenso wie die betrieblichen Möglichkeiten zur Weiterbildung.

1.1 Forschungsbedarfe erkennen und ihnen nachgehen

Um die Arbeitswelt von Morgen nachhaltig zu gestalten sollte die oberste Priorität der Forschung und Erkenntnisgewinnung nicht auf der bloßen Realisierbarkeit technologischer Neuanordnungen, wie der durchgängigen Automatisierung und Vernetzung von Geschäftsprozessen liegen. Das Wissen über die Kompetenzen und Qualifikationsbedarfe der Fachkräfte sollte erhoben werden, insbesondere der Facharbeit (bayme & vbm April/2016). Das Hauptinteresse sollte darin bestehen, wie die Arbeit einerseits zu gestalten und anzupassen ist und andererseits Arbeitnehmer/-innen zu qualifizieren sind, damit diese zwischen den operativen Eingriffsmöglichkeiten und einer herbeigeführten künstlichen Kompetenz und Hierarchie der Maschinen passend verortet werden können (Windelband und Dworschak 2015, 77f.; Hartmann und Tschiedel 2016, 13). Um die Facharbeit und das duale System weiterhin zukunftsorientiert zu gestalten, gilt es, die technisch-sozialen Herausforderungen im Kontext von Digitalisierung, IT-Durchdringung/Industrie 4.0 auf der Ebene der Performance der gegenwärtigen und zukünftigen alltäglichen Arbeit herauszustellen und über die zwei (drei) Lernorte der dualen Berufsausbildung, Berufsschule,

Betrieb (sowie ggf. überbetriebliche Ausbildungsstätten), Handlungsrahmen zu entwerfen bzw. die existierenden zu aktualisieren. Diesen Rahmen gilt es entsprechend der bislang gewonnenen Erkenntnisse zur Digitalisierung der Arbeitswelt und der vorausschauenden Annahmen im Kontext von Mensch-Maschine-Interaktionen in der Industrie 4.0 inhaltlich und didaktisch zu gestalten. Dieses sollte sich kontinuierlich mit arbeitspraktischen Bezügen und situativ-partizipativer Teilhabe der zukünftigen Facharbeiter/-innen sowie des Ausbildungspersonals ereignen. Aus diesem Grund bedarf es eines gemeinsamen Verständnisses darüber, dass die Dynamik an Komplexitäts- und Abstraktionsanforderungen im Arbeitsalltag im Zusammenhang von Vernetzung, Digitalisierung, Globalisierung und des demographischen Wandels wachsen wird. Den fachlichen Kompetenzen der jeweiligen Gewerke anliegend bedarf es vor allem Querschnittskompetenzen, die einem erweiterten soziotechnischen und kommunikativen Verständnis dienen.

2. Prokom 4.0 –Anforderungen an die Facharbeit

Am Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik der Europa-Universität Flensburg wird sich neben der Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern für die berufsbildenden Schulen in den Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik sowie von Berufspädagoginnen und –pädagogen auch mit berufswissenschaftlichen und -didaktischen Forschungen zur Entwicklung von (Fach-) Arbeit, Berufsbildung und Technik auseinandergesetzt. Seit 2015 sind die beruflichen Fachrichtungen Elektro- und Informationstechnik Forschungsprotagonisten des dreijährigen BMBF-Verbundvorhabens „PROKOM 4.0 – Kompetenzmanagement für die Facharbeit in der High-Tech-Industrie“. Sie beschäftigen sich intensiv mit den technisch-sozialen Herausforderungen an die zukünftigen Facharbeiter/-innen und folglich auch für die Ausbildungspraxis. In den berufsdidaktischen Untersuchungen, einer Kombination von Erhebungsmethoden (u. a. in Anlehnung an Drescher et al. 1995, 17; Becker und Spötl 2008, 70 ff.; Mayring 2000, 3 ff.), zielt das Flensburger Teilprojekt darauf ab, die Performanz der Facharbeit in ihrem betrieblichen Alltag zu dokumentieren sowie die aktuellen und zukünftigen Ansprüche der Arbeitswelt an die Facharbeit zu erkennen und abzuschätzen. Der Erkenntnisgewinn stützt sich auf Analysen gegenwärtiger digitaler Entwicklungen, IT-Diffusion in Arbeit und Gesellschaft, qualitative Interviews sowie dokumentierend-partizipierende Arbeitsbeobachtungen realer betrieblicher Prozesse. Im Anschluss an die Erhebungen, Analysen und Antizipationen werden die Erkenntnisse in ein Best-Practice-Modell überführt, das in der Pilotanwendung 2017 jedoch zunächst an Berufsbildenden Schulen durchgeführt und evaluiert wird. Jene Best-Practice erweitert die Handlungsrahmen für die Aus- und Weiterbildung mit dem Ziel,

zukünftige und bereits ausgelernte Facharbeiter/-innen für verschiedene praxisnahe Szenarien der Arbeitswelt in der digital-vernetzten Arbeitswelt/Industrie 4.0 zu sensibilisieren. Das als Entwicklungsoffen angelegte Modell wird einerseits gestaltet durch innovative Technologien, z. B. in Form einer hochsensitiven kollaborativen Robotikeinheit und eines 4.0-Lernsystems, andererseits durch eine adressatengerechte und menschenorientierte Didaktisierung der Lerninhalte und Materialien. Das Modell kann der Berufsbildung als zukunftsorientierte Orientierung dienen, um fachliche und überfachliche Kompetenzen zu entwickeln. Der lernende Mensch steht im Mittelpunkt der Betrachtung, um seine Position in den zukünftigen Szenarien der Arbeit von morgen kompetent zu behaupten, Prozesse nachvollziehen zu können, Fehler zu machen und aus diesen zu lernen.

2.1 Erste Flensburger Ergebnisse zu den Entwicklungen der Facharbeit in KMU

Die Veränderungen, die die Facharbeiter/-innen bereits jetzt in ihrem beruflichen Handeln erfahren und denen sie in der zukünftigen Arbeitswelt ausgesetzt sein werden, sind in einer rein isolierten Betrachtung der technologischen Aspekte keine revolutionären technologischen Neuerungen. Die technologischen Innovationen bestehen vielmehr in den neuen Anordnungen der IT-Durchdringungen und deren Bedienung über verschiedene Berufe hinweg, sodass die Informationstechnik nun auch Arbeitsprozesse und Geschäftsbereiche in Wertschöpfungsgebilden durchdringt, denen bisher noch nicht direkt informationstechnischen Schnittstellen zugeschrieben wurden. Wie erwähnt, wird auf diese Weise die IT nicht nur in ehemals nicht IT-affine Geschäftsbereiche Einzug halten, sondern in nahezu alle Bereiche und Tätigkeiten vordringen, sodass klassische Strukturen von Fachlichkeit durch den IT-Bezug im Arbeitsalltag und die überfachlichen Kompetenzanforderungen einer vernetzten Kommunikation diffundieren werden. Die duale und höhere Berufsausbildung wird auf diese hoch dynamische Technologieorientierung der Betriebe mit einer Durchmischung der klassischen Berufsfelder reagieren müssen – und dies auch parallel zu den aktuell wachsenden und geförderten 4.0-Lernfabriken in berufsbildenden Schulen. Vor dem Hintergrund der Tendenz zu einer wachsenden Symbiose von Informationstechnik und Kommunikation ist die Fortentwicklung von Querschnittskompetenzen gewerks- und fachübergreifend, entsprechend einer Netzkompetenz, zu fokussieren (Gebhardt 2016, 21; Filk und Grimm 2015, 6 f.; Wordelmann 2000, 33 f.). Das lebenslange Lernen gilt weiterhin als eine Voraussetzung für die dauerhafte Erwerbsbiographie und eine aufgeklärte gesellschaftliche Teilhabe an aktuellen und kommenden Modifikationen von realer und digitaler Kommunikation in Netzwerken.

2.1.1 Digitalisierung, Vernetzung und IT-Durchdringung im Arbeitsprozess

In den bislang untersuchten KMU lässt sich mit dem Blick durch die „technologische Brille“ bereits feststellen, dass Digitalisierung und Vernetzung in den real-betrieblichen Arbeitsprozessen von Facharbeiter/-innen angekommen sind, wenn auch in unterschiedlichem Maße und nicht in einer ganzheitlichen Durchdringung der betrieblichen Geschäftsprozesse. Der Einsatz digital-vernetzter Technologien geschieht ohne einen konkreten Trendbezug oder eine betriebliche Absicht einer Selbstdurchdringung durch die Lable Internet of Things oder Industrie 4.0. Es dominiert noch die Kommunikation Maschine-Mensch. Eine rein maschinelle Selbstoptimierung über IP-Netzwerke geschieht noch nicht. Die menschliche Arbeitskraft profitiert jedoch durch aufgezeigte Handlungsmöglichkeiten auf digitalen Bedienoberflächen. Der Mensch ist gegenwärtig noch die entscheidende Handlungsinstanz – besonders außerhalb von Routinetätigkeiten und bei der Problemlösung. Die betriebliche Verwendung digitaler oder IT-Technologien erstreckt sich von IT-gestützten Dokumentationssystemen, digitaler Kommunikation über Mailprogramme auf Smartphones oder Computerarbeitsplätzen, Softwarebedienung und z. T. -programmierung bis hin zur standortunabhängigen dezentralen Steuerung, Wartung und Inbetriebnahme über IP-Netzwerken der jeweiligen Clients und Steuerungen. Erweitert werden die Erkenntnisse der berufsdidaktischen Erhebungen über den technologischen „status-quo“ in den Unternehmen dadurch, dass auch weiterhin noch arbeitsfeldbezogene Unterschiede im Grad der IT-Durchdringung und Nutzung digitaler Technologien bzw. von Software im Arbeitsalltag bei Facharbeitern/-innen unterschiedlicher Berufe festzustellen sind, bzw. sich die Verwendung bereits in „neue“ berufliche Bezugsrahmen verschiebt. So hat der Arbeitsalltag der IT-Fachkräfte eine erwartbar hohe digitale und informationstechnische Durchdringung, doch durch die aufkommenden betrieblich gewünschten Implementierungen von informationstechnisch-vernetzten Steuerungen in traditionellen Produktionsbetrieben, z. B. in der Stahlindustrie, müssen sie sich nun mit real-mechanischen Produktionsprozessen und der Anpassung digitaler Bedienoberflächen zur Prozessteuerung durch Nicht-IT-ler bzw. Digital Immigrants auseinandersetzen.

Auch Facharbeiter/-innen aus dem Bereich der Elektrotechnik in externen Einsätzen im Umfeld von Schnittstellen mit Medienbrüchen übernehmen derweil mit smarten Endgeräten, die z. T. über VPN-Tunnel mit dem Firmenserver verbunden sind, die Koordinierung und Informationsbeschaffung für ihren Arbeitsauftrag. Auf diese Weise beschaffen sie sich Baupläne oder Anleitungen von Firmenservern oder treten in einen problemlösenden Dialog/Austausch, indem über Messenger-Applikationen Bilder von technischen Installationen ver-

sendet und folglich ortsungebunden und in Echtzeit besprochen werden können. Sie erfassen die Vernetzung elektronischer Anlagen durch Steuerungen und bringen sich in Eigenregie informationstechnische Hochsprachen bei. Als geringer wahrgenommen und protokolliert ist die informationstechnische Durchdringung digital-vernetzter Neuanordnungen in der Arbeitswelt z. B. von Mechaniker/-innen bzw. Industriemechaniker/-innen. Besonders in Bezug auf rein mechanische Wartungs- und Reparaturaufgaben, werden vereinzelt und wenig routiniert IT-gestützte Dokumentationssysteme genutzt, deren eher bei externen Montageeinsätzen zu beobachten ist, vergleichbar mit den eben erwähnten extern arbeitenden Elektronikern/-innen. Dieserart wird ebenfalls auf die Kommunikation mit smarten Endgeräten und die Nutzung von Dokumentationssoftware zurückgegriffen, welches jedoch eher eine protokollierende und koordinierende Funktion einnimmt (auch im Sinne der Materialbeschaffung) und weniger zum fachlichen Austausch mit Kolleg/-innen im Sinne des Echtzeit-Versendens z. B. von Schaltplänen oder Bildaufnahmen gegenwärtiger Installationen, genutzt wird. Hingegen ist bei der Technologie für die Überwachung und Bedienung von Anlagen ganz klar eine Medienzäsur zu erkennen, indem ehemals rein elektronische oder gar noch mechanische Schaltanlagen hin zu IT-gestützten Steuerungen mit grafischen Benutzeroberflächen umgerüstet werden. In Wechselbeziehung zum allgemeinen Anstieg mobiler Kommunikation im Privaten ist ebenso das gesteigerte Bedürfnis der Arbeitnehmer/-innen wahrzunehmen, mit ihren privaten Smartphones in den betrieblichen Pausenzeiten zu kommunizieren. Betriebe reagieren auf diesen Umstand und erkennen die Notwendigkeit eines ausreichenden Signalempfangs in Pausenräumen, um den Arbeitnehmer/-innen die Möglichkeit für die mobile Kommunikation zu ermöglichen. Die Sicherstellung einer entsprechenden Signalstärke wird als ein Pfeiler der betrieblichen Infrastruktur betrachtet, von dem eventuell auch das Arbeitsklima abhängt. Vergleichbare Projektdurchführung geschehen u. a. durch Auszubildende Elektroniker für Geräte und Systeme, die mittels der Installation und Kalibrierung von Flachantennen das Signal des mobilen Internets in den Aufenthaltsräumen verstärken, um eine zeitgemäße Bandbreite für die mobile Kommunikation in den Pausen zu gewährleisten.

2.1.2 Nachwuchs und Arbeitsformen – Bestärkung der mittleren Beschäftigungsebene

„Wir bilden nicht für den Markt aus.“, so ein wahrgenommener Konsens und zugleich eine Positionierung aus den verantwortlichen Personalebenen darüber, dass die eigenen dual-ausgebildeten Facharbeiter/-innen auch primär im Betrieb verbleiben sollen. Wenn mitunter auch Probleme dargelegt werden, dass es von Jahr zu Jahr schwieriger wird, die Ausbildungsplätze passgenau zu

besetzten. Im Feld der Metall- und Elektroberufe fällt es besonders schwer die entsprechenden Plätze adäquat zu füllen. Stark rückläufige Bewerberzahlen, mangelnde Qualität der schulischen Ausbildung und geringe Motivation in Bewerbungsschreiben und Vorstellungsgesprächen werden für den Missstand angeführt. Hingegen sind es die IT-Ausbildungsberufe, deren Nachfrage steigt und die weniger den oben erwähnten Problemen unterliegen. Zudem wird sich im IT-Bereich stärker gegen sogenannte Cloud- und Clickworker bzw. flexible externe Auftragsarbeit entschieden, als in den klassischen Arbeitsfeldern z. B. in der mechanischen Wartung oder Neuinstallation größerer Industrieanalagen. Eine Flexibilisierung bzw. freie Einteilung von Arbeitszeit entlang romantisiert-futuristischer Hochglanzvorstellung von der Arbeitswelt der Zukunft, im Zeichen von Industrie bzw. Arbeit 4.0, ist zumindest auf der in PROKOM 4.0 untersuchten Facharbeitsebene nicht festzustellen. Neben der dualen Ausbildung von zukünftigen Facharbeiter/-innen werden auch dual Studierende in den untersuchten Betrieben ausgebildet. Das an und für sich ist natürlich kein neuer Umstand, doch im Zuge der Prognose zur wachsenden Akademisierung in der Arbeitswelt der Zukunft im letzten IAB-Bericht (IAB-Bericht: Wolter et al. 2015, 62 f.) eine faktische Feststellung. Diese akademischen Fachkräfte werden aus betrieblicher Perspektive nicht als Konkurrenz zum eigenen Facharbeiter/-innennachwuchs oder generell zur dualen Berufsausbildung gesehen, sondern sind Teil von qualifikationsheterogenen Fachkräfteteams. Im Zuge der Flensburger Erhebungen ist auch parallel beobachtet worden, dass Facharbeiter/-innen gemeinsam mit Ingenieuren/-innen in die planerische und durchführende Verantwortung involviert sind, z. B. neue halbautomatisierte Materialsysteme im Betrieb zu installieren. Die dual Studierenden werden auch als Impulsgeber für technologische und anders gerichtete Innovationen betrachtet, die sie an den Hochschulen sammeln und in die betriebliche Arbeitsprozessoptimierung symbiotisch einspeisen können. Begleitet wird diese Erkenntnis auch durch die These von S. Pfeiffer zu Innovation, Erfahrung und Beruf in der Arbeit der Zukunft: Denn es sind die Facharbeiter/-innen die gemeinsam mit akademischen Fachkräften vor allem an der Schnittstelle zwischen Produktionsinnovation, Produktionstechnologie sowie Anlagen- Produktionsplanung eng zusammenarbeiten, sodass Innovationsideen gelingen. Die Implementierung technologischer Innovationen in den betrieblichen Ablauf und im Umfeld von Digitalisierung, Vernetzung und Industrie 4.0, fußt auf dem Erfahrungswissen von Facharbeiter/-innen. Die Facharbeiter/-innen sind „*unverzichtbare Träger des Innovationsgeschehens*“ (Pfeiffer 2015, 367 f.). Neben dem Bedarf an qualifikationsheterogenen Arbeitsteams werden auch klassische Arbeitsteilungen zwischen Ingenieur/-innen und Facharbeiter/-innen aufgelöst. Im Zuge der berufsdidaktischen Erhebungen ist im Bereich der IT-Facharbeit überdies festgestellt worden, dass junge Facharbeiter/-innen auch entscheidende Projektver-

antwortung übernehmen. Als Facharbeiter/-innen sind sie für das qualifikationsheterogene Team, die Planung sowie Umsetzung verantwortlich und erfahren Zuarbeit durch Ingenieur/-innen.

2.1.3 Sprache, Globalisierung und Interkulturalität

Die Parallelexistenz verschiedener Fachsprachen bzw. die synonymhafte Verwendung verschiedenartiger Fachtermini aus unterschiedlichen Berufs- sowie Qualifikationshintergründen wird von Facharbeiter/-innen, die sowohl im innerbetrieblichen Einsatz als auch auf Montage im Umgang mit Fachkräften anderer Unternehmen und Gewerke tätig sind, weiterhin als ein großes Kommunikationsproblem erachtet.

Die Globalisierung und die einhergehende internationale Verflechtung der Märkte und Kommunikation führt dazu, dass Arbeitnehmer/-innen mit fremdsprachiger Software, Anleitungen/Manuals und englischer E-Mail Korrespondenz konfrontiert werden. Englisch ist die Sprache der Wirtschaft und des Fortschritts – auch in KMU mit internationalen Kunden, Auftraggebern und Zulieferern. Aus den Erhebungen heraus sind auch Ausbildungsmeister für Informationselektroniker/-innen zu erkennen, die ehemals klassische Ingenieurs-, Betriebswirttätigkeiten oder Aufgaben der Personalentwicklungen übernehmen. Mittels des Internetzugangs am Arbeitsplatz und Suchmaschinen sowie digitalen als auch gedruckten technischen Wörterbüchern werden englische Manuals von ausländischen Herstellern, z. B. für Reparatur- oder Wartungsprozesse, ins Deutsche übersetzt. Auf diese Weise werden durch Facharbeiter/-innen betriebsinterne Schulungen mit entsprechender Präsentationssoftware adressatengerecht gestaltet und durchgeführt. Außerdem nehmen erfahrene Kommunikationselektroniker, die aufgrund ihrer beruflichen Kompetenzen und Kenntnisse in ihrem Bereich als Troubleshooter/Spezialisten eingesetzt und wertgeschätzt werden, auch an Produktschulungen im In- und Ausland teil, die z. T. auch in englischer Sprache abgehalten werden.

Im betrieblichen Innovationsprozess der Einführung modernerer Anlagen mit digitalen Benutzeroberflächen und vernetzten Steuerungen, exemplarisch bei Leitwarten mit IT-Steuerungen als Austausch für die rein elektronischen Vorgänger, werden Schulungen von international renommierten deutschen Steuerungs- und Anlagenherstellern primär in englischer Sprache durchgeführt. Im dokumentierten Fall soll die Bedienung und Überwachung der neuen Anlage jedoch auch durch erfahrene ältere Industriemechaniker vorgenommen werden, die in ihren Bildungs- und Arbeitsbiographien bislang eine geringe Schnittmenge mit der englischen Sprache vorweisen. Aus diesem Grund ist die Schulungssprache der Weiterbildungsmaßnahme zwar nicht ins Deutsche ge-

ändert worden, dennoch wurden die Teilnehmer durch eine Simultanübersetzung begleitet, die von den Arbeitnehmern auch als dienlich und fachlich verständlich beurteilt wurde. Daneben führt die Internationalisierung der Märkte dazu, dass Facharbeiter/-innen nun auch mit steigender Tendenz zu Arbeitseinsätzen ins Ausland geschickt werden. Mit diesem Umstand geht einher, dass die jeweiligen Personen auch über die entsprechenden Sprachkenntnisse, vornehmlich Englisch und über ein aktuelles Personal Safety Logbook (Internationaler Sicherheitspass für Monteure) verfügen müssen. Vorab werden notwendige Informationen beim Auswärtigen Amt eingeholt und die Facharbeiter/-innen nehmen an Schulungen teil. Diese Schulungen bestehen z.T. aus auffrischenden Englisch-Crash-Kursen und der Vermittlung von kulturellem und politischem Kontextwissen zur Sensibilisierung für das berufliche und private Handeln in den Einsatzländern, die sich durchaus auf Krisenregionen wie in der Ukraine oder dem Irak erstrecken. Vorort kann die Kommunikation auch mit sprach-, orts- und fachkundigen Verbindungs Personen sowie mit dem Smartphone als digitalem Hotspot für den Firmenkontakt geschehen.

2.1.4 Informieren in Netzen und Autodidaktik

„Das habe ich mir während der Arbeitszeit beigebracht, Basic-Programmierung wird doch bei YouTube beschrieben. [...] Die Softwarevorgabe durch den Hersteller dauerte zu lange und da habe ich selber etwas entwickelt und jetzt können alle gleichzeitig auf die Abfrage zugreifen. [...] Das Programm habe ich dann vorgestellt und es wurde von der Team- und Werksleitung für gut befunden und dann habe ich auch selbst die Einweisung für die Mitarbeiter gegeben“ war die ausführlichere Antwort eines Kommunikationselektronikers auf die Frage, ob er das Programmieren denn in der Ausbildung gelernt hätte oder woher das Wissen über Basic herrührte, welches ihn befähigte, in Eigenmotivation ein Programm zu schreiben, das den Arbeitsprozess optimiert. Durch die Öffnung der ehemals geschlossenen Firmennetzwerke hin zur Nutzung des World Wide Web am Arbeitsplatz wird der Facharbeit die Möglichkeit gegeben, sich alternative Bildungswege zu gestalten und sich autodidaktisch fortzubilden. Diese Do-it-yourself-Mentalität resultiert wohl zum einen aus den eigenen Berufs- und Prozesserfahrung und zum anderen aus einer eher intrinsischen Motivation des Lernens am Arbeitsplatz. Die findet ihren Niederschlag dadurch, dass man sich nachhaltig in Geschäftsprozesse einbringt und sich kritisch mit dem Arbeitsumfeld auseinandersetzt, auch über die ursprüngliche berufliche Kompetenz hinaus. Initiator für diese Optimierung war also die Gewissheit darüber, den Arbeitsprozess in seiner Gesamtheit durchdringen und den Bedarf, sich neues Wissen interdisziplinär anzueignen, erkannt zu haben und so die IT-Kompetenzen unter stetiger Bezugnahme auf den realen Ar-

beitsprozess zu entwickeln. Die Innovation durch den Facharbeiter in diesem Beispiel wurde im Nachhinein betrieblich, in monetärer Form und durch die Aufwertung der Position in der Angestelltenhierarchie wertgeschätzt (siehe auch Gebhardt 2016, 21f.).

3. Netzkompetenz und Best Practice

Auf Grundlage der auf den bisherigen Erhebungen gewonnenen Erkenntnisse, Analysen und Antizipationen der gegenwärtigen Entwicklungen zu den digitalvernetzten und zukünftigen Anforderungen an die Facharbeit – lässt sich für die inhaltliche Gestaltung der Ausbildung und für den nachhaltigen Erhalt der Handlungsfähigkeit der mittleren Beschäftigungsebene eine Netzkompetenz skizzieren (Grimm 2016, in diesem Band; Wordelmann 2000; Gebhardt 2016). Im Zuge der Durchdringung von in Hardware eingebundenen Softwarekomponenten und der Kommunikation in Netzwerken ist diese Netzkompetenz als eine berufsübergreifende Querschnittskompetenz für die Gestaltung der Bildungspraxis und Arbeitswelt zu verstehen. Der Bedarf der Arbeitswelt wird fortan verstärkt durch handlungsfeldbezogene und branchenübergreifende Anwendungserfahrungen beherrscht, gepaart mit dem synchronen Bedarf vernetzte und informationstechnische Geschäftsprozesse zumindest in ihrer Struktur nachzuvollziehen. Das lebensbegleitende Lernen, speziell der Ausbau des IT-Verständnisses, kombiniert mit der Fähigkeit zum interdisziplinären und internationalen (englischen) Kommunizieren und Denken wird zu den überfachlichen Basisanforderungen zählen. Gelten wird dieser Anspruch für alle Fachkräfte mit ihren unterschiedlichen Bildungsverläufen und Qualifikationen, auch definitiv über die „klassischen“ IT-Berufe hinweg. An diesen sich ändernden Prozessstrukturen in Arbeit und Gesellschaft hat sich demzufolge auch die Ausbildung und Qualifizierung inhaltlich zu orientieren – und das weiterhin mit einer direkten Verknüpfung der Inhalte mit realbetrieblichen und problemorientierten Handlungswelten des beruflichen Einsatzes.

Die Skizzierung dieser Netzkompetenz ist als entwicklungs- und inhaltsoffener Prozess zu verstehen. Auch Industriemechaniker/-innen, Mechatroniker/-innen oder Elektroniker/-innen können in praxisnahen und projektförmigen Lernformen, an schulischen oder außerschulischen Lernorten, gemeinsam oder vielleicht sogar gewerks- und ausbildungsjahrgangsbereichend, Grundlagen erfahren, die für das berufliche Handeln und das grundlegende Verstehen zukünftiger IT-Vernetzungen nötig sind. Von technologischer Seite her würde sich die Vermittlung von Informatikinhalten entsprechend dem Vorwissen, Interessen und Anwendungsgebieten der Lernenden ausrichten. Für z. B. Facharbeiter/-innen, die IT-Technologien und digitalisierte Bedienelemente primär als Endanwender

erfahren, würde das Thema Informationssicherheit eher als Sensibilisierung und sicherheitstechnische Aufklärung im Vordergrund stehen, als das Chiffrieren oder Codieren von Informationen (Hartmann et al. 2006, 29f.). In Anlehnung an die fundamentale Idee des Informatikdidaktikers A. Schwill wäre auch für die bis dato IT-fernen Berufe ein zielgruppengerechter inhaltlicher Reduktionsraum zu generieren (siehe auch Heinrich 2016 in diesem Band). In Zeiten mit kürzer werdenden technologischen Halbwertszeiten und schnelllebigen digitalen Trends, benötigt man die nachhaltige Auswahl überdauernder Inhalte, um grundlegende Konzepte und Produktwissen der Informatik zu vermitteln – auch dieses mit stetiger Bezugnahme zum beruflichen oder sozialen Alltag der Zielgruppe. Vorstellbar wäre es, reduzierte App-Programmierungen durchzuführen oder Grundlagen für objektorientierte Programmierungen (siehe Oberflächen wie GREENFOOT oder Scratch) zu vermitteln und ebenfalls anwenden zu lassen. Dieser informationstechnische Aspekt der Netzkompetenz ließe sich z. B. auch mit den offen formulierten aktuellen Lernfeldern der Mechatroniker/-innen und Elektroniker/-innen verbinden (KMK 1998, 6–9; KMK 2003, 7, 14 & 29).

Im subsumierenden Begriff der Netzkompetenz steckt das Ziel, dass sich die Lernenden, vornehmlich die kommenden Facharbeiter/-innen, vertiefend in den informationstechnisch miteinander verwobenen Arbeitsprozessen zurecht finden und in der Lage sind, vor dem Hintergrund interdisziplinärer und multiperspektivischer Arbeitsformen ihre beruflichen Gestaltungsmöglichkeiten zu reflektieren und zu verantworten. Dieser kognitive Prozess der Problemlösung ist nicht der maschinellen Automatisierung zu überlassen, sondern dem Menschen, der im stetigen Aushandeln seine persönliche und berufliche Identität ausbaut. Das erwähnte Vermitteln der Inhalte des fachlichen Fundaments der Informatik zielt eben nicht darauf, dass fortan Arbeitnehmer/-innen außerhalb der regulären IT-Berufe zu Programmierern werden. Die vorangegangene Charakterisierung der Netzkompetenz als eine Querschnittskompetenz führt dazu, dass es zusätzlich notwendig ist, auch inhaltliche Fundamente für die überfachliche Kompetenzentwicklung zu vermitteln. Berufsübergreifend und hinsichtlich einer nachhaltigen Befähigung für die Arbeitswelt mit ihren internationaler werdenden Wertschöpfungsketten, benötigen Facharbeiter/-innen auch eine ganzheitliche Sensibilisierung über die berufliche Fachlichkeit hinaus sowie eine Sensibilisierung für und Aufklärung über verschiedene Kulturräume, Sprachen, verlässliche Informationsbeschaffung und -bewertung. Als Zusammenfassung der oben umrissenen berufsdidaktischen Erhebungen und nachhaltigen Verfestigung für die Berufsbildungspraxis entsteht am Bildungsinstitut Arbeit und Technik (biat) der Europa-Universität ein didaktisches Best-Practice-Modell um den Nucleus der Netzkompetenz herum. Diese Best Prac-

tice, welche sich zurzeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet, wird der Sensibilisierung für zukünftige 4.0-Entwicklungen mit arbeitspraktischem Bezug dienen. Unterstützt wird sie durch Lernmittel, wie eine mobile 4.0-Produktionsanlage mit RFID-Technik und Smart-Steuerung in Verbindung mit hochsensitiver Leichtbaurobotik, die als Innovationstrends in einem betriebsnahen und erfahrbaren Szenario untergebracht werden.



