

# Schwerpunktthema Lernen unter dem Aspekt der Vernetzung

## **lernen & lehren**

Elektrotechnik – Informationstechnik  
Metalltechnik – Fahrzeugtechnik



Lernen unter dem Aspekt der Vernetzung

Vernetzung von Wissensräumen und Lernlandschaften

Anforderungen an arbeitsplatzintegrierte Assistenzsysteme

Digitalisierung und Industrie 4.0 – Lernen in kleinen Unternehmen – und von ihnen

Vernetztes Lernen in der Aus- und Weiterbildung

OPEN LABs – Lernen in offenen Produktionswerkstätten

Lernfabrik 4.0 von unten – Minimalsystem für Lehr-/Lernsituationen



## 30. Fachtagung der BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik, Fahrzeug- technik

am 20. und 21. März 2020 in Hamburg  
**ALL DAYS FOR FUTURE!**

### Energievielfalt in der gewerblich-technischen Berufsbildung

#### Call for Papers

Fridays For Future – unter diesem Motto demonstrieren jungen Menschen seit Monaten und fordern umgehend Maßnahmen für einen wirksamen Klimaschutz und für die Sicherung ihrer Zukunft ein. Gewerblich-technische Berufsarbeit kann und muss einen maßgeblichen Beitrag dazu leisten – und zwar jeden Tag. Berufliche Bildung muss für eine so verstandene alltägliche Mitgestaltung befähigen. Die Fachtagung 2020 widmet sich diesem beruflichen Bildungsziel. Dabei geht es nicht nur um den Umbau unserer Energieversorgung hin zur ausschließlichen Nutzung vielfältiger regenerativer Energien, sondern es geht um mehr: Wie gehen wir mit den verfügbaren Ressourcen und Abfällen um? Wie sorgen wir für eine nachhaltige Digitalisierung der Arbeitswelt und Gesellschaft? Wie erreichen wir zeitnah eine deutliche Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen? Wie sichern wir Beschäftigung in Handwerk und Industrie? Wie kann die Attraktivität gewerblich-technischer Facharbeit verbessert werden? Wie gestalten wir unsere Lebens(t)räume, um jetzt und zukünftig sowohl hier als auch anderswo eine intakte Umwelt vorzufinden? ... Die Beantwortung solcher zukunftsbezogener Fragen erfordert viel Energie von allen Beteiligten. Jugendlichen zu verdeutlichen, dass Berufsarbeit verknüpft ist mit der Gestaltung ihrer Zukunft, kann dazu beitragen, dass sie Berufsbildung als lohnende Perspektive für ihr Leben erachten.

Es soll bei dieser Fachtagung thematisch sowohl um die vielfältige Nutzung von Energien und Ressourcen in den elektro-, informations-, metall- und fahrzeugtechnischen Berufen gehen, als auch um die vielfältig erforderlichen Energien für die Weiterentwicklung der gewerblich-technischen Berufsbildung. Beides ist miteinander vernetzt. In diesem Sinne soll die Weiterentwicklung der Berufsbildung in der Fachtagung durch folgende Schwerpunkte umrissen werden: Erstens soll die Entwicklung und Umsetzung von didaktischen Konzepten konkreter Lehr-Lern-Arrangements und die damit gemachten Erfahrungen zur Diskussion gestellt werden, die berufliches Lernen auf All Days For Future ausrichten. Ein weiterer Schwerpunkt soll mit den Stichworten Integration und Vernetzung gekennzeichnet sein, mit Blick darauf, wie die Jugendlichen bspw. auf eine gewerkeübergreifende Zusammenarbeit vorbereitet werden können, wo doch die Ausbildung traditionell berufsspezifisch erfolgt. Auch soll diskutiert werden, wie sich der Lernfeldunterricht mit den allgemeinbildenden Fächern inhaltlich so verbinden lässt, damit die Reflexion der Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft durch Berufsarbeit ermöglicht wird. Nicht zuletzt soll fassbar werden, wie sich die digitale Durchdringung gewerblich-technischer Berufsarbeit im Unterricht niederschlägt. Wenn sich Bildungsgangstrukturen in diesem Zusammenhang ändern, Fortbildungen erforderlich sind oder die Integration neuer Technologien in den Unterricht geplant ist, hat dies Folgen für die Schulorganisation und Ausstattung.

#### Anmeldung von Beiträgen

Die Veranstalter bitten um die Anmeldung von Beiträgen aus betrieblicher Praxis, schulischem Unterricht, hochschulischer Forschung und Modellprojekten, die sich mit dem Thema der Fachtagung auseinandersetzen oder in einem engen Zusammenhang dazu stehen. Die Beiträge sollen eine möglichst große Relevanz für die Berufsbildungspraxis haben. Sie sollen sich inhaltlich auf die vier beruflichen Fachrichtungen

Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik beziehen und darin jeweils die Schwerpunkte

- Schulorganisation & Ausstattung
- Integration & Vernetzung
- Entwicklung & Umsetzung

aufgreifen.

Die Anmeldung soll auf einer Seite mit einer knappen Darstellung der Fragestellung bzw. des Gegenstands Ihres Beitrags und der zu präsentierenden Ergebnisse erfolgen (Abstract). Geben Sie bitte an, ob es sich um einen Unterrichts-, Praxis-, Weiterbildungs-, Konzept- oder Forschungsbeitrag handelt und wie er in der Tagungsstruktur verankert ist. Darüber hinaus sind die Referenten und ein Hauptansprechpartner mit Tel.-Nr. und E-Mail-Adresse sowie einem kurzen biographischen Hinweis zur Person zu nennen.

Mit Ihrem Beitrag sollten Sie sich auf 20 Minuten Vortrag und 10 Minuten Diskussion einstellen.

Anmeldungen bitte online über [www.bag-elektrometall.de](http://www.bag-elektrometall.de) oder an [fachtagung@bag-elektrometall.de](mailto:fachtagung@bag-elektrometall.de).

**Anmeldeschluss für die Einreichung von Beiträgen ist der 31. Dezember 2019.**

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

# Inhalt

## **SCHWERPUNKT: LERNEN UNTER DEM ASPEKT DER VERNETZUNG**

- 90      **Editorial**  
Lernen unter dem Aspekt der Vernetzung  
*Britta Schlömer/Georg Spöttl*
- 92      **Schwerpunkt**  
Vernetzung von Wissensräumen und Lernlandschaften  
*Axel Grimm*
- 98      Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung arbeitsplatzintegrierter Assistenzsysteme  
*Tina Haase/Dirk Berndt/Klaus Herrmann*
- 105     Digitalisierung und Industrie 4.0 – Lernen in kleinen Unternehmen – und von ihnen  
*Bernhard Nett/Jennifer Bönsch/Paul Fuchs-Frohnhofen*
- 111     **Praxisbeiträge**  
Vernetztes Lernen in der Aus- und Weiterbildung in elektrotechnischen Berufen – Interview  
*Britta Schlömer/Andreas Eißner*
- 115     OPEN LABs – Erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen in offenen Produktionswerkstätten  
*Sonja Buxbaum-Conradi/Sissy-Ve Basmer-Birkenfeld/Tobias Redlich*
- 120     Lernfabrik 4.0 von unten – Minimalsystem für Industrie 4.0-Lehr-/Lernsituationen  
*Carsten Pieper/Nikolaus Steffen*
- 126     Digitalisierung und Berufsbildung – Sieben Thesen  
*Georg Spöttl/Britta Schlömer*
- 130     Beruflich Qualifizierte im ingenieurpädagogischen Studium – Teil 2  
*Katrin Förtsch*
- I–IV    **Ständige Rubriken**  
BAG aktuell 3/2019  
132    Verzeichnis der Autorinnen und Autoren  
U3     Impressum

### Zum Titelfoto:

Assistenzsysteme spielen im Kontext der Digitalen Transformation zunehmend eine große Rolle, ob in der manuellen Montage oder in der Wartung von Maschinen und Anlagen sowie in der Ausbildung. Das Fraunhofer IOSB-INA in Lemgo erforscht und entwickelt in diesem Umfeld Lösungen, insbesondere für KMU.



## Editorial

# Lernen unter dem Aspekt der Vernetzung



**BRITTA SCHLÖMER**



**GEORG SPÖTTL**

*„Die Zahl an vernetzten Geräten im ‚Internet der Dinge‘ (IoT) wächst stetig. Prognosen zufolge wird 2025 jeder Mensch 4.800-mal am Tag mit Maschinen interagieren. Die dabei entstehenden Daten sind die Grundlage für neue Produkte und Dienstleistungen. Es ist von immenser Bedeutung, ein konkurrenzfähiges und sicheres System für diese entscheidende wirtschaftliche Schnittstelle anbieten zu können. Die Technologien, Standards und darauf basierenden Komponenten und Systeme treffen dabei allein in Europa auf einen Markt von mehr als 500 Millionen Bürgerinnen und Bürgern. Dieser soll nicht ausländischen Systemanbietern überlassen, sondern im Sinne technologischer Souveränität durch deutsche und europäische Lösungen abgedeckt werden.“*

So steht es in der sogenannten Digitalisierungsstrategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), die im April 2019 unter dem Titel „Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen.“ veröffentlicht wurde. Ob die genannten Zahlen nun zutreffen oder nicht soll hier nicht diskutiert werden. Vielmehr ist festzuhalten, dass in der Diskussion um Digitalisierung, Industrie 4.0, Wirtschaft 4.0, Berufsbildung 4.0 etc. die zentrale Zielrichtung immer deutlicher wird, nämlich: Es geht um Vernetzung von allem mit allem!

Weiter wird in der Veröffentlichung zur Digitalisierungsstrategie berichtet, dass digitale Fertigkeiten und Kenntnisse nicht ausreichend verbreitet sind. Solche Aussagen gehen inzwischen einher mit Feststellungen, dass Fachkräfte mit fortgeschrittenen Kenntnissen in der Datenanalyse und mit Big-Data-Kenntnissen unter anderem im Medizin- und Ingenieurbereich fehlen. Weiterhin fehlen zahlreiche IT-Spezialfachkräfte in den Bereichen Big Data, Ad-

vanced Analytics, Business Analytics und Data Science, so der Hochschul-Bildungs-Report 2017/2018. Aber auch ein Mangel an Facharbeiterinnen und Facharbeitern wird zunehmend von verschiedenen Akteuren massiv beklagt.

Diese Mängel-Liste soll hier nicht fortgesetzt werden. Sie lässt jedoch den Schluss zu, dass die Bildungs-, Qualifizierungs- und Kompetenzentwicklungsinitiativen in den letzten Jahren entweder in die falsche Richtung gegangen sind oder aber der Ernst der Lage nicht rechtzeitig erkannt wurde.

Die Antworten, die von politischer Seite auf diese umfangreiche Mängelliste gegeben werden, sind aus Blick der Berufsbildung sehr ernüchternd. Allgemein wird die Einlösung eines umfassenden Verständnisses von digitaler Kompetenz gefordert, die sich auf das Auswählen und Bewerten von Medien und Informationen für die eigenen Arbeits- und Kommunikationsprozesse bezieht und darauf, eigene Inhalte in digitaler Form für andere aufzubereiten. Weiter wird in der Digitalisierungsstrategie als Ziel benannt, dass ein Grundverständnis von digitalen Systemen, Algorithmen und Programmierung („coding“) in die Allgemeinbildung und in eine umfassende Ethik- und Werteerziehung eingebettet sein soll. Dabei werden der Digitalisierung große Potentiale zugeschrieben, alle Lernenden mit ihren individuellen Vorbedingungen hervorragend fördern zu können.

Für die Berufsbildung werden die Aktivitäten des BMBF unter „Berufsbildung 4.0“ gebündelt. Zielsetzung ist dabei vor allem, die duale Ausbildung auf eine digitalisierte und vernetzte Wirtschaft auszurichten. Erreicht werden soll dies durch eine Stärkung der

Institutionen, um dadurch bessere Voraussetzungen für Schüler/-innen, Lehrkräfte und Ausbilder/-innen, Auszubildende und Studierende, Berufstätige und Nichtberufstätige aller Generationen zu schaffen. Letztlich soll die digital und medial kompetente, verantwortungsbewusste und selbstständig handelnde Persönlichkeit ausgebildet werden.

Alle, die in der Berufsausbildung tätig sind, wissen, dass die Herausforderung in der Konkretisierung solcher übergeordneten Überlegungen liegt, und zwar unabhängig von der jeweils spezifischen Schulform: Was heißt es, die Ausbildung auf eine vernetzte Wirtschaft auszurichten? Welche Inhalte sind dafür relevant, welcher Tiefgang ist anzustreben? Um welche kontextbezogenen Kompetenzen geht es? Was sind erfolgversprechende Methoden in der Arbeit mit Jugendlichen und jungen Erwachsenen bei der Auseinandersetzung mit so abstrakten Anforderungen wie „vernetzte Wirtschaft“? etc.

In den Heften 3/2018 und 1/2019 hat sich lernen & lehren bereits mit solchen Fragestellungen beschäftigt und erste Antworten gegeben. Der Gesetzgeber hat elf Ausbildungsordnungen der Metall- und Elektroberufe im Rahmen einer Teilnovellierung modernisiert und auf die Anforderungen von Industrie 4.0 ausgerichtet (vgl. dazu Heft 3/2018). Überfällig zu klären ist inzwischen die Frage, wie die sich schon länger abzeichnende Vernetzung zum Anliegen der beruflichen Ausbildung gemacht wird und wie Lehrkräfte und berufliche Schulen darauf reagieren. Dieses Anliegen wird in mehreren Beiträgen des vorliegenden Heftes aufgegriffen.

Im Beitrag von AXEL GRIMM geht es um die Vernetzung von digitalisierten Wissensräumen und berufsbildenden Lernlandschaften, um dadurch formalisierte Antworten auf individuelle und generationenspezifische Lernpräferenzen geben zu können. Konkret werden Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung auf Lehr-Lern-Prozesse auf Grundlage einer Vision einer digitalen Berufsschule beschrieben.

Konkrete Absichten verfolgen TINA HAASE, DIRK BERNDT und KLAUS HERRMANN in ihrem Beitrag. Sie setzen sich mit arbeitsplatzintegrierten Assistenzsystemen in der produzierenden Industrie auseinander. Im Beitrag wird an konkreten Beispielen aus der betrieblichen Praxis geklärt, wie Assistenzsysteme als Fähigkeitsverstärker in komplexen Arbeitssystemen wirken und damit Entscheidungsprozesse unterstützt sowie Handlungsempfehlungen gegeben werden können. Dieser Artikel versteht sich als praxisorientierter Beitrag zum soziotechnisch ausge-

richteten Diskurs für die menschenzentrierte Gestaltung digitaler Assistenzsysteme.

Der Beitrag von BERNHART NETT, JENNIFER BÖNSCH und PAUL FUCHS-FROHNHOFEN fokussiert eine stark vernachlässigte Thematik, und zwar die Frage, ob und wie in kleinen Unternehmen gelernt werden kann. Dabei heben sie besonders hervor, dass es bisher keine an diese Unternehmensstruktur angepasste Digitaltechnik gibt und eine Grundvoraussetzung für deren Implementierung die intensive Mitwirkung der Mitarbeiter/-innen ist. Mitgestaltbarkeit ist daher nicht nur eins der größten Potentiale von Digitaltechnik, sondern auch eine Herausforderung ihrer erfolgreichen Einführung.

Vernetzung in intensiver Form wird im Gespräch zwischen BRITTA SCHLÖMER und ANDREAS EIBNER sowie im Beitrag von SONJA BUXBAUM-CONRADI, SISSY-VE BASMER-BIRKENFELD und TOBIAS REDLICH diskutiert. EISSNER bringt zahlreiche Facetten der Vernetzung ein, die alle eines Gemeinsam haben, nämlich einen Bezug zum Lernen. Anhand konkreter Anwendungsbeispiele spricht er über Möglichkeiten und Grenzen des internetbasierten und vernetzten Lernens sowie über aktuelle Themen, insbesondere für die Aus- und Weiterbildung in elektrotechnischen Berufen, die sich für vernetzte Lernformate anbieten.

Die Autorengruppe um SONJA BUXBAUM-CONRADI konzentriert sich auf niedrigschwellige Zugänge zu Produktionstechnologien für junge Menschen. Ziel ist es, Fähigkeiten zur Anwendung und Nutzung digitaler Fertigungstechnologien zu fördern, um junge Menschen auf die zukünftigen Herausforderungen auf dem Arbeitsmarkt vorzubereiten. Der Beitrag gibt einen Einblick, wie vor diesem Hintergrund ein modernes Lernsetting – aufbauend auf den Idealen der internationalen FabLab-Bewegung – geschaffen werden kann.

Der Praxisbeitrag von CARSTEN PIEPER und NIKOLAUS STEFFEN bietet sozusagen die „kleine Lösung“ für Jedermann, um zu erschließen, was hinter einem cyber-physischen System verborgen ist. Nicht milliionenschwere Investitionen stehen im Mittelpunkt des Beitrags, sondern das kostenlose „OmniControl“, das mit einem minimalistischen Ansatz die Idee verfolgt, junge Menschen für Industrie 4.0 zu rüsten.

Abgeschlossen wird das Heft mit sieben Thesen zur Gestaltung des Umbaus der beruflichen Qualifizierung im Kontext der Digitalisierung. Die Thesen wurden verfasst von GEORG SPÖTTL und BRITTA SCHLÖMER und sollen vor allem Schnellleser an die zentralen Diskussionspunkte heranführen.

# Vernetzung von Wissensräumen und Lernlandschaften



**AXEL GRIMM**

Die öffentliche Diskussion um die Digitalisierung wird im Kontext von Industrie 4.0 oftmals auf technische und arbeitsorganisatorische Neuerungen und im Bildungskontext auf den Einsatz neuer Medien begrenzt. Das informelle Lernen sowohl in privaten aber auch in beruflichen Zusammenhängen zeichnet sich bereits seit vielen Jahren durch die Nutzung von digitalen Wissensräumen aus, die individualisiert und anlassbezogen genutzt werden. Ein Aspekt von Digitalisierung in der beruflichen Bildung könnte es daher sein, digitalisierte Wissensräume und berufsbildende Lernlandschaften zu vernetzen, um dadurch auf individuelle und generationenspezifische Lernpräferenzen formalisierte Antworten geben zu können. Dieser Beitrag beschreibt die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung auf Lehr-Lern-Prozesse und skizziert eine Vision einer digitalen Berufsschule.

## PROLOG

*Flensburg, 02. September 2021:* Nick kann heute den Wecker erst um 7.30 Uhr klingeln lassen. Er ist nun im zweiten Ausbildungsjahr zum „Elektroniker für Automatisierungstechnik“. Im ersten Jahr musste er im Berufsschulblock immer um 5.30 Uhr zur Landesberufsschule losfahren. Nun ist er Berufsschüler der neu gegründeten „Virtual Academy-TVET-SH“. Diese wird als Modellversuch durch das neue „Bund-Länder-Institut für Berufsbildungsplanung und Berufsbildungsforschung“ finanziert. Heute hat Nick sich mit seiner Lerngruppe verabredet; sie wollen um 8.30 Uhr gemeinsam weiter an der Inbetriebnahme einer Industrie 4.0-Fertigungsanlage arbeiten, die sich am Standort der Landesberufsschule befindet und als Remote-Labor den Lernenden orts- und zeitunabhängig zur Verfügung gestellt werden kann. Normalerweise wollte der Ausbildungsbetrieb Nick zum „Elektroniker für Betriebstechnik“ ausbilden, da dies die Wege zur Berufsschule deutlich verringert hätte. Aufgrund der Flexibilität der „Virtual Academy-TVET-SH“ und den modernen Lerngelegenheiten hat sich der „Spezialist für Anlagen- und Gebäudeautomation“ für den passenderen Beruf entschieden.

*Möln, 02. September 2021:* Lena ist seit 5.30 Uhr wach und konnte bereits ihr Trainingsprogramm für die Teilnahme am Triathlon ableisten. Nun freut sie sich auf Nick, Maik und Hannes, mit denen sie sich heute in

der „Virtual Academy-TVET-SH“ zur Bearbeitung des Arbeitspaketes AW-2-23 verabredet hat. Die Gruppe kennt sich gut aus dem ersten Ausbildungsjahr zum/ zur „Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik“. Durch die vielen erlernten Arbeitstechniken – insbesondere zum Projektmanagement – wissen alle, wie mit dem hohen Grad an Selbststeuerung beim Lernen umzugehen ist. Regelmäßiges Mentoring und die Einbindung eines Lernportfolios erleichtern es, sich selbstständig Ziele zu setzen und reflektiert zu handeln. Bei der Inbetriebnahme einer kleinen Fertigungseinheit ist ein Kommunikationsfehler bei der Steuerung aufgetreten, der heute per Fernwartung behoben werden soll. Die Gruppe kann über eine Lernplattform miteinander in Ton und Bild aber auch schriftlich kommunizieren, die Einbindung von produktbezogenen Datenblättern und Lehrgängen ist realisiert, die wichtigsten Foren sind hinterlegt und zu den Kernzeiten kann über die Einbindung der Mentoren-Funktion Kontakt zur Lehrkraft an der Landesberufsschule hergestellt werden. Pünktlich um 8.30 Uhr winken sich die Vier real zu und arbeiten anschließend konzentriert an ihrem Arbeitspaket.

*Meldorf, 02. September 2021:* Wie jeden Morgen treffen sich Anna und Peter um 7.30 Uhr im Abteilungsbereich Automatisierungstechnik. Beim morgendlichen Kaffee gehen sie die Log-Daten des vergangenen Tages durch. Es fällt auf, dass es eine Arbeitsgruppe

wieder nicht abwarten konnte und sich noch abends auf die Anlage eingeloggt hat, um eine Programmänderung durchzuführen. Im Chat sind vier konkrete Anfragen von Gruppen gekommen, die heute als erstes beantwortet werden. Ein Schüler möchte in dieser Woche noch eine individuelle Onlineberatung durchführen und hat Terminvorschläge gesendet. Für heute zwischen 12.00 und 13.00 Uhr ist dies möglich und ihm wird zugesagt. Im Remote-Labor befinden sich zehn kleine Funktionseinheiten, auf die im zweiten Ausbildungsjahr zugegriffen werden kann. Die große Anlage zur „Losgrößen 1“-Fertigung ist für das dritte Ausbildungsjahr reserviert. Heute haben sich die beiden Lehrkräfte vorgenommen, die nächste Präsenzwoche des dritten Ausbildungsjahres zu planen. Kurz vor 9.00 Uhr siegt dann doch das traditionelle Lehrerhandeln; nur so aus Neugier wird geschaut, wer sich aus dem zweiten Ausbildungsjahr bereits alles eingeloggt hat. Tatsächlich sind alle 21 Schülerinnen und Schüler online.

### LERNEN UND LEHREN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

Das Internet der Dinge und Dienstleistungen verändert unser aller Leben. Im Netz stehen den Nutzerinnen und Nutzern schon lange nicht mehr nur statische Texte und Bilder zur Verfügung. Durch die In-Beziehung-Setzung der Daten untereinander eröffnen sich weitreichende Möglichkeiten der Wissensgenerierung. Dabei ist die Geschwindigkeit, in der dies passiert, Teil unserer eigenen Beschleunigung, die durch Gleichzeitigkeit und kurze Reaktionszeiten geprägt ist. Der Wandel hin zu mobilen Endgeräten hat die Kommunikation grundlegend verändert. Die Kommunikation ist dadurch schneller, direkter und interaktiver geworden. Dies betrifft nicht nur das persönliche Umfeld, sondern auch die beruflichen Kommunikationsformen bspw. via Skype, Twitter oder WhatsApp. Ein Effekt der Mediennutzung ist, dass eine zunehmende Verschiebung von realen (Gesellschafts-)Räumen hin zu virtuellen Räumen feststellbar ist. Als Beispiel sei hier das Gaming genannt, das aus der realen sozialen Gemeinschaft immer weiter in virtuelle Spielräume verdrängt wird. Das Wissen im Netz wird nicht mehr nur durch Expertinnen und Experten generiert, sondern durch kollaborative Wissensräume, die in der sozialen Gemeinschaft entstehen. So werden YouTube und Foren nicht mehr nur im privaten Umfeld, sondern auch zur Bewältigung beruflicher Arbeitsaufgaben genutzt, um bspw. Reparaturen durchzuführen oder Syntax für eine Programmerstellung zu recherchieren. Die

zunehmende Bedeutung von Wissen, Informationen und Technologien als unabdingbare Voraussetzungen einer gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Teilhabe prägen die derzeitigen Veränderungen hinsichtlich Digitalisierung und Virtualisierung. Die sogenannte Netzwerkgesellschaft hat sich bereits konstituiert. Für diejenigen, die mit den technologischen Umbrüchen nicht Schritt halten können, besteht die Gefahr der Ausgrenzung.

### KOMPETENZENTWICKLUNG FÜR EINE DIGITALISIERTE LEBENS- UND ARBEITSWELT

Die zunehmende Bedeutung von Digitalisierung im privaten und beruflichen Kontext ist mit der steigenden Notwendigkeit einer spezifischen Kompetenz als Voraussetzung für die Bewältigung individueller Alltagssituationen sowie beruflicher Aufgabenstellungen verbunden. Als ein mögliches Konstrukt könnte die „Netzkompetenz“ (GRIMM 2016) herangezogen werden. Menschen, Maschinen, Produkte und Abläufe geraten auf logischen und physikalischen Ebenen immer weiter zusammen. Diese dynamischen Prozesse geschehen permanent online und offline, in interdisziplinären, internationalen und interkulturellen Kontexten und Beziehungen. Mit der Netzkompetenz wird ein entwicklungs- und inhaltsoffenes Konstrukt entworfen, das den Menschen als erweiterte Handlungs- und Gestaltungsgrundlage dienen soll. Die inhaltliche Ausschärfung ermöglicht eine kompetentere Orientierung in der digital-vernetzten und grenzauflösenden Kommunikation sowie einer informationstechnisch durchdrungenen Gesellschaft und Arbeitswelt.

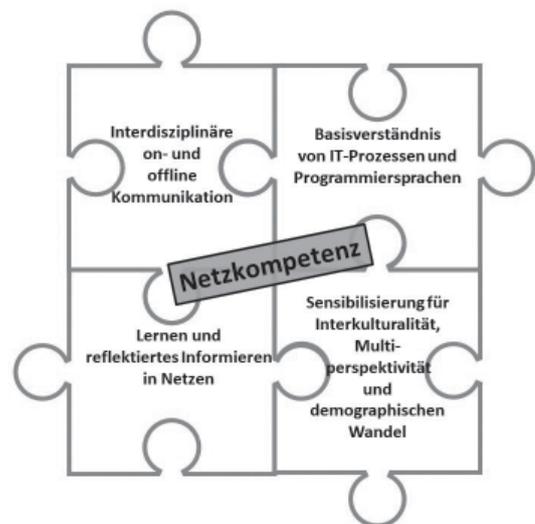


Abb.1: Netzkompetenz als entwicklungs-offenes Konstrukt

In der Abbildung 1 wird der bisherige Gestaltungsraum einer Netzkompetenz dargestellt. Die Fachkompetenz verlagert sich in digitale Netze, z. B. bei der Online-Beratung, beim fachlichen und kollegialen Austausch mit Kundinnen und Kunden oder Kolleginnen und Kollegen sowie bei der Wartung und Überwachung von Prozessen und Systemen. Informelles und formales Lernen finden in Netzen statt, hierfür sind kollaborative Lernumgebungen und Lernkulturen zu gestalten, um problembezogen und zeitnah Wissensdefizite zu beseitigen. Durch die fortschreitende Globalisierung sind Montageeinsätze im Ausland noch wahrscheinlicher. Dort geschieht die geschäftliche sowie private Kommunikation meist auf Englisch und es kommt zu einer Konfrontation mit anderen Sprach- und Kulturkreisen. Die Weiterentwicklung und Förderung einer sprachlichen und kulturellen Sensibilisierung, auch über das betriebliche Handeln hinaus, wird besonders vor dem Hintergrund verschiedenartiger Migrationsbewegungen unumgänglich. Die informationstechnische Durchdringung zeigt sich in vielen Bereichen, sodass für eine nachhaltige und reflektierte Anwendung ein Grundverständnis von Informatik vorausgesetzt werden sollte. Das bloße Bedienen und Nutzen von Software und digitaler Oberflächen reicht dafür nicht mehr aus. Eine informationstechnische Sensibilisierung hat somit auch jenseits der reinen IT-Ausbildungsberufe zu geschehen, um ein Grundlagenverständnis von IT-Infrastruktur und Prozessen zu schaffen.

Die individuelle Entwicklung einer Netzkompetenz kann nicht nur Bildungsauftrag beruflicher Bildung sein; im Sinne des lebenslangen Lernens betrifft es die gesamte Lebensbiographie. Hierbei dürfen nicht nur die Anforderungen des Arbeitsmarktes und der Wirtschaft betrachtet werden, sondern auch die Herausforderungen der Bewältigung eines zunehmend digitalisierten Alltags.

### **DIGITALE WISSENSRÄUME UND DIGITALES LERNEN**

Der Erwerb von Wissen durch ein Lernangebot geschieht durch Interaktion mit verschiedensten Informationen und Medien. Dabei bestimmt die Art und Weise dieser Interaktion die Lernqualität eines Lernangebots. Im Bildungsbereich erweitern sich die Konzeptionen der digitalen Lösungen mit fortschreitender Digitalisierung. Ging es bei den Anfängen der virtuellen Bildung hauptsächlich um die Bereitstellung der Lernarchitektur- und Lernumgebung, auf denen analog vorhandene Lehr- und Lernmaterialien digital zur Verfügung gestellt und in einem wei-

teren Schritt didaktisch und methodisch erweitert wurden, so geht es heute um neue Teilprozesse der Wertschöpfung in der digitalen Bildung. Für das Lernen werden auf Grund der vorausgesagten Dynamik, Konzepte, wie das „Lernen im Prozess der Arbeit“, an Bedeutung gewinnen, da sie arbeitsplatznah bzw. arbeitsintegriert durchgeführt und über mobile Endgeräte zu jeglicher Zeit distribuiert und abgerufen werden können. Einher gehen Überlegungen, ob eine zukunftsfähige Ausrichtung von beruflicher (Aus-)Bildung weniger auf feste Wissensbestände in Form von abrufbarem kognitivem Wissen und mehr auf eine individuelle Kompetenzentwicklung setzen soll. Dem schnellen technischen Fortschritt könnte ein Learning on Demand – als Kompetenz sich zum benötigten Zeitpunkt methodisch und sachgerecht die erforderlichen Inhalte selbst zu erschließen, anzuwenden und das Arbeitsergebnis zu reflektieren – geschuldet sein. Dies würde eine Abkehr vom traditionellen Lernen auf Vorrat nach sich ziehen und im Sinne der Kompetenzorientierung den humanzentrierten Ansatz einer umfassenden Persönlichkeitsentwicklung, die auf eine nachhaltige Berufsausübung ausgelegt ist, stärken.

Wie in formalisierten Lernangeboten Lernende mit den schier unendlichen Wissensdarbietungen im Wissensraum Internet umgehen sollen, ist die große Herausforderung eines medial gestützten Unterrichts. „Learning Nuggets“ werden zur Flexibilisierung der Lernangebote beim digitalen Lernen derzeit viel Potential zugesprochen. In der Diskussion werden hiermit oftmals Microteaching-Elemente von kurzer Dauer (1-4 Minuten) beschrieben. Es sind aber auch längere Einheiten im Sinne von mehrstündigen Arbeitspaketen (vgl. GRIMM/HERRES 2012) denkbar. Sie setzen sich zusammen u. a. aus Online-E-Books, webbasierten Texten, kurzen Audio- und Videosequenzen, multimedialen Animationen, Simulationen, spielbasierten Elementen, Online-Gruppensitzungen, Online-face-to-face-Beratungen, Teleteaching, Peer Reviews und Quizzes in verschiedenen Formen. Augmented Reality und Virtual Reality lassen sich ebenfalls in ein solches Arbeitspaket integrieren. Neben den bereitgestellten Inhalten können Lernende auch selbst zu Medien-Produzenten werden und User Generated Content in Form von Blogs, Video Channels, Social Benchmarking, Webforen, Podcasting Learning Nuggets einstellen. Die Interaktion der Lernenden mit der Lernumgebung ist ausschlaggebend für den Lernerfolg. Werden die Informationen eher passiv übernommen, so führt dies zu kurzzeitig

verfügbarem, eher unverbundenem Wissen. Dieses wird oftmals auch als „träges Wissen“ bezeichnet und kann kaum oder nur mühsam in beruflichen Handlungskontexten umgesetzt werden. Setzen sich die Lernenden aber aktiv und konstruktiv sowie kollaborativ mit den Medien und Informationen des Lernangebots auseinander, so können Kompetenzen entwickelt werden, die im beruflichen Anwendungskontext dann zur Verfügung stehen.

### **BERUFLICHE LERNLANDSCHAFTEN**

Im gewerblich-technischen Unterricht haben sich die Anforderungen an Klassen- und Laborräume in den letzten Jahrzehnten geändert. Durch die Arbeitsorientierung, die spätestens seit der Einführung des Lernfeldkonzeptes greifen sollte, sind auch Raumüberlegungen hinsichtlich Ausstattung und Beschaffenheit neu zu denken. Von der reinen Laborausstattung, die oft nur experimentelle Versuche standardisiert zulässt, sind Gestaltungsoptionen hin zu beruflichen Lern- und Arbeitsumgebungen diskutiert und umgesetzt worden. Die Lernenden lernen mit Medien und Geräten, die in ihrer späteren Berufstätigkeit ebenfalls eine Rolle spielen werden. Ausbildungsmittel sind somit gleich Arbeitsmittel, die beruflich relevant und für die Bewältigung späterer Arbeitsaufgaben von Bedeutung sind (vgl. HERKNER/PAHL 2006). Räumliche Grenzen konnten durch das Konzept des „Integrierten Fachraumes“, in dem Theorie und Praxis stattfinden kann, beseitigt und dadurch selbstgesteuerter Unterricht weiter ausgebaut werden.

So wie Klassenzimmer und Laborräume sich in der gewerblich-technischen Ausbildung vom Verständnis her hin zu einem eher ganzheitlichen Erfahrungsraum gewandelt haben, muss sich nun auch das Verständnis digitaler Lernräume entsprechend weiterentwickeln. Die Integration von Praxis- und Theorieraum in ein Gesamtkonzept digitalen Lernens unter der Berücksichtigung lernerspezifischer Differenzierungen stellt dabei wohl die größte Herausforderung dar.

### **VISION EINER DIGITALISIERTEN BERUFSSCHULE**

Die Verknüpfung von digitalen Wissensräumen und beruflichen Lernlandschaften ermöglicht es eine innovative Antwort auf Fragen der Digitalisierung sowie der Modernität, der Flexibilisierung und der Attraktivität der Berufsbildung zu geben. In der Verknüpfung eines solchen Angebots erhalten Lernende Bildungsmöglichkeiten und -eingrenzungen.

Auch eine digitale Lernumgebung ist von Lehrenden geprägt und wird von Lernenden individuell unterschiedlich angenommen. Der Lernprozess selbst ist durch das digitale Angebot geprägt. Mit der Einbettung von Berufspraxis und praxisrelevanter Ausstattung in computergestützte Lernumgebungen besteht eine technische und didaktische Herausforderung. Für eine nachhaltige Kompetenzentwicklung bei Auszubildenden sollten die Bereiche der aktiven berufspraktischen Laborarbeit und des digitalen Lernens nicht weiterhin isoliert voneinander betrachtet werden.

### **Anforderungen an eine virtuelle Lernumgebung**

Für eine virtuelle Lernumgebung ist die Mensch-Maschine-Schnittstelle von hoher Priorität. Die Interaktion mit der Maschine wird über ein User Interface gestaltet. Eine virtuelle Lernumgebung ist daher nicht nur durch die verwendeten Funktionalitäten wie Werkzeuge, Objekte und Funktionen gekennzeichnet; die individuelle Wahrnehmung der Kommunikation mit der Maschine ist für die Akzeptanz und den Lernerfolg wichtig. THISSEN (2014) unterscheidet auf den drei Ebenen – der emotionalen, der sozialen und der kognitiven Ebene – Funktionalitäten eines virtuellen Lernraumes. Er resümiert, dass vieles – technologisch gesehen – kein Problem darstellt. „Was noch fehlt, ist die Zusammenführung und Integration in ein Interface, das einfach und ansprechend daherkommt und zugleich ein hohes Maß an Funktionalität bietet.“ (ebd., S. 161) Für Lernkontexte bedeutet dies, dass Lernende angesprochen und begeistert werden müssen. Hierbei werden sicherlich die Beispiele aus dem privaten Umfeld, wie bspw. Facebook, Pate stehen. Auf der emotionalen Ebene spielen Aspekte wie die professionelle Gestaltung, ansprechende Ästhetik, Aktualität und Exklusivität eine Rolle. Gleichzeitig wird auch erwartet, dass die Bedienung einfach und übersichtlich ist. Die Nutzung darf nicht überfordern und sollte eine Kombination aus Vertrautem und Unbekanntem sein. Des Weiteren stellt die Individualisierung des Interfaces ein mögliches Qualitätsmerkmal dar. So könnte die Anordnung und Zuschaltung bestimmter Elemente, die Einbindung von Terminplanern oder wichtigen Links die Nutzerinnen und Nutzer im Lernverhalten motivieren (vgl. THISSEN 2014, S. 157). Auf der sozialen Ebene organisieren Lernende ihre Beziehungen zur Lerngruppe und ihr eigenes Lernen. „Zu dieser Organisation innerhalb einer Online Community gehört die Selbstdarstellung ebenso wie die Veranschaulichung von Verbundenheit, Beziehungen und

Sympathien“ (ebd., S. 158). Dies spricht für die Einbindung von Emojis oder ähnlichen graphischen Gefühlsbekundungen. Chat-Funktionen sollten sowohl für die Gruppe als auch in individuellen geschützten Bereichen ermöglicht werden. Anreizsysteme, wie z. B. Punktevergaben (Highscore) können motivieren. Funktionen wie tutorielle Unterstützung oder „Fragen in die Gruppe stellen“ bieten den Lernenden Sicherheit. Für das kollaborative Lernerlebnis spielen aber auch die Förderung der Gruppengemeinschaft, bspw. durch die Hinterlegung von Geburtstagen, eine wichtige Rolle. Das soziale Lernen in digitalen Lernumgebungen erscheint vor den Herausforderungen in der beruflichen Bildung als absolute Notwendigkeit; lineares traditionelles E-Learning wird dagegen keine ganzheitliche berufliche Handlungskompetenz entwickeln können. Auf der kognitiven Ebene (diese wird von THISSEN bewusst nach der emotionalen und der sozialen behandelt, da er diese beiden als Voraussetzung für eine kognitive Auseinandersetzung sieht) geschieht die Auseinandersetzung mit Lernthemen. Ein direkter Zugriff auf das Web setzt bereits eine hohe Erfahrung im Umgang mit Informationen voraus, daher könnte es sinnvoll sein, gezielt Quellen und Materialien anzubieten und intelligente Suchassistenten einzubinden. Materialien müssen bearbeitbar und ablegbar sein, so sind Kommentierungen wichtig, da dadurch das „anonyme“ Material zum eigenen wird. Das Teilen von Lernmaterial in der Gruppe sollte ermöglicht werden (vgl. ebd., S. 160). Durch intelligente Verknüpfungen können Lernhilfen gegeben werden („Andere Gruppenmitglieder haben zum gleichen Thema XY gelesen“). Der Portfolioansatz ermöglicht es eigene Lernwege zu dokumentieren und zu reflektieren, ggf. kann dadurch auch eine formalisierte Dokumentation der individuellen Kompetenzentwicklung stattfinden.