Abb. 1: Entwicklungsoffene Netzkompetenz (Gebhardt 2016)

4. Schlussbetrachtung und Vorausschau

„Science Finds, Industry Applies, Man Conforms – Motto of the 1933 Chicago World's Fair [OR] People Propose. Science Studies, Technology Conforms – A person-centered motto for the twenty-first century“ (Norman 1993, 5)

Ein Motto bzw. eine bis dato durchgehende Forderung für die Technikgestaltung ist, dass sich die Technik dem Menschen bzw. den jeweiligen Anwender/-innen anzupassen hat und nicht umgekehrt. Dass sich die Arbeit dem

Menschen anzupassen hat, ist auch eine der immerwährenden Forderung der Aushandlungen zwischen Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Sozialpartnern in Bezug auf die aktuellen High-Tech-Strategien und Industrie-4.0-Innovationen. Doch sind die technologischen Innovationen oft eher gewinnmaximierender Natur als – in deren Grundgedanken der Umsetzungsmöglichkeit – menschenzentriert. Wie die Arbeitswelt von Morgen sein wird, ist im Moment noch nicht sichtbar. Allerdings ist Fakt, dass das Bildungssystem und besonders das Berufsbildungssystem nicht davon auszugehen haben, dass bei der Einführung technologischer Neuanordnungen in Unternehmen zuerst an die Usability gedacht wird. In den meisten Fällen wird zunächst von den technologischen Möglichkeiten her gedacht und direkt auf die menschliche Anpassung geschlussfolgert. Ein ganzheitlicher und aufgeklärter Ansatz in punkto Netzkompetenz und der parallelen Weiterentwicklung von IT-Kompetenzen über Berufe und Qualifikationen hinweg, ist in schnelllebigen Zeiten noch notwendiger geworden, um die Flexibilität und Qualität der reflektierten Facharbeit und deren Arbeitsfähigkeit fortan zu gewährleisten (Ilmarinen et al. 2013).

Literatur

- bayme & vbm (April/2016): Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Eine bayme vbm Studie, erstellt von der Universität Bremen. Unter Mitarbeit von Georg Spöttl und Lars Windelband. Hg. v. bayme und vbm. München (Letzter Zugriff: 10.05.2016).
- Becker, Matthias; Spöttl, Georg (2008): Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt, M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, NY, Oxford, Wien: Lang (Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt, Bd. 2).
- Drescher, Ewald; Müller, Wolfgang; Petersen, A. Willi; Rauner, Felix; Schmidt, Dorothea (Hg.) (1995): Neuordnung oder Weiterentwicklung: Evaluation der industriellen Elektroberufe. Bremen.
- Filk, Christian; Grimm, Axel (2015): Digitale arbeitsprozessorientierte Kompetenzentwicklung in der höheren beruflichen Bildung. Ein situiert-partizipativ-adaptiver Forschungsansatz am Beispiel von Fachschulen für Technik. In: medienimpulse-online (1). <http://www.medienimpulse.at/articles/view/781> (Letzter Zugriff: 03.05.2016).

- Gebhardt, Jonas (2016): Digital ist besser zu begegnen. Netzkompetenz als zukunftsorientierte Querschnittskompetenz für die Facharbeit. In: berufsbildung. Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule (159), 14–16 (Letzter Zugriff: 23.06.2016).
- Hartmann, Veit; Tschiedel, Robert (2016): Betriebliches und überbetriebliches Kompetenzmanagement „künstlicher Kompetenz“. Ein techniksoziologischer Blick auf Diskussion und Praxis. In: lernen & lehren 31 (121), 10–16.
- Hartmann, Werner; Näf, Michael; Reichert, Raimond (2006): Informatikunterricht planen und durchführen. Berlin: Springer (EXamen.press).
- Ilmarinen, Juhani; Tempel, Jürgen; Giesert, Marianne (2013): Arbeitsleben 2025. Das Haus der Arbeitsfähigkeit im Unternehmen bauen. Hamburg: VSA; Verlag.
- KMK (1998): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin. Beschuß der Kultusministerkonferenz vom 30. Januar 1998 (Letzter Zugriff: 30.06.2016).
- KMK (2003): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker/Elektronikerin. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 (Letzter Zugriff: 30.06.2016).
- Mayring, Phillip A. E. (2000): Qualitative Inhaltsanalyse. 28 Absätze. Hg. v. Forum Qualitative Sozialforschung. Online verfügbar unter <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/rt/printerFriendly/1089/2383> (Letzter Zugriff: 28.06.2016).
- Meyer-Dohm, Peter; Schütze, Hans G. (1987): Menschliche Arbeit und neue Produktionssysteme: Ein gewandeltes Verhältnis und seine Konsequenzen. In: Peter Meyer-Dohm und Hans G. Schütze (Hg.): Technischer Wandel und Qualifizierung. Die neue Synthese, Bd. 90. Frankfurt/Main: Campus-Verl. (Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", 90), 11–16.
- Norman, Donald A. (1993): Things that make us smart. Defending human attributes in the age of the machine. Reading, Mass.: Perseus Books.
- Pfeiffer, Sabine (2015): Arbeit und Bildung. Wandel von Arbeit: Neue Herausforderungen an Bildung und Qualifizierung. In: Reiner Hoffmann und Claudia Bogedan (Hg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen. Frankfurt: Campus Verlag, 363–379.
- Tanner, Franz (2013): Schwülstige, euphorische Oden für die Akademiker-Disko. <http://www.laut.de/Tocotronic/Alben/Wie-Wir-Leben-Wollen-87929> (Letzter Zugriff: 29.06.2016).
- Windelband, Lars; Dworschak, Bernd (2015): Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, 71–86.

Wolter, Marc I.; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd et al. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenariorechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Hg. v. IAB – Institut für Arbeitsmarktforschung (IAB-Forschungsbericht. Aktuelle Ergebnisse aus der Projektarbeit des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 8) (Letzter Zugriff: 28.06.2016).

Wordelmann, Peter (2000): Internetionalisierung und Netzkompetenz. Neue qualifizatorische Herausforderungen durch Globalisierung und Internet. In: Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online (6), 31–35. <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/548> (Letzter Zugriff: 04.01.16).

Virtual Reality als medientechnische und fachdidaktische Herausforderung der gewerblich-technischen Berufsbildung

Christian Stoll

Abstract

Virtual Reality-Technologien werden in den nächsten zehn Jahren aus ihrer Nische heraustreten und sich etablieren, wie es das Internet und das Smartphone schon vorher getan haben. Mit Hilfe einer 360-Grad-Kamera oder einer Photosphere-App für das Smartphone und einer Software-Entwicklungsumgebung wie Unity3D ist es möglich, VR-Apps für das Smartphone zu erstellen. Hierfür ist kein großer technischer oder finanzieller Aufwand nötig. Diese VR-Apps ermöglichen im Zusammenspiel mit einer Smartphone-Halterung wie der Google Cardboard selbst gestaltete VR-Erlebnisse. Dieses Verfahren eignet sich beispielsweise unter Zuhilfenahme der Projektmethode nach Frey (1990) innerhalb einer Unterrichtsreihe zur Entwicklung der Medien- bzw. der Fachkompetenz von Lernenden. Die Verwendung von VR-Apps für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen bietet sich aktuell aufgrund der geringen Anschaffungskosten von VR-Headsets wie der Cardboard, der mühelosen Verfügbarkeit und der einfachen Handhabung an. Daraus ergibt sich die Chance, von Anfang an die Entwicklung von Virtual Reality zu verstehen und zu begleiten. Die Funktionsweise, die Entwicklung dieser Technologie und die verblüffende Form der Sinnesstörung hat das Potenzial den Unterricht nachhaltig zu verändern.

Einleitung

Um in der zunehmend digitalisierten Welt nicht den Anschluss zu verlieren, ist Medienkompetenz privat und beruflich unabdingbar. Laut der internationalen Vergleichsstudie *International Computer and Information Literacy Study 2013* (ICILS) steht die Häufigkeit der schulischen Computernutzung in Deutschland in einem negativen Zusammenhang mit der Entwicklung der Medienkompetenz von Lernenden. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Computernutzung in Schulen in Deutschland, so wie sie die meisten Schüler/-innen derzeit erfahren, die computer- und informationsbezogenen Kompetenzen nicht positiv entwickelt. Lehrende setzen Computer den Bedürfnissen entsprechend unzureichend ein, machen Fehler bei deren Nutzung und stehen Lernenden gegenüber, die teilweise über eine höher entwickelte Medienkompetenz verfügen als

sie selbst. In der Regel lässt sich sagen, dass Lernende in Deutschland trotz Schule mit dem Computer umgehen können (Bos et al. 2014a, 36).

Befunde weisen auf ein bestehendes Missverhältnis zwischen den Potenzialen, die dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien zugesprochen werden, und der Realität in deutschen Klassenräumen hin. Bos u. a. (2014a; 2014b) belegen Entwicklungspotenziale bezüglich Ausstattung der Schulen, zeigen Bedarfe an Unterstützungssystemen im Bereich des technischen und pädagogischen Supports von Lehrkräften sowie an Fortbildungsangeboten und -maßnahmen für Lehrpersonen. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass Deutschland ohne eine konzeptionelle Verankerung digitaler Medien in schulische Lehr- und Lernprozesse, unter Berücksichtigung des kompetenten Umgangs mit neuen Technologien, im internationalen Vergleich auch zukünftig nicht über ein mittleres Leistungsniveau hinauskommen wird (Bos et al. 2014b, 28).

Die Etablierung spezifischer eigenständiger Unterrichtsfächer zur Entwicklung der Medienkompetenz wird in diesem Zusammenhang von Wissenschaftler/-innen, Pädagogen/-innen und Politiker/-innen in Deutschland diskutiert. Der niedersächsische Kultusminister Dr. Bernd Althusmann beispielsweise vertritt den Standpunkt, dass es beim Erwerb von Medienkompetenz nicht darum ginge, sich mit Medien um der Medien Willen in einem speziellen Schulfach auseinanderzusetzen, sondern fächerübergreifende Lösungen im Vordergrund stehen sollten (Politik-Digital 2012).

Darauf aufbauende Handlungsempfehlungen, Unterrichtsmethoden oder spezielle Unterrichtsmedien, welche dieser Problematik gerecht werden, sind bisher jedoch kaum veröffentlicht worden. Es kann also ein Bedarf festgestellt werden. Mit Blick auf die Entwicklung der Medienkompetenz wird der Heranführung von Schüler/-innen an aktuelle bzw. neue Technologien ein hoher Stellenwert beigemessen (Treumann et al. 2002, 98f.). Laut der JIM-Studie zum Medienumgang von Kindern und Jugendlichen gaben 91 % der befragten Mädchen und 93 % der befragten Jungen im Alter von 12 bis 19 Jahren an (N= 1200), ein Smartphone zu besitzen (Rathgeb 2015, 8). Eine Studie des Branchenverbands BITKOM von 2015 hat den Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht untersucht. Hier berichteten 84 % der befragten Schüler/-innen im Alter zwischen 14 und 19 Jahren von einem generellen Verbot von Handys/ Smartphones an der jeweiligen Schule (N= 512) (BITKOM 2015, 31). Diese Zahlen scheinen widersprüchlich, bilden jedoch die derzeitige Realität in Deutschland ab.

Das Smartphone ist eine der großen technologischen Entwicklungen der letzten Jahre. Wesentliche Bestandteile eines Smartphones sind die installierten Software-Applikationen, die sogenannten Apps. Diese Apps zu programmieren

und zu vermarkten, hat sich zu einem eigenen Wirtschaftszweig entwickelt (Heuzeroth 2013). Des Weiteren werden Smartphones seit kurzem zur Erzeugung virtueller Realitäten eingesetzt. Hierfür wurden von verschiedenen Firmen spezielle *Virtual Reality*-Brillen konzipiert.

Überlegungen zur *Virtuellen Realität* (kurz VR) bzw. 3D-Brillen, die einem das Tor in virtuelle Welten eröffnen, gibt es etwa seit den 50er Jahren. In dieser Zeit wurden verschiedene Projektionskonzepte entwickelt. Beispielsweise beschrieb Morton Heilig 1955 seinen Simulator *Sensorama* (siehe Abbildung 1), der eine Kombination aus räumlicher Sicht, Ton, Wind und sogar Gerüchen bot. Diese Konzepte hatten aufgrund des aufkommenden Mediums Fernsehen keinen kommerziellen Erfolg (Brill 2009, 9). Bis in die 2000er Jahre hatten *Virtual Reality*-Systeme außerhalb von Technikmuseen und vereinzelten Vergnügungsparks keinerlei Bedeutung (ebd., 12). In den letzten fünf Jahren hat sich das geändert und es gibt derzeit verschiedene Anbieter, die mit eigenen Konzepten von virtuellen Realitätsbrillen um die Gunst der Spieleentwickler/-innen und Konsument/-innen werben.



Abb. 1: Sensorama

Nachfolgend soll der Begriff *Virtual Reality* und in diesem Zusammenhang verwendete Begriffe erläutert und voneinander abgegrenzt werden. Im Anschluss wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Technologie Virtual Reality gegeben. Kurz angerissen wird zum Schluss ein Verfahren, welches Lernende dazu befähigt, Kugelpanoramen zu erstellen, diese mit Ton zu unterlegen, verschiedene Szenen miteinander zu verknüpfen und diese VR-Tour als Smartphone-App zu publizieren. Diese VR-App eignet sich für die Nutzung mit der Google Cardboard. Ebenfalls wird angesprochen, wie dieses Verfahren im Unterricht mit Hilfe der Projektmethode nach Frey (1990) eingesetzt werden kann.

Virtuelle Realität

Was ist Virtual Reality?

Als Synonym werden für *Virtual Reality* (VR) gerne auch *Virtuelle Umgebung* bzw. *Virtual Environment* verwendet (Brill 2009, 6). Der Ausdruck *Virtuelle Realität* scheint zunächst ein Widerspruch in sich selbst zu sein. Im modernen Verständnis der Philosophie bezieht sich *Virtualität* auf „das Feld der Möglichkeit“. Dem Adjektiv „virtuell“ kommen die Bedeutungen zu, „die Möglichkeit zu etwas in sich begreifend“ und „nicht echt, nicht in Wirklichkeit vorhanden, aber echt erscheinend“ (GBP 2014). Es zeigt sich, dass der Versuch, *Virtualität* von *Realität* klar abzugrenzen, spätestens bei der Verbindung der beiden Konzepte zur *Virtuellen Realität* kaum durchzuhalten ist.

VR ist in erster Linie eine „neuartige Benutzungsoberfläche, in der die Benutzer innerhalb einer simulierten Realität handeln“ (Brill 2009, 6). Der Schwerpunkt hierbei ist die Erzeugung der Reize, welche vom Menschen wahrgenommen werden können. In den ersten Flugsimulatoren wurden der/dem Pilot/-in auf einem Bildschirm die Bilder einer Videokamera gezeigt, die auf einem Gestänge befestigt war und über eine Modelllandschaft bewegt wurde. Wichtig war dabei nicht nur die Darstellung der virtuellen Umgebung, sondern auch die Möglichkeit der Interaktion. Dies erforderte eine Simulation, bei der die Aktionen des Menschen die Simulation in Echtzeit beeinflussen konnten. Dabei musste die Simulation auf die Aktionen reagieren und entsprechende Reize erzeugen bzw. entsprechende Reize anpassen. Zum Beispiel mussten die Bewegungen des Menschen in der virtuellen Umgebung von der Simulation berücksichtigt werden, um die Erzeugung der Reize der jeweiligen Position anzupassen (Dörner 2013, 4).

Allgemein wird als VR-System ein Computersystem bezeichnet,

„das aus geeigneter Hardware und Software besteht, um die Vorstellung einer Virtuellen Realität zu realisieren. Den mit dem VR-System dargestellten Inhalt bezeichnen wir als Virtuelle Welt. Die Virtuelle Welt umfasst z. B. Modelle von Objekten, deren Verhaltensbeschreibung für das Simulationsmodell und deren Anordnung im Raum. Wird eine Virtuelle Welt mit einem VR-System dargestellt, sprechen wir von einer Virtuellen Umgebung für einen oder mehrere Nutzer“ (ebd. 2013, 7).

Die derzeit erfolgreichsten VR-Systeme verwenden visuelle Ausgabegeräte, wie *Head-Mounted Displays* (HMD), auch *Daten-Brillen* oder *Daten-Helme* genannt. Sie präsentieren die Virtuelle Umgebung in der Regel auf zwei Bildschirmen. Jeweils ein Bildschirm befindet sich direkt vor einem Auge. Das eigentliche Bild auf dem Bildschirm ist dabei weiterhin zweidimensional. Dadurch, dass jedem Auge ein angepasstes Teil des Gesamtbildes gezeigt wird, entsteht ein räumlicher Eindruck (stereoskopischer Effekt). HMDs können zusätzlich als Eingabegeräte genutzt werden, indem sie der Simulation die aktuelle Position des Kopfes (*head tracking*) übermitteln. Auf diesem Wege kann die Anzeige der virtuellen Umgebung an die Bewegungen des Nutzers angepasst werden.

Der Begriff der Augmented Reality

Virtuelle Realität wird gerne in einem Atemzug mit *Augmented Reality* (AR) – auch *erweiterte Realität* – genannt. Da es unter Umständen zu Verwechslungen oder Vermischung dieser unterschiedlichen Konzepte kommen kann, sollen sie an dieser Stelle voneinander abgegrenzt werden.

Das Konzept der AR unterscheidet sich wesentlich vom Konzept der VR. Bei der AR geht es um die Verschmelzung zwischen der Realität und der Virtualität mit dem Ziel einer computergestützten Erweiterung der Realitätswahrnehmung. Hieraus ergeben sich verschiedenste Ausprägungen und Anwendungsmöglichkeiten. Allen Ausprägungen der AR ist gemein, dass sie auf einer perspektivisch korrekten Projektion der virtuellen Inhalte in die Umgebung des Nutzers bzw. in ein zuvor aufgenommenes Videobild beruhen (Dörner 2013, 241 f.).

Aktuelle Entwicklung

Eine neue Entwicklung ist die 3D-Brille *Oculus Rift* (siehe Abbildung 2). Dabei handelt es sich um ein HMD, welches im Bereich der VR-Systeme einen neuen Standard zunächst für Computerspiele gesetzt hat und belegt, ist keine Zukunftsvision mehr eine ernstzunehmende Möglichkeit mit Virtuellen Umgebungen zu interagieren und entsprechende Software zu nutzen. Alle nachfolgenden Entwicklungen anderer Firmen orientierten sich stark an der *Oculus Rift*.

(Janssen 2015). Aktuell gibt es zwei Ansätze zur Realisierung von Virtuellen Umgebungen, die für den breiten Markt zugänglich sind.

Ein Ansatz sind VR-Brillen bzw. HMDs, bei denen die Simulation der Virtuellen Umgebung durch einen leistungsstarken Computer erfolgt. Die VR-Brille dient als Peripheriegerät. Sie überträgt also aktuelle Positionsveränderungen des Kopfes an die Simulation und stellt die simulierte Umgebung stereoskopisch dar. Diese Konzepte verfolgen in der Regel den Anspruch einer möglichst realistischen und grafisch aufwändigen Virtuellen Umgebung.

Ein anderer Ansatz zur Realisierung von Virtuellen Umgebungen ist es, für die Simulation der Virtuellen Umgebung nicht einen PC oder eine Spielkonsole zu



Abb. 2: Oculus Rift

nutzen, sondern ein Smartphone. Hierbei wird dieses in eine spezielle Halterung eingelegt, welche direkt vor die Augen gesetzt wird und somit ein VR-Erlebnis durch die Betrachtung von VR-Apps in stereoskopischer Darstellungsform erzeugt (siehe Abbildung 3). Die Darstellung auf dem Display des Smartphones wird hierbei durch spezielle Linsen auf die Augen projiziert. Die in Smartphones regulär verbauten Lagesensoren entsprechen in etwa denen, die in VR-Brillen wie der *Oculus Rift* verwendet werden. Daher ist hierbei ebenfalls ein Head-Tracking möglich (Dörner 2013, 255).



Abb. 3: Stereoskopische Darstellung auf dem Smartphone-Display (Screenshot)

Im Jahr 2013 gründete Samsung eine Arbeitsgruppe, welche auf Grundlage der eigenen Smartphone-Entwicklungen eine VR-Brille entwerfen sollte. Das Grundkonzept ist hierbei eine Halterung für bestimmte hochpreisige und leistungsstarke Smartphones, mit dem ein HMD realisiert werden kann, welches eine minimale Latenz hat.¹ Um dies zu ermöglichen, befinden sich zusätzliche Lagesensoren in der VR-Brille, deren Daten über USB an das Smartphone übertragen werden. Eine Kooperation mit *Oculus* beschleunigte die Entwicklung und im November 2015 wurden die ersten *Gear VR* für Endnutzer/-innen auf den Markt gebracht (Samsung 2015).

Google verfolgt einen anderen Ansatz, VR für Nutzer/-innen erlebbar zu machen. Ziel ist dabei nicht eine VR-Brille mit einer hohen Grafikqualität, sondern eine Möglichkeit, VR für jeden erlebbar zu machen mittels einer preisgünstigen und trotzdem funktionalen Lösung (Wallat 2014). Das Ergebnis ist die *Google Cardboard* (siehe Abbildung). Einen Überblick über die Möglichkeiten der VR-Brille gibt eine Demo-App für die Cardboard.² Die Demo-Anwendungen mit dem virtuellen Rundgang durch das Schloss Versailles zeigen deutlich, dass es mittlerweile möglich ist, einfache virtuelle Touren selbst zu erstellen³. Hiervon ausgehend liegt es nahe, dass Schüler/-innen im Sinne des didaktischen Konzepts der Handlungsorientierung solche Kugelpanoramen und virtuellen Rundgänge erstellen können sollten. Ziel kann es hierbei sein, die Medienkompetenz oder auch die Fachkompetenz (je nach Bildungsgang) der Lernenden zu entwickeln. Fertige Lösungen bzw. Apps oder Software mit der es möglich ist,

1 Als „Latenz“ wird die Zeit bezeichnet, die die Simulation benötigt, das Sichtfeld nach einer Bewegung des Kopfes entsprechend anzupassen.

2 Siehe: <https://vr.google.com/cardboard/>; https://store.google.com/product/google_cardboard

3 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.samples.apps.cardboarddemo>

aus selbst aufgenommenen Kugelpanoramen virtuelle Rundgänge zu erstellen, existieren bisher nicht. Der Hauptfokus der VR-Entwicklung liegt bisher auf Computerspielen.



Abb. 4: Google-Cardboard

Beispiel eines Unterrichtsprojekts

Um die Unterrichtsreihe konkret an einem Beispiel zu erläutern, wurde der Bildungsgang *staatlich geprüfte Assistent/-in für Medientechnik* ausgewählt. Dieser Bildungsgang ist eine vollzeitschulische Berufsausbildung und wird in Berlin vom Oberstufenzentrum für Kommunikations-, Informations- und Medientechnik (OSZ-KIM) angeboten. Die staatlich geprüften Assistentinnen und Assistenten für Medientechnik verfügen über eine breite Grundausbildung im medientechnischen und kaufmännischen Bereich. Zunächst durchlaufen die Schüler/-innen die zweijährige Berufsfachschule. Mit erfolgreichem Abschluss der Berufsfachschule können sie entscheiden, ob sie in einem weiteren also dritten Schulbesuchsjahr die einjährige Fachoberschule besuchen, um mit Abschluss der Fachoberschule die allgemeine Fachhochschulreife zu erlangen (OSZ-KIM 2015).

Die berufliche Arbeit im Medienbereich hat vier Hauptaufgabenbereiche: Content, Produktion und Design, Management und IT-Dienstleistung. Der Bereich *Content* umfasst die Erstellung, Verwaltung und Strukturierung von Medieninhalten. Der Bereich *Produktion und Design* umfasst die technische und gestalterische Produktion von Medienprodukten. Das *Management* beinhaltet Projektmanagement, einschließlich Personal- und Sachsteuerung. Allen Bereichen kann die *IT-Dienstleistung* zugeordnet werden, wie die technische Verwaltung der Inhalte, die Bereitstellung technischer Infrastruktur oder die Programmierung von Webseiten (Knutzen 2010, 59 f.).

Ziel der Unterrichtseinheit ist es, Lernende aus dem Bereich der Medientechnik an die VR-Technologie heranzuführen, indem sie unter Verwendung der *Projektmethode* nach Frey (1990) als Handlungsprodukt VR-Rundgänge mit der VR-Brille Cardboard entwickeln. Dieses Projekt kann als Auftrag eines Museums, einer Immobiliengesellschaft, einer Produktionsstätte oder eines anderen Kunden angelegt sein. Es gibt verschiedene Ansätze, ein Projekt nach Frey durchzuführen. Hierzu bieten sich Projekttage an, aber auch eine Umsetzung innerhalb des Regelunterrichts oder in Form einer Arbeitsgemeinschaft im Sinne eines Freizeitangebots wäre möglich.

Das Produkt ist hierbei eine VR-App für Android, die zwischen einer bis fünf Kugelpanoramen enthalten soll. Die Zahl der Kugelpanoramen sollte auf maximal fünf beschränkt sein, da zum einen die Dateigröße der erstellten VR-App sich dadurch in einem Bereich befindet, der von gängigen Smartphones gehandhabt werden kann und nicht zu viel Speicher benötigt. Darüber hinaus erlaubt diese Vorgabe den benötigten Aufwand zu Erstellung der App in einem überschaubaren Rahmen zu halten. Jedes Kugelpanorama soll mit Ton versehen sein. Hierfür werden mit Hilfe des Smartphones oder mit Hilfe einer 360-Grad-Kamera Kugelpanoramen aufgenommen, Tonaufnahmen mittels Audio-recorder, dem Smartphone oder an einem PC-Arbeitsplatz. Kugelpanoramen und Audioaufnahmen werden mit Hilfe von Unity3D zu einer Android-App zusammengeführt. Am letzten Tag erfolgt eine Projektpräsentation für den Kunden. Mit Hilfe eines von den Lernenden mitgestalteten, kriteriengeleiteten Beurteilungsbogens soll entschieden werden, welche VR-App „Gewinner“ des Auftrags sein soll.

Die Projektmethode nach Frey weist Parallelen zum betrieblichen Projektmanagement auf (vgl. Glossar-Projektmanagement 2015). Lernen und Arbeiten in Projekten fördert die Zusammenarbeit, vermindert Konkurrenzdenken und trägt zur Entwicklung von Sozialkompetenzen bei. Unterrichtsprojekte berücksichtigen zudem die persönlichen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden und können schulische und außerschulische Lernbereich verknüpfen (Frey 1990, 53 f.).

Um den Lernenden im Rahmen der *Projektinitiative* (Phase 1, vgl. ebd., 59), in der Sie sich mit dem Auftrag bzw. der Aufgabenstellung vertraut machen, einen Überblick zu verschaffen, kann es hilfreich sein, auch auf die Entwicklungsgeschichte und den aktuellen Stand der Virtual Reality einzugehen. Im Anschluss daran können die Lernenden anhand der Cardboard, verschiedener Beispiel-Apps und mit der Photo Sphere-App oder einer 360-Grad-Kamera selbst die ersten Erfahrungen mit der Technologie VR sammeln. Nach dieser

kurzen explorativen Phase soll die Aufgabenstellung für das Projekt konkretisiert werden.

Als nächstes folgt die *Auseinandersetzung mit der Projektinitiative in einem vorher vereinbarten Rahmen* (Phase 2). Hier wird zunächst entscheiden, nach welchen Regeln und innerhalb welches Zeitrahmens die Auseinandersetzung vonstattengehen soll. Zum Abschluss gelangen die Beteiligten zur Entscheidung, wie das Projekt durchgeführt werden kann, ein Ergebnis, dass in einer Projektskizze dokumentiert wird (ebd., 59 f.).

Das „Drehbuch“ der VR-App wird von den Lernenden selbst erdacht und entschieden, ebenso die Aufteilung der einzelnen Aufgaben. Hierfür eignet sich eine Themenbörse, in der die Teilnehmer/-innen sich an eine bestimmte Position im Raum stellen oder mit Hilfe von Klebepunkten auf einem Plakat oder an einer Tafel ihr Interesse an einem bestimmten Thema bekunden. Es empfehlen sich Kleingruppen von zwei bis drei Schüler/-innen bei maximal acht Gruppen. Nach der Gruppenfindung bekommen die Schüler/-innen Zeit eine kleine Projektskizze zu erstellen. Darüber hinaus muss sich auch darüber verständigt werden, wie das Projekt von den einzelnen Gruppen dokumentiert werden soll. Auch hier gibt es mehrere Möglichkeiten und Ansätze von einem Text-Dokument bis hin zu einem Blog-Eintrag oder einer Internet-Seite.

Bevor es an die Projektplanung geht, ist es sinnvoll eine *Informationsphase* einzuschieben, die dazu dient, die notwendigen Kenntnisse und Kompetenzen im Umgang mit der entsprechenden Software (Audiotools und Unity3D) anzueignen. Durch die Informationsphase sind die Lernenden in der Lage, einzuschätzen, welchen zeitlichen Umfang die Erstellung der App und die Bearbeitung der Audioaufnahmen haben werden. Insofern kann nun mit der Planung begonnen werden (Phase 3). Ziel dieser Phase (*Gemeinsame Entwicklung des Betätigungsgebietes*) ist die Erstellung eines Projektplanes, aus dem für jedes Gruppenmitglied ersichtlich wird, welche Aufgaben wann von wem erledigt werden müssen. Die Projektteilnehmer/-innen entscheiden hier, was im Einzelnen getan werden soll und erarbeiten eine Struktur und einen Zeitplan für das weitere Vorgehen. Ein Idealzustand wäre, wenn die Projektteilnehmer/-innen „die Initiative zu ihrer Initiative [machen], sodass das Tun persönlich und sachmotiviert zu einer aus ganzen Herzen gewollten Tätigkeit wird“ (Frey, 1990, 61). Es bietet sich an, in dieser Phase einen kriteriengeleiteten Beurteilungsbogen zu erarbeiten. Dieser Bogen schafft Transparenz und Orientierung für den Arbeitsprozess und kann während einer Abschlusspräsentation von jeder/jedem Projektteilnehmer/-in ausgefüllt werden.

Nach einer gut strukturierten Planung kann nun das eigentliche Projekt begonnen werden. Die Projektteilnehmer/-innen widmen sich in der Phase 4 (*Projekt-*

durchführung) selbstständig den geplanten Aufgaben. Hierbei ist es wichtig, die Lernenden nicht komplett sich selbst zu überlassen, sondern beratend zur Seite zu stehen und eine gewisse Struktur vorzugeben. Hierzu dienen Auftakt- und Abschlusstreffen (6: Fixpunkte) in der Gesamtgruppe. Hier wird der aktuelle Stand abgefragt, ob der Zeitplan eingehalten wird, was am jeweiligen Tag gemacht werden soll, wo Hilfe benötigt wird und ob irgendwelche Probleme aufgetreten sind. Wurde sich über diese Punkte ausgetauscht, wird innerhalb der Gruppen entschieden, inwiefern der Zeitplan angepasst werden muss. Zur Projektsteuerung sind regelmäßige Gesprächsrunden (*Fixpunkte*) vorzusehen, in denen sich die Teilnehmer/-innen gegenseitig über die letzten Tätigkeiten informieren, um so zu verhindern, dass Orientierungslosigkeit auftritt oder sich die einzelnen Projektteilnehmer/-innen nicht absprechen (ebd., 137). Um inhaltliche Fragen des Projekts oder zwischenmenschliche Probleme zu klären, sind zudem Zwischengespräche zur sogenannten *Metainteraktion* vorzusehen. Dies kann innerhalb der einzelnen Gruppen selbstständig, wie auch unter Anleitung geschehen.