### **Einbindung von technischen Anlagen**

In der gewerblich-technischen Berufsausbildung könnten mit Hilfe eines Remote Labors oder eines virtualisierten Labors praktische Arbeitsaufgaben in eine virtuelle Lernumgebung eingebunden werden. Ein Remote Labor integriert reale Laborausstattung in eine digitale Lernlandschaft. Auszubildende können so über das Internet berufliche Arbeitsaufgaben an realen Anlagen planen, durchführen, verändern, betrachten und auswerten und dies zeit- und ortsunabhängig. Ein Remote-Labor ist so aufgebaut, dass die Lernenden mit einem digitalen Endgerät über einen Web-Server auf die Anlage zugreifen können. Selbst komplexe Systeme wie Roboter, Regelgeräte

oder Prozessanlagen können ferngesteuert werden. Über eine Kamera lassen sich die Handlungsschritte in Echtzeit beobachten. In virtuellen Laboren werden die realen Anlagen durch Simulationen ersetzt. Dies ist im Bereich der Automatisierungstechnik auf Grund der Industrielösungen zur Simulation gut lösbar, auch in der Robotik oder in der CNC-Bearbeitung stehen entsprechende Simulationen zur Verfügung, die durchaus bereits im berufsschulischen Unterricht Gegenstand des Lernens sind. Die Einbindung dieser Simulationssoftware in eine digitale Lernlandschaft stellt daher die Herausforderung dar, damit Auszubildende bspw. zunächst in der Simulation eine Robotersteuerung entwickeln und prüfen können, um sie dann evtl. bei einem Präsenztermin an einer realen Anlage zu testen (vgl. ROSSMANN u. a. 2010).

### **ZUKUNFTSSZENARIO „VIRTUAL ACADEMY-TVET-SH“**

Die berufliche Bildung in einem Flächenland hat neben den ohnehin großen Herausforderungen der Inklusion, des Umgangs mit Heterogenität, des Lehrkräftemangels in einigen Fachrichtungen, der Akademisierung, der Migration, der Digitalisierung und Industrie 4.0 noch diejenige, die sich auf Grund von geringen Auszubildendenzahlen in einigen Ausbildungsberufen und der dadurch notwendigen Bündelung in Bezirksfachklassen und Landesberufsschulen ergibt. Durch die wohn- und betriebsortferne Beschulung, oftmals verbunden mit einer Wohnheimunterbringung und langen Berufsschulblöcken von mehr als einer Woche, werden Ausbildungsberufe für die Betriebe und für die Auszubildenden unattraktiv. Auch die überbetrieblichen Unterweisungen bei den zuständigen Stellen verlangen früh nach Mobilität bei den Auszubildenden.

Eine „Virtual Academy-TVET-SH“, die als Landesinitiative von allen an der beruflichen Bildung beteiligten unterstützt und gefördert wird, könnte Lösungen für die drängenden Fragen der beruflichen Bildung liefern. Hierbei müsste konsequent ein Blended Learning-Konzept entwickelt werden, das die beschriebenen Qualitäts- und Funktionsmerkmale aufweist und sowohl in betrieblichen, berufsschulischen und überbetrieblichen Ausbildungskontexten eingesetzt wird. Aber nicht nur für die duale Ausbildung sollte die Academy Angebote generieren, sondern es könnte ein breites Angebot über alle Bildungsgänge und Schularten an berufsbildenden Schulen von der Berufsvorbereitung bis zur Fachschule etabliert werden.

**EPILOG**

*Kiel, März 2031:* Die jährliche Beiratssitzung der „Virtual Academy-TVET-SH“ hat gerade stattgefunden. Es sind Vertreterinnen und Vertreter der Kammern, der Gewerkschaften, der Arbeitgeber, der beruflichen Schulen und Regionalen Bildungszentren, des Ministeriums, des Landeseminars Berufliche Bildung des Instituts für Qualitätsentwicklung an Schulen und der Wissenschaft sowie der Auszubildendenvertretungen und der Schülervertretungen zusammengekommen. Nach diversen Zwischenevaluationen wurde heute eine Zehnjahresbilanz vorgestellt. Die Befragungen der in der Academy eingeschriebenen Auszubildenden hat ergeben, dass eine hohe Zufriedenheit mit dem Lernangebot vorherrscht. Lehrkräfte und Ausbilderinnen und Ausbilder bewerten die Academy ebenfalls im Durchschnitt mit gut. Die Befragung der Unternehmen hat ergeben, dass die Bereitschaft selbst auszubilden sowohl von der Anzahl der Betriebe aber auch insgesamt zugenommen hat. Bereits für 65 % der Ausbildungsberufe, die in Schleswig-Holstein ausgebildet werden, existieren

digitale Arbeitspakete, die über die Academy distribuiert werden. Das Land Schleswig-Holstein wird den Modellversuch in den Regelbetrieb überführen.

**LITERATUR**

GRIMM, A. (2016): Netzkompetenz als Querschnittskompetenz in der Lehrerbildung. In: JASCHKE, S.; SCHWENGER, U.; VOLLMER, T. (Hrsg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit. Bielefeld: wbv, S. 189-204.

GRIMM, A.; HERRES, D. (2012): Lernen mit Arbeitspaketen – Ein Praxiskonzept zur Individualisierung und Überprüfung des Lernens. In: lernen & lehren, Heft 106, S. 74-80.

HERKNER, V.; PAHL, J.-P. (2006): Selbstorganisiertes berufliches Lernen und Ausbildungsmedien. In: lernen & lehren, Heft 84, S. 149-156.

ROSSMANN, J.; KARAS, U.; STERN, O. (2010): Virtuelle Lernumgebungen für die Automatisierungstechnik. In: lernen & lehren, Heft 97, S. 18-26.

THISSEN, F. (2014): Interfaces als Schnittstelle: Von der virtuellen Lernumgebung zum virtuellen Lernraum. In: EIGENBRODT, O., STRANG, R. (HRSG.): Formierungen von Wissensräumen. Berlin: de Gruyter, S. 151-163.

**Liebe Leserinnen und Leser,**

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

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

Ab dem vierten Quartal 2019 sind derzeit folgende Themenschwerpunkte geplant:

- Energiespeicher,
- Flüchtlinge in der beruflichen Bildung,
- Automatisierungstechnik

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

*Herausgeber und Schriftleitung*

# Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung arbeitsplatzintegrierter Assistenzsysteme



TINA HAASE



DIRK BERNDT



KLAUS HERRMANN

Arbeitsplatzintegrierte Assistenzsysteme werden in der produzierenden Industrie u. a. eingesetzt, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen, Handlungsempfehlungen zu geben und als Fähigkeitsverstärker in komplexen Arbeitssystemen zu wirken. Die technische Realisierung erfolgt zumeist durch den Einsatz von Smart Devices (Tablets, Datenbrillen etc.) oder als stationäres Unterstützungssystem am Arbeitsplatz. Dieser Artikel versteht sich als praxisorientierter Beitrag zum soziotechnisch ausgerichteten Diskurs für die menschenzentrierte Gestaltung digitaler Assistenzsysteme. Anhand ausgewählter Beispiele der betrieblichen Praxis wird das Potenzial eines lernförderlichen Assistenzsystems zur Unterstützung eigenverantwortlichen, entscheidungsorientierten Arbeitshandelns aufgezeigt.

## DIGITALE ASSISTENZSYSTEME IN DER PRODUKTION – EINORDNUNG UND KLASSIFIKATION

Assistenzsysteme erfahren derzeit in der Produktion eine hohe Beachtung, die sich auf die veränderten Rahmenbedingungen in der Produktion (kleine Losgrößen, hohe Variantenvielfalt, zunehmend wissensintensive Tätigkeiten) und das vielfach als hoch eingeschätzte Potenzial digitaler Assistenzsysteme, z. B. Beschleunigung und Verdichtung von Arbeitsprozessen, Steigerung von Ergonomie und Sicherheit (vgl. NIEHAUS 2017) und Unterstützung bei der Qualitätssicherung der Produkte, zurückführen lässt.

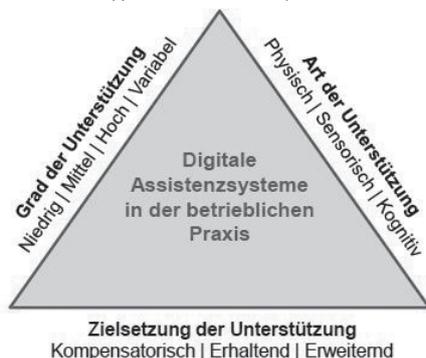


Abb. 1: Klassifikation von Assistenzsystemen (Quelle: Apt et al. 2018)

Für die Klassifikation von Assistenzsystemen werden in der Literatur verschiedene Strukturierungen verwendet (vgl. Abb. 1). Die Einordnung des hier betrachteten Assistenzsystems erfolgt zunächst ausgehend von der Charakterisierung nach APT et al. 2018 (S. 19). Dabei werden Grad, Art und Zielsetzung der Unterstützung unterschieden. Der Beitrag legt den Fokus auf kognitive Assistenzsysteme, die vor allem erweiternd im Sinne einer Verstärkung der individuellen Fähigkeiten wirken. Der Grad der Assistenz ist gleichbedeutend mit dem Anforderungsniveau der Tätigkeit und ist daher abhängig von der zugrundeliegenden Arbeitsaufgabe. Ergänzend kann zwischen mobilen und stationären Assistenzlösungen unterschieden werden. Die Entscheidung für die Art der technischen Realisierung wird dabei von der Arbeitsaufgabe, den persönlichen und organisationalen Rahmenbedingungen sowie den technischen Möglichkeiten bedingt. Im Folgenden werden die für diesen Beitrag relevanten Ausprägungen von Assistenzlösungen kurz vorgestellt.

### Kognitive Assistenzsysteme

Kognition ist die von einem verhaltenssteuernden System ausgeführte Umgestaltung von Informatio-

nen. Als kognitive Assistenzsysteme werden informationstechnische Lösungen verstanden, die dem/der Mitarbeitenden die erforderlichen Informationen in der Arbeitssituation anwendungs- und nutzerspezifisch aufbereitet in Echtzeit bereitstellen und dadurch bei Problemlöseprozessen, z. B. im Rahmen der Fehleranalyse in der Instandhaltung, bei Entscheidungen, z. B. zu einer geeigneten Vorgehensweise, und bei der korrekten Durchführung, z. B. bei der richtigen Ausführung eines Montageschrittes, unterstützen.

### Erweiternde Assistenz

Hier werden vor allem Lösungen betrachtet, die einen fähigkeitsverstärkenden Charakter haben. Dies erfolgt z. B. durch die situative Bereitstellung relevanter Informationen im Arbeitsprozess (z. B. aktuelle Prozessdaten) oder die Auswahl und Aufbereitung von Daten für Entscheidungs- und Problemlöseprozesse. Aktuelle Forschungsarbeiten untersuchen zudem, inwieweit implizites Erfahrungswissen, welches über das formalisierte fachsystematische Wissen hinausgeht und gerade für Problemlösungen entscheidend ist, in digitalen Assistenzsystemen verfügbar gemacht werden kann (vgl. HAASE et al. 2013; BÖHLE/SAUER 2019).

### Mobile und stationäre Assistenz

Die Art der Informationsbereitstellung wird maßgeblich von der Arbeitssituation bestimmt, in der die/der Mitarbeitende unterstützt werden soll. Für die betrachteten kognitiven fähigkeitsverstärkenden Assistenzlösungen werden bisher vor allem Tablets und Datenbrillen für die mobile Nutzung und interaktive Displays für die stationäre Nutzung verwendet. Die Passung von Arbeitsaufgabe und Endgerät ist dabei ebenso relevant wie Fragen der Ergonomie (vgl. FUNK et al. 2018).

Der Einsatz kognitiver Assistenzsysteme geht oft einher mit der Gefahr der Dequalifizierung der Anwender/-innen, wenn sie nur noch als ausführendes Organ eines technischen Hilfsmittels agieren und deren Anweisungen umsetzen. Das Potenzial dieser Systeme ist aber in Zeiten einer höchst variantenreichen Produktion, des Fachkräftemangels und einer heterogenen Anwendergruppe weit größer. Der Gestaltung der Assistenzlösung und der sie umgebenden Arbeitsprozesse kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Im Folgenden wird ein kurzer Einblick in die Relevanz einer lernförderlichen Gestaltung

gegeben, bevor sie am Beispiel eines Montageassistenzsystems beschrieben wird.

### RELEVANZ EINER LERNFÖRDERLICHEN GESTALTUNG

Eine lernförderliche Arbeitsgestaltung wird in sehr engem Zusammenhang mit dem Lernen im Arbeitsprozess betrachtet. MÜHLBRADT arbeitet den wissenschaftlichen Diskurs zur lernförderlichen Arbeit auf (vgl. MÜHLBRADT 2014) und greift bei der Definition auf die Ausführungen von BIGALK (2006, S. 38) zurück: „Lernförderlichkeit beschreibt die Bedingungen von Tätigkeiten, die im Arbeitsalltag bei der Arbeitsausführung Lernprozesse begünstigen bzw. lerngünstige Voraussetzungen schaffen“.

Es ist also zu fragen, welche Bedingungen beim Einsatz eines Assistenzsystems das Lernen ermöglichen und welche eher hemmend wirken. Im Sinne einer humanen Arbeitsgestaltung müssen „die bestehenden Grundsätze lernförderlicher Arbeitsgestaltung erweitert und neue Modelle lernförderlicher Arbeitsgestaltung, die den Erwerb von Erfahrungswissen für wissensintensive ‚geistige‘ Arbeit ermöglichen, entwickelt werden“ (BÖHLE/NEUMER 2015, S. 33).

Um Tätigkeiten lernförderlich zu gestalten, sollten die Arbeitsaufgaben einen entsprechend hohen Lerngehalt aufweisen. FRIELING et al. (2006) haben zur Messung der Lernförderlichkeit von Arbeitstätigkeiten das Lernförderlichkeitsinventar (LFI) entwickelt, das im Kern sieben Dimensionen beschreibt:

#### 1. Selbständigkeit (ebd., S. 47)

Selbständigkeit beschreibt den Freiraum, den die Tätigkeit den Ausführenden bezogen auf die Arbeit selbst, ihren Inhalt, den Ablauf und auf die organisatorischen Bedingungen bietet. Inhaltliche Freiheitsgrade sind dabei z. B. der Arbeitsablauf und die Planung des Vorgehens zur Zielerreichung. Als nicht inhaltsbezogene Gestaltungsfreiräume dienen z. B. die individuelle Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Einfluss auf die Ausführungsbedingungen, z. B. bei der Wahl der unterstützenden Kolleginnen und Kollegen.

#### 2. Partizipation (ebd., S. 51)

„Partizipation beschreibt die Möglichkeit, an Willensbildungs- und Entscheidungsprozessen teilzuhaben.“ (ebd., S. 51) Die Gestaltung von Partizipation erfolgt in unterschiedlichen Partizipationsgraden: (1) keine Partizipation, (2) Information, (3) Anhörung (Konsultation), (4) Mitwirkung, (5) Mitbestimmung/Mitentscheidung, (6) Selbstbestimmung.

### 3. Variabilität (ebd., S. 54)

Variabilität beschreibt die Vielfalt der Tätigkeit und die Häufigkeit des Tätigkeitswechsels.

### 4. Komplexität (ebd., S. 57)

Als komplex gelten Aufgaben und Probleme, die relativ umfangreich und vernetzt, nicht in allen Facetten direkt durchschaubar, d. h. teilweise intransparent und dynamisch sind und eine Vielfalt von Zielen und Handlungsmöglichkeiten aufweisen (vgl. DÖRNER 2001). Komplexe Arbeitsaufgaben fördern Lernvorgänge, indem sie Problemlöseprozesse initiieren und eine Reduktion der Komplexität erforderlich machen.

### 5. Kommunikation/Kooperation (Frieling et al. (2006), S. 59)

Kommunikation und Kooperation sind für die vollständige Bearbeitung von Arbeitsaufgaben ein wichtiger Bestandteil. „Kommunikation bezieht sich auf den formalen und informellen arbeitsbezogenen Austausch von Informationen, u. a. um sich abzustimmen. Unter Kooperation wird die Zusammenarbeit zur gemeinsamen Erfüllung von Aufgaben verstanden, zu der auch eine wechselseitige Unterstützung gehört.“ (ebd.)

### 6. Feedback/Information (ebd., S. 63)

Feedback und Information sind wichtige lernförderliche Kriterien, die der Person eine Rückmeldung zur durchgeführten Tätigkeit liefert, Abweichungen kommuniziert und damit Veränderungen des eigenen Handelns initiieren.

### 7. Zeitdruck (ebd., S. 66 f.)

Lernförderliche Arbeitsbedingungen erfordern einen angemessenen zeitlichen Spielraum für die selbständige Aufgabenbewältigung. Andernfalls ist kein Raum, um aus der Routine auszubrechen und eigene kreative Lösungen zu entwickeln.

Diese Dimensionen der lernförderlichen Arbeitsgestaltung wurden für die Gestaltung von Arbeitsprozessen und die erforderlichen organisationalen Rahmenbedingungen entwickelt. Die Autorin und die Autoren dieses Beitrages sehen zusätzlich ein großes Potenzial darin, diese Kriterien auf die Gestaltung von kognitiven Assistenzsystemen anzuwenden und daraus Empfehlungen für die lernförderliche Gestaltung dieser Systeme abzuleiten. Dieser Prozess ist sehr stark unternehmensindividuell getrieben und kann selbstverständlich nur innerhalb der betrieblichen Rahmenbedingungen, wie sie sich unter anderem in Form von Fehlerkultur und Zielvereinbarun-

gen darstellen (vgl. BÖHLE/NEUMER 2015), gestaltet werden.

## LERNFÖRDERLICHE GESTALTUNG EINES MONTAGEASSISTENZSYSTEMS

### Kurzbeschreibung der Anwendung

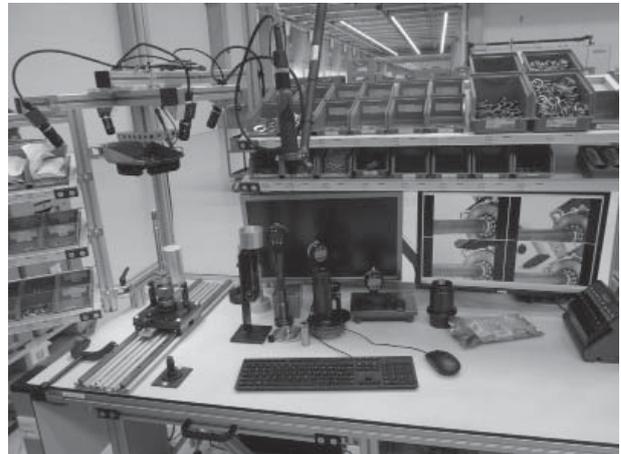


Abb. 2: Handarbeitsplatz (Bild: Fraunhofer IFF / Festo Lernzentrum)

Die Luftfahrtindustrie ist in der Produktion von einer Vielzahl manueller Prozesse geprägt, da die Stückzahlen in der Luftfahrt im Vergleich z. B. zur Automobilbranche sehr klein sind. Besonders in der Zulieferindustrie führt das dazu, dass die Montage von Baugruppen i. A. an Handmontagearbeitsplätzen erfolgt (vgl. Abb. 2). Die Arbeitsinhalte der Monteurrinnen und Monteure sind durch eine hohe Baugruppen- und Variantenvielfalt geprägt. Eine große Herausforderung besteht für sie trotz dieser permanent wechselnden Arbeitsaufgaben darin, dass eine hohe Arbeitsqualität bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Effizienz erforderlich ist. Die Qualität ist zudem entsprechend der Standards der Luftfahrtindustrie zu dokumentieren.

### Ziele des Einsatzes eines Assistenzsystems

Im Rahmen des Projektes „DEPOT – Digitale Entwicklung, Produktion, Logistik und Transport – Digital vernetzte Werkzeuge für eine effiziente und informationsgesteuerte Flugzeugmontage“<sup>1</sup> wird ein Assistenzsystem entwickelt, das die Monteurrinnen und Monteure bei der Ausübung ihrer Tätigkeit unterstützt. Montageanleitungen und technische Zeichnungen auf Papier sollen der Vergangenheit angehören. Stattdessen ist die durchgängige Nutzung digitaler Modellinformationen aus der Produktentwicklung für eine effiziente und teilautomatisierte

Montageplanung, Assistenzsystemplanung, Prüfplanung und Dokumentation der Arbeitsergebnisse vorgesehen. Damit sinkt der Pflegeaufwand für eine – dann digitale – Arbeitsanleitung erheblich. Jede Änderung am Produktmodell (3D-CAD) zieht automatisch eine Aktualisierung der Assistenzfunktionen nach sich.