Ziel sollte sein, das Projekt bewusst mit einem erstellten Produkt abzuschließen und in einer vorher festgelegten Form (Phase 2) zu veröffentlichen bzw. dem Auftraggeber zu präsentieren. Darüber hinaus ist es, auch mit Blick auf die Kompetenzförderung, zielführend das Ergebnis zur Projektinitiative zurück zu koppeln und den gesamten Prozess zu reflektieren. Die Teilnehmer/-innen können hier analysieren, welche Probleme es gab bzw. wie zufrieden sie mit der Projektdurchführung sind. Ebenfalls wird an dieser Stelle entschieden, welche VR-App „als Gewinner“ gewertet werden soll, wenn es konkurrierende Projekte gab. Allen Projektteilnehmer/-innen sollte am Ende dieser Phase klar sein, wo die eigenen Stärken und Schwächen liegen und welche Teile bei der Projektdurchführung bei einer erneuten Durchführung anders umgesetzt werden könnten. Die dritte Variante der Projektbeendigung nach Frey (1990, 63), nämlich das Projekt ohne fertiges Produkt auslaufen zu lassen, ist grundsätzlich möglich, schafft aber kein vergleichbares Erfolgserlebnis.

Die technischen Aspekte bei der Entwicklung von virtuellen Rundgängen im Unterricht

Ein mögliches Werkzeug für die Erstellung einer Android-App mit einem virtuellen Rundgang für die Cardboard ist die Spiel-Engine oder auch Entwicklungs-umgebung *Unity3D*. Spiele-Engines wie Unity3D dienen dazu Computerspiele oder andere interaktive 3D-Grafik-Anwendungen zu erstellen. Unity3D eignet sich für den Einsatz in Schulen (oder auch privat), da es kostenfrei heruntergeladen und installiert werden kann. Unity3D kann unter anderem auf den

Betriebssystemen Windows und OS X installiert werden. Im Anschluss ist es möglich, die mit dieser Entwicklungsumgebung erstellten Programme für verschiedene Zielplattformen zu exportieren. Mögliche Zielplattformen sind beispielsweise Linux, Playstation, iOS, Android oder auch Webbrower wie Firefox oder Chrome (Unity3D 2016).

Zunächst sollen ein oder mehrere 360-Grad-Panoramen bzw. Kugelpanoramen aufgenommen werden. Mit Unity3D ist es möglich, diese mit Ton zu unterlegen und verschiedene Panoramen miteinander zu verbinden. Anschließend erzeugt Unity3D eine Installationsdatei für Android (apk-Datei – Android Package). Diese Datei wird benötigt, um die erstellte App auf einem geeigneten Smartphone zu installieren. Wird die App aktiviert und das Smartphone mit laufender App in die Google Cardboard eingelegt, kann der virtuelle Rundgang beginnen.

Voraussetzungen

Die Anzahl an benötigten Materialien zu Herstellung einer Cardboard-VR-Brille wurde von den Designer/-innen sehr gering gehalten. Die aktuelle Version 2.0 der Google Cardboard besteht lediglich aus Pappe, Klettverschlüssen, Gummiband, Kunststofflinsen und einem Stück Kunststoff. Die Klettverschlüsse sollen der zusammengefalteten VR-Brillen-Konstruktion Stabilität verleihen (Google 2015, 8). Das Gummiband verhindert, dass das Smartphone, wenn es in die VR-Brille eingelegt wurde, seitlich hinausgleiten kann (ebd., 9).

In der Version 2 der Google Cardboard wird ein Knopf in Blickrichtung oben rechts verbaut, um Eingaben zu ermöglichen, ohne das Smartphone aus der Cardboard herausnehmen zu müssen. Wird dieser Knopf betätigt, drückt in der Cardboard ein kleines Stück Kunststoff gegen den Bildschirm des eingelegten Smartphones. Dieser Kunststoff besteht aus Polyester Ni/Cu, dessen kapazitiven Eigenschaften eine einfache Eingabe am Smartphone gestatten soll (ebd., 7).

Der Lagesensor im Smartphone ermöglicht es, die Cardboard wie ein HMD zu benutzen. Es kann mit Elementen in der virtuellen Umgebung eine Interaktion erfolgen, zum Beispiel das Betätigen eines Tasters oder die Bewegung eines Objekts. Hierbei kann die Anzeige eines Cursors, der sich im Idealfall direkt in der Mitte des Sichtfeldes befindet, die Benutzung vereinfachen (siehe Abbildung 5). Die Interaktion erfolgt durch Ausrichtung des Sichtfeldes bzw. des Cursors auf das für die Interaktion vorgesehene Objekt. Eine Interaktion kann durch längere Betrachtung oder durch Benutzung des Tasters der Cardboard bzw. Berührung des Displays initiiert werden. Komplexere Interaktionen sind derzeit noch nicht möglich, allerdings können diese Eingaben mit Hilfe speziell-

ler Eingabegeräte (bspw. Datenhandschuhen) ermöglicht werden (Dörner 2013, 22). Darüber hinaus sind zukünftig Interaktionen durch Spracheingabe zu erwarten.

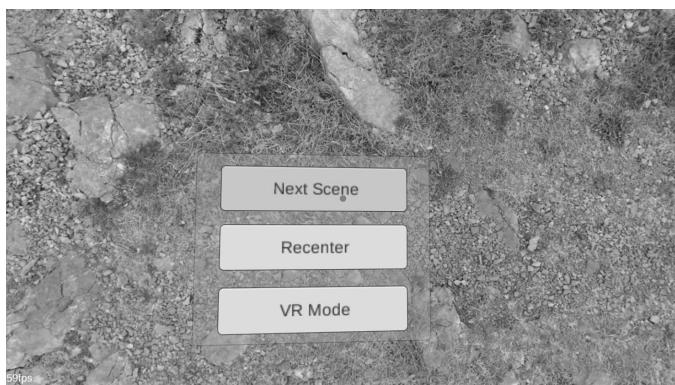


Abb. 5: Darstellung auf dem Smartphone-Display ohne stereoskopische Darstellung; Buttons und Cursor

Nicht alle Smartphones sind für die Benutzung von VR-Apps mit der Cardboard geeignet. Smartphones, deren Abmessungen einen bestimmten Bereich verlassen, die eine bestimmte Leistungsfähigkeit nicht erreichen oder deren Betriebssystem veraltet ist, können nicht genutzt werden. Nur mit relativ aktuellen und leistungsfähigen Geräten ist gewährleistet, dass die jeweiligen VR-Apps installiert werden können und darüber hinaus ohne Fehlfunktionen nutzbar sind. Bisher ist es möglich Smartphones mit Android- oder iOS-Betriebssystem zu verwenden. Mindestvoraussetzung ist Android 4.1⁴ und iOS 8⁵. Die Bildschirmdiagonale sollte nicht kleiner sein als 3,5 Zoll und nicht größer als 6 Zoll⁶.

Um Kugelpanoramen aufnehmen zu können, wird eine Kamera-App benötigt, die über die Photo Sphere-Funktion verfügt, bspw. die Kamera App⁷ oder die Cardboard App.⁸

Zur Verwendung von Unity3D wird ein Computer mit mindestens Windows 7 (SP1) als Betriebssystem benötigt. Der Computer muss über eine DirectX 9 (*shader model 2.0*) fähige Grafikkarte verfügen. Es ist ebenfalls möglich, Unity3D auf

4 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.samples.apps.cardboarddemo>

5 <https://itunes.apple.com/us/app/google-cardboard/id987962261?mt=8>

6 <https://www.google.com/get/cardboard/get-cardboard/>

7 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.GoogleCamera&hl=de>

8 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.vr.cyclops&hl=de>

einem Mac zu verwenden mit den Mindestvoraussetzungen OS X 10.9.4 und Xcode 6.x.⁹

Erstellen von Kugelpanoramen

Mit der Kamera-App lassen sich Kugelpanoramen (siehe Abbildung 6) im sogenannten *Photo Sphere*-Modus aufnehmen. Jede gute Smartphone-Foto-App ist in der Lage, Panoramafotos aufzunehmen. Mit einem großen Schwenk mit der Kamera von links nach rechts werden diese aufgenommen und es fehlt der untere und obere Bereich. Bei der Erstellung eines Kugelpanoramas werden diese fehlenden Bereiche mit aufgenommen.



Abb. 6: Kugelpanorama aufgenommen in einer Werkstatt

Statt einen durchlaufenden Kameraschwenk durchzuführen, werden einzelne Fotos gemacht (siehe Abbildung 7), die am Ende zu einem Panorama zusammengestellt werden. Hierzu stellt sich die/der Fotograf/-in auf die gewünschte Position von der aus das Panorama gemacht werden soll. Wichtig ist, während des Fotografierens die Position nicht zu verlassen – es kann sonst zu unerwünschten Verzerrungen im Panorama kommen. Der Betrachtungswinkel vom Standpunkt aus ist so für jeden erlebbar. Jede gewünschte Richtung vom Mittelpunkt eines jeden Bildes kann so anvisiert werden. Unter eigener Regie kann selbst der Blick nach oben und nach unten vom Benutzer erlebbar gestaltet und anschließend für jedermann nachvollziehbar sein.

9 <https://store.unity.com/download?ref=personal>

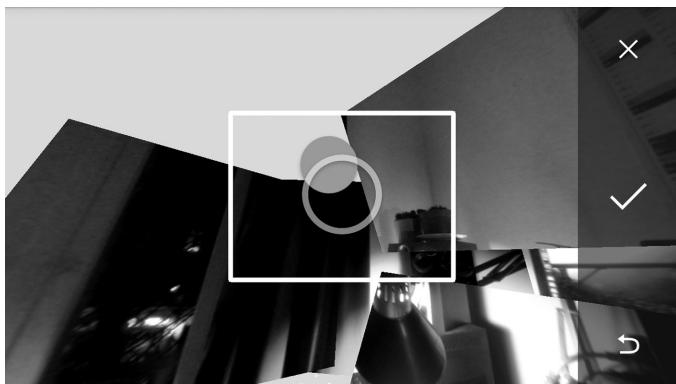


Abb. 7: Photosphere-Modus (Screenshot)

Verwendung der erstellten App

Um die App mit Hilfe von Unity3D zu erstellen und zu exportieren, sind verschiedene Schritte bzw. Einstellungen nötig. Die genaue Herangehensweise bzw. ein für diese Arbeit erstelltes Tutorial sind und weitere Informationen stehen im Internet bereit¹⁰, um die Erstellung der VR-App mit Unity3D zu vereinfachen. Es müssen im Anschluss Anpassungen vorgenommen werden, es sind hierbei aber keine Programmierkenntnisse nötig. Audiodateien und Kugelpanoramen können durch einfache Eingaben mit der Maus ausgetauscht werden. Wird von der Lehrkraft die benötigte Software bereits im Vornherein installiert, ist es möglich, den zeitlichen Aufwand dadurch ebenfalls zu reduzieren. Die Anforderungen an den Umfang der Projektdokumentation, der Projektplanung und des Projektmanagements muss der jeweiligen Lerngruppe angepasst werden.

Die erstellte App startet automatisch nach der Übertragung durch *Unity3D* auf ein Smartphone. Nach der Übertragung wird die App ebenfalls im Menübereich des Smartphones aufgelistet und kann auch dort gestartet werden. Mit Öffnen der App erscheint zunächst der Unity-Startbildschirm. Nach einer kurzen Wartezeit startet die App zunächst im stereoskopischen Modus.

Das Smartphone kann nach dem Start der App in die Cardboard eingelegt und die Cardboard aufgesetzt werden. Schaut die/der Nutzer/-in nach unten, sieht sie/er dort die Buttons (Schaltflächen). Durch Ausrichten des Sichtfeldes auf einen der Buttons und Betätigung des Tasters der Cardboard oder durch Berührung des Bildschirmes lassen sich die Buttons betätigen. Die Ausrichtung des

10 <http://tinyurl.com/tubvr>

Sichtfeldes auf einen Button wird durch einen gelben Cursor erleichtert (siehe Abbildung 5). Der *Next Scene*-Button ermöglicht das Weiterschalten zur nächsten Szene. Der *Recenter*-Button dient zur Ausrichtung der Szene in die Halte-richtung des Smartphones. Der *VR Mode*-Button ermöglicht den Wechsel von der stereoskopischen Betrachtungsweise zu einer einfachen Querformat-Betrachtung des Kugelpanoramas und wieder zurück. Die Querformat-Betrach-tung ermöglicht damit eine einfache Verwendung der App auch ohne Card-board.

Fazit und Ausblick

Mit Hilfe der Google Cardboard und einer Kamera-App ist jeder mit techni-schem Interesse in der Lage, selbst VR-Apps für Smartphones zu publizieren. Auf welche Art und Weise dieses Verfahren innerhalb einer Unterrichtseinheit zur Entwicklung der Medien- bzw. der Fachkompetenz beitragen kann, gibt es verschiedene Möglichkeiten, beispielsweise unter Zuhilfenahme der Projektme-thode nach Frey (1990).

Zunächst bietet sich die Verwendung der Cardboard für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen aufgrund der geringen Anschaffungskosten, der aktuellen Verfügbarkeit und der einfachen Handhabung an. VR und AR-Technologien werden in den nächsten zehn Jahren aus ihrer Nische heraustreten und sich etablieren, wie es das Internet und das Smartphone schon vorher getan haben. Die Möglichkeiten, die sich aus der VR-Brille Cardboard ergeben, eröffnen die Chance, von Anfang an die Entwicklung dieser neuen Technologie zu verste-hen und zu begleiten. Daraus ergibt sich besonders für Lehrer/-innen eine her-vorragende Gelegenheit, ihren Unterricht zu bereichern.

Gerade in der beruflichen Bildung ist der Einsatz naheliegend. Mit speziellen Eingabegeräten könnten hier mithilfe von VR-Brillen bestimmte Arbeitsprozes-se eingeübt werden. Ihre Verwendung ist besonders für vollschulische Ausbil-dungsgänge gut denkbar, in denen die Lernenden nur wenig Gelegenheit haben Praxiserfahrungen zu sammeln. Ebenso bieten sich VR-Brillen für die Pla-nung oder die Gestaltung von Veränderungen bei Gebäudestrukturen oder im Bereich des Arbeitsschutzes an. Dabei kann das Verhalten in Brand- und Kata-strophentfällen gefahrlos trainiert werden. AR-Brillen können an bestimmten Maschinen, Geräten oder Werkzeugen Informationen oder Handlungsanwei-sungen einblenden. Die einfache Erstellung von VR-Apps mit Kugelpanoramen bietet bereits jetzt verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, so lassen sich mit dieser Technik auch Situationen außerschulischer Lernorte (bspw. Werkstätten oder Baustellen) im Unterricht nutzen.

Auch für die allgemeinbildenden Fächer bietet die Demo-App¹¹ für die Cardboard von Google jetzt schon verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Zum Beispiel ist es möglich, Google Earth mit der Cardboard zu verwenden und durch den Grand Canyon oder durch New York zu „fliegen“. Diese Funktion kann im Geografieunterricht, ebenso im Geschichts- oder im Fremdsprachenunterricht verwendet werden. Hier gibt es gegenüber zweidimensionalen Bildern aus einem Lehrbuch definitiv eine perspektivische Verbesserung. Ebenso eignet sich die App für geführte Rundgänge (entweder als VR-Video oder als eine Reihe von Kugelpanoramen), welche in deutscher oder in einer anderen Sprache erfolgen können. Auch in dieser Hinsicht existieren zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen des Unterrichts. Die VR-Technologie kann helfen, bestimmte Dinge oder Orte zu visualisieren. Darüber hinaus kann es motivierend wirken, VR-Brillen im Unterricht zu nutzen, da es eine Abwechslung vom Unterrichtsalltag darstellt. So wird eine spannende neue Technologie und das Smartphone nicht aus dem Unterricht verbannt, sondern in den Lehr-Lern-Prozess einbezogen.

Für den MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) ergeben sich ebenfalls verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von VR-Technologie. In diesen Fächern würde es weniger darum gehen außerschulische Lernorte mit Hilfe einer VR-Brille zu betrachten, sondern eher Vorgänge und Objekte zu visualisieren, die man normalerweise nicht sehen kann bzw. die sich Schüler/-innen nur schwer vorstellen können. Elektromagnetische Felder, sich durch einen Draht bewegende Elektronen, astronomische Vorgänge oder der Zellaufbau können so im Unterricht recht gut räumlich veranschaulicht werden.

Ebenso ist der Einsatz in der beruflichen Bildung naheliegend. Mit speziellen Eingabegeräten könnten hier mithilfe von VR-Brillen bestimmte Arbeitsprozesse eingetüft werden. Ihre Verwendung ist besonders für vollschulische Ausbildungsgänge gut denkbar in denen die Lernenden nur wenig Gelegenheit haben Praxiserfahrungen zu sammeln. Ebenso bieten sich VR-Brillen für die Planung oder die Gestaltung von Veränderungen bei Gebäudestrukturen oder im Bereich des Arbeitsschutzes an. Dabei kann das Verhalten in Brand- und Katastrophenfällen gefahrlos trainiert werden. Auch AR-Brillen können, wie auf der ISS (siehe Kapitel 2.1), an bestimmten Maschinen, Geräten oder Werkzeugen Informationen oder Handlungsanweisungen einblenden.

Die einfache Erstellung von VR-Apps mit Kugelpanoramen bietet bereits jetzt verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, sei es als Werbemittel (bspw. Tourismusbranche), Dokumentationsmittel (bspw. bei baulichen Veränderungen oder

11 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.samples.apps.cardboarddemo>

dem Festhalten des Ist-Zustandes), Lehrmittel oder Lernmittel. Hier ergeben sich vor allem in der Berufsausbildung im Bereich Medientechnik Überschneidungen zu anderen Fächern wie Sozialkunde, Deutsch oder Geschichte, bspw. wenn VR-Rundgänge von bestimmten außerschulischen Lernorten wie Denkmälern, Museen oder Gebäuden von obersten Verfassungsorganen erstellt werden, die auch in anderen Fächern parallel thematisiert werden.

Die Erstellung von VR-Rundgängen oder einer Virtuellen Welt allgemein bieten als Lehrmittel, Lernmittel oder Handlungsprodukt verschiedene Ansätze zur Kompetenzentwicklung, allen voran zur Entwicklung der Medienkompetenz von Lernenden. Die Hintergründe, die Entwicklung dieser Technologie und die verblüffende Art und Weise der Sinnestäuschung hat das Potenzial den Unterricht nachhaltig zu verändern.

Literaturverzeichnis

- BITKOM (2015): Digitale Schule – vernetztes Lernen: Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht. BITKOM.
- Bos, W.; Eickelmann, B.; Gerick, J. (2014a): ICILS 2013 auf einen Blick: International Computer and Information Literacy Study. Münster.
- Bos, W.; Eickelmann, B.; Gerick, J. (2014b): ICILS 2013 Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster.
- Brill, M. (2009): Informatik im Fokus: Virtuelle Realität. Berlin, Heidelberg.
- Dörner, R. (Hrsg.) (2013): Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Berlin, Heidelberg.
- Frey, K. (1990): Die Projektmethode. Weinheim, Basel.
- GBP (2014): Glossar der Bild-Philosophie: Virtualität. Uni Tübingen, 2014. – <http://www.gib.uni-tuebingen.de/netzwerk/glossar/index.php?title=Virtualit%C3%A4t> (Letzter Zugriff: 16.02.2016).
- Glossar-Projektmanagement (2015): Projektlebenszyklus. In: Projekt Magazin, 2015. – <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/projektlebenszyklus> (Letzter Zugriff: 18.03.2016).
- Google (Hrsg.) (2015): Google Cardboard – Technical Specification Version 2.0. http://schd.ws/hosted_files/ssslc2016/0b/Google%20Cardboard%20IO%202015%20Technical%20Specifications.pdf (Letzter Zugriff: 24.08.2016).

- Heuzeroth, T. (2013): Entwickler träumen von der Millionen-App. In: Die Welt v. 26.09.2013. <http://www.welt.de/wirtschaft/article120391731/Entwickler-traeum-men-von-der-Millionen-App.html> (Letzter Zugriff: 25.03.2016).
- Janssen, J.-K. (2015): Virtual-Reality-Brille HTC Vive: Neues Entwicklerkit statt Consumerversion. Heise online. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Virtual-Reality-Brille-HTC-Vive-Neues-Entwicklerkit-statt-Consumerversion-3037000.html> (Letzter Zugriff: 29.12.2015).
- Knutzen, S. (2010): Berufliche Fachrichtung Medientechnik. In: Herkner, V.; Pahl, J. P. (Hrsg.): Handbuch der beruflichen Fachrichtungen. Bielefeld.
- OSZ-KIM (Hrsg.) (2015): Bildungsgänge – Medienassistent. <http://www.oszkim.de/home/de/Wer-sind-wir/Bildungsgaenge/mehrj-Berufsfachschule/Medienassistent> (Letzter Zugriff: 16.03.2016).
- Politik-Digital (Hrsg.) (2012): Netzstandpunkte: Brauchen wir ein Fach Medienkompetenz? [politik-digital.de vom 08.02.2012. http://politik-digital.de/netzstandpunkte/brauchen-wir-ein-fach-medienkompetenz-10955/](http://politik-digital.de/netzstandpunkte/brauchen-wir-ein-fach-medienkompetenz-10955/) (Letzter Zugriff: 16.02.2016).
- Rathgeb, T. (2015): JIM 2015: Jugend, Information, (Multi-) Media. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf15/JIM_2015.pdf (Letzter Zugriff: 16.03.2016).
- Samsung (Hrsg.) (2015): Gear VR: How Samsung makes Virtual Reality a Reality. Samsung, 2015. <https://news.samsung.com/global/gear-vr-how-samsung-makes-virtual-reality-a-reality> (Letzter Zugriff: 16.02.2015).
- Sutherland, I. (1968): A head-mounted three dimensional display. The University of Utah.
- Treumann, K.-P.; Baacke, D.; Haacke , K.; Hugger, K.U.; Vollbrechta, R.; Oliver, K. (2002): Medienkompetenz im digitalen Zeitalter: Wie die neuen Medien das Leben und Lernen Erwachsener verändern. Wiesbaden (Schriftenreihe Medienforschung der Landesanstalt für Rundfunk Nordrhein-Westfalen 39).
- Unity3D (Hrsg.) (2016): Unity3D: learn more. <http://unity3d.com/unity> (Letzter Zugriff: 14.03.2016).
- Wallat , J. (2014): Google Cardboard: Das steckt hinter dem mysteriösen Karton von der Google I/O. <https://www.androidpit.de/google-cardboard> (Letzter Zugriff: 01.02.2015).

Medienkompetenz in der Berufsausbildung – Qualifizierung für die Arbeitswelt 4.0

Heike Krämer, Gabriele Jordanski

Abstract

Der Beitrag stellt die Ergebnisse des BIBB-Forschungsprojektes „Medien anwenden und produzieren – Entwicklung von Medienkompetenz in der Berufsausbildung“ vor, das nach zweieinhalbjähriger Laufzeit Ende 2015 abgeschlossen werden konnte. Im Ergebnis wurde eine mehrdimensionale Definition von Medienkompetenz für die berufliche Bildung entwickelt, die sich von einer reinen Technikzentrierung löst und die für die Mediennutzung relevanten Aspekte wie z. B. Zusammenarbeit, Kommunikation und Lernen einbezieht. Einen zweiten Schwerpunkt bildete die Ermittlung der Ausbildungsinhalte, die notwendig sind, damit zukünftige Fachkräfte mit Medien selbstständig agieren und auch neue Entwicklungen in ihr Tätigkeitsfeld integrieren können. Aus den Untersuchungsergebnissen wurden Hinweise zur Gestaltung von Ausbildungsordnungen und anderen Bildungsgängen der beruflichen Qualifizierung entwickelt.

Ausgangslage

Die Digitalisierung und Vernetzung hat mittlerweile viele Bereiche von Produktion und Dienstleistung durchdrungen. Einige Branchen stehen nun vor weitergehenden Herausforderungen, die durch den Begriff der Industrie 4.0 gekennzeichnet werden: Betriebsmittel und Produkte werden hier durch die Integration von Rechnerleistung und einer Verbindung mit dem Internet kommunikationsfähig und können flexibel vernetzt werden; es entstehen sogenannte cyber-physische Systeme (CPS). Gegenstände der physischen Welt werden so mit der digitalen Welt verknüpft bis hin zur Schaffung vollkommen vernetzter Fertigungsprozesse (Windelband und Dworschak 2015).

Um in diesen Systemen verantwortungsvoll agieren zu können, müssen Auszubildende heute nicht nur technisches Verständnis im Umgang mit Medien erwerben, sondern damit auch weitere fachliche und personale Kompetenzen verknüpfen. Im beruflichen Kontext bedeutet dies, Medien und andere computergestützte Technologien nicht mehr nur auf technische Nutzung und/oder den Erwerb von Informationen und Wissen zu beschränken, sondern ihre vielfältigen Funktionen in Bezug auf Kommunikation, Kooperation und Kollabora-

tion zu nutzen und weiterzuentwickeln. Zentrale Aufgabe des Projektes war es deshalb, Grundlagen für die Beschreibung, Feststellung und Entwicklung von beruflicher Medienkompetenz zu schaffen, und zwar einerseits am Beispiel von Berufen, die Medien nutzen, um Informationen zu beschaffen und Probleme zu beruflichen Zwecken zu lösen sowie andererseits von Berufen, die als Kernaufgabe sowohl analoge als auch digitale Medien erstellen. Für die Untersuchung wurden drei Gruppen gebildet:

1. Berufe, die Medien konzipieren, gestalten und produzieren: Medienproduzierende Berufe (MP)
2. Berufe, die Medien integrierend in ihrer Tätigkeit anwenden: Medienintegrierende Berufe (MI)
3. Berufe, die im Rahmen ihrer Tätigkeit auch (aber meist seltener) Medien nutzen: Mediennutzende Berufe (MN)

Für diese Untersuchungsgruppen wurden exemplarisch insgesamt neun gewerblich-technische, kaufmännische, handwerkliche und dienstleistungsorientierte Berufe ausgewählt.

Tab. 1: Untersuchte Ausbildungsberufe

	Gewerblich-technischer Beruf	Kaufmännischer Beruf	Handwerks- bzw. Dienstleistungsberuf
Medienproduzierende Berufe (MP)	Mediengestalter/-in Digital und Print	Medienkaufleute Digital und Print	Fotograf/-in
Medien-integrierende Berufe (MI)	Technische/r Produktdesigner/-in	Kaufleute für Bürokommunikation	Fachangestellte/-in für Markt- und Sozialforschung
Medien-nutzende Berufe (MN)	Papiertechnologe/-in	Kaufleute im Einzelhandel	Buchbinder/-in

Als Forschungsdesign wurde ein Mix aus qualitativen und quantitativen Methoden der empirischen Sozialforschung gewählt. So wurden leitfadengestützte Interviews mit Expertinnen und Experten aus Hochschulen, der Berufsbildungspolitik sowie der Ausbildungs- und Berufsschulpraxis geführt. Daran anknüpfend wurden Fallstudien in Unternehmen durchgeführt, deren Kern leitfadengestützte Interviews mit Auszubildenden und Ausbildungspersonal bzw. Personalverantwortlichen bildete. Durch eine onlinegestützte Befragung von betrieblichem und berufsschulischem Ausbildungspersonal sowie von Auszubildenden konnten die in den vorigen Untersuchungsschritten gewonnenen Er-

kenntnisse weiter verfeinert und validiert werden. Zusätzlich gestützt wurde die Untersuchung durch die Analyse von Ausbildungsordnungen, Einstellungstests, Stellenanzeigen und Erwerbstätigtenbefragungen.

Definition von Medienkompetenz für die Berufsausbildung

In den vergangenen Jahren haben sich zahlreiche Studien mit der Medienkompetenz insbesondere Jugendlicher in Schule und Freizeit beschäftigt. Die Berufsbildung spielte dort jedoch kaum eine Rolle. Erst durch eine durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geschaffene Expertenkommission wurden mit der Studie „Kompetenzen in einer digital geprägten Kultur. Medienbildung für die Persönlichkeitsentwicklung, für die gesellschaftliche Teilhabe und für die Entwicklung von Ausbildungs- und Erwerbsfähigkeit“ Grundlagen für ein erweitertes Verständnis von Medienkompetenz in der beruflichen Bildung geschaffen (BMBF 2010). Die Analyse einschlägiger Forschungsergebnisse zur Systematisierung der Aspekte von Medienkompetenz gab darüber hinaus weitere Hinweise zur Beschreibung von Medienkompetenz in der Berufsausbildung (u. a. Baacke 1996, Tulodziecki 1998, EAVI 2010).

Daran anknüpfend konnten im Rahmen der Interviews mit Expertinnen und Experten zunächst Kompetenzbündel entwickelt werden, die Medienkompetenz im beruflichen Zusammenhang beschreiben. Neben der zielgerichteten Nutzung von Medien gehören demnach die verantwortungsvolle Zusammenarbeit, das selbstständige Lernen, die zielgerichtete Nutzung von Sprache, der Umgang mit Innovationen sowie als Rahmenbedingungen rechtliche, ethische und wirtschaftliche Aspekte zu einem ganzheitlichen Verständnis von Medienkompetenz. Diese Kompetenzbündel wurden im Rahmen der betrieblichen Fallstudien mit den Auszubildenden und dem Ausbildungspersonal reflektiert und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Im Ergebnis konnte eine mehrdimensionale Definition von Medienkompetenz in der Berufsausbildung entwickelt werden.

Definition von Medienkompetenz in der Berufsausbildung

Medienkompetenz in der Berufsausbildung ist ein mehrdimensionales Konstrukt. Dieses umfasst die Entwicklung der Fähigkeit zur zielgerichteten Mediennutzung (etwa der aufgabenbezogene Einsatz einer Software), die Fähigkeit zur verantwortungsvollen Zusammenarbeit (etwa den verantwortungsvollen Einsatz von Social Media in der Kommunikation), die zielgerichtete Nutzung von Sprache (etwa den situationsbezogenen sprachlichen

Ausdruck) sowie die Kompetenz zum selbstständigen Lernen (auch unter Nutzung von Medien).