Das Assistenzsystem muss entsprechend des Qualifikationsniveaus (Ausbildung, Erfahrung) der Monteurrinnen und Monteure hinsichtlich Art und Grad der Unterstützung adaptierbar sein. Neue Mitarbeiter/-innen können bspw. einen hohen Grad der Unterstützung nutzen, sind bereits vom ersten Tag ihrer Tätigkeit an produktiv einsetzbar und lernen ihre neuen Arbeitsaufgaben und -anforderungen während der Durchführung produktiver Arbeitshandlungen. Sensorsysteme erfassen die Qualität der Montageergebnisse und ermöglichen damit eine direkte Rückkopplung an die Monteurrinnen und Monteure. Damit lassen sich Lernprozesse in die Durchführung manueller Tätigkeiten bei gleichzeitiger Nutzung von Arbeitsassistenzsystemen durch das Erleben von Schlüsselmomenten integrieren. Die konstruktivistische Didaktik nach KERSTEN REICH (2016) kennt die erwähnten Schlüsselmomente als sogenannte „Realbegegnung“. Dieser Begriff meint – vereinfacht gesprochen – Momente, in denen wir spontan Dingen, Inhalten, Themen etc. begegnen, für die wir noch keine „Denkkategorien“ besitzen und die wir deshalb (noch) nicht erklären können. Eben jene Schlüsselmomente, die im Leben und beim Lernen auftauchen können, und die daher ganz besondere Aha!-Erlebnisse erzeugen, da wir mit unserem bisherigen Wissen nicht weiterkommen, weil uns Begrifflichkeiten, Zusammenhänge, Erklärungsmodelle etc. (noch) fehlen.

### Funktionsumfang/Technische Gestaltung

Das Montageassistenzsystem wird auf einem PC installiert und über einen Touchscreen bedient. Nach der Eingabe einer Bauteil-Identifikationsnummer wird eine vordefinierte Montageanleitung geladen. Die Nutzer/-innen können – in Abhängigkeit ihres Unterstützungsbedarfs – unterschiedliche Detaillierungsstufen der Assistenz (bspw. Anzeige jedes einzelnen Montageschrittes oder nur von Montageabschnitten) wählen.

Die Bedienoberfläche ist in drei Teile unterteilt: links ist der Montagegraph angezeigt, in der Mitte befinden sich Hinweise zur korrekten Ausführung eines Montageschrittes und rechts Bilder oder Videos zur Illustration.

Angereichert wird das Assistenzsystem durch eine Reihe zusätzlicher Technologiebausteine, die eine intuitive und lernförderliche Gestaltung des Assistenzsystems ermöglichen.

### Lernförderliche Gestaltung ausgewählter Funktionen



Abb. 3: Digitales Shadow-Board für eine flexible Platzierung von Arbeitsmitteln am Montagearbeitsplatz (Bild: Fraunhofer IFF / Festo Lernzentrum)

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Elemente einer lernförderlichen Gestaltung des Assistenzsystems anhand von Beispielen demonstriert.

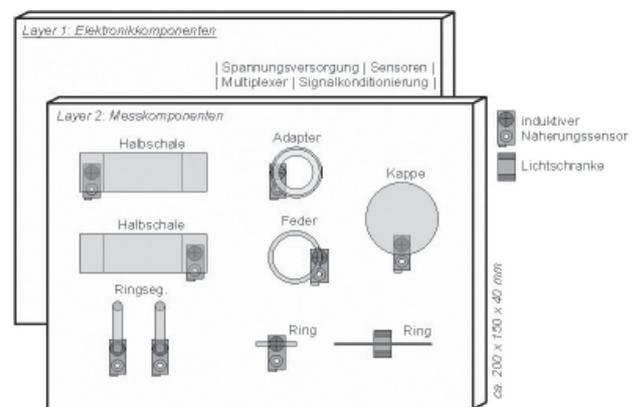


Abb. 4: Physisches Shadow-Board mit Sensornetzwerk (Bild: Fraunhofer IFF / Festo Lernzentrum)

Ein wichtiges Element ist die Erhaltung der Selbständigkeit der Nutzer/-innen während der Ausübung einer Arbeitsaufgabe und gleichzeitiger Nutzung eines Assistenzsystems. In unserem Beispiel können Nutzer/-innen des Assistenzsystems die Lage der Bauteile und Werkzeuge auf ihrem Arbeitsplatz frei und intuitiv wählen. Das Assistenzsystem merkt sich diese Raumlagen und projiziert bei der nächsten zu montierenden Baugruppe mit einem Projektionssystem die Außenkontur der Bauteile auf dem Montage-tisch (Technologie „digitales Shadow-Board“, s. Abb. 3). Dies stellt den Monteurrinnen und Monteuren eine

Hilfestellung für die jeweilige Ablageposition der Bauteile zur Verfügung. Über eine kamerabasierte Bauteilerfassung wird die Anwesenheit der Bauteile am vorgesehenen Ablageplatz überprüft. Diese Technologie wird durch eine zweite, das „physische Shadow-Board“, ergänzt. Es besteht aus einem Sensornetzwerk, das die Anwesenheit von bspw. Werkzeugen in dafür vorgesehenen Ablagen erfasst und an eine intelligente Datenanalysebox weitergibt (vgl. Abb. 4).

Beide zuvor genannte Technologien, das digitale und das physische Shadow-Board, ermöglichen die Erhaltung der Selbständigkeit der Nutzer/-innen auch dadurch, dass sie die Analyse von Kontextinformationen ermöglichen. Anhand der zeitlichen und räumlichen Analyse der Anwesenheit von Bauteilen und Werkzeugen kann das Assistenzsystem selbständig den jeweils in Bearbeitung befindlichen Montageschritt ermitteln. Das ermöglicht ein selbständiges Arbeiten der Nutzer/-innen ohne lästiges Weiterschalten der Assistenz von Montageschritt zu Montageschritt. Sollte ein Nutzer/eine Nutzerin aber Unterstützung benötigen, weiß das Assistenzsystem immer, an welchem Montageschritt er/sie sich gerade befindet und kann Assistenzfunktionen ad hoc bereitstellen.

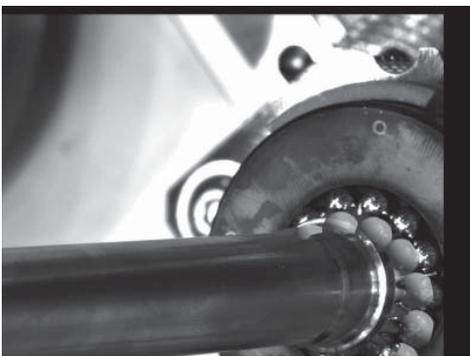


Abb. 5: Optische Prüfung der Anwesenheit von Lagerkugeln (Bild: Fraunhofer IFF)

Im Sinne einer lernförderlichen Gestaltung von Assistenzsystemen ist das Erleben von Schlüsselmomenten enorm wichtig. Dazu muss bspw. eine fehlerhafte Ausführung einer Arbeitsaufgabe eine möglichst unmittelbare Konsequenz haben. Das wird im Anwendungsbeispiel dadurch erreicht, dass bestimmte Montageschritte eine optische Prüfung der korrekten Montagepositionen der Einzelbauteile zur Folge haben. Abb. 5 zeigt die Ergebnisvisualisierung einer optischen Prüfung der Anwesenheit von Lagerkugeln. Sollte bspw. eine Kugel fehlen, würde dieser

Montagefehler durch eine rote Kugeldarstellung angezeigt werden. Montagefehler können also von den Nutzerinnen und Nutzern unmittelbar erkannt und behoben werden. Im besten Fall führt diese Möglichkeit dazu, dass der fehlerhafte Arbeitsschritt in Zukunft mit größerer Sorgfalt ausgeführt wird.

Im folgenden Abschnitt soll die adaptive Gestaltung von Assistenzlösungen detaillierter beschrieben werden, weil sie ein besonderes Potenzial bietet, den anwenderspezifischen Charakter einer lernförderlichen Gestaltung im Rahmen einer technischen Lösung abzubilden.

### **Adaptivität als lernförderliches Gestaltungskriterium**

Die Umsetzung einer technischen Lösung ist nicht per se für alle Anwender/-innen gleichermaßen lernförderlich. Vielmehr ist sie in großem Maße individuell. Assistenzsysteme im betrieblichen Umfeld sollten daher die individuelle Leistungsfähigkeit der Nutzer/-innen berücksichtigen, um sie bei der Durchführung ihrer Tätigkeiten bedarfsgerecht zu unterstützen.

Dies setzt in der Umsetzung einer Assistenz voraus, dass die Unterstützung in Abhängigkeit der individuellen Voraussetzungen der Mitarbeiter/-innen (nutzeradaptiv) und der Arbeitssituationen (kontextsensitiv) erfolgt.

Unter Adaptivität versteht man in diesem Kontext einerseits die Fähigkeit eines Assistenzsystems, nutzerspezifisch eine dynamische inhaltliche Unterstützung anzubieten, die andererseits aber auch im Format und der Darbietung des Inhalts von den Nutzerinnen und Nutzern verstanden und angenommen wird. Dies erfordert eine didaktisch-methodische Aufbereitung der digitalen Inhalte sowie geeignete Regeln und Vorgehensweisen einer dynamischen Unterstützung. Voraussetzung einer dynamischen bedarfsorientierten Unterstützung bilden zwei Grundfunktionalitäten:

#### *1) Erkennen des aktuellen Arbeitsschrittes*

Es muss erkannt werden, in welchem Montageschritt aktuell gearbeitet wird und ob dieser Teilschritt, oder aber eine Summe an Teilschritten, korrekt ausgeführt wurde. Dies stellt in der betrieblichen Praxis eine besondere Herausforderung dar, da zur Erkennung des aktuellen Arbeitsschrittes digitale Informationen in Form von Sensordaten, abgeleitet aus Maschinendaten oder aus körpergetragener Sensorik, erforderlich sind.

2) Erkennen von Abweichungen zum optimalen Prozess

Die zweite Grundfunktionalität einer dynamischen Unterstützung adressiert das Erkennen von Abweichungen von einem „Normalverhalten“.

Die Beispiele aus der Tab. 1 verdeutlichen das Potenzial einer adaptiven Gestaltung.

	Beispiel	Beispiel, ergänzt um adaptive Elemente
1)	Ein/-e Monteur/-in braucht für bestimmte Arbeitsschritte deutlich mehr Zeit als eine vergleichbare Gruppe. Die Fehlerhäufigkeit ist dennoch leicht erhöht gegenüber einer Vergleichsgruppe.	Die Arbeitsschritte werden der Monteurin/dem Monteur differenzierter dargestellt, d. h. es werden gegenüber dem bisherigen Angebot mehr Teilschritte der Montage erklärt.
2)	Im Montageprozess müssen bestimmte Zahnräder mit extrem filigranen Markierungen in einer Getriebegruppe verbaut werden. Ein optisches System ermittelt den korrekten Verbau der Zahnräder. Bei dieser Tätigkeit werden häufig Montagefehler festgestellt.	Die Monteurin/der Monteur erhält für diese Tätigkeit weitere Formen der Unterstützung, z. B. eine Lupenfunktion, mit der das Arbeitsergebnis unmittelbar bewertet und ggf. korrigiert werden kann. Für die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens kann situativ auch ein interaktives 3D-Modell statt eines Bildes angeboten werden.

Tab. 1: Potenziale einer adaptiven Gestaltung

Um über einen veränderten Unterstützungsbedarf zu entscheiden, muss das Assistenzsystem in der Lage sein, die aktuelle Montagesituation und die Handlungen der Monteurin/des Monteurs zu erfassen und mit einem hinterlegten Idealzustand zu vergleichen.

Adaptivität wird in der Praxis also mit einem Regelwerk innerhalb des Systems ermöglicht, das zu einer automatischen Anpassung der angebotenen Inhalte führt.

So wird es möglich, dass die Monteurin/der Monteur nach der erfolgreichen Bearbeitung eines Montageschrittes automatisch in den nächsthöheren Experten-Level gestuft wird und bei der erneuten Durchführung weniger Assistenzinformationen angeboten bekommt.

Um die Transparenz – als ein wichtiges Kriterium der Lernförderlichkeit – zu fördern, sollte neben der Adaptivität auch eine Adaptierbarkeit gegeben sein. Im Unterschied zur Adaptivität wählen Nutzer/-innen bei der Adaptierbarkeit den Grad der Unterstützung selbst. Die Möglichkeit, dabei vom höheren auf den niedrigeren Level und damit einen höheren Detailgrad zu wechseln, ist immer gegeben. Der Wechsel auf ein höheres Level wird derzeit noch einzelfallabhängig ermöglicht – hier muss in den betrieblichen Prozessen sichergestellt sein, dass z. B. durch eine Selbstüberschätzung der individuellen Leistungs-

fähigkeit keine Fehler oder Gefährdungen auftreten können.

Bisher wurde betont, dass Adaptivität die für eine/-n Nutzer/-in „passende“ Assistenz zur Verfügung stellt. Neben der reinen Assistenz werden auf diesem Wege aber auch konkrete Lehr-Lerninhalte bereitgestellt, die die Nutzer/-innen bedarfsgerecht abrufen können.

Beispiel: Ein/-e Mitarbeiter/-in wird entlang der Assistenzschritte aufgefordert, zu verbauende Teile mit einer definierten Menge eines speziellen Fettes zu fetten. Hier kann dann eine kurze Lernsequenz gestartet werden, die erläutert, warum dies an der Stelle notwendig ist und warum dieses spezielle Fett verwendet wird. Diese Lernsequenz kann auch als Reaktion auf Fehler in diesem Arbeitsschritt genutzt werden, um das richtige Vorgehen zu veranschaulichen.

Außerhalb der Anlernphasen würden solche Lehr/Lerninhalte „on Top“, nach Beendigung der Assistenz aufgezeigt und den Nutzerinnen und Nutzern angeboten werden. Hierfür müssten dann allerdings auch entsprechende Betriebsvereinbarungen (quasi zur individuellen Weiterbildung) getroffen werden.

In dieser Weise angelegte Assistenzsysteme haben nicht zum Ziel die Einstiegsschwelle für Tätigkeiten noch weiter herunterzusetzen. Vielmehr soll die zunehmende Komplexität von Tätigkeiten beherrschbar werden und bleiben. Die Nutzer/-innen sollen durch die gezielte arbeitsplatzintegrierte Assistenz einerseits die Interaktion mit dem zusehends digitalisierten Arbeitsplatz positiv annehmen und gleichzeitig einen gezielten Lernzuwachs erfahren. Fehler dürfen gemacht werden und Performance-Schwächen sind erlaubt, da sie vom System aufgegriffen und gezielt von den Nutzerinnen und Nutzern verändert werden. Im Gegensatz zu einer Begleitung durch den Menschen ist das System mit „digitaler Geduld“ ausgestattet und hat die Zielsetzung, mit dem Menschen ein ideales und belastbares Arbeitsergebnis abzuliefern.

**ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

Der Beitrag stellt Lösungsansätze zur lernförderlichen Gestaltung eines arbeitsplatzintegrierten As-

sistenzsystems an einem Beispiel aus der betrieblichen Praxis vor. Dazu wurde neben der Gestaltung der Arbeitsprozesse auch die technische Lösung an den lernförderlichen Gestaltungskriterien ausgerichtet. Ziel ist es, trotz des Einsatzes einer Assistenzlösung die Komplexität der Arbeitsaufgabe sowie das selbständige und problemlösende Handeln der Monteurinnen und Monteure zu erhalten. Die Arbeit soll auch zukünftig Lerngelegenheiten bieten und damit den Erwerb von Erfahrungswissen im Prozess der Arbeit ermöglichen.

In den nächsten Schritten wird die Wirksamkeit dieser Gestaltungsmaßnahmen in einer partizipativ angelegten Evaluation überprüft. Hierzu werden die am Prozess mittelbar und unmittelbar beteiligten Mitarbeiter/-innen (hierarchie- und funktionsübergreifend) die relevanten Evaluationskriterien erarbeiten. Im Anschluss werden Evaluationsszenarien entwickelt, in denen diese Kriterien überprüft werden können. Dazu werden repräsentative Montageschritte ausgewählt, bei deren Durchführung die Monteurinnen und Monteure beobachtet werden. Ergänzt wird dieses Vorgehen um Interviews.

### Anmerkungen

- 1) Das Projekt wird im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms vom BMWi gefördert. (FKZ: 20X1731E)

### LITERATUR

- APT, W./BOVENSCHULTE, M./PRIESACK, K./WEISS, C./HARTMANN, E. A. (2018): Wissenschaftliche Auswertung über Theorien und Instrumente für ein Inklusives Wachstum in Deutschland. Forschungsbericht 501 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/wissenschaftliche-auswertung-ueber-theorien-und-instrumente-fuer-ein-inklusive-wachstum-in-deutschland-735338> (Zugriff 10.04.2019)
- BIGALK, D. (2006): Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen – Spiegelbild der Organisation? Eine vergleichende Analyse von Unternehmen mit hoch und gering lernförderlichen Arbeitsplätzen (Vol. 3). Kassel
- BÖHLE, F./NEUMER, J. (2015): Lernhemmnisse bei qualifizierter Arbeit. Eine neue Herausforderung für die Arbeitsforschung und Arbeitsgestaltung. In: praevision – Zeitschrift für innovative Arbeitsgestaltung und Prävention, Jg. 2, S. 32-33. [http://www.zeitschrift-praevision.de/data/praeview\\_215\\_3233\\_boehle\\_neumer.pdf](http://www.zeitschrift-praevision.de/data/praeview_215_3233_boehle_neumer.pdf) (Zugriff: 10.04.2019)
- BÖHLE, F./SAUER, S. (2019): Erfahrungswissen und lernförderliche Arbeit – Neue Herausforderungen und Perspektiven für Arbeit 4.0 und (Weiter-)Bildung. In: DOBISCHAT,

- R./KÄPPLINGER, B./MOLZBERGER, G./MÜNK, D. (Hrsg.): Bildung 2.1 für Arbeit 4.0? Wiesbaden, S. 241-263
- DÖRNER, D. (2001): Die Logik des Mißlingens (15. Aufl.). Reinbek bei Hamburg
- FRIELING, E./MÜLLER, R. F./BERNARD, H./BIGALK, D. (2006): Lernen durch Arbeit. Münster
- FUNK, M./HARTWIG, M./BACKHAUS, N./KNITTEL, M./DEUSE, J. (2018): Nutzerevaluation von Assistenzsystemen für die industrielle Montage. In: WEIDNER, R./KARAFILLIDIS, A. (Hrsg.): Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen. Dritte Transdisziplinäre Konferenz. Hamburg 2018. Konferenzband. Hamburg, S. 213-221
- HAASE, T./TERMATH, W./MARTSCH, M. (2013): How to save expert knowledge for the organization: methods for collecting and documenting expert knowledge using virtual reality based learning environments. In: Procedia Computer Science, 25, S. 236-246
- MÜHLBRADT, T. (2014): Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme. MTM-Schriften Industrial Engineering, Ausgabe 1. Zeuthen: Deutsche MTM-Vereinigung e. V. [https://projekte.fir.de/elias/sites/projekte.fir.de/elias/files/mtm-schriften-ie-ausgabe-1-lernfoerderlichkeit\\_20141124.pdf](https://projekte.fir.de/elias/sites/projekte.fir.de/elias/files/mtm-schriften-ie-ausgabe-1-lernfoerderlichkeit_20141124.pdf) (Zugriff: 10.04.2019)
- NIEHAUS, J. (2017): Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0. Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle. FGW-Impuls Digitalisierung von Arbeit 04. Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung. [https://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/Impuls-I40-04-Niehaus-A1-web.pdf](https://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/Impuls-I40-04-Niehaus-A1-web.pdf) (Zugriff: 10.04.2019)
- REICH, K. (2016): Die konstruktivistische und inklusive Didaktik. In: PORSCH, R. (Hrsg.): Einführung in die Allgemeine Didaktik: Ein Lehr- und Arbeitsbuch für Lehramtsstudierende. Stuttgart, S. 177

# Digitalisierung und Industrie 4.0

## – Lernen in kleinen Unternehmen – und von ihnen



BERNHARD NETT



JENNIFER BÖNSCH



PAUL FUCHS-FROHNHOFEN

2018 ergab eine Untersuchung in kleinen metallbearbeitenden Betrieben in Nordrhein-Westfalen (NRW) zu Stand und Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeit und Qualifizierung, dass diese dort überwiegend nicht zur Automatisierung, sondern zur Qualitätssteigerung eingesetzt wird. Wenn dabei erwartet wird, dass Digitaltechnik so gebrauchstauglich an die Bedienung der Anlagen angepasst ist, dass beide zusammen bedient und erlernt werden können, wird eine nahtlose Anpassung digitaler Anwendungen nicht nur an betriebliche Prozesse unterstellt, sondern auch an die Arbeitspraxen (also: wie Prozesse umgesetzt werden). Das erfordert aber i. d. R. intensive Mitwirkung der Mitarbeiter/-innen. Mitgestaltbarkeit ist daher nicht nur eins der größten Potentiale von Digitaltechnik, sondern auch eine Herausforderung ihrer erfolgreichen Einführung. Das müssen nicht nur die individuellen Nutzer/-innen digitaler Anwendungen lernen, sondern gerade auch die Organisationen.

### EINLEITUNG

Wenn heute über Digitalisierung und Industrie 4.0 gesprochen wird, so selten im Kontext kleiner, „traditioneller“ Industrieunternehmen. Um diese Lücke zu schließen, wurde Digitalisierung mit ihren Problemen und Gestaltungsspielräumen im Rahmen des 2016-2018 vom Nordrhein-Westfälischen Ministerium für Kultur und Wissenschaft geförderten Projekts QPlus 4.0 („Zukunftsorientierte Strategien von Qualifikationsentwicklung und Arbeitsgestaltung bei digitaler Arbeit in nordrhein-

westfälischen Produktionsbetrieben“) in kleinen metallbearbeitenden Unternehmen untersucht. Unter Digitalisierung wurde allgemein die Ausbreitung digitaler Technologien verstanden (vgl. NETT et al. 2018), also nicht bloß Datenkonvertierung von analog zu digital.

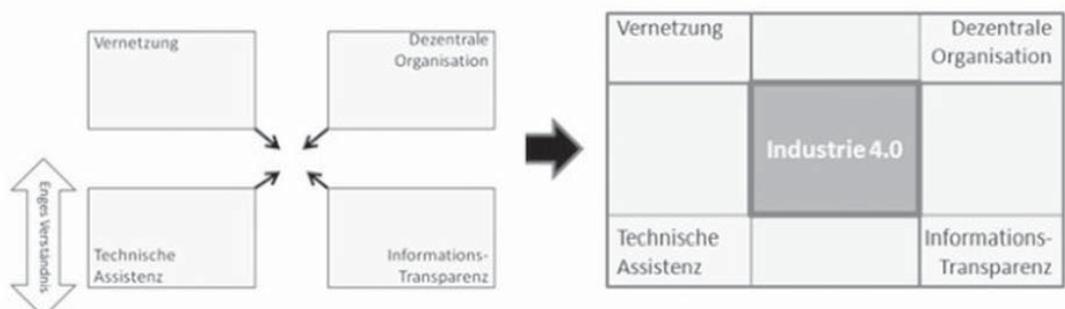


Abb. 1: Elemente der Industrie 4.0 (nach HERMANN et al. 2016)

Industrie 4.0 wird von HERMANN et al. (2016) als Überlappungsbereich verstanden von

- Vernetzung (Kopplungen soziotechnischer Systeme),
- dezentraler Organisation (lokaler Mit-Steuerungsfähigkeit),
- technischer Assistenz (Bereitstellung von Informationen) und
- Informationstransparenz (digitaler Repräsentation von Prozessen) (s. Abb. 1).

Dieses Verständnis wurde im Projekt QPlus 4.0 als „Industrie 4.0 im engeren Sinne“ übernommen, weil es so von der oft vorzufindenden einfachen Gleichsetzung von Industrie 4.0 mit Digitalisierung als „Industrie 4.0 im weiteren Sinne“ abgegrenzt werden kann. Letztere stellt demzufolge (vereinfachend gesagt) vor allem auf die Bereitstellung (technische Assistenz) und Transparenz (digitale Repräsentation) von Informationen ab, also in etwa die zwei unteren Elemente in Abb. 1, während erst alle zusammen die „Industrie 4.0 im engeren Sinne“ ausmachen.

Hohe Erwartungen werden in der Industrie 4.0-Literatur insbesondere mit der Möglichkeit verbunden, einzelnen Elementen der Produktion bestimmte Identifizierungen zuzuordnen, die von Sensoren automatisch detektiert werden können. Dafür kann man Barcodes aufkleben oder RFID-Chips anbringen. Dass sogar Mitarbeiter/-innen digital so erfasst werden können, zeigen 150 Mitarbeiter/-innen einer schwedischen Firma, die sich Chips unter die Haut einpflanzen ließen, um u. a. keine Schlüssel mehr zu brauchen (vgl. GRIMM 2017). Die automatische Identifikation realweltlicher Gegenstände stellt die Voraussetzung dar für vollautomatische Produktionssteuerung.

In der öffentlichen Diskussion um Industrie 4.0 werden vor allem die Wirkungen auf die Arbeitsplätze thematisiert – und das sehr unterschiedlich. Studien wie die von FREY und OSBORNE (2013) alarmieren, weil sie als Folge der Digitalisierung in den USA einen Stellenabbau von etwa 47 % (!) bis zum Jahr 2030 prophezeien. Höher qualifizierte Berufe mit „abstrakten“ Aufgaben werden dabei als Gewinner, weniger qualifiziertes Produktionspersonal mit manueller Arbeit als Verlierer präsentiert (vgl. WOLTER et al. 2015). BRZESKI und BURK (2015) sehen gar 59 % der deutschen Arbeitsplätze durch IT bedroht, besonders Anlagenführer/-innen in der verarbeitenden Industrie (69 %).

Doch auch höher qualifizierte Aktivitäten können durchaus wegrationalisiert werden (DENGLER/MATTHES 2018), umgekehrt auch repetitive Arbeit durch nicht routinemäßige Aktivitäten bereichert werden (vgl. DENGLER/MATTHES 2015). Schon aus diesem Grund stoßen die genannten Prognosen auf massive Kritik an Methodik und Resultaten. ARNOLD et al. (2016) sehen im Ganzen kaum Bemühungen, menschliche Arbeit zu automatisieren und auch MAIER et al. (2016) schätzen, dass die Gesamtnachfrage nach Arbeit in den kommenden Jahren nicht sinken wird. Die Literaturlage zu diesem Thema ist durch eine große Vagheit der Begriffe und Konzeptionen und große Unterschiede in Diagnosen und Prognosen gekennzeichnet. PFEIFFER (2015) argumentiert, dass es „die Industrie 4.0“ nicht gibt, nicht einmal ein gleichartiges Verständnis der „Revolutionen 1.0 bis 3.0“.

Angesichts solcher Vagheiten arbeitete das Projekt QPlus 4.0 folgende Fragestellungen heraus:

- Welche digitaltechnischen Anwendungen werden in KMUs tatsächlich derzeit eingeführt?
- Orientieren sich KMUs dabei an Industrie 4.0 im engeren Sinne?
- Welche Art von Lernprozessen müssen bei der Digitalisierung durchlaufen werden?

## ZUR METHODE

Um die Forschungsfragen zu beantworten, werden betriebsbezogene qualitative Forschungen um eine betriebsunspezifische quantitative Befragung ergänzt, die einen eigenen Fokus auf individuelle Erfahrungen und Einstellungen der Befragten zur Digitalisierung hat, die bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Anwendungspartner/-innen per Fragebogen erhoben werden. Die qualitative Forschung folgt dem Forschungsdesign der Projektethnografie, das unter dem Namen „Business Ethnography“ in der Wirtschaftsinformatik zur partizipativen Forschung in interdisziplinären Settings entwickelt wurde (vgl. NETT/STEVENS 2009). Die Projektethnografie – Aktionsforschung im Sinne LEWINS (1946) – basiert v. a. auf einem Interviewzyklus und einem Zukunftworkshop.

Konkret vereinbaren Forscher/-innen bei der Projektethnografie im Feld „Projekte“ mit Anwendungspartnerinnen und -partnern (im vorliegenden Fall, sich gemeinsam ein Bild von der (möglichen) Digitalisierung im Betrieb zu machen). Sie verfolgen diese Projekte und dokumentieren damit verbundene

Aushandlungs- und Reflektionsprozesse in einem dreistufigen Prozess: im Interviewzyklus äußern („enteignen“) die Interviewten ihre Erfahrungen und Einschätzungen. Dadurch, dass die Forscher/-innen im nächsten Schritt die Ergebnisse den Anwendungspartnerinnen und -partnern in einem Workshop vorstellen, erfahren die Interviewten die eigenen Vorstellungen über das Projekt „verfremdet“. Die Workshopteilnehmer/-innen können die Ausführungen korrigieren, validieren oder ergänzen, das Projektziel konkretisieren, verändern oder bekräftigen („wiederaneignen“). Am Ende sind Ähnlichkeiten und Unterschiede der Vorstellungen in den Interview-Transskripten dokumentiert, Verfremdung und Wiederaneignung in „Workshop“-Protokollen. Wenn es in allen drei Stufen Ergebnisse gibt, kann die Projektethnografie den gemeinsamen Lernprozess rekonstruieren.

Die Analyse der konkreten Forschungsdaten wurde an anderer Stelle bereits ausführlich dokumentiert (NETT et al. 2018), aus diesem Grund werden hier nur die Ergebnisse beschrieben. Im Rahmen von QPlus 4.0 wurde eine ganze Reihe von KMUs aus NRW kontaktiert, einige wurden näher untersucht. Berichtet wird hier über die Ergebnisse aus drei Unternehmen, die an allen Elementen des Forschungsdesigns beteiligt waren. Zu beachten ist, dass sie nur durch Lernen am Projekt QPlus 4.0 profitierten: sie erhielten keinerlei Förderung und – wegen des Fokus auf Probleme und Konflikte und weitreichender Anonymisierung – nicht einmal indirekte Werbung. Ihre Beteiligung zeigt daher, wie groß ihr Interesse am Thema Digitalisierung und Industrie 4.0 ist.

### AKTUELL EINGEFÜHRTE TECHNIK IN DEN UNTERSUCHTEN KMUs

Zwei von den eher zufällig gefundenen drei kleinen Partnerunternehmen haben in den vergangenen Jahren eine Phase großer wirtschaftlicher Schwierigkeiten erlebt. Und auch der dritte Geschäftsführer gibt an, dass er schon längere Perioden mit Umsatzeinbrüchen von über 50 % erfahren hat, sodass auch seine Firma zeitweise gefährdet war. Gerade kleine Unternehmen sehen sich einem enormen Wettbewerbsdruck ausgesetzt: Vor allem in Krisenzeiten haben sie es schwer, an Kredite zu kommen. Daher müssen KMUs ihre begrenzten Kapazitäten immer möglichst gut nutzen.

Unter den Investitionen, die aktuell in den untersuchten, eher kleinen metallbearbeitenden NRW-Unternehmen getätigt werden, machen Anschaffungen von Digitaltechnik einen großen Teil aus. In allen untersuchten Unternehmen werden Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme in die Verwaltung eingeführt: Sie sollen die betriebliche Datenintegration sichern. Schon die Aufträge werden heute elektronisch empfangen, angenommen und verarbeitet. Die technologische Umwelt wird dabei durch machtvolle Akteure (Großkunden, Anlagenhersteller, Logistikunternehmen, ...) beeinflusst, auf deren Vorgaben KMUs intelligent reagieren müssen.

Die Digitalisierung zieht zunehmend (aber nicht ohne Friktionen) auch in die Produktion ein. Dem engeren Industrie 4.0-Verständnis folgend, können Manufacturing Execution Systems (MES) als technische Schnittstelle zwischen dem ERP-System und der Produktion fungieren und letztere steuern (zur Konzeption s. Abb. 2). Doch obwohl alle befragten Unternehmen ein ERP-System besitzen, hat nur eines von ihnen ein MES. Dieses wird allerdings nicht zur automatisierten Produktionssteuerung genutzt, sondern im Gegenteil zur manuellen Dateneingabe von Produktionsdaten durch Produktionsmitarbeiter/-innen. Die Vernetzung der Produktionsanlagen wäre dabei aktuell in den meisten Anlagen der von uns untersuchten Unternehmen gar nicht möglich, da diese auf Steuerungen basieren, die nicht vernetzbar sind. Aus diesem Grund wird bei Neuanschaffung von Produktionsanlagen inzwischen auf Vernetzbarkeit geachtet.

Interessant sind die Einführungsprozesse – diese wurden in zwei KMUs mit den Geschäftsführern diskutiert. In einem dieser KMUs hatte eine wirtschaftlich schwierige Phase zu einer strukturellen Überlastung des Betriebsleiters und der Übernahme von Managementaufgaben durch ein Team aus Vorar-

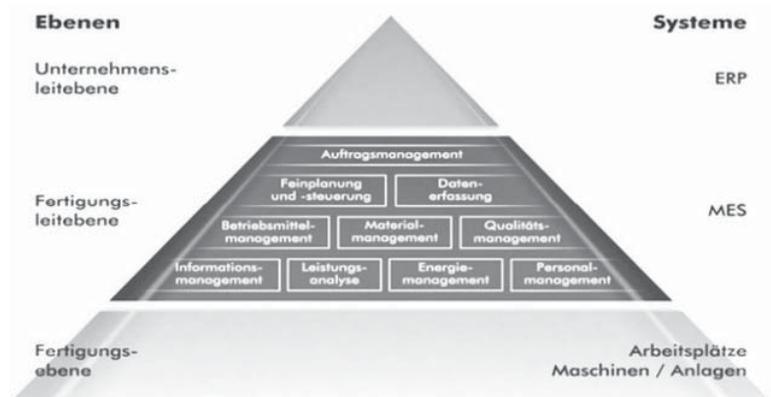


Abb. 2: VDI Richtlinie 5600, Blatt 1, nach KLETTI (Vorsitzender VDI-AK MES), o. J.

beitern geführt. In dem anderen Unternehmen hatte ein Großkunde für die Entwicklung eines Zuliefernetzwerks die Entwicklung eines Teams angeschoben, das in der Folge zum Nukleus von Strukturentwicklungsteams geworden war. Es hat sich bewährt, dass in solchen Teams Vertreter/-innen relevanter betrieblicher Bereiche Lösungen diskutieren, organisieren, verbessern und der Geschäftsführung vorschlagen. Die Einbeziehung von IT-Expertinnen und -Experten wird von der Geschäftsführung eines Unternehmens, die Einbeziehung des Betriebsrats sogar von beiden als Schlüssel zum Erfolg beschrieben.

Das dritte Unternehmen hat keinen Betriebsrat. Der Versuch, die Implementierung eines ERP-Systems zur Einführung einer neuen, auf individualisierten Barcodes beruhenden automatischen Produktionskontrolle zu nutzen, rief – trotz beträchtlichen Einsatzes von Experten des ERP-Herstellers vor Ort – eine so unübersichtliche Situation hervor, dass der Versuch abgebrochen wurde. Es gab Befürchtungen verstärkter Arbeitsüberwachung; zudem erwies sich die Repräsentation der Arbeitspraxen (etwa die Bedienung mehrerer Maschinen gleichzeitig) in dem nach Prozessen strukturierten System als weit schwieriger als gedacht. Das ERP-System wird weiter genutzt, aber nicht mehr für automatisierte Produktionskontrolle. Auch in dem Unternehmen mit dem MES gab es Befürchtungen verstärkter Arbeitsüberwachung – in der institutionalisierten Partizipation reichte jedoch die Zusage der Geschäftsführung, das MES dafür nicht zu nutzen.

In allen untersuchten KMUs wird an verbesserter Sensorik gearbeitet, jedoch nicht zur Vollautomatisierung, sondern zur Verbesserung der Qualität. Es gibt viele Innovationsvorschläge der Mitarbeiter/-innen. In einem Fall werden geeignete Sensoren sogar selbst entwickelt. Roboter, 3D-Drucker, selbst nachfüllende Konsignationslager, Barcodelesegeräte, Datenbrillen und ähnliche Hightech-Ausrüstung sind für die untersuchten KMUs nicht mehr unerreichbar – dass die Bedienung der Technik nahtlos in die Unternehmenspraxen eingebettet werden muss und sich Investitionen schnell und nachhaltig amortisieren müssen, kann jedoch schnell zum Problem werden.

Die Einführung von Digitaltechnik unterscheidet sich von dem, was Unternehmen bei Investitionen typischerweise tun, denn sie erlaubt Nutzerinnen und Nutzern auch nach dem Kauf noch eine ko-konstruktive Rolle – verlangt diese aber auch. Das wird oft noch viel zu wenig bedacht. Sich daraus ergebende

mangelhafte Anpassungen an betriebliche Besonderheiten haben besonders weitreichende Folgen bei Mehrzweck-/Mehrbenutzerprodukten wie z. B. ERP-Systemen, deren Konfiguration und Einbettung gleichzeitig oft weit komplexer ist als gedacht. Solche Probleme können aber nicht ausschließlich mangelnden Kompetenzen der KMUs angelastet werden, denn die in ERP-Systemen „verwendeten kaufmännischen Modelle und planerischen Prozesse basieren nahezu ausnahmslos auf dem Gedanken der zentralen Planung, Erfassung und Kontrolle aller materiellen und immateriellen Abläufe (und sind damit zu) deterministisch“ (SPATH et al. 2013, S. 104).

### **DIE BEDEUTUNG DER INDUSTRIE 4.0 IM ENGEREN SINNE FÜR DIE UNTERSUCHTEN KMUS**

Systeme gemäß des engeren Industrie 4.0-Verständnisses fanden sich in den KMUs nur in Form eines Konsignationsschranks, den ein Werkzeughersteller in einer beforschten Firma aufgestellt hat, und der entnommenes Werkzeug selbst automatisch nachbestellt. Die Einführung von Barcodes wurde mehrfach versucht, erwies sich jedoch fast durchgängig als weit komplexer als ursprünglich erwartet. Ein Unternehmen hat daher seine Versuche mit Barcodes ganz aufgegeben.

Möglicherweise anders als in der massenindustriellen Großindustrie zielt Digitalisierung jedenfalls in den untersuchten kleinen metallbearbeitenden Unternehmen nicht auf hochspezialisierte (neo-)tayloristische Arbeitszerlegung („Babbageprinzip“). Interviewte Anlagenführer/-innen übernehmen administrative u. a. Zusatzfunktionen. Auch Vernetzungen werden stark über Menschen umgesetzt: Persönliche Kontakte zu Kunden schaffen Vertrauen und Bindungen. Sozialkapital repräsentierende Netzwerke durch Technik zu ersetzen kann für KMUs dennoch da Sinn machen, wo die Einführung der Technik Kontakte verstärkt oder – wie oft bei Zuliefernetzwerken – freigeschaltete Zugänge zu Kundendaten erlaubt, die frühzeitige Planungsmöglichkeiten und privilegiertes Wissen beinhalten: ein Vorteil gegenüber der Konkurrenz.

Die Geschäftsleitungen der von uns untersuchten kleinen Betriebe neigen dazu, ihre Mitarbeiter/-innen eng an das Unternehmen zu binden. Das Kündigen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wird von den interviewten Geschäftsführern als höchst unangenehm, teils sogar als persönliche Niederlage („das Schlimmste überhaupt“) beschrieben. Gerade der Fokus auf die Mitarbeiter/-innen erlaubt viel Flexi-

bilität: Maschinen können von jeweils mehreren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gerüstet und bedient werden und auf Unerwartetes kann schnell reagiert werden. Es finden sich viele „Innovationen von unten“. Die beforschten KMUs scheinen zwar krisenanfällig, aber doch sehr erfolgreich die wachsenden Nischen großindustrieller Produktion zu nutzen und dazu – wenn man der fragwürdigen Sequenzialisierung „Industrieller Revolutionen“ denn folgen will – eher auf „3.x“ als „4.0“ zuzustreben.

### **WAS MÜSSEN MITARBEITER/-INNEN IN KMUS LERNEN?**

Die Literatur differenziert IT-Kompetenzen in allgemeine, spezifische und strategische (vgl. VAN DIJK 2012). Die allgemeinen umfassen basale Fähigkeiten wie deren Umgang mit graphischen Nutzeroberflächen, der Maus u. ä. Die spezifischen Fähigkeiten hängen von der jeweiligen Anwendung ab. Am problematischsten sind die strategischen Fähigkeiten, die Wissen davon erfordern, was man mit einer digitalen Anwendung in welchem Zusammenhang tun kann. Dafür muss man Anwendungen in einer gewissen Tiefe verstehen.