Als weiterer Teilaspekt von Medienkompetenz ist im beruflichen Kontext die Fähigkeit von Bedeutung, rechtliche, ethische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen bei der Anwendung und Produktion von Medien zu berücksichtigen.

In einigen Berufen kann zur Medienkompetenz darüber hinaus auch die Fähigkeit gehören, Innovationen aufzugreifen und voranzutreiben.

Diese Definition beschränkt sich auf der technischen Ebene nicht mehr nur auf die Mediennutzung sondern bindet den Umgang mit Innovationen ein. Darüber hinaus werden Aspekte der Kommunikation, der Kooperation, des Lernens sowie rechtlicher und ethischer Rahmenbedingungen einbezogen. Diese mehrdimensionale Betrachtung schafft bewusst auch Schnittstellen zu Querschnittskompetenzen, wie Sprachkompetenz, Selbstlernkompetenz oder verantwortungsvoller Zusammenarbeit. Denn diese Kompetenzen können nicht losgelöst voneinander betrachtet werden, sondern bilden im Rahmen der beruflichen Handlungskompetenz die für ein selbstständiges und verantwortungsvolles Handeln erforderlichen Kompetenzen in ihrem Zusammenwirken ab. Gleichzeitig beschränkt sich die Definition nicht nur auf die erforderliche Fachkompetenz im Sinne einer Beschreibung von Wissen und Fertigkeiten. Auch personale Kompetenzen wie Sozialkompetenz und Selbstständigkeit werden in die Definition einbezogen und können damit auch zur Kompetenzbeschreibung im Sinne des Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR) genutzt werden.

Um diese Definition von Medienkompetenz für die Berufsbildungspraxis operationalisierbar zu machen, wurden Dimensionen abgeleitet und diese wiederum in verschiedene Aspekte ausdifferenziert¹:

1. Medien zielgerichtet nutzen: Der/die Auszubildende

- wählt Medien aufgabenbezogen aus,
- nutzt Hard- und Software aufgabenbezogen,
- recherchiert aufgabenbezogen und wählt geeignete Quellen aus,
- gestaltet und/oder dokumentiert Inhalte in verschiedenen Medien,
- beherrscht die in seinem Beruf gängige fachbezogene Software.

1 Die aufgeführten Kompetenzen sollen die Auszubildenden zum Ende ihrer Ausbildung erworben haben. Sie gelten somit als Kompetenzen einer selbstständig agierenden Fachkraft.

2. Verantwortungsvolle Zusammenarbeit: Der/die Auszubildende

- nutzt Medien zum Austausch und zur Zusammenarbeit mit anderen,
- bringt sich aktiv in den Austausch ein und treibt diesen voran,
- achtet darauf, andere zu respektieren und niemandem zu schaden.

3. Sprache zielgerichtet nutzen: Der/die Auszubildende

- drückt sich mündlich und schriftlich situationsbezogen aus,
- berücksichtigt die Regeln der mündlichen und schriftlichen Kommunikation,
- bewertet Informationen und beurteilt, ob diese für die Aufgabenstellung wichtig sind.

4. Selbstständig lernen: Der/die Auszubildende

- erkennt neue Entwicklungen und leitet daraus seinen/ihren Lernbedarf ab,
- lernt selbstständig und zielgerichtet.

5. Rechtliche Grundlagen: Der/die Auszubildende

- beachtet die rechtlichen Grundlagen der Mediennutzung.

6. Ethische Grundlagen: Der/die Auszubildende

- beachtet die gesellschaftlichen Normen und Werte bei der Mediennutzung.

7. Wirtschaftliche Grundlagen: Der/die Auszubildende

- achtet bei der Mediennutzung auf wirtschaftliche Aspekte, z. B. den verantwortungsvollen Umgang mit finanziellen und zeitlichen Ressourcen.

8. Innovationen aufgreifen und vorantreiben: Der/die Auszubildende

- setzt sich aktiv mit neuen Anwendungen auseinander,
- beurteilt, ob sich neue Anwendungen für die eigene Arbeit nutzen lassen,
- entwickelt neue Anwendungen im Rahmen seiner Arbeit weiter und/oder gestaltet sie.

Die Unterfütterung der einzelnen Dimensionen von Medienkompetenz kann im Weiteren dazu dienen, Empfehlungen für die Beschreibung von Kompetenzen in Ausbildungsordnungen und Regelungen anderer Bildungsgänge sowie

zur Entwicklung von Erfassungsmethoden zur Einschätzung von Medienkompetenz zu entwickeln. Dazu wurden entsprechende Handreichungen und Instrumente erstellt, die auch berücksichtigen, dass die Bedeutung der einzelnen Dimensionen und ihrer Aspekte bezüglich ihrer Kompetenzniveaus von Beruf zu Beruf variieren kann (Krämer et al. 2015).

Beitrag der Berufsausbildung zur Medienkompetenzentwicklung

Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchung lag in der Ermittlung derjenigen Kompetenzen, die im Rahmen der Berufsausbildung in besonderem Maße entwickelt werden müssen. Im Rahmen der betrieblichen Fallstudien wurden deshalb Auszubildende und das Ausbildungspersonal bzw. die Personalverantwortlichen befragt, welche Aspekte der Medienkompetenz vor Beginn der Ausbildung in welchem Maße bei den Schulabsolventinnen und -absolventen vorhanden waren. Dem wurde die Erwartung der Unternehmen an die Medienkompetenz von ausgebildeten, selbstständig agierenden Fachkräften gegenübergestellt. Aus der Differenz wurden dann die wesentlichen Inhalte der Berufsausbildung abgeleitet².

Basierend auf den Ergebnissen der betrieblichen Fallstudien wurden in der Online-Befragung betrieblichem und schulischem Ausbildungspersonal sowie Auszubildenden verschiedene Aussagen vorgelegt, anhand derer die vorhandene Medienkompetenz der Auszubildenden zu Beginn der Ausbildung eingeschätzt werden sollte. Die Bewertungen der einzelnen Befragtengruppen zeigen dabei teilweise deutliche Differenzen (vgl. Abb. 1)³.

Während bei den Befragten weitgehend Einigkeit darüber besteht, dass Auszubildende Medien zur Zusammenarbeit nutzen können, meint die überwiegende Mehrheit der Auszubildenden, dass sie selber beim Umgang mit Medien auf einen respektvollen Umgang mit anderen achten. Diese Bewertung teilen vier von fünf betrieblichen Ausbilder/-innen, aber nur etwas mehr als die Hälfte der Berufschullehrer/-innen.

Weitere gut entwickelte Kompetenzen sind aus Sicht der betrieblichen Ausbilder/-innen und Ausdrucksvermögen auch mittels Medien sowie das Respektieren von Regeln. Beide Aspekte werden von schulischer Seite ebenfalls deutlich

-
- 2 Die erwartete Medienkompetenz unterscheidet sich sowohl zwischen als auch innerhalb der Untersuchungsgruppen. Besonderheiten einzelner Berufe bzw. Untersuchungsgruppen werden im Rahmen einer weitergehenden Veröffentlichung dargestellt (Krämer, Jordanski, Goertz 2016).
 - 3 Eine ausführliche Darstellung mit allen Items auch der folgenden Abbildungen findet sich ebenfalls in der vorgenannten Veröffentlichung.

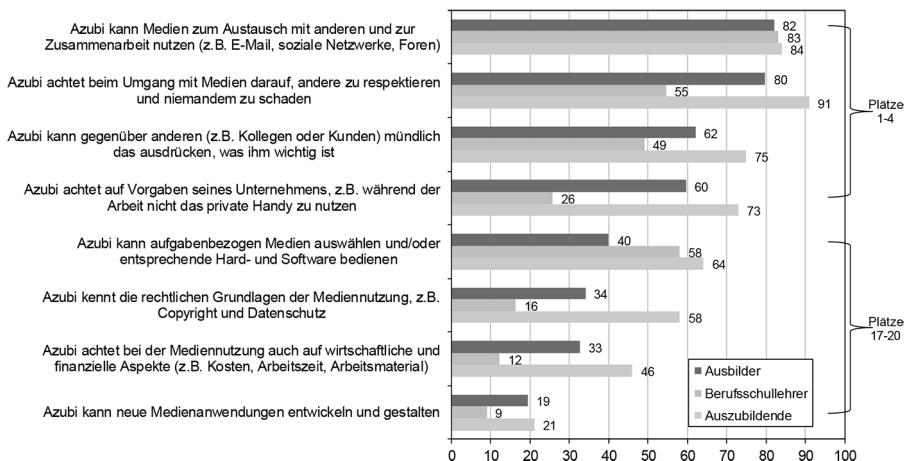


Abb. 1: Medienkompetenz zu Beginn der Ausbildung

© BIBB und MMB-Institut, 2015

schlechter bewertet. Deutlich weniger kompetent sind die Ausbildungsanfänger/-innen bei der Auswahl und Bedienung aufgabenbezogener Medien (das beinhaltet die fachbezogene Hard- und Software) sowie bei der Beachtung rechtlicher und ökonomischer Rahmenbedingungen der Mediennutzung; bei diesen Aspekten übersteigt die Selbsteinschätzung der Auszubildenden wiederum deutlich die Einschätzung des betrieblichen und schulischen Ausbildungspersonals. Die am wenigsten ausgeprägten Kompetenzen finden sich bei der Innovationsfähigkeit, wobei in vielen Unternehmen auch nicht gewünscht wird, dass Auszubildende eigenständig neue Medienanwendungen entwickeln und gestalten.

Welche Kompetenzen sollen nun aus Sicht der Unternehmen und Berufsschulen am Ende der Ausbildung entwickelt sein? Abb. 2 zeigt die wichtigsten und die weniger wichtigen Aspekte. Das Ausdrucksvermögen, die Problemlösefähigkeit sowie die Beachtung von Kommunikationsregeln haben aus betrieblicher Sicht die größte Bedeutung; hier weichen die Einschätzungen aus berufsschulischer Sicht jedoch deutlich ab. Einigkeit besteht hingegen bei der Bewertung der Beherrschung fachbezogener Software, die ebenfalls eine wichtige Kompetenz darstellt. Eine geringere Bedeutung haben im Rahmen der Berufsausbildung die Arbeit mit Standardsoftware, wie Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- oder Präsentationsprogrammen, die Gestaltung und Dokumentation mit Hilfe von Medien sowie die Einschätzung und Entwicklung neuer Medienanwendungen.

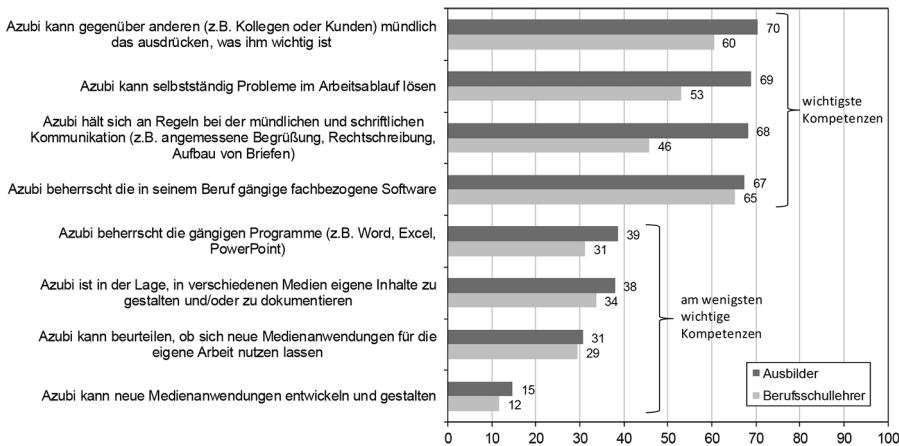


Abb. 2: Medienkompetenz als Ziel der Berufsausbildung

© BIBB und MMB-Institut, 2015

Aus der Gegenüberstellung der Bewertung vorhandener Kompetenzen zu Beginn der Ausbildung und der erforderlichen Kompetenzen zum Ende der Ausbildung aus Sicht des betrieblichen und berufsschulischen Ausbildungspersonals lassen sich die für die Berufsausbildung besonders relevanten Kompetenzentwicklungsbedarfe ermitteln. Demnach sind die folgenden Aspekte von besonderer Bedeutung:

1. Berücksichtigung rechtlicher Grundlagen der Mediennutzung, wie z.B. Urheberrechte und Datenschutz,
2. Erwerb von Problemlösekompetenz,
3. Beachtung von Kommunikationsregeln,
4. Anwendung beruflicher fachbezogener Software.

Auch das Bewusstsein für ökonomische Aspekte, wie der Umgang mit finanziellen und zeitlichen Ressourcen, der berufsbezogene Ausbau der Kommunikationsfähigkeit sowie das zielgerichtete Recherchieren und Bewerten der Relevanz von Informationen sind wichtige Kompetenzen, die während der Ausbildung in Betrieb und Berufsschule erworben werden müssen.

Diese Aspekte erhalten besonders im Zusammenhang mit der Einführung cyber-physischer Systeme in unterschiedlichen Produktions- und Dienstleistungsprozessen einen hohen Stellenwert. Durch Vernetzung der an der kompletten Wertschöpfungskette beteiligten Menschen, Objekte und Systeme werden die

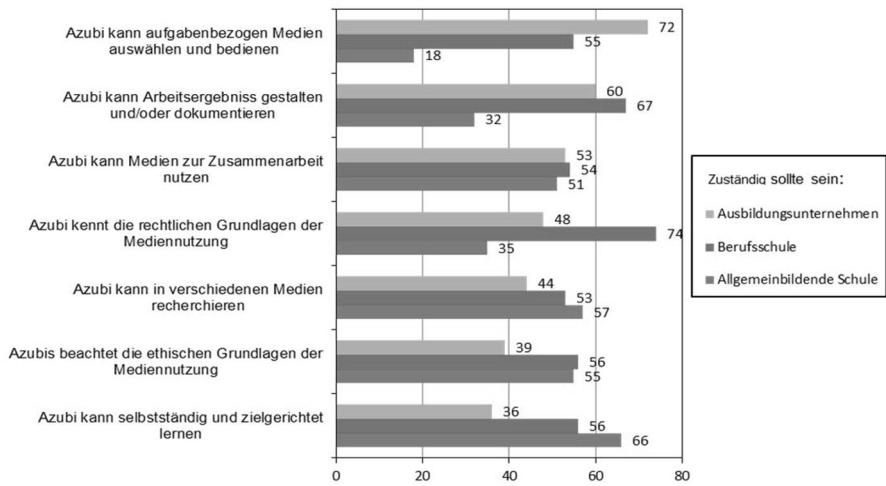
Abläufe mittels Austausch relevanter Informationen in Echtzeit gesteuert. Die Informationsweitergabe erfolgt dabei zunehmend visuell aufbereitet über verschiedene Medien. Dies erfordert eine erweiterte team- und bereichsübergreifende Kooperation und Interaktion von Menschen und Maschinen, die zu erhöhten Ansprüchen an die Kommunikationskompetenzen führt. Die Daten aus den komplexen Systemen geben Informationen über den Zustand der Anlagen und Prozessabläufe, aus denen die Fachkräfte situationsbezogen und selbstständig Handlungen ableiten und abstimmen sollen. Bei Störungen müssen diese Personen in der Lage sein, Problemlösungen mittels zur Verfügung stehender Assistenzsysteme und der Analyse der vorhandenen Daten zu entwickeln und umzusetzen. Da es sich bei diesen Daten oft um sensible, vertrauliche Informationen handelt, werden sehr hohe Ansprüche an die Datensicherheit und damit verbunden die rechtlichen Kenntnisse des Datenschutzes gestellt.

In das Zentrum der Medienkompetenzbildung im Rahmen der Berufsausbildung rücken somit diejenigen Kompetenzen, die die Menschen befähigen, Technologien und Systeme verstehen und anwenden zu können und somit in den Prozessen selbstständig und verantwortungsvoll auch in Zusammenarbeit mit anderen zu agieren. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass Menschen nicht zum verlängerten Arm der Technik werden, sondern eine aktive Rolle als Erfahrungsträger, Entscheider und Koordinator (Kagermann 2014) innerhalb soziotechnischer Systeme übernehmen können.

Medienkompetenzförderung an den Lernorten Betrieb und Berufsschule

Welche Bildungsinstitutionen, also Betriebe, Berufsschulen und allgemeinbildende Schulen, haben welche Verantwortung bei der Vermittlung der einzelnen Aspekte von Medienkompetenz (vgl. auch Krämer und Goertz 2016)? Das Ausbildungspersonal aus Betrieben und Berufsschulen gab bei der Online-Befragung dazu die folgenden Einschätzungen (vgl. Abb. 3):

Die betriebliche Ausbildung habe nach Ansicht der Befragten einen Verantwortungsschwerpunkt in der Vermittlung der Auswahl und Bedienung aufgabenbezogener Medien, wie z. B. Hard- und Software oder computergestützter Arbeitsgeräte. Der Kompetenzerwerb sollte im Arbeitsprozess an konkreten Aufgabenstellungen erfolgen. An beiden Ausbildungsorten, also Betrieb und Berufsschule, sollte die Gestaltung und Dokumentation von Arbeitsergebnissen entwickelt werden. Die Vermittlung rechtlicher Grundlagen der Mediennutzung wird hingegen in erster Linie den Berufsschulen zugeschrieben.



Frage: Und wer sollte sich vor allem um die Vermittlung dieser Kompetenzen kümmern? Es sind mehrere Nennungen möglich, n = 198 Ausbilder/Ausbilderinnen und Berufsschullehrer/Berufsschullehrerinnen (Angaben in Prozent)

Abb. 3: Zuständige Institutionen bei der Vermittlung von Medienkompetenz

Als gemeinsame Aufgabe sowohl der allgemeinbildenden Schulen als auch der Berufsschulen wird von den Befragten die Entwicklung der Recherchefähigkeit und Selbstlernkompetenz sowie die Vermittlung gesellschaftlicher Normen und Werte gesehen. Allen drei Lernorten wird schließlich die Erwartung zugeschrieben, dass dort die Kompetenz zur mediengestützten Kooperation und Kollaboration erworben werden kann. Generell lässt sich feststellen, dass kein Aspekt ausschließlich einem Lernort zugewiesen wurde. Hier setzen die Befragten vielmehr auf das Zusammenspiel aller Institutionen.

Welche Möglichkeiten der institutionalisierten Medienkompetenzförderung für Auszubildende sowie Schüler/-innen sehen die Lehrenden aus Betrieben und Berufsschulen? Für den Bereich der allgemeinbildenden und beruflichen Schulen wird gefordert, dass der Umgang mit Medien in allen Lehrplänen berücksichtigt werden soll – unabhängig davon, ob es sich eher um fachbezogene oder Querschnittsthemen handelt. Digitale Medien sollten ähnlich wie Bücher im Unterricht ganz selbstverständlich als „Werkzeuge“ genutzt werden können und an allen Lernorten zur Verfügung stehen. Von den Lehrer/-innen wird nicht erwartet, dass sie ihren Schüler/-innen in der Anwendung der Medien immer einen Schritt voraus sind. Sie sollten vielmehr anerkennen, dass alle am Unterricht Beteiligten voneinander lernen können und sie sollten offen für Innovationen sein.

Medien dürfen im Unterricht aber nicht unreflektiert verwendet werden. Vielmehr sollte es Ziel sein, entsprechend der Aufgabenstellung Medien sinnvoll und zielorientiert anzuwenden. Dazu gehört auch eine kritische Reflektion der Chancen und Risiken des Medieneinsatzes. Die überwiegende Anzahl der Befragten ist darüber hinaus der Meinung, dass Medienkompetenz nicht Gegenstand eines eigenständigen Unterrichtsfachs sein sollte, sondern in allen Fächern themenbezogen dann vermittelt werden soll, wenn die Unterrichtsinhalte entsprechende Möglichkeiten eröffnen. Denn im Pflichtbereich wird eine von Inhalten losgelöste Vermittlung von Medienkompetenz als wenig zielführend erachtet, da diese in der Schule und im betrieblichen Kontext immer eines konkreten Handlungsbezugs bedarf.

Als unabdingbar sehen es die Befragten an, dass bezüglich der Ausbildung der Lehrer/-innen, der Curricula und der technischen Ausstattung bundeseinheitlich Vereinbarungen getroffen werden. In Zeiten globaler Vernetzungen sollten hier verlässliche Standards in allen Bundesländern geschaffen werden, damit Mobilität z.B. bei Schulwechseln oder länderübergreifendem Fachunterricht gesichert werden kann.

In der Zukunft wird sich darüber hinaus zunehmend die Frage stellen, wie mit der weiteren Verbreitung sprachbasierter Medien umgegangen werden soll. Wenn immer mehr Anwendungen durch gesprochene Sprache gesteuert werden können und Arbeitsergebnisse mittels Geräten und Maschinen verbal vermittelt werden, dann ist zu fragen, welchen Stellenwert Schrift und Schriftsprache mittelfristig haben werden und damit auch, welche Bedeutung Schulen diesen Entwicklungen beimessen müssen.

Die zunehmende Verbreitung von Medien in vielen Bereichen von Produktion und Dienstleistung stellt aber auch für Betriebe eine große Herausforderung dar. Medienkompetenz ist in vielen Unternehmen noch sehr heterogen verteilt und insbesondere von den jeweiligen Geschäftsfeldern und Aufgaben abhängig. Meist ist der Einsatz von Medien praxis- und aufgabenbezogen mit der Folge, dass die Beschäftigten über stark fokussierte Kompetenzen verfügen. Dies führt bei zunehmender Vernetzung betrieblicher Strukturen und Abläufe häufig zu Problemen, die Unternehmen erst in dieser Situation veranlassen, entsprechende Qualifizierungen des Personals durchzuführen. Dabei wäre eine vorausschauende Kompetenzentwicklung dringend erforderlich. Es geht um eine rechtzeitige Erkennung von Medienkompetenzdefiziten, die produktivitätshemmend wirken oder sogar dem Unternehmen schaden können, wie zum Beispiel das Fehlen medienrechtlicher Grundkenntnisse oder das unreflektierte Agieren auf Social Media-Plattformen. Viele Unternehmen wünschen sich deshalb mehr Unterstützung und Orientierung bei der Entwicklung geeigneter

Medienkompetenz auch durch Politik und Verbände. So sollte insbesondere bei der Qualifizierung des Ausbildungspersonals der Umgang und die Bildung mit Medien einen festen Bestandteil darstellen. Für die Kompetenzentwicklung der Ausbilder/-innen sowie die Weiterbildung von Fachkräften könnte die im Rahmen dieser Untersuchung entwickelte mehrdimensionale Definition von Medienkompetenz inhaltliche Hinweise geben.

Die betrieblichen Ausbilder/-innen wünschen sich schließlich eine intensivere Abstimmung von Inhalten und Zeiten einzelner Ausbildungsabschnitte zwischen Betrieb und Berufsschule, mindestens über die Terminierung in den einzelnen Ausbildungshalbjahren. Dabei betonen sie, dass Medienkompetenzentwicklung immer auch berufsbezogen erfolgen sollte, dabei aber Schnittstellen zu Kunden und innerhalb der Wertschöpfungskette einbezogen werden müssen. Für alle Lernorte gilt, dass Medienkompetenzentwicklung nicht auf den Erwerb von Wissen und Fertigkeiten im Umgang mit Hard- und Softwarekomponenten beschränkt werden sollte, sondern eine Verknüpfung mit personalen und sozialen Querschnittskompetenzen erforderlich ist.

Medienkompetenzbildung in Zukunft – ein Ausblick

Die Expertinnen und Experten sehen mittelfristig einige Entwicklungen, die die Ausbildung in den Bereichen der Medienanwendung und der Medienproduktion kennzeichnen werden. So soll die Nutzung von Social Media-Angeboten auch im betrieblichen Alltag selbstverständlicher werden. Sie können dabei sowohl zur unternehmensinternen und -externen Kommunikation und Kooperation genutzt werden als auch als Qualifizierungsinstrument dienen. Auch verschiedene Formen von Augmented Reality werden in der Ausbildung einen höheren Stellenwert erhalten; sie ermöglichen insbesondere in der Ausbildung, Prozesse zu verdeutlichen, die in komplexer werdenden Arbeitswelten immer weniger „begreifbar“ werden.

Erwartet wird auch, dass sich die Innovationszyklen in vielen Bereichen der Produktion weiter verkürzen und die Kompetenz zur Nutzung von Medien und deren Verknüpfung mit anderen Betriebsmitteln an Bedeutung gewinnen wird. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass denjenigen, die vor oder während ihres Berufslebens den Anschluss an die digitalen Entwicklungen verlieren, berufliche Perspektiven verwehrt bleiben. Hier ist sicherlich jeder Einzelne gefordert, Politik und Wirtschaft tragen jedoch eine besondere Verantwortung. Medienkompetenzbildung sollte deshalb so früh wie möglich in allen Bildungseinrichtungen verpflichtender Bestandteil werden und auch in den Unternehmen sollten Angebote und Freiräume zur Weiterbildung selbstverständlich werden. Dabei

darf die Entwicklung von Medienkompetenz nicht an kurzlebige Technologien gekoppelt werden, sondern an die Funktionen, die diese erfüllen.

Welches Bild haben die Ausbilder/-innen sowie die Berufsschullehrer/-innen von der Medienkompetenzentwicklung im Rahmen der Ausbildung in den nächsten Jahren? Generell wird die Tendenz gesehen, dass Benutzeroberflächen noch bedienerfreundlicher werden und die Nutzung von Software und Cloud Computing wichtiger wird als die Beherrschung von Hardware – insbesondere im Bereich der Medienproduktion.

Die Befragten meinen, dass die Anforderungen an die Mediennutzung komplexer werden, was auch dazu führen würde, dass die Ansprüche an die Medienkompetenz von Ausbildungsplatzbewerber/-innen steigen werden. Im Rahmen der Ausbildung werden nach Ansicht der Befragten die Anforderungen an die Eigeninitiative der Auszubildenden steigen, wobei gleichzeitig erwartet wird, dass in den Unternehmen weniger Zeit zur Verfügung steht, um Medienkompetenzthemen zu vermitteln und auch die Freiheiten im Sinne eines „Learning by doing“ perspektivisch eher geringer werden. Diese gegenläufigen Erwartungen können Bildungspolitik und Bildungspraxis in Zukunft vor besondere Herausforderungen stellen. Wenn Auszubildende für die Arbeit auch in cyberphysischen Systemen qualifiziert werden sollen, dann muss überlegt werden, wie die Rahmenbedingungen für eine qualifizierte Ausbildung erhalten und ausgebaut sowie gleichzeitig unterschiedliche Formen des ständigen Lernens auch im betrieblichen Alltag integriert werden können.

Literatur

Baacke, D. (1996): Medienkompetenz? Begrifflichkeit und sozialer Wandel. In: Von Rein, Antje (Hrsg.): Medienkompetenz als Schlüsselbegriff. Bad Heilbrunn, 112–124.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2010): Kompetenzen in einer digital geprägten Kultur. Medienbildung für die Persönlichkeitsentwicklung, für die gesellschaftliche Teilhabe und für die Entwicklung von Ausbildung- und Erwerbsfähigkeit. Bonn, Berlin. http://www.dlr.de/pt/Portaldata/45/Resources/a_dokumente/bildungsforschung/Medienbildung_Broschuere_2010.pdf (Letzter Zugriff: 30.09.2015).

- European Association for Viewers Interest (EAVI) (Hrsg.) (2010): Study on Assessment Criteria for Media Literacy Levels – Final Report. http://ec.europa.eu/culture/media/media-content/media-literacy/studies/eavi_study_assess_crit_media_lit_levels_europe_finrep.pdf (Letzter Zugriff: 23.01.2014).
- Kagermann, H.: Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel; M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden, 603–614.
- Krämer, H.; Goertz, L. (2015): Ziele der Medienkompetenzbildung in Betrieb und Berufsschule. In: Klaffke, H.; Toscano, B.; Buether, A.; Knutzen, S.: Medienberufe auf neuen Wegen – Wandel der Gesellschaft, der Berufe und der dualen Ausbildung. Berlin, 40–64.
- Krämer, H.; Jordanski, G.; Goertz, L. (2015): Medien anwenden und produzieren – Entwicklung von Medienkompetenz in der Berufsausbildung – Abschlussbericht. Bonn, https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/eb_42417.pdf (Letzter Zugriff: 08.06.2016).
- Krämer, H.; Jordanski, G.; Goertz, L. (2016): Medien anwenden und produzieren – Entwicklung von Medienkompetenz in der Berufsausbildung. Wissenschaftliche Diskussionspapiere des Bundesinstituts für Berufsbildung. Bonn, zurzeit in Druck.
- Tudolziecki, G. (1998): Medienkompetenz als Ziel schulischer Medienpädagogik. In: Arbeiten und Lernen. 7, H. 30, 13–17.
- Windelband, L.; Dworschak, B. (2015): Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 6, 26–29.

Netzkompetenz als Querschnittskompetenz in der Lehrerbildung

Axel Grimm

Abstract

Die weitgehend politisch motivierten und getragenen Innovationsvektoren Industrie 4.0, Wirtschaft 4.0, Arbeit 4.0 und nun auch Berufsbildung 4.0 kündigen Veränderungen in der Facharbeit auf allen Ebenen an. Der gewerblich-technische Bereich ist dahingehend betroffen, dass sich Arbeitsformen, Arbeitsinhalte und Arbeitsbereiche verändern werden. Ob dies revolutionär oder evolutionär geschehen wird, sei zunächst nicht von Bedeutung. Schon heute kann konstatiert werden: Die Informationstechnik diffundiert in noch stärkerem Maße in die traditionellen Branchen und Berufsbilder, als es noch zur Jahrtausendwende planbar gewesen wäre. Die Neuerungen werden nicht nur in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung curriculare und inhaltliche Veränderungen nach sich ziehen. Eine moderne Lehramtsausbildung in den beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik, Informationstechnik und Metalltechnik wird neue Akzente hinsichtlich interdisziplinärer und kompetenzorientierter Zugänge im doppelten Praxisbezug der Facharbeit und des Lehrerhandelns gestalten müssen.