Computeranwendungen werden den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in den untersuchten KMUs jedoch oft nur im Normalbetrieb gezeigt – was in Krisen problematisch werden kann. Informelle Lernformen („Über-die-Schulter-Lernen“ (Mimikry) und Ausprobieren) spielen in der betrieblichen Praxis eine große Rolle. Mitarbeiter/-innen in den von uns untersuchten KMUs haben viele allgemeine und spezielle Nutzerkompetenzen „nebenbei“ in der Freizeit erworben. Während Erfahrungen mit basaler (Normal-)Nutzung von Massenanwendungen weit verbreitet sind, scheinen strategische Kompetenzen eher begrenzt, ebenso wie Kompetenzen zur Bewältigung von Nutzungskrisen und Wissen über soziale und technologische Implikationen der Technologien.

Digitalisierte Arbeit wird (auf den Fragebögen) eher als „anspruchsvoller“ und „interessanter“ qualifiziert. Bei aller Vorsicht angesichts der kleinen Stichprobe zeigt die Befragung kaum gefühlte Überforderung durch Technik: Tendenziell scheinen Mitarbeiter/-innen derzeit ihre Probleme mit Digitaltechnik eher zu unter- als zu überschätzen. Insbesondere Mitarbeiter/-innen, die wirtschaftliche Probleme ihrer Unternehmen erlebt haben, scheinen Investitionen in digitale Technologien eher als Sicherung denn als Bedrohung oder Intensivierung ihrer Arbeit wahrzunehmen. Mitarbeiter/-innen wür-

den sich gerne weiterbilden. Doch obwohl die Unternehmensführungen die Bedeutung der Weiterqualifizierung als extrem wichtig bezeichnen, haben viele ihrer Beschäftigten noch nie an einer Weiterqualifizierung teilgenommen.

In der metallbearbeitenden Industrie spielen die Hersteller von Anlagen (steuerungen) eine wichtige Rolle für praxisnahe Angebote zu betrieblichen und individuell-berufsbezogenen Weiterbildungen (im Gegenzug erfahren sie dabei aktuelle Arbeitspraktiken der Nutzer/-innen und Produktverbesserungsmöglichkeiten). In der Berufsausbildung entwickeln sich neuartige Formen der zwischenbetrieblichen Kooperation, z. B. zwischenbetriebliches Teilen einer Ausbildungswerkstatt („Berufliche Ausbildungsnetzwerke im Gewerbebereich“, BANG).

Hinsichtlich der individuellen Qualifizierungserfordernisse sind langfristige Bedarfe sehr schwer abzuschätzen. Sinnvoll scheint, die Vermittlung von Spezialqualifikationen mit der von Überblickswissen zu verbinden. Überblickswissen sowie soziale (Teamfähigkeit) und metakognitive Kompetenzen sollten massiv gefördert werden (also Fähigkeiten, jenseits eigener disziplinärer Grenzen denken und kommunizieren zu können, vgl. ACATECH 2013).

Bei Zertifikaten ist wichtig, dass sie auf dem Markt anerkannt sind (vgl. BAETHGE et al. 2013): In den von uns untersuchten metallbearbeitenden Unternehmen spielten diesbezüglich die Angebote der Hersteller von Anlagen (bzw. deren Steuerungen) eine zentrale Rolle. Zur Förderung der technologischen Selbstorganisation der Beschäftigten kann eine – Technikmitgestaltung umfassende – Beteiligungsqualifizierung der Beschäftigten hilfreich sein, die Gestaltungsimperative verdeutlicht, aber auch Chancen und Freiräume.

### **WAS MÜSSEN DIE ORGANISATIONEN LERNEN?**

KMUs können Vorteile der Digitalisierung nutzen, wenn sie eigene Stärken und Perspektiven identifizieren und gezielt dafür ihre technische Infrastruktur ausgestalten, am besten systematisch und schrittweise. Sowohl ein hinreichendes Verständnis eigener Stärken zu entwickeln, als auch die darauf angepasste Gestaltung der Infrastruktur, erfordern organisationales Lernen (vgl. WISCHMANN/HARTMANN 2018). Entsprechende, in KMUs oft bereits erfolgreich kultivierte Verbesserungsprozesse dürfen angesichts der aktuellen, oft einseitig auf Disruption

und Automatisierung abstellenden Rhetorik keinesfalls zurückgefahren oder vernachlässigt werden.

Es fällt auf, dass in den beforschten Betrieben selbst elementare Techniken partizipativer Systementwicklung (participatory design, PD) unbekannt sind (etwa Mockups oder Szenariotechniken), auch in KMUs mit partizipativer Ausrichtung. Solche Techniken können aber helfen, betriebliche Anforderungen präziser zu verstehen und zu artikulieren – auch schon beim Kauf von IT-Produkten. Die Orientierung an unternehmenskultureller Innovationsfähigkeit (vgl. APT et al. 2016, S. 69) kann die Gefahr verringern, dass Digitalisierungsmaßnahmen Betriebskulturen und Vertrauen beschädigen. Organisationales Lernen sollte so gestärkt werden, dass institutionalisierte Mitbestimmungsformen zur Erarbeitung je eigener betrieblicher Technikentwicklungsperspektiven beitragen können (vgl. LINS et al. 2018). Dafür kann eine, um Technikmitgestaltungs-kompetenz erweiterte, Beteiligungsqualifizierung hilfreich sein.

## LITERATUR

- ACATECH (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.) (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht. Berlin/Frankfurt am Main
- APT, W./BOVENSCHULTE, M./HARTMANN, E. A./WISCHMANN, S. (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. Forschungsbericht 463 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Berlin: Institut für Innovation und Technik, [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/f463-digitale-arbeits-welt.pdf?jsessionid=17F1B8DOF60529F695F533609177439C?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/f463-digitale-arbeits-welt.pdf?jsessionid=17F1B8DOF60529F695F533609177439C?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff: 14.04.2019)
- ARNOLD, D./BUTSCHEK, S./STEFFES, S./MÜLLER, D. (2016): Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- BAETHGE, M./SEVERING, E./WEIß, R. (Hrsg.) (2013): Handlungsstrategien für die berufliche Weiterbildung. Bielefeld
- BRZESKI, C./BURK, I. (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. Frankfurt
- DENGLER, K./MATTHES, B. (2015): 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> (Zugriff: 14.04.2019)
- DENGLER, K./MATTHES, B. (2018): Substituierbarkeitspotenziale von Berufen. Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. IAB-Kurzbericht 4/2018. <http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0418.pdf> (Zugriff: 14.04.2019)
- FREY, C. B./OSBORNE, M. A. (2013): The Future of Employment. How susceptible are Jobs to Computerization? Oxford
- GRIMM, N. (2017): Swedish employees agree to free microchip implants designed for office work. <https://www.abc.net.au/news/2017-04-03/swedish-employees-agree-to-microchip-implants/8410018> (Zugriff 10.3.2019)
- HERMANN, M./PENTEK, T./OTTO, B. (2016): Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673/> (Zugriff: 23.3.2018)
- KLETTI, J. (o. J.): Vortragsfolien: Quo Vadis MES? [http://files.messe.de/abstracts/57649\\_MESTagung201404JKMesseAG\\_\[Schreibgeschue.pdf](http://files.messe.de/abstracts/57649_MESTagung201404JKMesseAG_[Schreibgeschue.pdf) (Zugriff: 22. Juni 2018)
- LEWIN, K. (1946): Action Research and Minority Groups. In: Journal of Soc. Issues 2, Nr. 4, S.34-46
- LINS, D./RUHE, A. - H./BICER, E./SCHÄFER, M./PALOMO, M. E./FILIPIAK, K./NIEWERT, C./KREIMEIER, D./WELLING, S./WANNÖFFEL, M. (2018): Industrie 4.0: Mitbestimmen – mitgestalten: Umsetzungsstand von Industrie 4.0 in nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 06. Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung. [https://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/FGW-Studie-I40-06-Kreimeier-komplett-web.pdf](https://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-06-Kreimeier-komplett-web.pdf) (Zugriff: 14.04.2019)
- MAIER, T./ZIKA, G./WOLTER, M. I./KALINOWSKI, M./NEUBER-POHL, C. (2016): Die Bevölkerung wächst. Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen. BIBB-Report 3/2016. <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/8147> (Zugriff: 23.3.2018)
- NETT, B./STEVENS, G. (2009): Business Ethnography. Aktionsforschung als Beitrag zu einer reflexiven Technikgestaltung. In: BECKER, J./KRCMAR, H./NIEHAVES, B. (Hrsg.): Wissenschaftstheorie und gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Heidelberg, S. 48-68
- NETT, B./BÖNSCH, J./FUCHS-FROHNHOFEN, P. (2018): Digitalisierung und ihr Einfluss auf Arbeit und Qualifizierung in kleinen metallbearbeitenden Unternehmen Nordrhein-Westfalens. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 08. Düsseldorf: Forschungsinstitut gesellschaftliche Weiterentwicklung. [http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/FGW-Studie-I40-08-QPlus-komplett-web.pdf](http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-08-QPlus-komplett-web.pdf) (Zugriff: 3.2.2019)
- PFEIFFER, S. (2015): Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Produktion. Hype oder Megatrend? In: Aus Politik und Zeitgeschichte 07/2015, S. 6–12
- SPATH, D. (HRSG.)/GANSCHAR, O./GERLACH, S./HÄMMERLE, M./KRAUSE, T./SCHLUND, S. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart
- VAN DIJK, J. A. G. M. (2012): The evolution of the digital divide. The digital divide turns to in-equality of skills and usage. In: Digital Enlightenment Yearbook, IOS Press, S. 57-75, <https://www.utwente.nl/en/bms/vandijk/news/The%20Evolution%20of%20the%20Digital%20Divide/Evolution%20of%20the%20Digital%20Divide%20Digital%20Enlightenment%20Yearbook%202012.pdf> (Zugriff: 23.3.2018)
- WISCHMANN, S./HARTMANN, E. A. (2018): Zukunft der Arbeit, eine praxisnahe Betrachtung. Berlin
- 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. IAB-Forschungsbericht 8/2015. <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf> (Zugriff: 14.04.2019)

## Teilnovellierte Ausbildungsordnungen von Metall- und Elektroberufen

Seit dem 01. August 2018 sind mehrere Berufe von Teilnovellierungen der Ausbildungsordnungen betroffen. Es gibt drei wesentliche Neuerungen für die Ausbildungsordnungen. Dabei geht es um die neue Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“. Die Inhalte müssen im Kontext mit den fachlichen Inhalten der jeweiligen Ausbildungsberufe angeboten werden.

Im Hinblick auf Industrie-4.0-relevante Qualifikationsanforderungen wurden einige betriebliche Lerninhalte aktualisiert. Die Teilnovellierung betrifft insgesamt elf Berufe, deren Berufsbezeichnungen sich dadurch jedoch nicht verändern. Betroffen sind bei den industriellen Metallberufen Anlagenmechaniker/in, Werkzeugmechaniker/in, Industriemechaniker/in, Konstruktionsmechaniker/in und Zerspanungsmechaniker/in und die industriellen Elektroberufe Elektroniker/in für Automatisierungstechnik, Elektroniker/in für Betriebstechnik, Elektroniker/in für Gebäude- und Infrastruktursysteme, Elektroniker/in für Geräte und Systeme und Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik sowie die Berufsausbildung zum/zur Mechatroniker/in. Weitere Informationen, welche Kompetenzen die neue Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ voraussetzt, erfahren finden sich in einem kostenlosen Whitepaper <https://www.ecademy-learning.com/ausbildung-digital/whitepaper-die-teilnovellierung-der-metall-und-elektroberufe/>.

## Berufsbildungsbericht 2019: Mehr Ausbildungsverträge, größere Passungsprobleme

Die Bundesbildungsministerin Anja Karliczek hat den Berufsbildungsbericht 2019 vorgestellt.

Ergänzend dazu hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) den neuen Datenreport zum Berufsbildungsbericht veröffentlicht. Die Zahlen zeigen, dass es erneut

## INTRO

Bei meinem (fast) täglichen „Ritt“ durch die Onlinegazetten bin ich über die Schlagzeile „Ein Klempner muss künftig auch IT-Spezialist sein“ gestolpert. Der dazugehörige Beitrag befasste sich in Interviewform mit der Frage, wie eine ideale Weiterbildung aussehen könnte. In Abgrenzung zum hochreglementierten ersten Bildungssystem mit seinem hohen Formalisierungs- und Systematisierungsgrad, mit Schulpflicht, öffentlichen und privaten Ausbildungsinstitutionen, vergleichbaren Abschlüssen, messbaren Standards und Qualitätssicherungssystemen, staatlichen Finanzierungsmechanismen, Anreizsystemen und Begabtenförderung, ist der Weiterbildungsbereich (zweites Bildungssystem) bei Weitem nicht so durchdekliniert. Ergo sollte eine sog. systemische Weiterbildung durch die Verknüpfung des ersten Bildungssystems (formelles Lernen), mit dem zweiten Bildungssystem (informelles Lernen), vorangetrieben werden. Dazu gehören Anreize zur Weiterentwicklung solcher Weiterbildungsangebote aus dem Hochschulbereich, attraktive Angebote finanzieller und zeitlicher Art für Arbeitnehmer, die Verschmelzung akademischer und beruflicher Weiterbildungsformate sowie eine Steigerung der Verbindlichkeit für bestimmte Berufsgruppen zur Weiterbildung (wie es z. B. für Ärzte und Berufskraftfahrer in Intervallen heute schon Pflicht ist). Mit Blick auf die eingangs zitierte Schlagzeile gibt es mittlerweile sogar schon Hochschulangebote, in denen Handwerker IT-Kenntnisse erwerben können. Schließen möchte ich mit einem weiteren Zitat aus dem Beitrag, das ich ohne weitere Bewertung mal so stehen lassen möchte: „Es ist wichtig, dass man bestimmte Kompetenzen hat – und nicht, wo man sie erworben hat.“

(Quelle: <https://merton-magazin.de/ein-klempner-muss-kuenftig-auch-it-spezialist-sein>).

*Michael Sander*

mehr Ausbildungsverträge gab als im Vorjahr. Allerdings fanden viele Jugendliche keinen Ausbildungsplatz, während gleichzeitig zahlreiche Angebote von den Betrieben nicht besetzt werden konnten. Weitere Informationen unter [www.bibb.de](http://www.bibb.de).

## Mindestlohn für Auszubildende

Das Bundeskabinett hat am 15. Mai 2019 die Mindestausbildungsvergütung für Auszubildende beschlossen. Auszubildende erhalten demnach ab 2020 im ersten Lehrjahr 515 Euro im Monat.

Dieser Basiswert soll mit den Jahren weiter ansteigen: Ab 2021 sollen Lehrlinge 550 Euro im ersten Lehrjahr verdienen, ab 2022 ist eine Steigerung auf 585 Euro vor-

gesehen und ab 2023 eine weitere Erhöhung auf 620 Euro. Auch im zweiten, dritten und vierten Lehrjahr der Ausbildung soll die Vergütung erhöht werden: Um 18, 35 beziehungsweise 40 Prozent auf das jeweilige Basisjahr. Einschränkungen bezüglich der Vergütung soll es lediglich für tarifgebundene Unternehmen geben. Bundesbildungsministerin Anja Karliczek (CDU) hatte ursprünglich in Anlehnung an das Schüler-Bafög eine Vergütung von 504 Euro gefordert. Holger Schwannecke, Generalsekretär des Zentralverbandes des Deutschen Handwerks (ZDH) sagt in einer Stellungnahme dazu, dass damit die Schmerzgrenze von vielen auszubildenden Handwerksbetrieben gerade in strukturschwachen Regionen überschritten wird. (Quelle: <https://www.handwerk-magazin.de/das-sind-die-folgen-des-geplanten-azubi-mindestlohns/150/516/366103>)

## WAS UND WANN?

20. Christiani Ausbildungstag: Duale Berufsausbildung – Zukunft seit Jahrzehnten  
[www.foraus.de/html/foraus\\_20-christiani-ausbildertag-duale-berufsausbildung-zukunft-seit-jahrzehnten-10783.php](http://www.foraus.de/html/foraus_20-christiani-ausbildertag-duale-berufsausbildung-zukunft-seit-jahrzehnten-10783.php)

26.09.2019 in Singen

BMBF-Roadshow 2019: Digitale Medien im Ausbildungsalltag  
[https://www.foraus.de/html/foraus\\_7220.php](http://www.foraus.de/html/foraus_7220.php)

24.10.2019 in Schwerin

## DIGITALE LERNSTATIONEN FÜR ANGEHENDE MEISTER

Digitale Technologien werden von Auszubildenden, Gesellen und Meisterschüler im privaten Umfeld tagtäglich genutzt. Umso mehr erstaunt der bislang überschaubare Einsatz technologiegestützter Lernmedien in vielen Ausbildungszweigen. Im Förderprojekt D-MasterGuide haben mehrere Projektpartner im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gemeinsam eine digitale Lernplattform mit dem Ziel entwickelt, die Ausbildung angehender Meister smarter zu gestalten und somit Auszubildende und Ausbilder zu unterstützen.

Die dafür entwickelte Lernplattform soll nicht nur den Kompetenzerwerb unterstützen, sondern parallel dazu die (digitale) Medienkompetenz der Jungmeister fördern. In dem 2017 gestarteten Projekt wurden gemeinsam mit der IMC AG als Technologiepartner digitale Lernstationen entwickelt. Dort können sich die Auszubildenden zunächst verschiedene Inhalte erschließen, ehe es in der Gruppe gemeinsam mit dem Kursleiter in die praktische Übungsphase und Diskussion geht. Weitere Informationen unter <https://www.checkpoint-elearning.de/kmu/digitale-lernstationen-fuer-angehende-meister>

## ERFOLGSMODELL BERUFSBILDUNG WEITERENTWICKELT – NOVELLE DES BERUFSBILDUNGSGESETZES IM KABINETT BESCHLOSSEN

Das Bundeskabinett hat den Gesetzentwurf für die Novelle des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) beschlossen. Bundesbildungsministerin Anja Karliczek erklärte dazu: „Die berufliche Bildung in Deutschland gehört zu den erfolgreichsten Qualifizierungssystemen weltweit. Mit der BBiG-

Novelle werden wir ihre Attraktivität weiter steigern. Das sichert die Fachkräfteausbildung in unserem Land. Die berufliche Bildung bietet jungen Menschen hervorragende Entwicklungsmöglichkeiten. Die Entscheidung zwischen beruflicher Aus- und Fortbildung oder Studium ist keine Frage eines Mehr oder Weniger. Es ist eine Auswahl zwischen zwei gleichwertigen Wegen zum beruflichen Erfolg.“ Zentrales Element der BBiG-Novelle ist die Einführung transparenter Fortbildungsstufen für die höherqualifizierende Berufsbildung. Abschlüsse sollen künftig die Bezeichnungen „Geprüfte/r Berufsspezialist/in“, „Bachelor Professional“ oder „Master Professional“ tragen. Die Gleichwertigkeit von beruflicher Fortbildung und Studium wird dadurch verdeutlicht. Weil die Bezeichnungen international verständlich sind, fördern sie die Mobilität für berufliche Aufsteigerinnen und Aufsteiger. Ein anderer wichtiger Bestandteil der BBiG-Novelle ist die Einführung einer ausbalancierten Mindestausbildungsvergütung. „Mit der Mindestvergütung setzen wir dort an, wo es keine Tarifbindung gibt. Sie hält Maß und Mitte, schafft Transparenz und steigert die Attraktivität. Das ist auch dort besonders wichtig, wo Fachkräftenachwuchs dringend gesucht wird. Mit jedem Ausbildungsjahr erhalten die Auszubildenden etwas mehr, da sie mit jedem Jahr mehr lernen und damit mehr für den Betrieb leisten.“, erläuterte die Bundesbildungsministerin. Weitere Schwerpunkte der BBiG-Novelle sind erweiterte Möglichkeiten der Teilzeitberufsausbildung, Regelungen für eine größere Durchlässigkeit innerhalb der beruflichen Bildung sowie verbesserte Bestimmungen für rechtsbeständige und hochwertige Prüfungen. Verfahren werden vereinfacht, Bürokratie wird abgebaut. Die Novelle setzt damit die notwendigen Rahmenbedingungen, um das Erfolgsmodell berufliche Bildung auch für die Zukunft gut aufzustellen. (Quelle: BMBF Pressemitteilung 049/2019)

## STUDIE: JUGENDLICHE NUTZEN YOUTUBE ALS BILDUNGS- UND KULTURORT

Audiovisuelles Lernen in Form von Webvideos ist für Jugendliche zwischen 12 und 19 Jahren von großer Bedeutung und ein ganz normaler Teil ihres Alltags. Die Video-Plattform YouTube ist mit einer Nutzung von 86 Prozent der befragten Schüler und Berufsschüler eines ihrer digitalen Leitmedien. Fast die Hälfte der YouTube nutzenden Schülerinnen und Schüler (47%) ziehen hier selbstständig Erklärvideos für das schulische Lernen heran, beispielsweise für Hausaufgaben oder Prüfungen, aber auch für künstlerische Fächer wie Musik, Kunst, Theater oder für AGs wie Chor oder die Schulband. Für viele der Befragten sind die Clips in hohem Maße anregend, selbst künstlerisch aktiv zu werden. Ein Großteil der Jugendlichen ist sich auch der Vorteile von Unterricht gegenüber Webvideos sehr bewusst, zum Beispiel, dort Nachfragen stellen zu können. Ein Großteil, 60 Prozent der befragten YouTube-Nutzer, wünscht sich im Unterricht eine kritische Auseinandersetzung mit YouTube-Videos und der Plattform. Das sind die zentralen Ergebnisse der repräsentativen Studie „Jugend/YouTube/ Kulturelle Bildung. Horizont 2019“ mit deutschlandweit 818 Befragten, die das unabhängige Expertengremium Rat für Kulturelle Bildung ausgewertet hat. Die klassische Bildungskonstellation von Lehren, Lernen und Wissen ändert sich durch die Digitalisierung grundlegend, wie die vorliegende Studie am Beispiel der Nutzung der Plattform YouTube durch Jugendliche zeigt. Selbstständige, informelle Praktiken des Lernens gewinnen an Bedeutung. Tutorials und Erklärvideos, die man sich überall und jederzeit beliebig oft ansehen kann, kommen offenbar den Erwartungen von Jugendlichen von eigenen Lernrhythmen und Lernzeiten entgegen. YouTube ist nicht primär als Bildungsmedium eingerichtet, hat aber, wie die Studie belegt, eine unerwartet hohe Be-

deutung für den Bildungsbereich gewonnen. Kostenfreier Download der gesamten Studie „Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019“ unter: [www.rat-kulturelle-bildung.de/Publikationen/Studien](http://www.rat-kulturelle-bildung.de/Publikationen/Studien).