„Industrie 4.0“ – ein politischer Lockruf

Von Hannover Messe zu Hannover Messe ist der Ruf nach und das Label von „Industrie 4.0“ intensiviert worden. Der kluge Schachzug, eine industrielle Revolution im Voraus anzukündigen und dem Industriestandort Deutschland damit einen – wenn auch zeitlich befristeten – Wettbewerbsvorteil sichern zu wollen, schlägt nun vielerlei Wellen und beflügelt die Phantasie der Wortschöpfungen mit dem Anhängsel „4.0“. Industrie 4.0, Wirtschaft 4.0, Produktion 4.0, Arbeit 4.0, Berufsbildung 4.0 usw. wecken Erwartungen an den Einzug neuer Technologien und neuer Arbeits- und Beschäftigungsformen. Multiperspektivisch wird das noch etwas nebulös anmutende Konstrukt „I 4.0“ erforscht und diskutiert. Vielerorts wird auf die Parallelen zu CIM (Computer-Integrated Manufacturing) hingewiesen und an anderen Orten eben diese abgewiesen. Schon damals war der computergesteuerte Industriebetrieb Gegenstand und Arena von Zukunftsvisionen beispielsweise der menschenleeren Fabrik. Obwohl die Forschungsinitiativen der Bundesregierung die Veränderungen in der „Produktion 4.0“ vielfach fördern und damit voranbringen wol-

len, zeigt der zweite Blick auf die „Landkarte Industrie 4.0“ der „Plattform Industrie 4.0“¹ die tatsächliche technische Durchdringung in den Betrieben auf. Nur wenige Betriebe stehen wirklich an der Schwelle zur Industrie 4.0 mit Cyber-Physicalen-Systemen und einer Maschine-Maschine-Kommunikation in einer intelligenten Wertschöpfungskette.

In einer nüchternen technischen Betrachtung sollte nicht über Evolution und Revolution gestritten werden, sondern der Kerngedanke des technischen Fortschrittes ermittelt werden. Technologisch lässt sich Industrie 4.0 auf wenige Kernelemente zusammenfassen. Ausgehend von der Automatisierungspyramide wird es Veränderungen im traditionellen Ebenenmodell geben. Im Produktionsnetzwerk spielt die Manufacturing Execution eine immer wichtigere Rolle. Es wird zu einer stärkeren Verknüpfung des Manufacturing Execution Systems (MES) mit der Automatisierungsebene kommen. Dadurch werden Ebenen und somit Schnittstellen verschwinden und Daten aus der Produktion direkt in die betriebswirtschaftliche Standardsoftware (z. B. SAP) integriert. Somit geschieht die Integration der ERP (Enterprise Resource Planning) mit der MES-Ebene. Damit sind alle erforderlichen Informationen unternehmensübergreifend in Echtzeit verfügbar. Das Ziel, eine Produktion auch mit der „Losgröße 1“ wirtschaftlich zu ermöglichen, erfordert das Zusammenwachsen von Produkt- und Produktionslebenszyklus auf Basis eines einheitlichen Datenmodells. Dadurch lassen sich die Anforderungen, die sich aus individualisierter Produktion und immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen ergeben, technisch und wirtschaftlich gestalten. Soll in einer intelligenten Produktion die Kommunikation von Maschine zu Maschine unter Anwendung IP-adressierter Sensorik und Aktuatorik umgesetzt werden, so bedarf es Cyber-Physical Systems (CPS), die einen Verbund informationstechnischer und softwaretechnischer Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen beispielsweise auf der Basis des Internets ermöglichen.

An dieser Stelle kann bereits ein Zwischenfazit gezogen werden: Der technische Fortschritt ist unverkennbar an die fortschreitende Diffusion informationstechnischer Inhalte geknüpft. Ohne Informationstechnik und Informatik werden die vorgestellten Kernelemente einer Industrie 4.0 nicht umgesetzt werden können.

Wandel der Erwerbsarbeit – Prognosen und Befunde

Der Wandel in der gewerblich-technischen Produktion und natürlich darüber hinaus setzt den gesellschaftlichen und somit auch privaten Wandel konse-

1 <http://www.plattform-i40.de/40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Karte/karte.html> (30.05.2016)

quent fort. Ausgehend von einer digitalen Gesellschaft, in der Informationen jederzeit und sofort verfügbar sein müssen und in der die Kommunikation von sozialen Netzwerken bestimmt wird, lassen sich schnell Parallelen in der Arbeitswelt aufbauen. Der Einzug von mobilen Endgeräten in die Facharbeit des Handwerks und der Industrie ist bereits fortgeschritten. APPs (Applikation Software) steuern die Hausautomation und halten firmenspezifisches Fachwissen für den Anwendungsfall bereit. Kollaborativ wird Wissen geteilt und erlernt. Den positiven Effekten stehen Begleiterscheinungen gegenüber: Mit mobilen Endgeräten sind eben nicht nur die Informationen jederzeit verfügbar, sondern der Nutzer selbst ebenfalls. Den Beispielen einer lernenden Community stehen Berichte über digitale Burnouts aufgrund von Informationsflutten gegenüber. Wege für eine individuelle Balance müssen im Sinne einer nachhaltigen Beschäftigungsfähigkeit und einer demographiefesten Weiterentwicklung austariert werden. Neben den individuellen Dispositionen, die in das „Haus der Arbeitsfähigkeit“ nach Juhani Ilmarinen (1999) Einzug nehmen müssen, gilt es, institutionelle Veränderungen in den Segmenten zu analysieren und berufsdidaktische Rückschlüsse kritisch zu betrachten.

Das Fraunhofer Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation stellt in einer Studie zur Arbeitsgestaltung in der Produktion von Industrie 4.0 für die Ingenuics AG, für die 518 Vertreter deutscher Unternehmen – davon 33 % KMU und 60 % Großunternehmen des verarbeitenden Gewerbes – befragt wurden, zusammen, dass für die Produktionsmitarbeiter die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen (86 %), ein stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln (77 %) und eine höhere IT-Kompetenz (76 %) zukünftig verstärkt von Bedeutung sein werden (vgl. Ingenuics 2014).

Nach Hall et al. (2015) wird in unterschiedlichen Ausmaßen und auf verschiedenen Niveaustufen von IT-Tätigkeiten der Bedarf der Entwicklung von IT-Kompetenzen in allen Berufen und Branchen als Teil- oder Kernkompetenz stark zunehmen müssen, um u. a. die Beschäftigungsfähigkeit von Erwerbstätigen zu gewährleisten (vgl. ebd., 30f.).

Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) veröffentlichte im Jahr 2015 unter dem Titel „Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft“ eine Szenario-Rechnung im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen.² Der Studie zur Folge werden vor allem produzierende Berufe – am stärksten sind Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe betroffen – abnehmende und dienstleistungsorientierte Berufe zunehmen. Am meisten sollen die IT- und naturwissenschaftlichen Berufe profitieren,

2 IAB Forschungsbericht, Aktuelle Ergebnisse aus der Projektarbeit des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 8/2015

wobei keine klare Unterscheidung zwischen akademischen und nichtakademischen Berufen vorgenommen wurde. „So nimmt die Nachfrage nach Personen zu, die eine Universität oder (Fach-)Hochschule absolviert haben, da kognitive Berufe mit geringen Routine-Anteilen stärker nachgefragt werden. Personen mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung werden aufgrund der relativ höheren Routinehaftigkeit ihrer Arbeit weniger nachgefragt.“ (ebd. 48). Ob diese Aussage auf das Berufsfeld IT übertragbar ist, lässt sich diskutieren. Vermutlich werden gerade dual ausgebildete IT-Fachkräfte die Unternehmen bei der Umsetzung der technischen Neuerungen unterstützen müssen.

Die bayerischen Metall- und Elektroarbeitgeber veröffentlichten im Jahr 2016 eine mit der Universität Bremen durchgeföhrte Studie unter dem Titel „Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie“.³ Für neue Berufsbilder haben sich die dort befragten Experten nicht ausgesprochen. Jedoch hält die Mehrheit der Befragten es für notwendig, gewerblich-technische Ausbildungsberufe neu auszurichten. Angesprochen wird eine Neuausrichtung innerhalb der Ausbildung hin zu einer Prozess- und Digitalisierungsperspektive. Somit gestalten Vernetzung, Digitalisierung der Prozesse und intelligente Arbeitsplätze Handlungsräume. Die gestaltungsoffenen Ordnungsmittel der gewerblich-technischen Ausbildungsberufe scheinen diese Anforderungen aufnehmen zu können. Weiterbildungsangebote sollten sich u. a. mit den Themenfeldern Datensicherheit, Programmiertechniken, Störungssuche und Problemlösung mit Hilfe von Assistenzsystemen und Datenanalysen neu ausrichten. Als weiterer Befund lässt sich anführen, dass davon ausgegangen werden kann, dass die softwaretechnische Vernetzung eine kontinuierliche Verbreitung erfährt. „Anlagen und Maschinen müssen deshalb mit zunehmender Diffusion von Industrie 4.0 immer von der Vernetzung, den CP-Systemen, der Software her und der Prozesseinbettung her gedacht und betrachtet werden“ (ebd., 4).

In einer eigenen Erhebung im Rahmen des Verbundvorhabens PROKOM 4.0 (vgl. Gebhardt in diesem Band) konnten Elemente berufsdidaktischer Handlungsvektoren mit Hilfe verschiedener empirischer Zugänge abgeleitet werden. Folgend werden erste empirische Befunde vorgestellt. Mobile Endgeräte spielen für die Bewältigung von Arbeitsaufgaben bereits eine wichtige Rolle, einerseits zum Fotoversand (z. B. von Schaltplänen), zum fachlichen Austausch und zur Problembewältigung oder andererseits zur Koordinierung, Terminierung und Materialbeschaffung. Traditionelle Hierarchien in der Arbeitsorganisation

3 <https://www.baymevbm.de/baymevbm/ServiceCenter/Aus-und-Weiterbildung/Ausbildung-durch-f%C3%BChrung/Studie-Industrie-4.0-Auswirkungen-auf-Aus-und-Weiterbildung-in-der-M-E-Industrie.jsp> (31.05.2016)

werden aufgebrochen. Im konkreten Fall wurde einer Facharbeiterin die Projektverantwortung für ein erfahrungs- und qualifikationsheterogenes Arbeitsteam übertragen. Die Entgrenzung von akademischer und nichtakademischer Aufgabenverteilung konnte auch in einem anderen Betrieb analysiert werden. Hier spielte darüber hinaus das technische Englisch eine entscheidende Rolle. Um die Arbeitsaufgaben bewältigen zu können, mussten technische im englischen verfasste „Manuals“ von einem Facharbeiter übersetzt und für interne Schulungen aufbereitet werden. Für Auslandseinsätze wurde in einem weiteren Betrieb nicht nur der Fremdsprachenerwerb unterstützt, sondern es erfolgte eine Sensibilisierung für einsatzortgebundene sprachliche, politische und kulturelle Gegebenheiten.

Als Zwischenfazit kann auch hier die starke Durchdringung informationstechnischer Inhalte und Arbeitsformen festgehalten werden.

Beschäftigungsfähigkeit in einer digitalisierten Arbeitswelt

Für die Bewältigung von Arbeitsaufgaben mit informationstechnischen Anbindungen erlauben Einblicke in die Facharbeit von IT-Fachkräften erste berufsdidaktische Annahmen. Es wird somit hier die These vertreten, dass Arbeitsformen, Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden der Informationstechnik in den benachbarten Domänen ebenso Integration erhalten, wie es auch bereits mit der rein technischen Einbindung der Informationstechnik weitestgehend geschehen ist. An drei exemplarischen Beispielen wird im Folgenden vorgestellt, welche Auswirkungen und Konsequenzen von Relevanz sein könnten.

Die informationstechnische Fachsprache zeichnet sich durch englische Fachausdrücke und Beschreibungen aus, die in der Regel in den normalen Sprachgebrauch von IT-Fachkräften aufgenommen werden. Diese Fachsprache ist dadurch geprägt, dass sie domänenspezifisch ausgeprägt ist und von Mitgliedern anderer Praxisgemeinschaften nur selten verstanden wird. So existieren hochgradige Schnittstellenproblematiken z. B. zwischen den Fachabteilungen oder IT-Dienstleistern und den Auftraggebern. Es muss daher sichergestellt werden, dass Schnittstellenproblematiken durch einheitliche Nutzung von Fachausdrücken und Codes erkannt und schlüssige Konzepte für deren Behebung gestaltet werden. Für eine nachhaltige Beschäftigungsfähigkeit lassen sich Perspektiven für ein digitalisiertes Lernen im und am Arbeitsprozess entwerfen, um aktuelle Informationen zur Technik zu erhalten und im Sinne ontologischer Netzwerke den eigenen Erfahrungs- und Wissensraum im Arbeitsprozess zu erweitern.

Werden für die Bewältigung von informatiknahen Arbeitsaufgaben Informationen benötigt, so werden diese häufig in geteilten Wissensräumen im Internet recherchiert. Kommunikationssprache ist dort oftmals ebenfalls Englisch. Das geteilte Wissen, welches insbesondere für die Programmierung aber auch für die Systemintegration öffentlich zugänglich in Foren dargeboten wird, steht im Gegensatz zu den in der Industrie eher stark reglementierten (firmeninternen) Wissensrepräsentationen. Drei Problemfelder werden hiermit angesprochen. Zum einen passen „neue“ Formen des kollaborativen Lernens oftmals nicht zu traditionellen firmeninternen und mit Sicherheitsfragen konfrontierten Lösungen. Dieser Widerspruch wird sich auch nur schwer auflösen lassen, da die Wettbewerbsfähigkeit auch von geschlossenen Systemen abhängig sein kann. Des Weiteren kann das Lernen durch digitale Medien in sozialen oder firmeninternen Netzen nicht als voraussetzbar angesehen werden. Begleitende Initiativen der Weiterbildung müssen sensibel auf die individuellen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit einer digitalen Lernkultur angepasst werden, um eine breite Akzeptanz zu erreichen. Abschließend wird die englische Fachsprache individuelle Barrieren aufbauen, die nur durch einen sprachsensiblen Umgang und durch Möglichkeiten des Erlernens im Arbeitsprozess abgebaut werden können.

Das (angeleitete) Projektmanagement (z.B. mit Scrum⁴) wird für das Arbeiten in einer digitalisierten Arbeitswelt an Bedeutung gewinnen. Ausgehend von den in der Informatik/Informationstechnik bereits seit langem etablierten Vorgehensmodellen wird für die Bewältigung komplexerer Arbeitsaufgaben die Teamarbeit auch in weiteren gewerblich-technischen Domänen mit standardisierten Umsetzungstechniken erfolgen. Hierbei können sich qualifikatorische Hierarchien auflösen und die Projektverantwortung auch von dual ausgebildeten Facharbeitern/-innen getragen werden, denen akademisch ausgebildete Zuarbeit leisten. Arbeitsaufgaben mit Bezug zu den Neuerungen einer Industrie 4.0 werden komplexer und dadurch auch zunehmend in branchen- und berufsfeldübergreifenden Teams bearbeitet werden müssen. Interdisziplinäre Teams bieten hierfür das Potential und die Erfahrungen. Oftmals scheitern diese Arbeitsformen aber an einer nicht gelungenen Kommunikation (vgl. Heinrich in diesem Band). Eine domänenübergreifende Kommunikation ist aber ein Garant für erfolgreiche Projekt- und Teamarbeit. Mitgliedern einer Praxisgemeinschaft gelingt dies eher, da sie auf eine geteilte Fach- und Umgangssprache zurückgreifen können. Für Mitglieder unterschiedlicher Praxisgemeinschaften, bspw. ein Fachinformatiker für Anwendungsentwicklung arbeitet mit einer Elektronikerin für Automatisierungstechnik an einer Lösung für einen sensiti-

4 http://scrum-master.de/Was_ist_Scrum

ven Leichtbauroboter, sind Kommunikationsbarrieren problematisch. Weitere Implikationen interdisziplinärer Teamarbeit verlangen genauerer Analysen.

Netzkompetenz für eine modernisierte Ausbildungspraxis

Mit dem Konstrukt der Netzkompetenz soll eine individuelle Disposition entwickelt werden, auf deren Grundlage Personen heute und in der Zukunft in einer digitalen Gesellschaft und Arbeitswelt Orientierung und Halt finden. Datennetze sind ein unverzichtbares Kommunikationsmedium für den Datenaustausch in einer Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine- und – zunehmend – Maschine-Maschine-Interaktion. Der Datenaustausch findet im privaten und gesellschaftlichen Umfeld statt sowie in der Vernetzung von Produktionsanlagen und -komponenten. Ein sicheres Indiz für die Bedeutung IP-basierter Kommunikation ist der Ausbau von IPv4 auf IPv6. Der neue Adressvorrat, es handelt sich bei der Umstellung von IPv4 auf IPv6 um eine Vergrößerung des Adressraums von 2^{32} ($\approx 4,3$ Milliarden = $4,3 \cdot 10^9$) Adressen auf 2^{128} (≈ 340 Sextillionen = $3,4 \cdot 10^{38}$) Adressen, wird es möglich machen, dass jegliche Sensorik und Aktuatorik IP-adressiert bzw. IP-basiert im Internet Daten austauschen könnte.

Für ein digitalisiertes Leben und eine digitalisierte Arbeitswelt werden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten benötigt, die eine nachhaltige Perspektive für eine Teilhabe in privaten und beruflichen Situationen und Abläufen gewährleisten.

Wordelmann (2000) ermittelt in einer Studie Elemente einer Netzkompetenz, die neue qualifikatorische Herausforderungen durch Globalisierung und Internet untersuchte und dafür jeweils 15 Fallstudien in kleineren und mittleren Unternehmen durchführte. So entfaltet sich eine Netzkompetenz in den Facetten Fachkompetenz in Netzen, Kommunikation in Netzen, Kooperation und Konkurrenz in Netzen, Interkulturelle Kompetenz in Netzen, Vertrauensbildung in Netzen, Organisation in Netzen, Mobilität in Netzen, Kreativität in Netzen, Lernen in Netzen, Sicherheit in Netzen, Risiken in Netzen, Raum und Zeit in Netzen sowie Grenzen von Netzen. So wird für die Kommunikation in Netzen festgestellt, dass reale und virtuelle Netze unterschiedliche kommunikative Kompetenzen verlangen. „Sprache ist dabei nur ein Mittel.“ (ebd., 28) Die Fremdsprache sollte differenziert betrachtet werden, von Grundkenntnissen im PC- und Netzbereich bis hin zu hoher Verhandlungskompetenz bei realen Kontakten. Netze sind ein Forum zur Verknüpfung von Lernen und Arbeiten und bieten damit die Voraussetzungen zum lebenslangen Lernen. „Die Fähigkeit zur Nutzung netzbasierter Lernapplikationen und damit zur dynamischen Qualifikationsentwicklung wird zunehmend über die Zukunftschancen des Einzelnen und von Unternehmen entscheiden“ (ebd., 28). Zur Sicherheit in Netzen

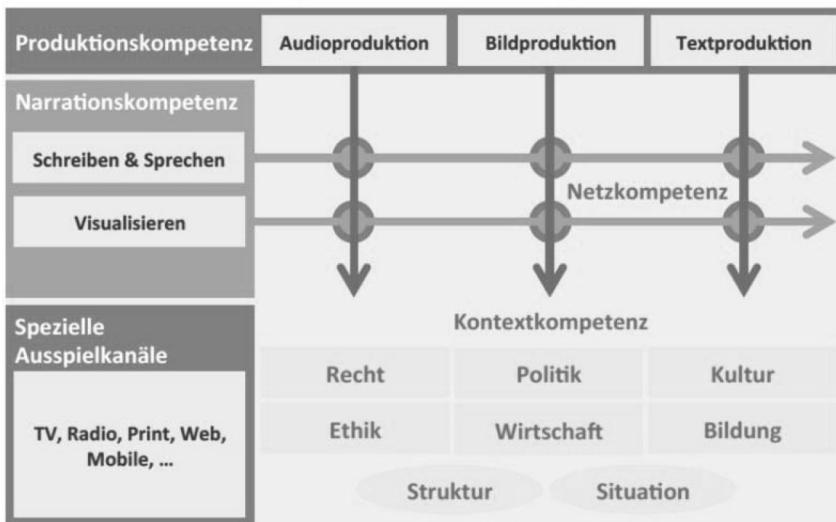
wird dargelegt, dass vernetzte und offene Systeme anfällig sind. „In Netzen gelten deshalb neue Kriterien und Maßstäbe der vorwiegend technischen, aber auch organisatorischen Sicherheit“ (ebd., 6). Diese müssen systematisch und dauerhaft gewährleistet werden.

Hatten sich in der industriellen Herstellung und Fertigung über viele Jahre weit-hin lineare, hierarchisch strukturierte Arbeitsabläufe mit genau definierten Arbeitsanforderungen und klar voneinander abgegrenzten Aufgabengebieten bewährt, so gestalten die Entwicklungen hin zu einer digitalisierten Arbeitswelt Möglichkeiten für zyklische, interdisziplinär vernetzte, offen partizipatorische Arbeitsorganisationen und Workflows. Längst ist die Durchdringung individueller und kollektiver Lebenswelten mit allgegenwärtigen Informations- und Kommunikationstechnologien Realität. Getrieben durch den technischen Wandel wachsen Medien heute zusammen. Audio-, Bild- und Textinhalte lassen sich in digitalen Formaten einfacher kombinieren. Zunehmend geschieht die Verbreitung nicht mehr alleine über klassische sequentielle und monodirektionale Kanäle, sondern die vielgestaltigen Inhalte können mittels der Netztechnologie(-n) bidirektional und interaktiv über verschiedene netzwerkfähige Endgeräte, wie etwa Smartphones, distribuiert werden (vgl. Filk und Grimm 2015).

Für eine ausgeprägte Netzkompetenz stellt das Strukturmodell integraler Medienkompetenzprofilierung (vgl. Abb. 1) eine geeignete Rahmung dar. Das digitale Netz – wie immer es jetzt oder künftig genannt wird (Internet, Web 3.0 o. a.) – ist die technische Voraussetzung aller modernen Kommunikationsformen (vgl. Ceruzzi 1998). Lernende und Lehrende sollten verstehen, wie ein digitales Netz funktioniert. Sie müssen in der Lage sein, Medienprodukte in bestehende, netzbasierte Plattformen einzupflegen und auszuspielen. Lernende und Lehrende sollen aber auch selbst bis zu einem gewissen Grad konvergente Plattformen konzipieren, programmieren oder managen können. Mit der Option, die Informatikkenntnisse zu vertiefen, erhalten sie die Möglichkeit, sich in die relevanten Technologien weiter einzuarbeiten. Damit lernen sie, interaktive Web-Applikationen zu modellieren, zu adaptieren und zu administrieren (vgl. Filk und Grimm 2015).

Netz-, Narrations- und Produktionskompetenz funktionieren letztendlich nur im Zusammenwirken mit Kenntnissen über die Märkte, in denen gearbeitet wird. Somit gestalten sich arbeits- und geschäftsprozessorientierte Zugänge, die in der Trias Technik-Arbeit-Bildung ihre Verankerung finden. Eine derartige „Netzkompetenz“ schafft umfassende Möglichkeiten der Reflektion in beruflichen, aber auch in privaten Situationen.

Strukturmodell integraler Medienkompetenz



Quellen: Filk & Müller-Beyeler 2011; Filk 2012, 2015

Abb. 1: Strukturmodell integraler Medienkompetenz (Filk und Grimm 2015)

Für die Entwicklung einer Netzkompetenz sollte ein grundsätzliches Verständnis der Informatik entwickelt werden. Am Beispiel der Programmierung und der didaktischen Zugänge der fundamentalen Idee (Schwill o. J.; Heinrich in diesem Band) soll skizziert werden, dass ein Grundverständnis der Programmierung Teil einer Netzkompetenz sein sollte. Das Denken in Algorithmen zeichnet u. a. diejenigen aus, die Programme selbst erstellen. Für ein geteiltes Verständnis dieser Operationen und Strukturen innerhalb von Arbeitsprozessen wird es bedeutend sein eine gemeinsame Basis zu entwickeln. Schwill konstatiert, dass die Geschwindigkeit der Entwicklungen in der Informatik, bspw. bei der Programmierung von der „straight forward“-Methode zum strukturierten Programmieren und später dann zum logischen und applikativen Programmieren und zur objektorientierten Programmierung, nicht mit gleicher Geschwindigkeit in schulische Kontexte einfließen kann. „Daher müssen sich die Inhalte im Informatikunterricht bis auf weiteres an den langlebigen Grundlagen der Wissenschaft orientieren.“ (ebd., 1) Somit rücken grundlegende Prinzipien, Denkweisen und Methoden (nach Schwill: die fundamentalen Ideen) der Informatik für Bildungsprozesse in den Mittelpunkt der Betrachtung. „Nur von diesen Ideen ist eine längerfristige Gültigkeit zu erwarten. Neuere Erkenntnisse erscheinen dann häufig nur als Variation eines bereits vertrauten Sachverhalts und können über die einmal gelernten Ideen leichter erschlossen werden.“

(ebd., 1) Nach Schwill gestalten sich in allen Phasen der Softwareentwicklung die Idee der Algorithmisierung, die Idee der Sprache und die Idee der strukturierten Zerlegung als übergreifende allgemeingültige Zugänge (vgl. ebd.; hierzu auch Heinrich in diesem Band).

„Lehrerbildung 4.0 ?“

Um es gleich vorwegzunehmen: Nein es sollte nicht noch ein „4.0“ vergeben werden und schon gar nicht für eine moderne Lehrerbildung für das Lehramt an berufsbildenden Schulen. Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen gestalten seit jeher einen großen Transformationsprozess, indem sie Zielgruppen adäquat Lehr-Lernsituationen planen sowie Technik und Arbeit für Bildungsinitiativen zusammenbringen. Den Hochschulen obliegt es in der Hauptsache, eine wissenschaftliche Fundierung des Lehrerhandelns zu entwickeln. Professionelles Handeln zeichnet sich eben dadurch aus, dass das eigene Handeln kritisch betrachtet und theoriegeleitet reflektiert werden kann. Ohne Theoriebildung wird dies nicht möglich sein. Der doppelte Praxisbezug, der sich auf der einen Seite durch die Berufsarbeit der gewerblich-technischen Fachkräfte auszeichnet und auf der anderen Seite auf das kompetente Lehrerhandeln fokussiert, lässt sich als ein Innovationsvektor einer gelungenen Ausbildungspraxis in allen drei Phasen der Lehrerbildung entwerfen.

Als geeignete hochschuldidaktische Zugänge leiten sich der pädagogische Doppeldecker (Wahl 2002) und neuerdings der berufsdidaktische Dreidecker (Martin 2016) ab. Angesprochen wird mit beiden ein hochschuldidaktisches Prinzip der Lehrerbildung, welches methodische Zugänge nicht nur zum Gegenstand seminaristischer Arbeit erklärt, sondern durch eigenes Handeln diese erprobt und kritisch betrachtet. Hoffnungen, die damit verbunden sind, begründen sich aus der Erweiterung des Methodenspektrums für das spätere Lehrerhandeln und die damit verbundene Modifikation subjektiver Theorien über „guten“ Unterricht.

Die zum Handeln benötigten internen Repräsentationen bezeichnet WAHL (2002) als Subjektive Theorien. „Subjektive Theorien sind komplexe Aggregate von Konzepten, die untereinander in Form von impliziten Argumentationsstrukturen verbunden sind“ (ebd., 231). Er unterscheidet Subjektive Theorien größerer und kleinerer Reichweite. Die Subjektiven Theorien größerer Reichweite lassen sich als elaboriertes semantisches Netzwerk darstellen. Neue Elemente werden aufgrund von Lernprozessen in dieses Netzwerk integriert. Im Zusammenhang mit Lehrerhandeln repräsentieren die Subjektiven Theorien längerer Reichweite u. a. das unterrichtliche Planungshandeln, welches zurückgeführt werden kann auf Elemente verschiedenster didaktischer Ansätze und

Theorien (vgl. Grimm 2010). Die hiermit angesprochenen didaktischen und methodischen Vorstellungen der Lehrkräfte von Unterricht lassen sich durch Maßnahmen verändern. Auf die Subjektiven Theorien kürzerer Reichweite kann deutlich schlechter Einfluss genommen werden. Sie sind handlungsnäher und in Form von Situations- und Reaktionsprototypen organisiert.

Das Planungshandeln von Lehrern geschieht in der Regel unter mildem Zeitdruck und ist stark ritualisiert. Veränderungen sind hier nicht direkt mit dem Agieren verbunden und stoßen daher auf weniger Widerstände. Der „pädagogische Doppeldecker“ hat sich bereits in weiten Teilen der Lehrerbildung etabliert. Hier werden die Lehrenden mit den gleichen Methoden unterrichtet, mit denen sie später selbst Unterricht geben sollen. WAHL (2002) schlägt vor, dass ein Umlernen im Planungshandeln bzw. im didaktisch-methodischen Handeln so gestaltet werden muss, „dass zuerst handlungsleitende Subjektive Theorien bewusst gemacht werden, bevor man sie auf einer reflexiven Ebene unter Einbeziehung wissenschaftlich begründeten Expertenwissens bearbeitet und schließlich wieder in handlungsleitende Strukturen überführt“ (ebd., 237). Das praktische Üben und die Einflussnahme auf die Subjektiven Theorien sind nur dann erfolgreich, wenn die erhofften Effekte mit den bereits vorhandenen Subjektiven Theorien in Einklang zu bringen sind. Grundüberzeugungen lassen sich in der Regel durch derartige Initiativen nicht überwinden.

Die Subjektiven Theorien kleinerer Reichweite, die so genannten Situationsprototypen und Reaktionsprototypen, treten in Handlungssituationen immer wieder neu auf. Daher ist es schwierig passende Handlungsmöglichkeiten zu erlernen; hochagile Schülerreaktionen lassen sich nur schwer in Laborumgebungen nachstellen und verlieren immer an Authentizität. Lehrer können darüber hinaus durch die Aufgabe ihrer eigenen Theorien die Verhaltenssicherheit verlieren. Daher ist nur ein mehrschrittiger Prozess zur Etablierung von neuem Lehrerhandeln auf dieser Ebene möglich. „Rasches Handeln in dynamischen Umfeldern ist also nur möglich, wenn die Handlungsmöglichkeiten nicht völlig neu erfunden werden müssen, sondern wenn sie rasch abgerufen werden können“ (Wahl 2002, 231).

Der „Berufsdidaktische Dreidecker“ (Martin 2016) hat das Ziel, Kompetenzen zur Entwicklung eines Unterrichts nach den Prinzipien des Lernfeldkonzepts aufzubauen. Der Pädagogische Doppeldecker nach WAHL wird hierfür um die Betrachtungsebene der berufsbezogenen Facharbeit erweitert. MARTIN propagiert somit, nicht nur die Spiegelung pädagogischer Praxis als Chance zur Kompetenzentwicklung zu nutzen, sondern auch die berufliche Praxis aus unterschiedlichen Perspektiven in die Betrachtung mit einzubeziehen. „Hierzu werden Handlungs- und Reflexionsebenen der Praxisfelder Unterricht und Be-

rufssarbeit bei der Ausbildung von Lehrkräften für die berufsbildenden Schulen miteinander verschränkt. (...) Es ist also ein weiterer Rollentausch zwischen den unterschiedlichen, konzeptionell eingebundenen Personenkreisen (und ihrem Handeln bzw. der Reflexion dieses Handelns) durch die Studierenden zu vollziehen“ (ebd., 20). Auf der Grundlage von Arbeitsanalysen sollen Studierende sowohl die Perspektive von Fachkräften als auch die von Auszubildenden einnehmen, um dadurch für die besonderen Herausforderungen insbesondere der Lernenden in ihrem beruflichen Umfeld sensibilisiert zu werden. MARTIN resümiert, dass der „Berufsdidaktische Dreidecker“ einen Beitrag zur Überbrückung von der Kluft zwischen Wissen und Handeln einerseits auf der Ebene des Lehrerhandelns und andererseits auch auf der Ebene des domänenbezogenen Berufshandelns leistet. Handlungs- und Reflexionsebenen sind hierbei zu verschränken (vgl. ebd.).

Mit den beiden vorgestellten hochschuldidaktischen bzw. lehrerbildungsspezifischen Ansätzen wird ein Handlungsräum eröffnet, der die spätere schulische Praxis und das Berufshandeln in besonderer Weise integrativ in die Lehre und Ausbildung von Lehrkräften für berufsbildende Schulen aufnimmt.

„Best Practice“ in Flensburg

Für die weitere Betrachtung rückt ein technisches Artefakt in den Mittelpunkt der exemplarischen Betrachtung: Der kollaborative und sensitive Leichtbau-roboter „P-Rob 2“ der Firma F&P (siehe Abb. 2) wird zum Dreh- und Angelpunkt berufsdidaktischer Analysen und Transformationen.



Abb. 2: „P-Rob 2“ in Kombination mit einem MPS-Transfersystem „Industrie 4.0“ im Seminarraum des biat

Kollaborative Roboter zeichnen sich durch eine einfache Bedienbarkeit und Zusammenarbeit mit dem Menschen aus. Es werden Industrie- und Assistenz-/Service-Anwendungen unterschieden, bei denen die überschneidenden Arbeitsräume von Mensch und Maschine ein Charakteristikum darstellen. Bei diesen Robotereinsätzen gibt es keine trennenden Schutzeinrichtungen mehr. Eine Kollisionsgefahr zwischen Roboter und Mensch kann daher nicht ausgeschlossen werden. Andere geeignete Schutzmaßnahmen müssen daher Kollisionen verhindern oder die Risiken einer Kollision minimieren – wobei ein Rest-Kollisionsrisiko besteht. Risikobeurteilungen des Arbeitsplatzes bzw. des Gefahrenraums müssen daher durchgeführt werden, um die Verletzungsrisiken bei einer Kollision in einem niedrigen Niveaubereich zu halten.

Mit der Weiterentwicklung der Robotertechnik sind weitere Implikationen verbunden. Die früheren eher maschinennahen Programmiersprachen werden durch Anwendungen mit Hochsprachen ersetzt. Dies ist zum Teil ein Zeichen dafür, dass Leichtbauroboter nicht mehr nur im klassischen Maschinenbau entwickelt werden, sondern vielmehr als Innovationsfeld von Startups aufgegriffen wurden. Für die Programmierung werden somit Kompetenzen aus der Informatik benötigt.

Ein Roboter ist in der Regel Teil einer Produktionsanlage und dadurch eingebunden in ein mechatronisches System. Sollten bereits Prinzipien einer Industrie 4.0 zum Tragen kommen, so werden Schnittstellen einen Datenaustausch zwischen den Anlagenteilen möglich machen müssen. Um die Daten beispielsweise aus der Automatisierungswelt einer Siemens-Steuerung in die einer Hochsprache wie Python zu transferieren, bedarf es interdisziplinärer Zugänge.

Studierende der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Informationstechnik an der Europa-Universität Flensburg können die Leichtbaurobotik in verschiedenen Studienabschnitten als Gegenstand berufsdidaktischer Analysen und Betrachtungen in ihr Studium einbeziehen. So eröffnen sich Gestaltungsspielräume in nahezu allen Modulen der beruflichen Fachrichtungen und deren Didaktiken.

Das erste Studienmodul „Arbeit, Technik und Berufsbildung im Berufsfeld ET/IT“ beschäftigt sich allgemein mit den historischen, aktuellen und zukünftigen Entwicklungen in den Berufsfeldern Elektrotechnik und Informationstechnik. Technische, arbeitsorganisatorische und qualifikatorische Entwicklungen in den Berufsfeldern werden thematisiert. Für die individuelle Vertiefung gestaltet das Thema Robotik eine Möglichkeit für Studienleistungen. Im zweiten Studienmodul erschließen die Studierenden berufsförmig organisierte Facharbeit. Sie untersuchen empirisch eine Fragestellung aus der Arbeitswelt mit Hilfe von wissenschaftlichen Methoden. Ausgangspunkte sollten hierfür Belange oder

Probleme der Berufsausbildung oder der Berufsarbeiten darstellen. Auch hierfür bietet die Robotik eine thematische Grundlage. Arbeitsanalysen in Produktionsbetrieben entwerfen berufsdidaktische Implikationen. In den sogenannten Fachrichtungsprojekten vertiefen die Studierenden eigenständig fachliche Aspekte in einem Schwerpunkt der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik im Rahmen eines Projekts. Sie erschließen durch angemessene und gezielte Informationsbeschaffung eine technische Aufgaben- oder Problemstellung und erarbeiten dafür eine Lösung. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die Lösungen hinsichtlich ihrer Relevanz für die Facharbeit und die Nutzung in Berufsbildungsprozessen zu bewerten und auf diese auszurichten. Dafür müssen komplexe technische Inhalte didaktisch aufbereitet werden. Die Projektergebnisse sollten anschlussfähig sein für spätere Unterrichtserfahrungen und/oder die Master-Thesis. Der Leichtbauroboter „P-Rob 2“ eignet sich hervorragend, um diesen Ansprüchen gerecht zu werden und somit Gegenstand und Thema von Fachrichtungsprojekten für Studierende beider beruflichen Fachrichtungen zu werden. Die Transformation für Berufsbildungsprozesse geschieht u. a. auch in den berufsbildungspraktischen Studien (umgangssprachlich: Unterrichtspraktikum). Der transportable Roboter kann im Seminar für Phasen der Unterrichtsplanung eingesetzt werden und dann für die Unterrichtsdurchführung von den Studierenden mit in die Praktikumsschulen genommen werden. Im Themenschwerpunkt „Robotik“ einer Master-Thesis lassen sich vielfältige wissenschaftliche Fragestellungen entwickeln.

Die nur kurze Darstellung der curricularen Möglichkeiten innerhalb des Studiums der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Informationstechnik eröffnet somit einen Gestaltungsraum universitärer Lehre, Forschung und unterrichtlicher Anbindungen. Die Nähe zu der beruflichen Fachrichtung „Metalltechnik“ – sowohl thematisch, wie auch örtlich hier in Flensburg – erlaubt darüber hinaus weitere interdisziplinäre Ansätze.

Gerade in der Verbindung der verschiedenen beruflichen Fachrichtungen und der Einbindung von Werkzeugen der Projektmethode sowie der Auseinandersetzung mit der Programmierumgebung in Python lassen sich Perspektiven auf die digitalisierte Facharbeit der Zukunft bereits im Studium zur Lehrkraft an berufsbildenden Schulen entwerfen, die als Voraussetzung für ein professionelles und innovatives Lehrerhandeln angesehen werden können. Das Arbeiten in interdisziplinären Teams, die Informationsbeschaffung in offenen Foren (zumeist in Englisch), das eigenverantwortliche Arbeiten u. v. m. werden auf diese Weise im Sinne der bereits skizzierten hochschuldidaktischen Zugänge reflexiv entwickelt und bieten somit einen berufsdidaktischen Nährboden für eigene unterrichtliche Planungen und Umsetzungen in der schulischen Praxis.

Resümee

Mit den technischen Entwicklungen zur Industrie 4.0 kündigt sich kein Paradigmenwechsel in der Facharbeit *und* Lehrerbildung an. Der stetige technische Fortschritt in privatem und beruflichem Umfeld offenbart die konvergierenden Entwicklungen hinsichtlich einer informationstechnischen Durchdringung weitestgehend aller Lebensbereiche. Um darauf nachhaltig, demographiefest und verantwortlich Antworten geben zu können, ist das Konstrukt der „Netzkompetenz“ erdacht und bemüht worden. Eine umfassende Netzkompetenz kann als Grundlage angesehen werden, um eine Sensibilisierung, ein Verständnis und eine kritische Reflexionsfähigkeit in einer digitalisierten Lebens- und Arbeitswelt zu entwickeln. Biographisch darf diese Netzkompetenz selbstverständlich nicht erst mit dem Eintritt in die berufliche Aus- und Weiterbildung an Relevanz gewinnen, sondern sie sollte frühzeitig als Ansatz der allgemeinen Medienbildung im Sinne einer Querschnitts- und Integrationskomponente multiperspektivischer Betrachtungen unterliegen und als Pflichtfach Informatik bereits ab der Sekundarstufe I einen Ansatz für das „Denken in Algorithmen“ entwerfen.

Ob die geschilderten Erwartungen sich in Lehre und Studium umsetzen lassen, bleibt abzuwarten. Erste Schritte werden bereits gegangen und erprobt. Die vorgestellte Anlagenkombination aus Leichtbauroboter und Transfersystem wird überdies als „Best-Practice“-Modell für das BMBF-Projekt PROKOM 4.0 einer empirischen Erhebung unterliegen, bei der im Rahmen eines Unterrichtsexperiments eine Themeneinheit „Industrie 4.0“ unter besonderer Berücksichtigung der „Netzkompetenz“ bei Mechatronikerinnen und Mechatronikern durchgeführt und evaluiert wird.

Literatur

- Ceruzzi, P. (1998): A History of Modern Computing. Cambridge, Massachusetts und London.
- Filk, C.; Grimm, A. (2015): Digitale arbeitsprozessorientierte Kompetenzentwicklung in der höheren beruflichen Bildung. In: medienimpulse, Ausgabe 1/2015. <http://www.medienimpulse.at/articles/view/781> (Letzter Zugriff: 18.10.2016).
- Grimm, A. (2010): Lehrerhandeln im computerunterstützten Berufsschulunterricht: Handlungsmuster von Berufsschullehrern in Elektro- und Metalltechnischen Lehr-Lernarrangements. Frankfurt am Main.

- Hall, A., Maier, T., Helmrich, R. & Zika, G. (2015): IT-Beruf und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0. Vorabversion. Bonn. <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/7833> (Letzter Zugriff: 18.10.2016).
- Ilmarinen, J. (1999): „Ageing Workers in the European Union – Status and promotion of work ability, employability and employment.
- Ingenics AG (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern. Stuttgart.
- Martin, M. (2016): Der Berufsdidaktische Dreidecker. In: Haushalt in Bildung & Forschung 1/2016: Berufliche Bildung. Gestaltungsmöglichkeiten und Zukunftsoptionen. Budrich.
- Schwill, A. (o. J.): Fundamentale Ideen der Informatik. <http://ddi.cs.uni-potsdam.de/Forschung/Schriften/ZDM.pdf> (27.06.2016).
- Wahl, D. (2002): Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? In: Zeitschrift für Pädagogik 48. Jg., H. 2, 277–241.
- Wordelmann, P. (2000): Internetionalisierung und Netzkompetenz. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 29. Jg., H. 6, 31 – 35.

Befähigung von Lehrkräften zur Umsetzung einer Beruflichen Bildung für eine nachhaltige Entwicklung

Sören Schütt-Sayed

Abstract

Die sogenannte vierte industrielle Revolution, welche durch die Digitalisierung der Arbeitswelt gekennzeichnet ist, wird zwangsläufig die Qualifizierung von Facharbeitern/-innen verändern. Welche Erneuerungen dabei auf die Facharbeit zukommen, beruhen ausschließlich auf vagen Zukunftsprognosen. Eine im Sinne an der Leitidee der Nachhaltigkeit ausgerichtete Berufsbildung ermöglicht hierbei z.B. den bestehenden Widerspruch zwischen der Verwendung modernster Technologie in den hoch entwickelten Industrienationen und den damit in Verbindung stehenden menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen bei der Produktion und Entsorgung von elektronischen Bauteilen in weniger entwickelten Ländern aufzugreifen und eine Balance zwischen ökologisch vertretbaren, ökonomisch leistungsfähigen und sozial gerechten Lösungsansätzen herzustellen. Die Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBnE) ist darauf ausgerichtet, Widersprüche offen zu legen und diskursiv zu betrachten, um Schlüsselprobleme, wie die kommende digitale Durchdringung der Gesellschaft, zukunftsfähig durch Berufsbildung mitgestalten zu lernen.

Solche komplexen Nachhaltigkeitssachverhalte werden im berufsbildenden Unterricht tendenziell defizitär behandelt. Ein Grund besteht auch darin, dass es bisher kaum Fortbildungsmaßnahmen für Lehrer/-innen gibt, welche z.B. die wandelnden technologischen Ansprüche an die fachliche Berufsarbeit in Zusammenhang mit BBnE bringen. Um diese Lücke zu schließen, wurde eine Fortbildungsreihe für Lehrkräfte zur Umsetzung einer beruflichen Bildung für eine nachhaltige Entwicklung konzipiert, durchgeführt und evaluiert. Dieser Beitrag soll das Konzept dieser praktisch erprobten BBnE-Fortbildungsreihe vorstellen, welche zentrale berufsfachliche Themen auf einer konkreten Ebene mit der abstrakten Nachhaltigkeitsidee in Verbindung gebracht hat. In diesem Zusammenhang werden erste Evaluationsergebnisse über die Qualifizierung von Lehrer/-innen zur BBnE präsentiert.

1 Ausgangslage und Problemstellung

Wie die Zukunft wirklich aussehen wird, das lässt sich nicht vorhersagen. Aber sich darüber Gedanken zu machen ist immens wichtig, denn aus einem „Vorentwurf eines zukünftigen Zustandes speisen sich Motive und Energien – aus dem Wunsch, einen anderen Zustand zu erreichen als den gegebenen“ (Weller 2014, 137). Laut Vollmer und Kuhlmeier ist das Nachdenken über die „Auswirkungen, die Entscheidungen für eine konkrete berufliche Problemlösung in der Zukunft“ (2014, 206) haben, eine immanente Frage zur didaktischen Gestaltung von Lernprozessen im Kontext der BBnE. So müsste z. B. eine pädagogische Methode, wie die sogenannte Zukunftswerkstatt (Pahl 2013, 405 ff.), die die Visionen und Innovationen für eine zukünftige Gesellschaftsgestaltung zum Kern des Lernprozesses macht, vermehrt in den berufsschulischen Unterricht aufgenommen werden. Solche oder ähnliche Methoden eignen sich besonders für die Vorausschau zur Lösung von Kernproblemen (Vollmer und Kuhlmeier 2014, 206 f.), die noch klar umrissen sind und in der Zukunft liegen. Sind sie aber wirklich für den berufsschulischen Unterricht geeignet bzw. ist es Aufgabe der Berufsschule, Auszubildende für Problemlösungen der Zukunft zu befähigen? Erfahrungsgemäß und anhand der Ergebnisse einer empirischen Untersuchung (siehe Kapitel 2.1) werden solche Handlungsperspektiven nur sehr selten expliziter Bestandteil des berufsschulischen Unterrichts. Es dominiert häufig die Qualifizierung zur Bewältigung von konkreten beruflichen Arbeitsaufgaben.

Institutionen, wie z. B. das Institut für Trend und Zukunftsforschung (ITZ)¹ in Heidelberg, haben sich zur Aufgabe gemacht, die Zukunftsentwicklungen zu prognostizieren. Im Zentrum stehen sogenannte Megatrends, welche die Wirtschaft und Gesellschaft in den nächsten 20 bis 30 Jahren prägen werden. Wenn man den Analysen des Instituts Glauben schenken darf, dann entwickelt sich Deutschland künftig zu einer digitalen Nachhaltigkeitsgesellschaft (Wenzel und Dziemba 2016, 18), denn unter den 15 Treibern der prognostizierten Veränderungen haben die beiden Megatrends der Digitalisierung und der Nachhaltigkeit einen vorrangigen Stellenwert. Auch in den Diskursen der beruflichen Bildung sind sie wiederzufinden. Allerdings werden die Themen „Digitalisierung der Arbeitswelt“ und „Berufliche Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ dort bisher weitestgehend unabhängig voneinander gesehen.

Wie stark sich die Themen auf die berufliche Facharbeit schlussendlich auswirken werden, beruht allein auf vagen Zukunftsprognosen. Für eine Berufsbildung, die beide Themen integrativ verfolgt und damit für eine nachhaltig-

1 Weitere Informationen zum Institut unter: <http://www.zukunftpassiert.de/>

keitsbezogene digitale Gesellschaftsentwicklung befähigen möchte, müssen Digitalisierungsprozesse der Arbeitswelt immer im Zusammenhang von ökonomischen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten im Kontext wandlernder Anforderungen berücksichtigt werden. In einem TV-Beitrag formuliert Knutzen: „Wenn man auf die vergangenen dreißig, vierzig Jahre guckt, dann haben wir uns in viele Probleme reintechnologisiert und jetzt wird es höchste Zeit, dass man sich raustechnologisiert, d. h. man braucht gute Ideen und dafür braucht man Leute, die sehr gut ausgebildet sind, das heißt über den Tellerrand gucken können, die technische Probleme mit sozialen Elementen, ökonomischen aber natürlich auch mit ökologischen Elementen zusammendenken können“ (Knutzen 2016). Dieser Anspruch kommt auch im Bildungsauftrag der Berufsschule (KMK 2011) zum Tragen. Aber woran liegt es, dass er so wenig im praktischen Berufsschulunterricht umgesetzt wird?

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Agenda 21 müsste für die Gestaltung von berufsschulischen Bildungsprozessen eine handlungsleitende Heuristik vorgeben: „Heute nicht auf Kosten von morgen und hier nicht auf Kosten von woanders leben und arbeiten“ (Vollmer 2008, 58). Die Umsetzung dieser Faustregel fällt den Akteur/-innen bisher allerdings schwer. Eine Verknüpfung zwischen bestehenden arbeitsorientierten Unterrichtskonzepten und innovativen Nachhaltigkeitsausrichtung ist keine leichte Aufgabe. Darüber hinaus befürchten viele Akteur/-innen, dass der eigentliche Unterricht durch weitere Themenschwerpunkte überfrachtet wird (Michelsen et al. 2012, 151). Um die beteiligten Berufsbildungsakteure genau hierin zu unterstützen und sie für eine BBnE zu begeistern wurde in Hamburg eine spezielle Fortbildungsreihe konzipiert und praktisch erprobt. Nachfolgend wird diese vorgestellt, die Verbindung von konkreten berufsfachlichen Themen mit der abstrakten Nachhaltigkeitsidee verdeutlicht sowie die Ideen und Ansätze einer BBnE zur Diskussion gestellt.

2 Konzeptionelle Merkmale der BBnE-Fortbildungsreihe

Die aktuelle Fortbildungsreihe ist in einem Forschungsvorhaben der Universität Hamburg eingebunden, bei dem es um die Befähigung von Berufsschullehrkräften zur Umsetzung einer BBnE geht². Im Vorfeld der Konzeptentwicklung wurde eine empirische und theoretische Exploration vorgenommen und in einer umfangreichen Studie Berufsschullehrer/-innen in ganz Deutschland befragt, um das Wissen, die Einstellungen, die Überzeugungen, die Werthaltungen und Ziele, die die Berufsschullehrkräfte im Kontext einer BBnE mitbringen, zu erheben. Darüber hinaus wurden im Sinne einer hermeneutischen Vorge-

2 <https://www.ew.uni-hamburg.de/ueber-die-fakultaet/personen/schuett-sayed.html>

hensweise die grundlegenden theoretischen Konzepte einer BBnE ermittelt. Auf der Grundlage der empirischen und theoretischen Analyseergebnisse, welche hier jeweils nur ansatzweise erläutert werden können, wurde die Fortbildungsreihe zur BBnE entwickelt, erprobt und evaluiert.

2.1 Ergebnisse der empirischen Umfrage

Grundsätzlich ergab die Auswertung der Befragung von Lehrer/-innen ($N=234$), dass ein Fortbildungsbedarf zur erfolgreichen Umsetzung einer BBnE zu konstatieren ist. Diese Einschätzung soll durch eine kurze Zusammenstellung von zentralen Ergebnissen der Studie verdeutlicht werden. Weiterhin soll gezeigt werden, welchen Einfluss die Ergebnisse auf die Gestaltung der Fortbildungsreihe genommen haben.

Einstellung der Lehrer/-innen zur nachhaltigen Entwicklung

Grundsätzlich tendieren die persönlichen Einstellungen der Mehrheit der befragten Lehrkräfte zur sogenannten starken Nachhaltigkeit, d. h. das sich der Bestand einer natürlichen Ressource (Waldstück) nicht durch die Erhöhung des Bestandes einer anderen Kapitalart, wie z. B. Sachkapitel (Straße) kompensieren lässt³. Dazu wurden den Lehrkräften sechs Items vorgelegt bei denen sie sich zwischen zwei Positionen entscheiden mussten (siehe Abbildung 1). Beim letzten Item mussten sie sich z. B. zwischen -3 (Unser heutiges Verhalten muss auch nachfolgenden Generationen Chancen und Ressourcen lassen) und +3 (die nachfolgenden Generationen werden einen Weg finden, fehlende Ressourcen auszugleichen) entscheiden. Bei diesem Item positionierten sich die Befragten klar zur starken Nachhaltigkeit. Dies verdeutlicht, dass eine Beachtung der intergenerationellen Gerechtigkeit sehr wichtig ist und bereits im Bewusstsein bei vielen Lehrkräften der Umfrage vorhanden ist. Es gibt also eine positive Grundeinstellung für eine systematische und dauerhafte Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in die berufliche Bildung und sie offensichtlich vom Ziel einer nachhaltigen Gesellschaftsentwicklung überzeugt sind.

Nachhaltigkeitsverständnis der Lehrer/-innen

Ein vollständiges Grundverständnis des Begriffes Nachhaltigkeit im Sinne der Agenda 21 ist bei den befragten Lehrer/-innen kaum zu finden. Nur vier Befragte haben in ihrer Antwort sowohl die Prinzipien der inter- und intragenerationellen Gerechtigkeit, als auch das Nachhaltigkeitsdreieck benannt. Es zeigt sich weiterhin, dass das Verständnis der befragten Lehrer/-innen sehr vielfältig

3 Um weitere Informationen zur Abgrenzung von starker zur schwachen Nachhaltigkeit zu erhalten, wird auf Hauff und Kleine 2009, 33 ff. verweisen.

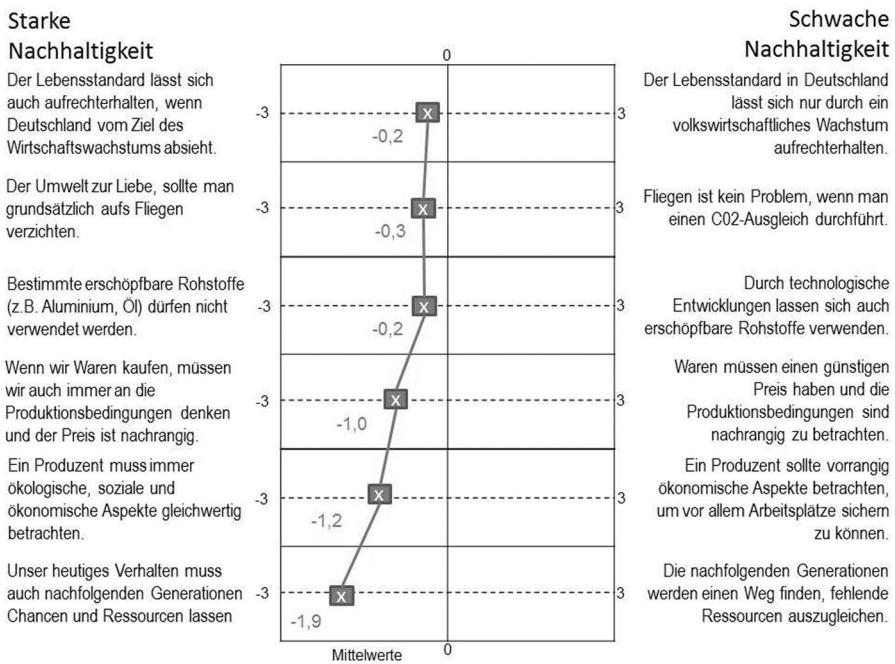


Abb. 1: Nachhaltigkeitseinstellungen der befragten Lehrkräfte

ist. Dominiert wird das Verständnis durch die Fragen der Ressourcenschonung und –nutzung ($N=47$) und des Umweltschutzes ($N=36$). Es fehlt damit ein verdichtendes Expertenverständnis und ein geeignetes Ordnungsmuster zum Konzept der nachhaltigen Entwicklung bei den befragten Lehrer/-innen. Für die Gestaltung nachhaltigkeitsorientierten Unterrichts – beispielsweise orientiert an den didaktischen Leitlinien der BBnE von Kastrup et al. (2012, s. Kapitel 2.2), welches für die Durchführung der Fortbildung leitend war, ist ein fundiertes Nachhaltigkeitsverständnis grundlegend.

Einschätzungen zu den Gestaltungsspielräumen der Facharbeiter/-innen

Erfahrungsgemäß wird in zahlreichen Veranstaltungen zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung in die Berufsschulpraxis das sogenannte Legitimationsproblem (exemplarisch bei Schlömer 2009, 348) einer BBnE von Seiten der Lehrer/-innen angesprochen. Die Lehrkräfte fragen sich häufig, warum sie bei den Auszubildenden ein Bewusstsein für nachhaltiges Handeln fördern sollen,

Tab. 1: Assoziation der Lehrkräfte zum Begriff Nachhaltigkeit

Rang	Kategorientitel	Absolute Häufigkeiten	Prozent
1.	Ressourcenschonung und –nutzung	47	19,0
2.	Umweltschutz/Ökologie	36	14,5
3.	langfristig, dauerhaft allgemein	34	13,7
4.	intergenerationale Generationsgerechtigkeit	28	11,3
...
12.	Nachhaltigkeitsdreieck	5	2,0
...
14.	intragenerationelle Gerechtigkeit	4	1,6
...
18.	Fairer Handel	2	0,8
gesamt		248	100

wenn diese in der späteren Ausübung ihres Berufes ohnehin nicht die entscheidenden Personen in einem Unternehmen sind, die einen Einfluss auf die nachhaltigen Geschäftsprozesse nehmen können. Aus diesem Grund wurden den Lehrkräften Items vorgelegt, bei denen sie die Einflussnahme der Facharbeiter/-innen auf technische, ökonomische, ökologische und soziale Aspekte auf einer Skala von 1 (kein Einfluss) bis 4 (sehr starker Einfluss) beurteilen sollten (siehe Abbildung 2). So schätzen die Lehrkräfte z. B. die Einflussmöglichkeiten der Facharbeiter/-innen auf einen technischen Aspekt in Form von der Qualität der Produkte bzw. Dienstleistung eher stark bis sehr stark ein. Dagegen wurden die Einflussmöglichkeiten auf einen sozialen Aspekt hinsichtlich der Produktionsstätten der verwendeten Komponenten bei der Produktion bzw. innerhalb der Dienstleistung von den Lehrkräften eher gering eingeschätzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Einschätzungen der Mehrheit der befragten Lehrkräfte den Berufstätigen eher keinen Einfluss auf ihre Produkte und Dienstleistungen im Sinne der Agenda 21, also auf ökologische, ökonomische und soziale Aspekte in der Facharbeit, zusprechen. Aus diesem Grund sollte in Weiterbildungsmaßnahmen darauf geachtet werden, die persönlichen Einschätzungen der beteiligten Lehrkräfte zu den Gestaltungsspielräumen der Facharbeiter/-innen zu thematisieren. Durch Konfrontation und Bewusstmachen der Lehrkräfte mit dem eigenen Erziehungsauftrag sollten die subjektiven Einstellungen und Überzeugungen reflektiert werden, damit die handlungsleitenden Strukturen der Lehrer/-innen bearbeitbar gemacht werden können (vgl. Wahl 1995, 75–78).

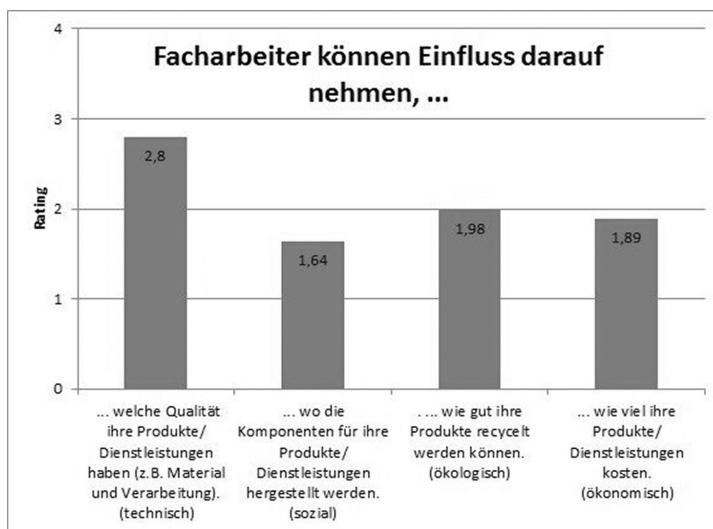


Abb. 2: Einschätzung der Lehrkräfte zu den Einflussmöglichkeiten der Facharbeiter (Mittelwerte)

Wichtigkeit von nachhaltigkeitsorientierten Unterrichtsthemenfeldern

In der Umfrage wurden den Lehrer/-innen auch 14 Unterrichtsthemenfelder⁴ vorgelegt, welche einen starken Bezug zur nachhaltigen Entwicklung haben. Die Auswertungsergebnisse zeigen, dass die Lehrkräfte grundsätzlich alle Themenfelder als wichtig für ihren Unterricht ansehen. Dagegen werden nach Angabe der befragten Lehrkräfte am häufigsten die vier Themenfelder Umweltschutz ($N=107$), Rohstoffsschonung und effizientes Ressourcenmanagement ($N=83$), Effiziente Energienutzung und umweltverträgliche Energiebereitstellung ($N=82$) sowie Recycling ($N=82$) im Unterricht angesprochen. Dies ist ein Indiz dafür, dass weiterhin vor allem ökologische Themen im Vordergrund der unterrichtlichen Umsetzung von BBnE stehen. Deswegen wurden bei dieser Fortbildungsreihe inhaltliche Beispiele, wie z. B. die Globalisierung bzw. die Arbeitsbedingungen ausgewählt und in Verbindung zur beruflichen Facharbeit gebracht.