## BERUFSBILDUNG FÜR EINE DIGITALE ARBEITSWELT

Digitale Technologien verändern die Arbeits- und Geschäftsprozesse – mit massiven Folgen nicht nur für die technologischen und wirtschaftlichen Prozesse, sondern auch für die berufliche Bildung. Die Studie „Berufsbildung für eine digitale Arbeitswelt“ untersucht, vor welche Herausforderungen die Digitalisierung die Berufsbildung stellt und in welcher Weise sie Ziel, Inhalt und Methode des beruflichen Lernens beeinflusst. Für die Frage der Gestaltung der Berufsbildung wird zunächst zwischen der individuellen und der normative Ebene unterschieden. Für die Betrachtung der individuellen Ebene werden Forschungsergebnisse zu den kognitiven und affektiven Voraussetzungen von Jugendlichen für das Lernen mit

digitalen Medien vorgestellt und bewertet. Dabei werden sowohl die Kompetenzen junger Menschen im Umgang mit den neuen Medien als auch mögliche negative Folgen aus der Alltagsnutzung digitaler Technologien thematisiert. Bei der Betrachtung der normativen Ebene geht es um Bildungsziele, Berufsbilder und Kompetenzprofile vor dem Hintergrund der Digitalisierung, die erläutert und systematisiert werden. Im Hinblick auf die Gestaltungsfelder der Berufsbildung werden die ausbildungsorganisatorische, die didaktische und die ordnungspolitische Ebene unterschieden. Auf der ausbildungsorganisatorischen Ebene geht es um Fragen der technologischen Ausstattung, der notwendigen personalen Voraussetzungen für das Lehr- und Ausbildungspersonal sowie um neue Möglichkeiten der Kooperation innerhalb und zwischen den Lernorten Betrieb und berufliche Schule, beispielsweise durch digitale Arbeits- und Lernplattformen. Auf der didaktischen Ebene geht es um die Frage, wie digitale Technologien als Lerninstrument das berufliche Lernen effektiver bzw. effizienter gestalten können. Dazu werden sowohl Potenziale digita-

ler Technologien für die Gestaltung von Ausbildungskonzepten erörtert als auch Praxisbeispiele technologieunterstützter Ausbildungskonzepte vorgestellt. Die Betrachtung schließt mit empirischen Befunden über mögliche Effekte in der Anwendung digitaler Technologien. Auf der ordnungspolitischen Ebene schließlich geht es darum, welche Konsequenzen digitale Technologien für die Gestaltung von Berufsprofilen, Ordnungsgrundlagen und Prüfungsformaten haben. In einem weiteren Kapitel werden Spannungsfelder an der Schnittstelle von Arbeit und Berufsbildung thematisiert. Dabei geht es um die Frage, inwiefern die mit Digitalisierung umschriebenen Veränderungen der Arbeitswelt in Widerspruch treten können zu den grundlegenden Zielen der Berufsbildung im Sinne der Entwicklung von Handlungskompetenzen und nachhaltiger beruflicher Identität. Die Studie endet mit der Formulierung von acht Handlungsperspektiven der Berufsbildung für eine digitale Arbeitswelt. Kostenloser Download der Studie unter <https://www.beretelmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/berufsbildung-fuer-eine-digitale-arbeitswelt>.

## WIR SUCHEN...

- Mitglieder und/oder Schulen, die sich vorstellen möchten
- Informationen aus den Arbeitskreisen
- Informationen aus den Regionen
- Informationen aus der Forschung
- Hinweise und Informationen aus Ihrer fachrichtungsspezifischen Bildungspraxis
- Informationen zu Fachtagungen

Schicken Sie Ihre Beiträge bitte an die Geschäftsstelle ([kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de)) oder direkt an Michael Sander ([michael.sander@uni-bremen.de](mailto:michael.sander@uni-bremen.de)).

## BAG IN KÜRZE

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

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

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

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

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

## BAG IN IHRER NÄHE

Baden-Württemberg	Lars Windelband	<a href="mailto:lars.windelband@ph-gmuend.de">lars.windelband@ph-gmuend.de</a>
Bayern	Peter Hoffmann	<a href="mailto:p.hoffmann@alp.dillingen.de">p.hoffmann@alp.dillingen.de</a>
Berlin/Brandenburg	Bernd Mahrin	<a href="mailto:bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de">bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de</a>
Bremen	Olaf Herms	<a href="mailto:oharms@uni-bremen.de">oharms@uni-bremen.de</a>
Hamburg	Wilko Reichwein	<a href="mailto:reichwein@gmx.net">reichwein@gmx.net</a>
Hessen	Uli Neustock	<a href="mailto:u.neustock@web.de">u.neustock@web.de</a>
Mecklenburg-Vorpommern	Christine Richter	<a href="mailto:ch.richter.hro@gmx.de">ch.richter.hro@gmx.de</a>
Niedersachsen	Matthias Becker	<a href="mailto:becker@ibm.uni-hannover.de">becker@ibm.uni-hannover.de</a>
Nordrhein-Westfalen	Jürgen Lehberger	<a href="mailto:juergen.lehberger@t-online.de">juergen.lehberger@t-online.de</a>
Rheinland-Pfalz	Helmut Nicolay	<a href="mailto:nikolay@bnt-trier.de">nikolay@bnt-trier.de</a>
Saarland	Markus Becker	<a href="mailto:m.becker@hwk-saarland.de">m.becker@hwk-saarland.de</a>
Sachsen	Martin Hartmann	<a href="mailto:martin.hartmann@tu-dresden.de">martin.hartmann@tu-dresden.de</a>
Sachsen-Anhalt	Klaus Jenewein	<a href="mailto:jenewein@ovgu.de">jenewein@ovgu.de</a>
Schleswig-Holstein	Reiner Schlausch	<a href="mailto:reiner.schlausch@biat.uni-flensburg.de">reiner.schlausch@biat.uni-flensburg.de</a>
Thüringen	Matthias Grywatsch	<a href="mailto:m.grywatsch@t-online.de">m.grywatsch@t-online.de</a>

### Hinweis für Selbstzahler:

Bitte nur auf das folgende Konto überweisen!

IBAN:

DE30 290 501 01 0080 9487 14

SWIFT-/BIC-Code:

SBREDE22XXX

## BAG-MITGLIED WERDEN

[www.bag-elektrometall.de/pages/BAG\\_Beitritt.html](http://www.bag-elektrometall.de/pages/BAG_Beitritt.html)

[www.bag-elektrometall.de](http://www.bag-elektrometall.de)

Tel.: 04 21/218-66 301

Konto-Nr. 809 487 14

IBAN: DE30 290 501 01 0080 9487 14

[kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de)

Fax: 04 21/218-98 66 301

Sparkasse Bremen (BLZ 290 501 01)

SWIFT-/BIC-Code: SBREDE22XXX

## IMPRESSUM

Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen

Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.

c/o ITB – Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1

28359 Bremen

04 21/218-66 301

[kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de)

Redaktion

Layout

Gestaltung

Michael Sander

Brigitte Schweckendieck

Winnie Mahrin

# Vernetztes Lernen in der Aus- und Weiterbildung in elektrotechnischen Berufen



**BRITTA SCHLÖMER**

Interview von BRITTA SCHLÖMER mit Herrn Dipl.-Ing. ANDREAS EIßNER, Bereichsleiter bfe-media am Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik e. V. (BFE) in Oldenburg



**ANDREAS EIßNER**

*Herr Eißner, seit den 2010er Jahren halten verstärkt internetbasierte Anwendungen Einzug in die berufliche Aus- und Weiterbildung. Angetrieben durch die High-Tech-Strategie hin zu einer vernetzten Industrie und Wirtschaft 4.0 halten nun auch webbasierte Lehr-Lern-Arrangements Einzug in die elektrotechnische Berufsbildung. Nicht nur Gegenstände, Leistungen und Prozesse werden vernetzt, sondern auch das Lernen von Menschen wird offenbar vernetzt! Über die Möglichkeiten und Grenzen dieser neuen Evolutionsstufe des internetbasierten und vernetzten Lernens möchte ich mit Ihnen heute sprechen.*

*Bevor wir auf konkrete Umsetzungen am BFE eingehen, interessiert mich zum Einstieg: Welche neuen Möglichkeiten versprechen Sie sich vom vernetzten Lernen?*

Wir haben das vernetzte Lernen ja schon vor den 2010er Jahren betrieben, allerdings war die Vernetzung zunächst noch nicht so vorhanden, wie man das heute kennt.

Von der aktuellen Art des vernetzten Lernens versprechen wir uns natürlich viele Vorteile. Insbesondere, dass man das kollaborative Lernen damit besser unterstützen kann. Ganz konkret haben wir im Handwerk das Problem der Kooperation der Lernorte. Es geht hier insbesondere um die Kommunikation zwischen Berufsschule, überbetrieblicher Bildungsstätte und Ausbildungsbetrieb. Hier arbeiten wir aktuell daran, durch das vernetzte Lernen Lösungen anzubieten.

Ein weiterer Vorteil der Vernetzung ist die Zusammenarbeit zwischen den Lernern selbst in Kurs- oder Seminarform und auch mit den Lehrenden. Hier kann man für die alltäglichen Probleme, die beim Lernen

auftauchen, Vernetzung anbieten, ohne dabei den Präsenzkurs zu vernachlässigen.

*Können Sie beispielhaft – gerne im Kontext der Bildungsgänge am BFE – skizzieren, wie vernetztes Lernen Ihrer Ansicht besonders gut umgesetzt werden kann?*

Wir betreiben zum Beispiel für die Landesinnungsverbände im Elektrohandwerk eine E-Learning-Plattform, auf der Lerninhalte aus der Elektrotechnik zielgruppengerecht aufbereitet angeboten werden. Also nicht, wie es vielleicht im Hochschulbereich ist, dass man Manuskripte hochlädt, sondern wirklich multimediale, interaktive Lernprogramme mit Sprecher-texten, Videos und kleinen Simulationen. So soll die Zielgruppe motiviert werden digital zu lernen.

Auf diese Plattform können bisher die Lernenden und die Ausbilder/-innen zugreifen. Aktuell arbeiten wir daran auch die Berufsschulen und die überbetrieblichen Bildungsstätten mit einzubinden, so dass alle Beteiligten auf die gleiche Onlineplattform zugreifen und über Foren oder sonstige Austauschmöglichkeiten die Kommunikation verbessern können.

Viele Handwerksbetriebe, die unsere Plattform nutzen, werben damit um Azubis. Mittlerweile ist es ja so, dass die jungen Leute kommen und fragen „Warum soll ich gerade hier meine Ausbildung machen?“. Und die Nutzung der digitalen Lernplattform ist oft ein Argument, das die jungen Leute überzeugt. Es ist ein Argument für junge Leute zu lernen und eine Ausbildung zu machen. Es entspricht einfach vielmehr deren Lebensumwelt. Man muss aber auch deren „Sehgewohnheiten“, die durch Spiele und Videos beeinflusst sind, berücksichtigen. Wenn wir die

grafische Darstellung vernachlässigen, dann haben die Lernenden gar keine Lust sich mit den Inhalten zu beschäftigen und die Qualität kommt gar nicht zum Tragen. Man muss einen Kompromiss finden zwischen didaktisch reduzierten Abbildungen und Spaßfaktor. Kontinuierliche jährliche Befragungen und Untersuchungen zur Verbreitung und Akzeptanz des digitalen Lernens führt dazu z. B. das Institut mmb in Essen durch.<sup>1</sup>



Abb. 1: Einblick in die Lernsoftware des BFE: „Elektrische Anlagen und Schutzmaßnahmen“

*Was ändert sich durch die Vernetzung für den eigentlichen Lernprozess?*

Ich denke der Lernprozess wird verlagert, so dass ein Stück weit mehr Selbstlernen und die Erarbeitung von Lerninhalten in Gruppenarbeit gefordert wird. Und das ist auch eine gute Vorbereitung für die spätere Praxis. Wobei wir den Ansatz „blended learning“, also das Zusammenspiel zwischen Selbstlernen und Präsenz, nach wie vor als zwingend erforderlich halten. Aber für Teile des Lernstoffes kann man interessante Lernprogramme anbieten, die dann im Selbstlernmodus erarbeitet werden. Das kann zu Hause passieren, das kann im Betrieb passieren, das kann auch an der Berufsschule erfolgen, indem man einfach den Lernenden Zeitfenster gibt, in denen sie sich selbst mit den Lerninhalten beschäftigen.

*Das Versprechen des vernetzten Lernens lautet häufig: Neben dem zeit- und ortsunabhängigen Lernen bietet das webbasierte Lernen bessere Möglichkeiten, auf individuelle Lernvoraussetzungen einzugehen. Sprich: webbasiertes Lernen könnte zu einer höheren Lerneffektivität führen. Teilen Sie diese Auffassung und wenn ja, wie kann das gelingen?*

Ja, das webbasierte Lernen ist auf jeden Fall flexibler und individueller. Auf der Plattform kann man den Lernerfolg und den Lernfortschritt beobachten, ohne das jetzt als Überwachung zu sehen. So kann man individueller auf die einzelnen Lernenden eingehen

und nachhaken, wenn es irgendwo Probleme gibt, wenn jemand Schwierigkeiten mit dem Lernen hat.

Parallel dazu steigt aber auch die Anforderung an die Selbstdisziplin und das Selbstmanagement beim Lernen. Wir beobachten, dass diejenigen Lernenden, die sowieso guten Lernerfolg haben und denen das Lernen leichtfällt, das digitale und vernetzte Lernen meist zusätzlich ganz intensiv nutzen. Diejenigen, die eigentlich Nachhilfebedarf haben, nutzen diese Medien allerdings tendenziell weniger. Sie müssen oft verstärkt motiviert werden: „Schau doch mal rein, mach doch mal dies, mach doch mal jenes, ...“. Die Selbstmotivation und -organisation der Lernenden und die Betreuung durch die Ausbilder/-innen sind also entscheidend. Daraus ergibt sich die Herausforderung, zunächst die Akzeptanz dieser Medien bei den Ausbilder(inne)n herzustellen. Denn wenn sie das vernetzte Lernen ablehnen oder nicht motiviert einsetzen, dann werden es die Auszubildenden auch nicht tun. Es ist also die Herausforderung, die Lehrenden fit zu machen, Ihnen die Vorteile zu erklären und sie zu motivieren das Ganze zu nutzen.

*Über die erhöhte Flexibilität und Individualität hinaus verspricht man sich von vernetztem Lernen oft auch eine höhere Effizienz: Demnach wäre – zugespitzt formuliert – durch vernetztes Lernen weniger Aufwand notwendig, um zu einem gewünschten Lernziel zu gelangen! Nun lassen Ihre vorherigen Ausführungen eher darauf schließen, dass es nicht weniger, sondern ein anderer Aufwand ist, der hier erforderlich ist. Was sagen Sie dazu?*

Unbedingt! Die Meinung, die vor Jahren vorherrschte, dass durch das digitale Lernen der Aufwand geringer wird, kann ich nicht teilen. Weil die Lerninhalte und ihre Darbietung aufwändig zielgruppengerecht aufbereitet werden müssen. Wenn dieser Aufwand allerdings einmal getätigt wurde, kann man die Lernmodule lange Zeit nutzen. Denn auch wenn sich z. B. Normen und Vorschriften ändern, kann das im Gegensatz zum Buch in einem digitalen Lernmodul direkt umgesetzt werden.

*Und was bedeutet das vernetzte Lernen für die Lernenden? Ist für sie weniger Aufwand erforderlich, um ein Lernziel zu erreichen?*

Das hängt auf jeden Fall vom Lerntyp ab. Aber die Akzeptanz der Lerninhalte wird, wenn die Lernprogramme gut gemacht sind, sicherlich größer. Die Azubis sind ja mit den neuen Medien fit. Und es ist nicht mehr ganz so trocken, wie mit Büchern und Arbeitsblättern zu arbeiten.

*Und führt die höhere Akzeptanz, die Sie eben beschrieben haben, auch zu Qualitätsverbesserungen, die sich sichtbar messen lassen? Sind z. B. bessere Prüfungsergebnisse oder geringere Abbruchquoten zu sehen?*

Dazu haben wir noch keine aktuellen Erhebungen. Allerdings haben wir einmal einen Vergleich ange stellt, in dem wir zwei Gruppen parallel ein bestimmtes Thema erarbeiten lassen haben. Zuerst wurde ein Eingangstest durchgeführt, um den Ausgangswissenstand zu ermitteln. Anschließend haben die Lernenden mit ihren Medien gearbeitet – die eine Gruppe im Frontalunterricht mit Buch und Stift und die andere Gruppe mit digitalen Medien. Zum Abschluss gab es wieder einen Test. Das Ergebnis war, dass der Wissenszuwachs im Grunde in beiden Gruppen ähnlich gut war. Aber diejenigen, die mit digitalen Medien gearbeitet haben, waren etwa in der Hälfte der Zeit fertig, weil sie in ihrem individuellen Tempo gelernt haben. Sie konnten das, was sie bereits wussten, überspringen und anderes vertiefen. Diejenigen, die Frontalunterricht hatten, mussten eben ihre Zeit „absitzen“. Es zeigt sich also wieder der Vorteil von digitalen Medien, dass sie zeitlich effizienter sind und eben individueller. Aber ob die Prüfungen jetzt besser oder schlechter ausfallen, kann ich nicht sagen.

*Vermutlich haben auch Sie schon die Erfahrung gemacht, dass der Digitalisierung und damit verbundenen Vernetzung im Bereich des beruflichen Lernens auch Grenzen gesetzt sind. Welche Lernziele und Lernsituationen würden Sie Ihrer Erfahrung nach nicht mit digitalen Medien umsetzen?*

Im Elektrohandwerk sind das vor allem die Praxisphasen, in denen man tatsächlich handwerklich arbeiten muss. Diese Fertigkeiten müssen nach wie vor im Labor oder in der Werkstatt geübt werden. Da hilft kein noch so gutes digitales Lernprogramm. Man kann höchstens darauf hinführen. Zum Beispiel haben wir in unserer Lernsoftware Messübungen am Bildschirm, also Spannungsmessen. Welche Messleitung muss ich wo anschließen? Das kann man als Vorübung für die Praxis digital machen. Dadurch wird die Praxisphase zwar nicht ersetzt, aber durch die Übung kann sie schneller durchlaufen werden.