4 Klimawandel, Umweltschutz, biologische Vielfalt, Globalisierung/Weltwirtschaft, Natürlicher Konsum und Lebensstile, Rohstoffsschonung und effizientes Ressourcenmanagement, effiziente Energienutzung, umweltverträgliche Energiebereitstellung, Arbeitsbedingungen, Generationsengerechtigkeit, Kulturelle Vielfalt, Agenda 21, Bevölkerungsentwicklung, Recycling, Frieden

2.2 Didaktische Bezugspunkte

Das Fortbildungskonzept zielt generell darauf ab, den regulären Unterricht der Lehrer/-innen in Richtung einer BBnE zu entwickeln. Intention der Fortbildungsreihe ist, dass BBnE möglichst konkret auf den Unterricht der teilnehmenden Lehrer/-innen bezogen wird. Ein entscheidender Faktor zur Teilnahme und Zufriedenheit für die Teilnehmer/-innen ist der eigene erlebte Nutzen einer Fortbildung. Dies ist z. B. dann gegeben, wenn die Lehrkräfte schon ab der ersten Fortbildungssitzung wirksame Umsetzungsbeispiele für die eigene Unterrichtspraxis mitnehmen können (Lipowsky 2013/14, 8). Deshalb wurden umsetzbare Beispiele entwickelt und konzeptionell integriert, die eine Verknüpfung von Arbeits- und Geschäftsprozessen der Facharbeit mit der Leitidee der nachhaltigen Entwicklung für den Unterricht ermöglichen. Dazu wurden zwei didaktische Konzeptlinien in der Umsetzung der Fortbildungsreihe verfolgt.

Zum einen sollten sich die Teilnehmer/-innen nicht nur theoretisch mit einer BBnE auseinandersetzen, sondern auch praktisch. Deshalb wurde die Fortbildung in Anlehnung an dem Konzept der „wirkungsvollen Trainings“ gestaltet (Wahl 1995, 2002). Vor allem wurde der „pädagogische Doppeldecker“ in der Fortbildungsreihe genutzt (ebd.), der ausgerichtet ist, die subjektiven und wissenschaftlichen Theorien in Lernsettings zu verbinden. Einerseits erleben die Teilnehmer demzufolge selbst, wie die theoretischen Annahmen beispielhaft umgesetzt werden können. Anderseits versetzen sie sich damit in die Lage, diese mit wissenschaftlichen Theorien zu reflektieren. Im Lernprozess wird somit nicht nur über die theoretischen Annahmen und Modellvorstellungen gesprochen, sondern sie werden auch praktisch umgesetzt (Wahl 2013, 66). Im Vordergrund steht also nicht die reine Wissensvermittlung, sondern die Fortbildungsreihe sollte und konnte dazu führen, dass die Lehrkräfte ihr erworbenes Wissen in professionelles Handeln umsetzen. Sie zielte besonders auf „die Erweiterung und Verbesserung der beruflichen Handlungskompetenz“ der Teilnehmer/-innen (Bennhart 2014, 28).

Zum anderen wurden den Lehrer/-innen in diesem Kontext anhand von zwei Beispielen aufgezeigt, wie sie das Konzept der „didaktische Leitlinien“ (Kastrup et al. 2012) im Unterricht umsetzen können. Dieses Konzept stellt eine für die Berufsbildung geeignete Grundlage für die didaktisch-methodische Gestaltung von Lernsituationen dar, muss aber für die Lehrerfortbildung auf eine Metalebene transferiert werden. Denn die Lehrer/-innen müssen die Kompetenzen erwerben, die „didaktischen Leitlinien“ anzuwenden, um Lernangebote für BBnE entwickeln, unterrichten und evaluieren zu können. Im Kern der didaktischen Leitlinien wird eine Grundkonzeption für die Gestaltung von nachhaltigkeitsorientierten Lehr-Lern-Arrangements herausgearbeitet (ebd.). Der wesentliche Unterschied zu anderen Ansätzen besteht darin, dass die Leitlinien nicht

auf einer bildungstheoretischen Ebene verharren, sondern praxistaugliche Handlungsempfehlungen für die konkrete Ausgestaltung von BBnE in der Berufsbildungspraxis geben. Das Besondere ist, dass sie von den konkreten beruflichen Handlungsfeldern ausgehen und diese anhand spezifischer nachhaltigkeitsbezogener Analysekriterien bewerten, um berufliche Lernsituationen nachhaltigkeitsorientiert zu gestalten.

- I. Ausgangspunkt für BBnE sind konkrete berufliche Handlungsfelder und Handlungssituationen
- II. Bei der Gestaltung von Lernsituationen dienen die spezifischen Perspektiven einer BBnE als didaktische Analysekategorien
 - Soziale, ökologische und ökonomische Aspekte (Wechselbezüge, Widersprüche, Dilemmata)
 - Auswirkungen auf andere (lokal, regional, global)
 - Auswirkungen in der Zukunft (positive Zukunftsvision)
 - Handlungsstrategien (Konsistenz, Suffizienz, Effizienz)
 - Lebenszyklen und Prozessketten (Produkte, Prozesse)
- III. Die BBnE geht von den aktuell anerkannten berufspädagogisch-didaktischen Prinzipien aus
 - Verschränkung von Situations-, Wissenschafts-, Persönlichkeitsprinzip
 - Handlungsorientierung (situiert, selbstgesteuert)
 - Gestaltungsorientierung (Selbstwirksamkeit, Handlungsbereitschaft, Interaktion, Kommunikation)
 - Kompetenzorientierung (PersönlichkeitSENTwicklung, ganzheitliche Bildung)
 - Förderung von vernetztem / systemischem Denken (Retinität)
- IV. Es sind jeweils didaktisch begründete Schwerpunkte zu setzen
- V. Vollständigkeit in Bezug auf die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeitsidee ist das Ziel eines Bildungsganges

Abb. 3: Didaktische Leitlinien (Kastrup et. al 2011)

Im Vordergrund der Fortbildungskonzeption standen die Bedürfnisse der Adressaten, weshalb sie möglichst individuell auf Einzelpersonen bzw. auf die einzelnen Arbeitsgruppen oder Lernfeldteams zugeschnitten wurde. Innerhalb der Fortbildung durchliefen die Beteiligten mehrmals die Phasen: Information, Erarbeitung und Erprobung sowie Feedback und Reflexion (siehe Kapitel 2.4).

2.3 Ziele und Ausgangsvoraussetzungen

Um eine individuell zugeschnittene Umsetzung von BBnE an den einzelnen Schulen zu erreichen, knüpfte die Fortbildungsreihe an folgenden Ausgangsvoraussetzungen an:

- an den Bildungsauftrag der Berufsschule (KMK 2011, 14),
- an die individuellen berufsbezogenen Überzeugungen sowie an das professionelle Wissen (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen etc.) der teilnehmenden Lehrer/-innen zur Umsetzung des Bildungsauftrages der Berufsschule,

- an den Rahmenbedingungen der Lehrer/-innen (wie z. B. an die Curricula, vorhandenen Lernsituationen an den Schulen),
- an den wissenschaftlichen Erkenntnissen zu den theoretisch- und praktisch-didaktischen Überlegungen einer BBnE,
- an die konkreten Handlungsfelder und Handlungssituationen sowie
- an die aktuell anerkannten berufspädagogisch-didaktischen Prinzipien.

Mit der Fortbildungsreihe sollte die Förderung einer ganzheitlichen nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz im berufsschulischen Unterricht verankert werden. Dies ist nur möglich, wenn die Lehrer/-innen eine Vorstellung davon haben, was unter nachhaltigkeitsorientierter Gestaltungskompetenz zu verstehen ist und wie sie diese in Lernsituationen fördern können. Dazu müssen die Lehrer/-innen in der Lage sein, einen direkten Bezug zwischen der berufsspezifischen Facharbeit und der nachhaltigen Entwicklung im Unterricht entfalten zu können. Zwangsläufig bedarf es der Erweiterung der Wissens- und Könnensbasis der Berufsschullehrer/-innen um Wissen und Können zur Förderung einer nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz zu vermitteln. Ihnen sollte bewusst werden, dass das berufliche Handeln der späteren Berufsarbeit einen entscheidenden Einfluss auf eine nachhaltige Entwicklung von Unternehmen (und damit der Gesellschaft) nehmen kann. Nur wenn ihnen dies klar ist, werden Sie ihren Unterricht entsprechend der Leitidee der nachhaltigen Entwicklung anpassen. Die Fortbildungsreihe verfolgte daher das Hauptziel:

Die fortbildungsteilnehmenden Lehrer/-innen können ihren Unterricht auf die Förderung einer ganzheitlichen nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz ausrichten.

Um eine ganzheitliche nachhaltigkeitsorientierte Gestaltungskompetenz zu befördern, wurden die Lehrer/-innen dazu befähigt, die bereits in der beruflichen Bildung verankerte Handlungskompetenz um folgende Kompetenzfacetten zu erweitern (Vollmer 2013; Kastrup et al. 2012):

- a. Soziale, ökologische und ökonomische Aspekte der Berufsarbeit mit ihren Wechselbezügen, Widersprüchen und Dilemmata prüfen und beurteilen,
- b. lokale, regionale und globale Auswirkungen der hergestellten Produkte und erbrachten Dienstleistungen erkennen und bei der Arbeit verantwortungsvoll berücksichtigen,
- c. bei der Herstellung von Produkten und der Erbringung von Dienstleistungen die damit verbundenen längerfristigen Folgen im Sinne einer nachhaltigen Zukunftsgestaltung einbeziehen,

- d. Materialien und Energien in Arbeitsprozessen und den daraus folgenden Anwendungen unter den Gesichtspunkten Suffizienz (Notwendigkeit), Effizienz (Wirkungsgrad) und Konsistenz (Naturverträglichkeit) einsetzen,
- e. Produktlebenszyklen und Prozessketten bei der Herstellung von Produkten und der Erbringung von Dienstleistungen mit einbeziehen.

Die Zusammenführung der beruflichen Handlungskompetenz mit diesen fünf Kompetenzfacetten macht somit das Verständnis einer beruflich nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz aus.

2.4 Struktureller Aufbau der Fortbildungsreihe

Aus den empirischen Erkenntnissen, den theoretischen Bezugspunkten und den übergeordneten Zielsetzungen wurde ein Aufbau für die Fortbildungsreihe abgeleitet, strukturiert und auf einzelne Module aufgeteilt, wie in der Abbildung dargestellt.

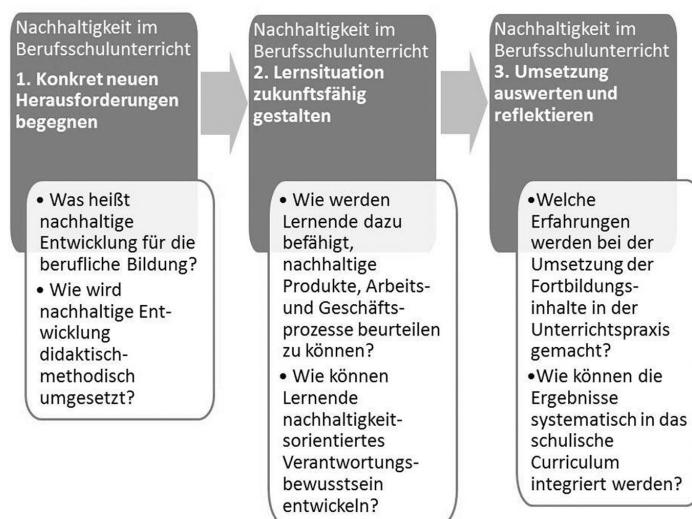


Abb. 4: Aufbau der Fortbildungsreihe

Im Einzelnen wurden fünf Fortbildungstermine á drei Stundeneinheiten daraus konzipiert. Die jeweiligen Sitzungen wurden durch die Beantwortung einer konkreten Fragestellung und die intendierten Erkenntnisschritte mittels aufeinander bezogener kompetenzorientierter Lernziele geplant (Tab. 1).

Tab. 2: Konkrete Fragestellungen und Lernziele zur Gestaltung der Fortbildungsreihe

1. Termin	<p>Was heißt nachhaltige Entwicklung für die berufliche Bildung?</p> <p>Kompetenzorientiertes Lernziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Denkprozesse bei den Lehrer/-innen anstoßen und sie für die Problematik der nicht nachhaltigen Entwicklung einer Gesellschaft sensibilisieren. Sie sollen Handlungsmöglichkeiten sowie Lösungsstrategien für mehr Nachhaltigkeit in der eigenen beruflichen Fachrichtung erkennen und entwickeln.
2. Termin	<p>Wie wird nachhaltige Entwicklung didaktisch-methodisch umgesetzt?</p> <p>Kompetenzorientierte Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrer/-innen reflektieren ihren eigenen subjektiven Bildungsauftrag. Sie können Zusammenhänge zwischen den eigenen Bildungszielüberzeugungen, dem formulierten Bildungsauftrag der Berufsschule und dem Ziel einer nachhaltigkeitsorientierten Bildung erläutern. • Die Lehrer/-innen kennen die „didaktischen Leitlinien“ der Hamburger wissenschaftlichen Begleitung des BMBF-/BIBB-Förderschwerpunktes Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung und haben eine Vorstellung davon, wie sie umgesetzt werden können.
3. Termin	<p>Wie werden Lernende dazu befähigt nachhaltige Produkte, Arbeits- und Geschäftsprozesse beurteilen zu können?</p> <p>Kompetenzorientierte Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrer/-innen können berufliche Arbeits- und Geschäftsprozesse sowie Produkte bzw. Dienstleistungen mit dem nachhaltigen Arbeitshandeln der Facharbeiter verknüpfen und begründen. • Die Lehrer/-innen kennen die Produktlinienanalyse sowie die Handlungsstrategien der Suffizienz, Effizienz und Konsistenz und können alles auf die Arbeits- und Geschäftsprozesse sowie Produkte bzw. Dienstleistungen beziehen. • Die Lehrer/-innen können anhand der oben genannten Kriterien Lernsituationen nachhaltigkeitsorientiert anpassen.
4. Termin	<p>Wie können Lernende nachhaltigkeitsorientiertes Verantwortungsbewusstsein entwickeln?</p> <p>Kompetenzorientierte Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrer/-innen können nachhaltigkeitsorientierte Dilemmata in Bezug auf die konkrete Facharbeit entwickeln. • Die Lehrer/-innen können ihren Unterricht, angelehnt an die Konstanzer Dilemma-Diskussion, durchführen. • Die Lehrer/-innen können diese Diskussionen in vorhandene Lernsituationen einbetten.

(Fortsetzung Tab. 2)

5. Termin	<p>Welche Erfahrungen wurden bei der Umsetzung der Unterrichte gemacht und wie können die Ergebnisse systematisch in das schulische Curriculum integriert werden?</p> <p>Kompetenzorientierte Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die fortbildungsteilnehmenden Lehrer/-innen können ihren Unterricht auf die Förderung einer ganzheitlichen nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz bewerten.
-----------	---

2.4.1 Grundlagenmodul A: Nachhaltigkeit im Berufsschulunterricht – Konkret neuen Herausforderungen begegnen!

Das Grundlagenmodul bestand aus zwei Sitzungen. In der ersten lag der Schwerpunkt darauf, die teilnehmenden Lehrer/-innen für die Thematik der nachhaltigen Entwicklung zu sensibilisieren. Die Sensibilisierung erfolgte anhand eines Planspiels, welches an das sogenannte „Fischereikonfliktspiels“ (exemplarisch Ernst 1997, 27f.) angelehnt ist. Die Auswahl des Planspiels beruhte darauf, dass es unmittelbar in der Unterrichtspraxis eingesetzt werden kann. Anhand des Spiels sollte bei den Lehrer/-innen ein Bewusstsein für eine nachhaltige Entwicklung für die Gesellschaft entwickelt werden, indem sie damit konfrontiert wurden, dass das Wissen über eine nachhaltige Entwicklung noch nicht zu einem Handeln im Sinne der nachhaltigen Entwicklung führt. Der Fokus lag allerdings nicht auf der Problematik einer nicht nachhaltigen Entwicklung, sondern auf der Reflektion von Lösungsansätzen, welche die Berufsausbildung bietet, um eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft voranzutreiben. Es sollte ihnen bewusst werden, dass ihre tägliche Unterrichtsarbeit einen entscheidenden Einfluss auf das nachhaltigkeitsbezogene Berufshandeln und damit auch auf eine nachhaltige Gesellschaftsentwicklung nehmen kann. Um dies konkret zu verdeutlichen, wurde eine anschließende Diskussionsrunde initiiert, welche drei entscheidende Fragen zum nachhaltigen beruflichen Handeln in Unternehmen fokussierte: 1. Was sind nachhaltige Unternehmen? 2. Welchen Einfluss haben Berufstätige auf die nachhaltige Entwicklung generell bzw. als Mitarbeiter eines Unternehmens? 3. Wie müssen/sollten Mitarbeiter ausgebildet werden, die in nachhaltigen im Gegensatz zu ausschließlich gewinnorientierten Unternehmen beschäftigt sind? In der Diskussion mit den anderen Fortbildungsteilnehmer/-innen wurden so ihre Überzeugungen und Einstellungen zu den Gestaltungsspielräumen in der Berufsausbildung zur nachhaltigen Entwicklung reflektierend ausgetauscht.

Dieser Schritt bildete den Übergang zum zweiten Termin des Grundlagenmoduls. Dazu wurde an den eigenen Vorstellungen der Lehrkräfte zu ihren subjektiven Theorien über die Hauptintention ihrer Tätigkeit als Lehrer/-innen ange-

knüpft. Diese subjektiven Überzeugungen sollten durch die Gegenüberstellung zum Bildungsauftrag der Berufsschule in einer Gruppendiskussion mit den anderen Teilnehmer/-innen reflektiert und im Sinne Wahls (1995) aufgebrochen werden. Dazu setzten sich die Lehrer/-innen explizit mit den eigenen Werten, Einstellungen und Überzeugungen zur Umsetzung des Bildungsauftrages auseinander. Diese zu reflektieren bedeutet eine wesentliche Determinante für die Akzeptanz der folgenden innovativen didaktisch-methodischen Ansätze zur BBnE (Lipowsky 2010, 409). Die Thematisierung unterschiedlicher Sichtweisen ist essentiell, um sich mit seinen eigenen auseinandersetzen zu können und für neue zu öffnen. Nach dieser zweiten reflexiven Phase bildete die Einführung in die „didaktischen Leitlinien“ einer BBnE (Kastrup et al. 2012) den letzten Abschnitt des ersten Grundlagenmoduls. In einem Impulsvortrag wurde das didaktische Konzept zur Umsetzung einer BBnE im Unterricht vorgestellt und diskutiert. Dazu wurde ihnen ein Leitfaden⁵ zur Umsetzung einer beruflichen Bildung für eine nachhaltige Entwicklung mit den wesentlichen didaktisch-methodischen Maßnahmen zur Implementierung einer BBnE in den Berufsschulunterricht präsentiert. Mit einem konkreten Arbeitsauftrag zur Analyse von curricularen Dokumenten wurde die zweite Sitzung abgeschlossen.

2.4.2 Modul B: Nachhaltigkeit im Berufsschulunterricht – Lernsituationen zukunftsfähig gestalten

In diesem Modul ging es vorrangig darum, BBnE anhand von „praktischen Übungen“ bzw. „Trainings“ (Wahl 1995, 2002) konkret auf einer unterrichtspraktischen Ebene zu entwickeln. Der Schwerpunkt des ersten Seminartermins dieses Moduls lag auf der Verknüpfung des konkreten nachhaltigen Arbeitshandelns mit den beruflichen Arbeits- und Geschäftsprozessen sowie Produkten bzw. Dienstleistungen. Dazu wurde eine vereinfachte Produktlinienanalyse in Verbindung mit den Handlungsstrategien der Suffizienz, Effizienz und Konsistenz anhand eines Fallbeispiels selbst von den Teilnehmer/-innen durchgeführt. Dieses Beispiel wurde so konzipiert, dass die Lehrer/-innen durch einfache Anpassung der Inhalte ihre vorhandenen Lernsituationen in ihrer Schule erweitern können. In diesem Sinne sollte ihnen aufgezeigt werden, wie sie einen berufsschulischen Lernprozess um die nachhaltigkeitsbezogenen Kompetenzfacetten b (Auswirkungen auf andere), d (Handlungsstrategien) und e (Lebenszyklen und Prozessketten) erweitern können (siehe auch Kapitel 2.3). Um die Übertragung zur Durchführung der Produktlinienanalyse in den eigenen Unterricht der teilnehmenden Lehrer/-innen vorzubereiten, wurden diese in ei-

5 Dieser Leitfaden konkretisiert den Kern der didaktischen Leitlinien (Kastrup et al. 2012) für die Lehrer/-innen. Er kann unter <http://www.bbne-fortbildung.de> (28.06.2016) heruntergeladen werden.

nen Reflexionsprozess überführt, in welchem sie sich den Transfer der Produktlinienanalyse in den eigenen Unterricht vergegenwärtigen sollten. Durch diese Aufgabe wurde ein kommunikativer Austausch zwischen den Lehrer/-innen initiiert mit dem Ziel, mögliche Übertragungshürden zu besprechen und Umsetzungsstrategien im Vorwege zu entwickeln.

Im zweiten Seminartermin dieses Moduls wurde ein weiteres Beispiel zur Ergänzung einer beruflichen Lernsituation um die nachhaltigkeitsbezogenen Kompetenzfacetten aufgezeigt. Nachhaltiges berufliches Handeln zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass es durch Wechselbezüge, Widerstände und Dilemmata gekennzeichnet ist. Um diese Aspekte zu verdeutlichen, welche in der Kompetenzfacette a (Soziale, ökologische und ökonomische Aspekte enthalten ist (siehe Kapitel 2.3), sollte in dieser Einheit der Schwerpunkt genau hierauf gesetzt werden. Den Lehrer/-innen sollten in Form des vorgenannten „pädagogischen Doppeldeckers“ (Wahl 2002, 1995) eine Möglichkeit eröffnet werden, wie sie ein konkretes berufliches Dilemma entwerfen und an Lernsituationen anknüpfen können, um ihren Unterricht bez. der Förderung einer ganzheitlichen nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz zu gestalten. Dazu lernten die Lehrer/-innen die Methode der Konstanzer Dilemma Diskussion (KDD) (Lind 2009) mit Schwerpunktsetzung auf der Leitidee der nachhaltigen Entwicklung kennen. Die eigene kreative Gestaltung einer eigenen Dilemma-Situation aus ihrer beruflichen Fachrichtung beendete diese Sitzung.

2.4.3 Abschlussmodul C: Nachhaltigkeit im Berufsschulunterricht: Umsetzung auswerten und reflektieren.

Das Abschlussmodul bestand aus einer Sitzung, in der die Lehrer/-innen eigene Unterrichtsideen auf Basis ihres Lernzuwachses durch die Fortbildungsreihe entwickeln sollten. Die entstandenen Umsetzungsideen wurden allen Teilnehmer/-innen vorgestellt und in der Gruppe hinsichtlich der Anwendung und Eignung der didaktischen Leitlinien reflektiert. Dadurch konnten die Teilnehmer/-innen die didaktisch-methodischen Planungshilfen selbstständig erproben, durchführen und mit anderen evaluieren. Sie erhielten konkrete Rückmeldungen aus der Teilnehmergruppe sowie vom Fortbildungsleiter zur Umsetzung der didaktisch-methodischen Ansätze in die Praxis. Integrativ wurden die systematischen Zusammenhänge zum eigenen Curriculum diskutiert und evaluiert. Im anschließenden Abschluss der gesamten Fortbildungsreihe wurden die gemachten Erfahrungen bei der Umsetzung der einzelnen Modulschwerpunkte von den Lehrer/-innen reflektiert. Sie wurden jeweils dazu angeregt, über die Wirkungen des eigenen veränderten Verhaltens durch die neu kennengelernten didaktisch-methodischen Ansätze der BBnE nachzudenken und hinsichtlich

der Erweiterung ihres Kompetenzverständnisses im Sinne einer nachhaltigkeitsorientierten Gestaltungskompetenz zu reflektieren.

2.5 Erste Evaluationsergebnisse

Um erste Ergebnisse zur Fortbildungsreihe zu erhalten, wurde eine Online-Befragung von den 14 Teilnehmer/-innen beantwortet. Sie wurden gebeten, bei insgesamt 36 Items Aussagen in einer Skala von eins (trifft nicht zu) bis sechs (trifft voll zu) einzuschätzen. Die Evaluation der Ergebnisse betraf vor allem die Einschätzungen der Lehrer/-innen zur Beurteilung von allgemeinen Aussagen zur Fortbildungsgestaltung, der in der Fortbildung erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten, der Erfüllung der eigenen Erwartungen sowie der Zufriedenheit mit der Fortbildung. Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse aus der Befragung über die Mittelwerte dargestellt. Insgesamt zeigt sich,

- dass die Teilnehmer/-innen die Gestaltung der Fortbildung so einschätzten, dass erfolgreiches Lernen möglich war ($M=5.21$, $SD=.579$),
- dass es ihnen allerdings teilweise noch schwer fällt das Gelernte praktisch umzusetzen ($M=3.43$, $SD=1.22$),
- dass sie nach eigenen Einschätzungen unterschiedlich starke Kenntnisse über BBnE-Inhalte in den Curricula ($M=3.77$, $SD=1.166$), den Unterrichtsmethoden ($M=5.06$, $SD=.642$), die nachhaltige Gestaltungskompetenz ($M=4.54$, $SD=.660$) und über das didaktische Konzept einer BBnE ($M=4.92$, $SD=.954$) erhalten haben,
- dass sich ihre Erwartungen bei den meisten voll erfüllt haben, neue Ansätze und Möglichkeiten gelernt zu haben, wodurch sie einen nachhaltigkeitsorientierten Unterricht durchführen können, ($M=5.15$, $SD=1.144$),
- dass die sie weiterhin an einer Weiterführung dieser Fortbildung teilnehmen würden ($M=5.46$, $SD=.776$),
- dass sie die Fortbildung weiterempfehlen würden ($M=5.38$, $SD=.506$).
- dass sie mit dem Ablauf und dem Inhalt der Fortbildungsreihe sehr zufrieden ($M=5.36$, $SD=.519$) waren.
- dass sich die Teilnahme für sie gelohnt hat ($M=5.00$, $SD=.555$).

Damit lässt sich eine erste positive Bilanz anhand der deskriptiven Einschätzungen der Absolvent/-innen zur Umsetzung der Fortbildungsreihe ziehen. Für eine erste summative Evaluation der Veranstaltung ist dies immens wichtig, allerdings zeigen die Ergebnisse auch bei einigen Items ein differenziertes Bild in Hinblick auf die Veränderung der Lehrerkognitionen bzw. des unterrichtlichen

Handelns im Sinne einer BBnE. Es sollten daher keine voreiligen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Fortbildung gezogen werden. Dies wird erst nach Auswertung von bereits durchgeföhrten qualitativen Interviews im Anschluss der Fortbildung möglich sein.

3 Fazit und Ausblick

Mit diesem Beitrag wurde eine Fortbildungsreihe vorgestellt mit dem Ziel, BBnE verstärkt in die Struktur der Beruflichen Bildung zu integrieren. Die ersten Evaluationsergebnisse durch die Einschätzungen der Teilnehmer/-innen haben positive Ergebnisse gezeigt. Die Fortbildungsreihe ist gut bei den Lehrer/-innen angekommen. Über die Effektivität der Fortbildung hinsichtlich ihrer Praxiswirksamkeit sind bisher noch keine Erkenntnisse vorhanden. Grundsätzlich ist die Befähigung des schulischen Berufsbildungspersonals zur nachhaltigkeitsorientierten Unterrichtsgestaltung aber immer noch ein Nischenthema. Damit einhergehend sind auch die organisatorischen und systemischen Rahmenbedingungen für die strukturelle Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in der dritten Phase der Lehrerbildung bisher nicht ausreichend gegeben. Die konkrete unterrichtliche Umsetzung von BBnE beruht immer noch vorwiegend auf der Freiwilligkeit bzw. den Überzeugungen von nachhaltigkeitsengagierten Lehrkräften. So sind z. B. die schulischen Kontextbedingungen wie z. B. die Vereinbarkeit mit den Schulprogrammen bzw. der Konsens im Kollegium zur BBnE unzureichend entwickelt. Deshalb kann festgestellt werden, dass die Wahrnehmung und die Relevanz von BBnE durch die Fortbildungsreihe im regionalen Kontext gesteigert werden konnte. Erste Multiplikatoren bzw. Promotoren für die weitere Verbreitung von BBnE konnten identifiziert und angesprochen werden. Es bleibt zu hoffen, dass im Zuge des Förderschwerpunkts „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung 2015–2019“⁶ vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) weitere wichtige Impulse zur Qualifizierung des Berufsbildungspersonals und der damit verbundenen Verankerung der Nachhaltigkeitsidee in das Berufsbildungssystem kommen werden.

Es wurde eine Möglichkeit aufgezeigt, wie Berufsschullehrer/-innen für die Gestaltung des eingangs beschriebenen Zukunftsszenarios der digitalen Nachhaltigkeitsgesellschaft vorbereitet werden können. Sie haben eine Schlüsselrolle inne, um eine positive gesellschaftliche Veränderung voranzubringen. Daher ist es immens wichtig geeignete Weiterbildungsmaßnahmen anzubieten, damit sie auch in der Lage sind die Arbeitskräfte für eine positive und aktive Zukunftsgestaltung der Gesellschaft zu befähigen. Sich zwischen den zwei drin-

6 https://www.bibb.de/de/pressemitteilung_45311.php

gendsten zukünftigen Entwicklungslinien, der digitalen und der nachhaltigen, bewusst zu werden und die Auswirkungen der eigenen Entscheidungen darauf beziehen zu können, sollte weiter verstärkt in der beruflichen Ausbildungspraxis voran gebracht werden. Die Abwägung zwischen einem technischen Fortschritt und einer zukünftigen nachhaltigen Lebensweise hat selbst Einzug in den Bildungsbereich genommen. So ist die Verbreitung von e-learning bzw. blended-learning Konzepten mit einer nachhaltigkeitsorientierten Ausbildungspraxis zunehmenden zu beobachten. Dies ist mit Chancen sowie Risiken von bekannten und unbekannten Neben- und Langzeitfolgen verbunden. Ein Regulativ, wie die Nachhaltigkeitsidee, könnte dazu die geeigneten Reflexionskategorien liefern, um eine zukünftige Entwicklung immer wieder zu hinterfragen und Alternativen abzuwägen. Gerade die berufliche Bildung bietet eine überaus gute Möglichkeit eine umfangreiche Wirkung zwischen einem fundiertem Nachhaltigkeitsbewusstsein und einer konkreten Handlungskompetenz entfalten zu können (Kuhlmeier und Vollmer 2014, 218).

Literaturverzeichnis

- Bernhart, D. (2014): Vom Wissen zum Handeln in der Unterrichtspraxis. Eine Evaluationsstudie über eine einjährige schulische Personalentwicklungsmaßnahme. Hamburg: Kovac (Schulentwicklung in Forschung und Praxis, 21).
- Ernst, A. M. (1997): Ökologisch-soziale Dilemmata. Psychologische Wirkmechanismen des Umweltverhaltens. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union (Umweltpsychologie in Forschung und Praxis).
- Hauff, M. von; Kleine, Al. (2009): Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung. München.
- Kastrup, J.; Kuhlmeier, W.; Reichwein, W.; Vollmer, Th. (2012): Mitwirkung an der Energiewende lernen. Leitlinien für die didaktische Gestaltung der Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: lernen & lehren (107), 117–124. http://www.lernenundlehren.de/heft_dl/Heft_107.pdf (Letzter Zugriff: 07.08.2014).
- KMK – Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) (2011): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23_GEP-Handreichung.pdf (Letzter Zugriff: 31.03.2014).

- Knutzen, (2016): Für Technik-Begeisterte: 2. Tag der offenen Tür der TU Hamburg-Harburg. Sat.1-regional, 29.03.2016. <http://www.sat1regional.de/aktuell/article/fuer-technik-begeisterte-2-tag-der-offenen-tuer-der-tu-hamburg-harburg-199877.html> (Letzter Zugriff: 28.06.2016).
- Lind, G. (2009): Moral ist lehrbar. Handbuch zur Theorie und Praxis moralischer und demokratischer Bildung. München.
- Lipowsky, Fr. (2010): Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In: Ewald Terhart, Hedda Bennewitz und Martin Rothland (Hg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. [s.l.]: Waxmann Verlag, 398–417.
- Lipowsky, Fr. (2013/14): „Sich selbst als wirksam erfahren – ein Schlüssel für erfolgreiches Lernen von Lehrerinnen und Lehrern“. Interview. In: PodiumSchule, 8–9. http://blogs.bertelsmann-stiftung.de/vl/wp-content/uploads/sites/4/2014/01/Podium_Schule_13_14.pdf (Letzter Zugriff: 28.06.2016).
- Michelsen, G.; Grunenberg, H.; Rode, H. (2012): Greenpeace Nachhaltigkeitsbarometer – Was bewegt die Jugend? Ergebnisse der bundesweiten Repräsentativbefragung und einer qualitativen Explorativstudie, Juni-Juli 2011. Bad Homburg.
- Pahl, J.-P. (2013): Makromethoden – Rahmengebende Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Baltmannsweiler.
- Schlömer, T. (2009): Berufliches Handeln und Kompetenzen für nachhaltiges Wirtschaften. Ein Referenzmodell auf der Grundlage theoretischer und empirischer Explorationen. Mering.
- Vollmer, Th. (2008): „Heute nicht auf Kosten von morgen und hier nicht zu Lasten von anderswo arbeiten und leben“. Zukunftsorientierte Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: lernen & lehren (90), 54–60. http://www.lernenundlehren.de/heft_dl/Heft_90.pdf (Letzter Zugriff: 07.01.2015).
- Vollmer, Th. (2013): Generation Nachhaltigkeit – Überlegungen über Perspektiven der elektro- und metalltechnischen Berufsbildung. In: bwpa@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik-Online 2013 (Fachtagung 8), 1–27. http://www.bwpat.de/ht2013/ft08/vollmer_ft08-ht2013.pdf (Letzter Zugriff: 08.01.2015).
- Vollmer, Th.; Kuhlmeier, W. (2014): Strukturelle und curriculare Verankerung der Beruflichen Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: Werner Kuhlmeier, Andrea Mohorić und Thomas Vollmer (Hg.): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Modellversuche 2010 – 2013: Erkenntnisse, Schlussfolgerungen und Ausblicke. Bielefeld.
- Wahl, D. (1995): Grundkonzeption. In: Diethelm Wahl und Willi Wölfling (Hg.): Erwachsenenbildung konkret. Mehrphasiges Dozententraining ; eine neue Form erwachsenendiffektischer Ausbildung von Referenten u. Dozenten. 4. Aufl. Weinheim, 58–103.

- Wahl, D. (2002): Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? In: Zeitschrift für Pädagogik 48 (2), 227–241. http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3831/pdf/ZfPaed_2_2002_Wahl_Mit_Training_vom_traegen_Wissen_zum_kompetenten_Handeln_D_A.pdf. (Letzter Zugriff: 08.01.2015).
- Wahl, D. (2013): Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln; mit Methodensammlung. Bad Heilbrunn.
- Welzer, H. (2014): Selbst denken. Eine Anleitung zum Widerstand. 1. Aufl., neue Ausg. Frankfurt am Main.
- Wenzel, E.; Dziemba, O. (2016): Was die Zukunft bringt. In: ernom – Zukunft fängt bei Dir an (6), 16–30.

Lehrerbildung im Mechatronikstudium an der Fachhochschule

Gabriela Jonas-Ahrend, Dmitrij Tikhomirov

Abstract

Bundesweit ist ein großer Lehrermangel an Berufskollegs in technischen Fächern zu verzeichnen. In NRW wurden deshalb u. a. Kooperationsprojekte zwischen Universitäten und Fachhochschulen initiiert, um mehr Studierende für den Lehrerberuf zu gewinnen. Lehrerbildung an einer Fachhochschule ist ein besonderer und nicht gewöhnlicher Weg und bringt große Chancen aber auch Herausforderungen mit sich. Das umfasst sowohl fachinhaltliche wie auch lehr- und lernpsychologische Facetten und schulformtypische Besonderheiten. In dem Beitrag wird dargestellt, wie die Lehrerausbildung an der Hochschule Hamm-Lippstadt in Kooperation mit der Universität Paderborn umgesetzt wird. Es werden Aspekte der Implementierung und der besonderen Bedingungen für diese neue Studienkombination sowie inhaltliche und organisatorische Schwerpunkte dargestellt.

Die Verknüpfung eines Ingenieurs- mit einem Lehramtsstudium ist eine Möglichkeit, Studierende für das Lehramt an Berufskollegs zu interessieren, die zuvor nie über den Lehrerberuf nachgedacht hatten. Wie gelingt es, das Interesse der Studierenden zu gewinnen und zu erhalten? Welche spezifischen Anforderungen an die Qualifizierung dieser Studierenden gilt es zu berücksichtigen, damit nicht nur die Lehrerausbildung, sondern auch die Begeisterung für und das Arbeiten im Lehrerberuf an einem Berufskolleg den Anforderungen der industriellen, globalen, sich ständig weiterentwickelnden Gesellschaft genügen? Industrie und Handwerk müssen sich im dualen Ausbildungssystem auf eine innovative schulische Berufsausbildung verlassen können. Eine Voraussetzung dafür ist eine gleichermaßen praxisorientierte wie wissenschaftlich basierte Lehrerbildung 4.0!

Ausgangslage

So verschieden die Lehrerausbildung in den einzelnen Bundesländern in Deutschland und auch innerhalb des jeweiligen Bundeslandes ist, findet sie doch für alle Schulformen (die mindestens genauso verschieden in den einzelnen Bundesländern sind) fast ausschließlich an Universitäten statt. Lehrerausbildung an einer Fachhochschule ist ein Novum. Erstaunlicherweise gibt es fast

keine Diskussion darüber (Terhart 2001a und 2001b ist m. E. eine Ausnahme), im Gegensatz zur Diskussion um das Promotionsrecht von Fachhochschulen (z. B. Hartmer 2014). Die Universitäten sehen ihre Hoheit in der Lehrerbildung nicht gefährdet. Zu Recht, denn für das notwendige Masterstudium müssen auch die Lehramtsstudierenden von Fachhochschulen an die Universitäten kommen. Zumal ist der eklatante Mangel an Berufsschullehrkräften, insbesondere im gewerblich-technischen Bereich, deutschlandweit unübersehbar groß und alle Beteiligten sind froh über jegliche Initiativen, die diesen Mangel beheben könnten. Im Folgenden wird nur das Land Nordrhein-Westfalen betrachtet.

Lehrerausbildung an einer Fachhochschule

„Grundsätzlich erfordert der Lehrerberuf in NRW Abitur und ein Lehramtsstudium sowie einen 18-monatigen Vorbereitungsdienst. Doch unter bestimmten Voraussetzungen ist es auch anderen am Lehrerberuf Interessierten möglich, dauerhaft als Lehrkraft am Berufskolleg eingestellt zu werden.“ (Eichhorst und Menge 2015) Es werden sieben (!) Voraussetzungen, die das o. g. „grundsätzlich“ erweitern, aufgeführt. Diese Voraussetzungen erfüllt das hier beschriebene Programm: Lehrerausbildung an der Fachhochschule Hamm-Lippstadt.

Vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW wurde 2012 ein mit 11 Millionen gefördertes Programm zum Auf- und Ausbau von Berufskollegstudiengängen gestartet, für eine Laufzeit von fünf Jahren.¹ Dieses Programm basiert auf der Bildung von Kooperationen zwischen Universitäten und Fachhochschulen². Studierende sollen neben einem Ingenieur-Bachelor, erworben an einer beteiligten Fachhochschule, auch eine Qualifikation für einen Lehramts-Master (an einer Universität) erlangen können, indem sie bereits an der jeweiligen Fachhochschule Lehrveranstaltungen in Fachdidaktik und Bildungswissenschaften besuchen. Nach ihrem Bachelor-Abschluss sollen sie dann problemlos in einen Master-Studiengang für das Lehramt an Berufskollegs einer Verbunduniversität wechseln können.

Es nehmen fünf Universitäten jeweils im Verbund mit verschiedenen Fachhochschulen daran teil:

- RWTH Aachen im Verbund mit den Fachhochschulen in Aachen und Köln sowie der Fachhochschule Niederrhein

1 Es wird vermutet, dass dieses Programm verstetigt wird.

2 <http://www.wissenschaft.nrw.de/studium/bewerben/abschluesse/lehrerausbildung/lehramtsstudiengaenge-fuer-berufskollegs/> Aufruf am 08.09.2016

- Universität Paderborn im Verbund mit den Fachhochschulen in Bielefeld, Hamm-Lippstadt und Soest (Fachhochschule Südwestfalen) sowie der Fachhochschule Ostwestfalen-Lippe
- Universität Siegen im Verbund mit den Fachhochschulen Bonn-Rhein-Sieg, Dortmund, Hamm-Lippstadt (geplant) und Südwestfalen (Standort Meschede)
- Universität Wuppertal im Verbund mit den Fachhochschulen in Bochum und Gelsenkirchen sowie mit den beiden Standorten Hagen und Lüdenscheid der Fachhochschule Südwestfalen
- Universität Münster im Verbund mit der Fachhochschule Münster (dieser Verbund existierte bereits vor dem Programm)

Jedes dieser Verbundprojekte hat seine individuelle Struktur und verschiedene personelle Voraussetzungen. Auch innerhalb eines Verbundprojektes sind die organisatorische und inhaltliche Zusammenarbeit sehr verschieden. Möglichkeiten der Kooperation werden nur begrenzt ausgeschöpft, jedes entwickelt sein eigenes Konzept.

Werbung für den Studiengang

In vielen Fächern fehlen auch an allgemeinbildenden Schulen Lehrkräfte. Doch besonders ausgeprägt ist der Mangel an Berufskollegs. Markof (2015) geht in ihrem Artikel näher darauf ein, warum sich nur wenige für ein Lehramtsstudium für Berufskollegs entscheiden und wie zusätzliche Studierende für das Lehramt an Berufskollegs (gewerblich-technische Fachrichtungen) gewonnen werden können. Ein weiterer Aspekt kommt hinzu: Unwissenheit über die verschiedenen Möglichkeiten, Lehrer/-in am Berufskolleg zu werden. Obwohl bundesweit schon viele Werbemaßnahmen ergriffen wurden, ist insbesondere die Möglichkeit des Lehramtsstudiums an einer Fachhochschule weitestgehend unbekannt. Viele Absolventen von beruflichen Gymnasien kennen diese Option gar nicht. Für Abiturienten von allgemeinbildenden Gymnasien kommt, wenn überhaupt, nur ein Lehramtsstudium für allgemeinbildende Schulen in Frage, da sie das Berufskolleg i. d. R. nicht kennen. An der Hochschule Hamm-Lippstadt werden derzeit Studierende fast nur aus den bereits eingeschriebenen Studierenden gewonnen. In den ersten beiden Semestern wird mehrmals und vielfältig Werbung gemacht. Es wird in den Vorlesungen die Studienvariante *education* direkt vorgestellt. Auch finden Einzelveranstaltungen statt, die über die Studienvariante aber auch über den Beruf einer Berufsschullehrkraft informieren. Dazu werden Berufsschullehrkräfte eingeladen und diese berichten aus ihrem Alltag. Darüber hinaus können Studierende der Hochschule

Hamm-Lippstadt bereits an ausgewählten Veranstaltungen von Berufskollegs, z.B. Projektpräsentationen einzelner Klassen, teilnehmen und auf Wunsch auch im Unterricht hospitieren. Eine weitere Werbeinitiative ist im Internet gelungen: bei ThinkING wurde „Mechatronik auf Lehramt an der Hochschule Hamm-Lippstadt“ als Studiengang des Monats August vorgestellt.³ Alle diese Aktivitäten sind Einzelaktionen und zielen darauf, mehr Studierende für das Lehramt an Berufskollegs zu gewinnen.

Projekt Edu-Tech Net OWL an der Hochschule Hamm-Lippstadt

Die staatliche Fachhochschule Hamm-Lippstadt (HSHL) ist eine junge Fachhochschule, gegründet 2009. Die Lehre ist konsequent interdisziplinär, praxis- und marktorientiert ausgerichtet. An ihr studieren derzeit ca. 4500 Studenten in 14 Bachelor und fünf Master Studiengängen. Der Studiengang Mechatronik umfasst sieben Semester inkl. eines Praxis-/Auslandssemesters und schließt mit dem „Bachelor of Engineering“ ab. Jährlich beginnen ca. 50 Studierende ihr Mechatronik Studium, in der deutlichen Mehrheit männliche Studierende.

An der Hochschule Hamm-Lippstadt wurde das Projekt Edu-Tech Net OWL im Verbund mit der Universität Paderborn realisiert. Im Studiengang Mechatronik (und nur in diesem)⁴ haben die Studierenden der HSHL seit 2015 die Möglichkeit, ihren Weg zum Lehramt an Berufskollegs in den Fachrichtungen Maschinenbau (große Fachrichtung) und Fertigungstechnik (kleine Fachrichtung) zu beginnen. Diese Studienoption wird, analog zu den bereits existierenden Studiengangvarianten präsenz-, international-, dual-praxisorientiert oder ausbildungsinTEGRiert als „*education* Variante“⁵ bezeichnet. Die *education* Variante ist vollständig in den Studienplan Mechatronik integriert. Zunächst konnten die Studierenden die Veranstaltungen nicht als Zusatzveranstaltungen besuchen. Das wurde inzwischen aufgrund der Nachfrage von Studierenden geändert, nun können bei Interesse auch Mechatronik Studierenden aus anderen Studienvarianten daran teilnehmen. Schaffen sie es nicht, im Bachelor Studium komplett alle *education* Veranstaltungen zu belegen oder die erforderlichen Praktika zu absolvieren, können sie diese an der Universität Paderborn nachholen (Einschreibung „unter Auflage“).

3 <https://www.think-ing.de/schueler-studierende/netzwerk-nutzen/leute-kennen-lernen/studiengang-des-monats/august-2016>. Aufruf am 08.09.2016

4 An einigen Fachhochschulen kann die Lehramtsoption in zwei Studiengängen gewählt werden, z.B. an der FH Südwestfalen in Maschinenbau und Elektrotechnik.

5 Von der anfänglichen Bezeichnung „Track *education*“ wurde Abstand genommen, vor allem damit die Integration dieser Variante deutlicher wird.

Gestaltung der *education* Lehrveranstaltungen

Die *education* Variante beginnt mit der Lehrveranstaltung „Unterricht und allgemeine Didaktik“ im 3. Semester. Im folgenden 4. Semester ist im Modulplan Mechatronik ein Praxissemester vorgesehen. Die Studierenden sind dann in Betrieben oder studieren im Ausland. Für die *education* Studierenden finden in diesem Semester der Hauptanteil der didaktischen und bildungswissenschaftlichen Veranstaltungen sowie (nach Möglichkeit) das Berufsfeld-⁶ und Orientierungspraktikum statt. Im 5. und 6. Semester folgt noch jeweils eine Veranstaltung zur Technikdidaktik.



Abb. 1: Projekt Stratosphärenballon

6 Eine Berufsausbildung oder eine berufspraktische Tätigkeit kann unter bestimmten Voraussetzungen für das Berufsfeldpraktikum anerkannt werden.

In den Lehrveranstaltungen werden die Studierenden schrittweise an Pädagogik, Didaktik und Erziehungswissenschaften herangeführt. Der Fakt, dass die Studierenden mit dem Berufsziel Ingenieur ihr Studium begonnen haben, muss bei der Gestaltung der Lehrveranstaltungen sowohl inhaltlich als auch methodisch besonders berücksichtigt werden. Die Hinwendung zum Lehrerberuf erfolgt bei den meisten Studierenden allmählich und ist individuell unterschiedlich. Mit abwechslungsreichen Methoden und sehr praxisorientierten Inhalten aber auch mit der Initiierung und Durchführung von realen Schulprojekten (schon Terhart 2000 weist auf Notwendigkeit von Schulbezug bereits im Studium hin) wird eine Hinwendung zum Lehramt und der Aufbau von PCK (pedagogical content knowledge, Shulman 1986) gezielt unterstützt. So sind die Studierenden z. B. gleich im ersten Semester als Mentoren beim „virtual science fair – Projekt“ (Jonas-Ahrend und Kreckel, 2013) eingesetzt und betreuen über eine moodle™ – Plattform Schülerteams beim naturwissenschaftlichen Arbeiten. In einem weiteren Projekt haben die Studierenden mit Schülern und Schülerinnen über Monate hinweg zusammen das Projekt „Stratosphärenballon“ (Abb. 1) durchgeführt⁷ und somit auch die Schule als Lernort genutzt.

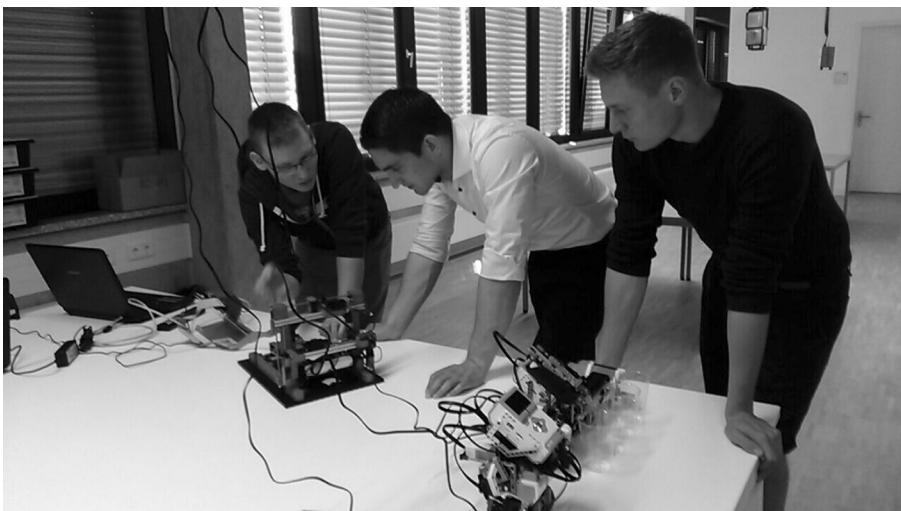


Abb. 2: Mechatronische Modelle

Innerhalb der Lehrveranstaltungen an der HSHL werden in Praxisphasen u. a. elektromechanische Modelle aufgebaut, programmiert und deren didaktischer

⁷ In Zusammenarbeit mit dem Gymnasium Marienschule Lippstadt und dem zdi-Netzwerk Kreis Soest.

Einsatz diskutiert (Abb. 2), Filme über den Lehrerberuf diskutiert (z. B. „Fack Ju Göhte“, „Der Club der toten Dichter“) oder eine Leonardo Brücke gebaut (Abb. 3). Diese auf Handlungsorientierung ausgelegte Gestaltung hat das Ziel, ingenieurwissenschaftliches und **lehramtsbezogenes Wissen und Können** zu verbinden. Inwieweit das durch diese Aktivitäten gelingt, kann heute nicht eingeschätzt werden. Positiv ist, dass bisher kein Student die *education* Variante verlassen hat.



Abb. 3: Bau einer Leonardo-Brücke

Studenten der *education* Variante

Aus der Lehrerbildungsforschung ist bekannt, dass „*individual teachers' identities and life histories also influence what they do in the classroom*“ (Dillon und Manning 2010, 19). Die Studierenden an Fachhochschulen unterscheiden sich von den „klassischen“ Lehramtsstudierenden an Universitäten. Sie sind i. d. R. älter, haben oftmals kein Abitur, häufig jedoch eine abgeschlossene Berufsausbildung und verfügen im Gegensatz zu den meisten Abiturienten über Praxiserfahrung in der Industrie und/oder Wirtschaft. Gefragt nach den Motiven für die Studiengangvariante *education* antworteten alle teilnehmenden Studierenden der HSHL ähnlich: „*Die Wahl dieser Studiengangvariante war eigentlich ein Zufall. Im Lauf des zweiten Semesters wurde dieser Studententrack als zusätzliche Variante angeboten. Da ich in meiner Freizeit viel in der Ausbildung und Jugendbildung arbeite, bot sich dieser Studententrack für mich an.*“ (Student P. H., Interview vom 15. Juni 2016) Die acht Studierenden der *education* Variante an der HSHL sind junge Erwachsene, die ihr Studium mit dem Ziel Ingenieur für Mechatronik begonnen haben, und nun auf dem Weg zum Lehrer am Berufskolleg sind. Sie sind alle männlich, einige haben das Gymnasium besucht, einige haben eine Berufsausbildung. Es ist eine inhomogene Gruppe, die jedoch das gemeinsame Berufsziel „Lehrer am Berufskolleg, Fachrichtung Maschinenbau/Fertigungstechnik“ eint. Auch wenn unterschiedliche Voraussetzungen der Lernenden für Lehrpersonen eine Herausforderung darstellt, in den bisherigen Lehrveranstaltungen hat diese Inhomogenität ausschließlich gegenseitig bereichernden Einfluss gezeigt und positiv motivierend gewirkt.

Fazit und Schlussfolgerungen

Nach einem Jahr Lehrerausbildung an der Fachhochschule Hamm-Lippstadt kann ein Fazit nur eine subjektive Einschätzung sein. Diese basiert jedoch auf einer sehr intensiven Betreuung der Studierenden, auf Beobachtungen in Seminaren, in Schulprojekten, im Orientierungspraktikum und nicht zuletzt durch direktes Feedback durch die Studierenden. So lässt sich einschätzen, dass eine Lehrerausbildung für technische Fächer an beruflichen Schulen durchaus in Verbindung mit einem Ingenieursstudium realisierbar und insbesondere für Fachhochschulstudierende geeignet ist. Mag bedingt durch die institutionellen Voraussetzungen auch die Theorie im pädagogisch-didaktischen Bereich etwas im Hintergrund stehen, der enge und vielfältige Praxisbezug, vielleicht auch die Lebenserfahrung der Studierenden und nicht zuletzt ihre persönliche Reife sind positiv wirkende Faktoren, die durchaus für eine Lehrerausbildung von Vorteil sein können. Kritisch hingegen wird gesehen, dass an einer technisch-orientierten Fachhochschule kein „pädagogisches Klima“ vorhanden ist. Die Lehrperso-

nen sind „Einzelkämpfer“, es findet (fast) kein kollegialer Austausch statt und es gibt keine didaktischen/pädagogischen Kolloquien. Es gibt keine weiteren Lehramtsstudierenden anderer Fächer und last but not least findet auch keine lehramtsbezogene Forschung statt. Diese wäre im Sinne einer forschungsbasierten Lehrerausbildung durchaus wichtig (vgl. Becker und Spöttl 2013). Eine Entwicklung in diese Richtung sollte von allen Beteiligten angestrebt werden. Möglichkeiten durch Zusammenarbeit mit Universitäten und den beteiligten Fachhochschulen gibt es vielfältige.

Literatur

- Becker, M.; Spöttl, G. (2013): *Lehrerbildung in beruflichen Fachrichtungen – Gemeinsamkeiten, Besonderheiten, Differenzierungen, Standards*. In: bwp@ Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Workshop 19, hrsg. v. Windelband, L.; Spöttl, G.; Becker, M., 1–10. Online: http://www.bwpat.de/ht2013/ws19/becker_spoettl_ws19-ht2013.pdf. (Letzter Zugriff 08.09.2016).
- Eichhorst, C.; Menge, B. (2015): *Lehrkraft am Berufskolleg – eine berufliche Perspektive*. In: Schule NRW, Amtsblatt des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 12/15, 520–522.
- Hartmer, M. (2014): Kommentar Dr. (FH). In: *Forschung & Lehre*, 5/14, 169.
- Jonas-Ahrend, G.; Kreckel, T. (2013): *Science Fair mit E-Mentoren*. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Heft 7, 406–410.
- Markof, N. (2015): *Polyvalenz und Studienwahlentscheidung*. In: Dreher, R. et al. (2015): *Wandel der technischen Berufsbildung*. Bielefeld, 123–140.
- Dillon, J.; Manning, A. (2010): *Science teacher, science teaching: issues and challenges*. In: Osborne, J.; Dillon, J. (2010): *Good Practice in Science Teaching*, McGraw Hill, Open University Press
- Shulman, L. (1986): *Those who understand: Knowledge growth in teaching*. Educational Researcher, 15 (2). 4–14.
- Terhart, E. (Hrsg.) (2000): Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission. Weinheim und Basel 2000.
- Terhart, E. (2001a): Lehrerberuf und Lehrerbildung – Forschungsbefunde, Problemanalysen, Reformkonzepte. Weinheim und Basel.
- Terhart, E. (2001b). *Lehrerbildung – quo vadis*. Zeitschrift für Pädagogik, 47, 549–558.

Autorenverzeichnis

Becker, Matthias Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik
Appelstraße 9
30167 Hannover
E-Mail: becker@ibm.uni-hannover.de

Gebhardt, Jonas Dipl.-Päd.

Europa-Universität Flensburg
Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
E-Mail: jonas.gebhardt@uni-flensburg.de

Gidion, Gerd Prof. Dr.

Karlsruher Institut für Technologie – KIT
Zentrum für Mediales Lernen -- Forschungsgruppe Technikdidaktik
Neuer Zirkel 3
76131 Karlsruhe
E-Mail: gidion@kit.edu

Grimm, Axel Prof. Dr.

Europa-Universität Flensburg
Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
E-Mail: axel.grimm@biat.uni-flensburg.de

Hartmann, Martin Prof. Dr.

Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Technische Universität Dresden
D-01062 Dresden
E-Mail: martin.hartmann@tu-dresden.de

Heinrich, Nicolai StR

Europa-Universität Flensburg
Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
E-Mail: nicolai.heinrich@uni-flensburg.de

Jaschke, Steffen Dr.

Universität Siegen
Technikdidaktik am Berufskolleg
Breite Str. 11
57076 Siegen
E-Mail: steffen.jaschke@uni-siegen.de

Jonas-Ahrend, Gabriela Dr.

Hochschule Hamm-Lippstadt
Marker Allee 76-78
59063 Hamm
E-Mail: gabriela.jonas-ahrend@hshl.de

Jordanski, Gabriele

BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung
Kaufmännische Berufe, Berufe der Medienwirtschaft und Logistik
Robert-Schuman-Platz 3
53113 Bonn
E-Mail: jordanski@bibb.de

Krämer, Heike Dr.

BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung
Berufe der Medien- und Kommunikationswirtschaft, Druck-
und Papierindustrie
Robert-Schuman-Platz 3
53113 Bonn
E-Mail: kraemer@bibb.de

Mahrin, Bernd Dipl.-Ing.

KOMPETENZPUNKT. BERUFSBILDUNG
Hennigsdorfer Str. 45f
13503 Berlin
E-Mail: bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de

Schütt-Sayed, Sören StR

Universität Hamburg
Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik
Sedanstraße 19
20144 Hamburg
E-Mail: soeren.schuett@uni-hamburg.de

Schwenger, Ulrich Dipl.-Ing., OStD a. D.

BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.
Schloß-Wolfsbrunnenweg 1
69117 Heidelberg
E-Mail: schwenger@bag-elekrometall.de

Spöttl, Georg Prof. Dr. Dr. h.c.

Steinbeis Transferzentrum InnoVET
Kluesrieser Weg 74
24939 Flensburg
E-Mail: spoettl@uni-bremen.de

Stoll, Cristian

Technische Universität Berlin
Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre
Fachdidaktik Metall- und Elektrotechnik
Marchstraße 23
10587 Berlin
E-Mail: c.stoll@campus.tu-berlin.de

Tikhomirov, Dmitrij Prof. Dr.

Hochschule Hamm-Lippstadt
Marker Allee 76-78
59063 Hamm
E-Mail: dmitrij.tikhomirov@hshl.de

Vollmer, Thomas Prof. Dr.

Universität Hamburg
Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik
Sedanstraße 19
20144 Hamburg
E-Mail: thomas.vollmer@uni-hamburg.de

Wecker, Markus Dr.-Ing.

Carl-Miele-Berufskolleg für Technik
des Kreises Gütersloh
Wilhelm-Wolf-Str. 2-4
33330 Gütersloh
E-Mail: m.wecker@cmb-gt.de



Aktuell zeichnen sich rasante Veränderungen der Arbeitswelt und der Gesellschaft insgesamt durch das Internet der Dinge ab. Die digitale Vernetzung der Facharbeit wird absehbar zu neuen Aufgaben- und Berufsprofilen führen. Es stellt sich die Frage, was bedeutet diese Entwicklung für die Facharbeit in den Elektro- und Metallberufen und welche Beitrag kann die berufliche Aus- und Weiterbildung leisten, für diesen Wandel zu befähigen. Die Autoren der Beiträge dieses Sammelbandes geben Anstöße für die Gestaltung einer verantwortlichen und auf „digitale“ Mündigkeit zielende Berufsbildung. Und manchmal öffnet bereits die „richtige“ Fragestellung in dem einen oder anderen Beitrag den Einstieg in wirkungsvolles und nachhaltiges Handeln im Rahmen einer beruflichen Bildung, die den Anspruch hat, auch künftige, digital vernetzte Prozesse der Arbeits- und Berufe-welt verantwortlich gestalten zu können.

Steffen Jaschke

ist Postdoc (Akademischer Rat im Fach Didaktik der technischen Informatik) am Lehrstuhl für Technikdidaktik am Berufskolleg der Universität Siegen.

Ulrich Schwenger

Dipl.-Ing. OStD a.D., ist erster Vorsitzender der BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.

Thomas Vollmer

ist Professor für Didaktik der beruflichen Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik am Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Universität Hamburg.