Außerdem glaube ich, dass der Förderung von Sozialkompetenz mit digitalen Medien Grenzen gesetzt sind. Obwohl es hierzu natürlich auch digitale Inhalte, zum Beispiel in Videos, gibt.

Und ein dritter Punkt, der mir einfällt, ist: Oftmals wird durch mobile Endgeräte versprochen, dass je-

derzeit und überall Lerninhalte abgerufen werden können und so an der Bushaltestelle eben nochmal ein paar Aufgaben gelöst werden können. Aber erstens sind Smartphones allein von der Bildschirmgröße für unsere Lerninhalte ungeeignet, das geht mit Tablets dann schon eher. Und zweitens muss man sich trotz digitaler und vernetzter Lernmöglichkeiten in Ruhe mit den Inhalten beschäftigen. Man benötigt ein Lernumfeld, das zum Lernen geeignet ist. Und da ist eben z. B. eine Bus- oder Bahnfahrt nur bedingt geeignet.

*Das BFE hat schon sehr früh digitale Lernmedien eingesetzt. Könnten Sie bitte die Evolution dieser Entwicklungsgeschichte digitaler Medien aufzeigen? Womit hat es begonnen, welche Etappen gab es, wo stehen Sie heute und was könnte die Zukunft ergeben?*

Seit 25 Jahren beschäftige ich mich hier mit dem Thema computergestütztes Lernen, das war also Mitte der 1990er Jahre. Da haben wir angefangen erste Lerninhalte zu entwickeln. Für unsere Zielgruppe, also Meisterschüler Elektrotechnik und auch Auszubildende, haben wir schon damals alles recht aufwändig mit Sprechertexten, Fotos, Videos und Simulationen entwickelt. Davon profitieren wir heute noch. Ab dem Jahr 2000 hieß es dann nicht mehr „Telelearning“, wie in den 1990er Jahren, sondern „E-Learning“. Zu dieser Zeit entstanden auch die ersten Lernplattformen, also erstes vernetztes Lernen, etwa im Jahr 2004. Dadurch waren wir herausgefordert die Offline-Lerninhalte, die es als CD-Rom gab, online verfügbar zu machen. Etwa 2010 kamen die mobilen Endgeräte langsam auf, so dass wir jetzt in einer weiteren Konvertierungsphase sind. Wir sind nun dabei unsere Lernprogramme mobilfähig zu machen.

Dazu kam im Laufe der letzten zehn Jahre die Möglichkeit Lernplattformen zu nutzen, die Lernprogramme dort einzubinden und Online-Tests begleitend zum Lernen bereitzustellen. Im Lernprogramm kann man zwar Aufgaben lösen, aber sie stellen keine Prüfungssituation dar. Die Ausbilder/-innen möchten aber oft testen, ob die Auszubildenden etwas wirklich verstanden haben und dafür gibt es nun auf den Lernplattformen die Möglichkeit, Online-Tests einzurichten. Sie können nicht nur Multiple-Choice-Fragen, sondern auch Freitext- oder Rechenaufgaben beinhalten. Und die Ausbilder/-innen haben per Knopfdruck die Auswertung. Nur die Freitext-Aufgaben müssen sie selbst bewerten. Da stehen wir heute, dass wir unsere Lerninhalte für viele Ausbildungsbetriebe online zur Verfügung stellen.

Der Ausblick in die Zukunft ist momentan das Thema AR (augmented reality = erweiterte Realität) und VR (virtual reality = virtuelle Realität). Augmented reality meint, dass man mit mobilen Endgeräten zusätzlich zur Realität bestimmte Dinge einblenden kann, indem man verschiedene Komponenten mit der Kamera erfasst. Die Kamera erkennt das Bauteil und lädt aus dem Internet zusätzliche Informationen dazu. Und zum Thema VR sind wir dabei erste Versuche zu machen, also mit Nutzung von Datenbrillen. Das wird in Zukunft zunehmen. Aber man muss schauen, bei welchem Anwendungsfall es sinnvoll ist.

Es gibt neuerdings ganz hervorragende Ansätze, gerade durch die Möglichkeiten von AR und VR, dass man durch digitale Lernmedien auf die Praxis vorbereitet. Zum Beispiel mit einer 3D-Brille in einem 3D-Raum, in dem man bestimmte Handlungsabläufe bereits trainieren kann. Da hat man dann schon fast die realistische Umgebung. Ich nenne mal das Beispiel Schaltberechtigung. In einem zweitägigen BFE-Seminar<sup>2</sup> kann man üben, Mittelspannungsanlagen aus- oder einzuschalten. In der Realität ist das wegen der Hochspannung gefährlich und daher würden sich hier digitale Medien hervorragend für die Vorbereitung eignen. Erste Beispiele zeigen, dass dies zunehmend als Vorbereitung für die Lehrgangsteilnehmer genutzt wird. Mittlerweile sogar schon mit Datenhandschuhen, wenn man z. B. einen Hebel ziehen muss, dass man das Gefühl hat, man hat ihn in der Hand, obwohl es eigentlich nur simuliert wird. Damit kann man auf die Praxis vorbereiten. Das ist dann das „High End“ des digitalen Lernens. Es wird aber trotzdem nicht so sein, dass dann der praktische Übungsteil wegfällt.

Und dann ist da noch das Thema KI, also künstliche Intelligenz im Lernen. Bei ersten Ansätzen, die als künstliche Intelligenz bezeichnet werden, gibt es eine Art virtuelle Person als Assistent im Internet, die man befragen kann, was man zu einem bestimmten Thema lernen könnte, also was für einen selbst gerade passend ist. Zum Beispiel werden anhand eines kleinen Tests die passenden Lerninhalte ausgewählt. Wobei es dieses adaptive Lernen auch schon seit vielen Jahren gibt, das wird jetzt mittlerweile als KI bezeichnet. Das ist natürlich – gerade für die schwächeren Lernenden – hilfreich und auch medientechnisch vielleicht ganz interessant, ein wenig spielerischer. Da müssen wir schauen, ob das für uns sinnvoll ist.

*Und welche fachlichen Entwicklungen und Innovationen aus der Elektroindustrie und dem -handwerk bieten sich aktuell besonders an, um sie in digitale und vernetzte Lernformate zu übertragen?*

Da schließt sich der Kreis zwischen vernetztem Lernen und vernetztem Leben. In der Elektrotechnik ist Smart Home/Smart Grid natürlich ein riesen Thema. Da haben wir jetzt gerade einen ersten Onlinekurs in der Entwicklung, der sich mit diesen intelligenten Vernetzungen, also „Smart Grid“, beschäftigt. Aber nicht nur im Hausbereich, also im Eigenheim, sondern auch in der Industrie und im Handwerk. Das Internet der Dinge usw., dazu brauchen Elektrotechniker/-innen nicht nur Schalter und Licht, sondern sie müssen sich auch in der Datennetzwerkwelt auskennen. Und da verschmelzen sozusagen Energietechnik und IT-Technik und das schlägt sich auch in den Berufsbildern und Ausbildungsinhalten nieder. Da wird in Zukunft viel an Online-Lerninhalten nötig sein.

*Wie sieht es denn mit dem Building Information Modeling aus, das doch gerade das vernetzte Arbeiten und Lernen einfordert? Ist das bei Ihnen gerade ein aktuelles Thema?*

Das ist ein hochaktuelles Thema. Hier geht es ja einerseits stark um die gewerkeübergreifende Kooperation und außerdem müssen die Handwerksbetriebe diesen „BIM-Standard“, so nenne ich es mal, erstmal verstanden haben und auch in ihren Planungen und Umsetzungen einsetzen. Wir legen gerade die Grundlagen für die BIM-Thematik und versuchen sie in Projekten in die Ausbildung und in die Meisterausbildung einfließen zu lassen. In dem Kontext kann ich auf das Projekt „Kompetenzzentrum digitales Handwerk“ hinweisen. Es ist ein bundesweit angelegtes Projekt, in dem das BFE ein wichtiger Partner ist. In diesem Projekt gibt es auch ein Kompetenzzentrum Bauen, in dem das Thema BIM vorangetrieben werden soll. Wir sind in enger Kooperation, um das Elektrohandwerk auf das Thema BIM hinzuführen. Aber es müssen sich natürlich auch alle anderen Haupt- und Ausbau-Gewerke diesem Thema öffnen. Es wird sicher noch dauern, bis BIM umfassend eingesetzt wird. Aber es ist ein hochakutes Thema, weil bereits ab dem Jahr 2020 BIM bei der Realisierung großer Verkehrsprojekte des BMWI verbindlich eingesetzt werden soll.

*Herzlichen Dank für das Gespräch!*

## ANMERKUNGEN

- 1) mmb Institut – Gesellschaft für Medien- und Kompetenzforschung mbH, [www.mmb-institut.de](http://www.mmb-institut.de)
- 2) Seminar „Schaltberechtigung für elektrische Anlagen bis 36 kV“; [www.bfe.de](http://www.bfe.de)

## – Erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen in offenen Produktionswerkstätten



SONJA BUxbaUM-CONRADI



SISSY-VE BASMER-BIRKENFELD



TOBIAS REDLICH

Angesichts der Digitalisierung und Automatisierung von Produktion und Fertigung sollten niedrighschwellige Zugänge zu Produktionstechnologien für junge Menschen geschaffen werden. Die Förderung von Fähigkeiten zur Anwendung und Nutzung digitaler Fertigungstechnologien kann junge Menschen auf die zukünftigen Herausforderungen auf dem Arbeitsmarkt vorbereiten. Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick, wie vor diesem Hintergrund ein modernes Lernsetting geschaffen werden kann. Aufbauend auf den Idealen der internationalen FabLab-Bewegung und dem transformativen Potential digitaler Produktionstechnologien in Bezug auf Wissensprozesse und Lernformen wird beispielhaft erläutert, wie erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen der Zukunft gestaltet werden kann.

### EINLEITUNG

In der Produktion und Fertigung prognostizieren Studien eine stetig zunehmende Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen, die den Menschen zunehmend aus dem Produktions- und Fertigungsprozess verdrängen werden (vgl. DENGLER/MATTHES 2015). Grundsätzlich steigt dabei auch die Entfremdung des Einzelnen von der Güterproduktion und den wertschöpfenden Handlungen. Die Abhängigkeit von Erwerbsarbeit als Folge von Spezialisierung, Zentralisierung und Massenproduktion bedingt eine heteronome und reduzierte gesellschaftliche Teilhabe bei der Gestaltung sozio-ökonomischer und technologischer Entwicklungsprozesse und vergrößert die Kluft zwischen Produzenten und Konsumenten zunehmend. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, braucht es Möglichkeiten zur Partizipation am Wertschöpfungsprozess, eine angemessene Verwertung der Digitalisierung und nicht zuletzt entsprechende Bildungsmöglichkeiten. Angesichts des Trends zur Digitalisierung in der Produktion und Fertigung müssen niedrighschwellige Zugänge zu Produktionstechnologien für junge Menschen geschaffen werden. Es müssen Fähigkeiten gefördert

werden, diese neuen Technologien zu nutzen, (kollaborativ) Probleme zu lösen, Wissen zu teilen und weiterzuentwickeln, Innovationen hervorzubringen und eigene Produkte zu entwickeln, um langfristig nicht aus dem Arbeitsmarkt verdrängt zu werden (vgl. z. B. SCHARMER 2013, REDLICH/MORITZ 2018; REDLICH et al. 2019).

Vernetztes, kollaboratives Lernen mit digitalen Medien ist einer der zentralen didaktischen Trends der gegenwärtigen Zeit, um gesellschaftlichen Veränderungen und einer zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung von Menschen, Dingen und Orten zu begegnen. In der Umsetzung werden didaktische Konzepte jedoch häufig reduziert auf die Digitalisierung von Lehrmaterialien. Innovationsfähigkeit und kollaborative Problemlösefähigkeit mit Blick auf Produktionsprozesse und -verfahren sind grundlegende Voraussetzungen für eine erfolgreiche Karriere im MINT-Bereich und werden dennoch in vielen Bildungseinrichtungen aufgrund fehlender Vergleichbarkeit in standardisierten Testverfahren, mangelnder Ressourcenverfügbarkeit und der Komplexität moderner Produktionstechnologien vernachlässigt. Die gemeinsame Lösung von konkreten technischen und Designproblemen sowie die Realisierung eigener Pro-

totypen finden eher selten Einzug in Lehrformate an (Berufs-)Schulen oder anderen mittleren Bildungseinrichtungen. Auch die didaktische Orientierung in Richtung einer Gestaltungscompetenz, wie sie im Themenkreis von Bildung für nachhaltige Entwicklung diskutiert wird, umfasst dabei nur teilweise die betroffenen Aspekte. Die Förderung einer gestalterischen Grundhaltung, kollaborativer Problemlösefähigkeit sowie eines kritischen Problembewusstseins hinsichtlich der Auswirkung und Zusammenhänge von Technikentwicklung und wirtschaftlichen Produktionsweisen müssen, neben der Vermittlung von technischem Wissen, stärker in den Vordergrund von Ausbildungsmöglichkeiten rücken. Die Kombination der beschriebenen Fähigkeiten und Fertigkeiten kann durch einen interdisziplinären Ansatz vermittelt werden, der ingenieurwissenschaftliche mit sozialen, ökonomischen und ökologischen Inhalten praktisch zusammenführt.

Ausgehend von dem transformativen Potential digitaler Produktionstechnologien für Lernformen, Wissensprozesse und Wertschöpfungsformen und den Idealen der internationalen FabLab-Bewegung, die für einen einfachen Zugang und Teilhabe an Technologieentwicklung und Wertschöpfungsprozessen steht, beschreibt der vorliegende Beitrag, wie den eingangs skizzierten Herausforderungen begegnet und ein erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen der Zukunft gestaltet werden kann.

## **FABLABS, DIGITALE FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN UND OPEN SOURCE HARDWARE**

FabLabs bezeichnen gemeinschaftlich geführte, selbst organisierte, offene Produktionsstätten, die meist freien Zugang zu digitalen Produktionsmitteln und ihrer Nutzung bereitstellen. Als offene Räume bieten sie die Möglichkeit gemeinsamen Entwickelns, Lernens, der Förderung von Kreativität, einer gestalterischen Grundhaltung und Selbstverwirklichung.

Die FabLab-Idee geht auf eine Initiative des Massachusetts Institute of Technology (USA) im Jahre 2001 zurück und war ursprünglich ein Forschungsprojekt, das die Verbindung zwischen Informationsinhalt und seiner physischen Repräsentation untersucht hat. Digitale Fertigungstechnologien ermöglichen es zu untersuchen, wie die funktionale Beschreibung eines Systems in stoffliche (physikalische) Formen umgesetzt werden kann und vice versa, inwiefern die Eigenschaften des physikalischen Systems abstrahiert und in Codes erfasst werden können. Dabei

setzen viele in FabLabs verwendete Maschinen auf Technologien aus dem Bereich der Photonik (z. B. Lasercutter, additive/generative Fertigungsverfahren wie 3D-Druck). Eng damit verbunden ist der Begriff des generativen Designs, der sich im Wesentlichen darauf bezieht, dass Menschen und Computer „gemeinsam“ Objekte mittels CAD-Software entwerfen.

Mit Blick auf sozio-technische Innovationen und Transformationsprozesse versuchte dieses Projekt auch die Möglichkeiten (technischer und technologischer) Befähigung auszuloten, vor allem in gesellschaftlichen Bereichen und geographischen Regionen, die von technologischer Entwicklung ausgeschlossen sind. Ausgehend von NEIL GERSHENFELDS berühmter Vorlesung „How to make (almost) anything“ (GERSHENFELD 2005) wuchs die weltweite Anzahl an FabLabs stetig und verband sich zum Teil mit bereits bestehenden Konzepten einer Grassroots-Technologieentwicklung. Aktuell gibt es mehr als 1000 FabLabs und Makerspaces weltweit. Sie ermöglichen als Teil einer soziotechnischen Bewegung, die mehr Beteiligung der Bürger an Technologie- und Produktentwicklung anstrebt, einen einfachen Zugang zu technologischem Wissen und Produktionsmitteln. Die Bewegung eint entsprechend das Ideal eines offenen Umgangs mit Wissen. Entgegen den gängigen Praxen des Schutzes von wettbewerbsrelevantem Wissen in der dominierenden Industrie, stehen Quelloffenheit (Open Source), Kollaboration und das Teilen von Wissen im Vordergrund, auch in der Annahme, dass man von der Intelligenz einer kritischen Masse profitieren kann (vgl. BUXBAUM-CONRADI et al. 2018).

In enger Verbindung zur FabLab-Bewegung steht daher die Open-Source-Hardware-Bewegung. Sie ist im Vergleich zur Open Source Software noch relativ jung und entsprechend unbekannt. Sie orientiert sich grundsätzlich an den profit- und nicht-profit-orientierten Vorbildmodellen der Open-Source-Bewegung (vgl. GIBB 2015). Open Source Hardware (OSHW) bezeichnet physische Artefakte (hardware), deren Designs öffentlich verfügbar sind, so dass jeder die Möglichkeit hat, sie zu studieren, zu verändern, zu verteilen, nachzubauen und Produkte zu verkaufen, die auf dem Grunddesign basieren (vgl. ACKERMANN 2009; POWELL 2012).

Die Potentiale einer solchen Vorgehensweise für ein erfahrungsbasiertes, vernetztes Lernen im Bereich der Technologieentwicklung und Fertigung liegen auf der Hand. Durch quelloffene Designs haben interessierte Menschen aller Altersklassen die Möglichkeit

zu studieren und zu lernen wie technische Artefakte funktionieren, wie (technische) Probleme gelöst werden und wie Prototypen entwickelt und physisch realisiert werden können; eingebettet innerhalb einer internationalen Entwicklercommunity.

## ERFAHRUNGSBASIERTES, VERNETZTES LERNEN IM OPEN LAB

In den vergangenen Jahren haben sich diverse universitäre und außeruniversitäre Initiativen damit beschäftigt, ob und wie man digitale Produktionsmittel (z. B. 3D-Drucker/additive Fertigungsverfahren, Lasercutter, Arduino Boards etc.) auch in Schulen einsetzen kann. Hervorzuheben sind an dieser Stelle die Aktivitäten des „Transformative Learning Technologies Laboratory (TLTL)“ (Stanford University) und ihr FabLearn-Projekt und -Netzwerk (siehe <https://tltl.stanford.edu/project/fablearn-labs>).

Der Ansatz des FabLearn-Projektes basiert auf der konstruktivistischen Annahme, dass junge Menschen am effektivsten lernen, wenn sie Objekte im Austausch mit ihrer peer group selber bauen. Unter der Leitung von PAUL BLIKSTEIN wurde 2008 das FabLearn-Projekt (vormals fab@school-Projekt) ins Leben gerufen. Das Ziel der Initiative ist es, junge Menschen schnellstmöglich in reale Projekte zu integrieren und ein entsprechend authentisches Lernsetting zu schaffen. FabLearn Labs ermöglichen es Schülerinnen und Schülern zu experimentieren, Risiken einzugehen, Probleme zu lösen, Ideen zu entwickeln und mit ihnen zu spielen (create, imagine, build). Problemorientierte Projekte erhöhen dabei idealerweise den Bedarf mehr zu lernen und dieser Prozess motiviert die Schüler/-innen wiederum dazu, sich eigeninitiativ mehr Wissen anzueignen. Auf diese Weise lernen Sie zusätzlich, wie man eigentlich lernt.

Es ist jedoch nicht zwingend notwendig, dass eine (Berufs-)Schule über ein eigenes FabLab verfügt oder formell in das FabLearn-Projekt eingebunden ist. In einer vom Laboratorium Fertigungstechnik (Helmut-Schmidt Universität Hamburg) durchgeführten Studie unter dem Titel „Twinning for Innovation“ stellte sich heraus, dass ein Großteil der untersuchten FabLabs und Makerspaces nicht nur mit Universitäten und Unternehmen, sondern auch mit Schulen kooperiert und spezielle Veranstaltungen für Schüler/-innen anbietet (vgl. BUXBAUM-CONRADI et al. 2018). Dieses Konzept wird auch vom OpenLab in Hamburg verfolgt.

Mit dem OpenLab Hamburg des Laboratoriums Fertigungstechnik (LaFT) ist eine offene Werkstatt entstanden, die mit modernen und einfach zu bedienenden Produktentwicklungs- und Produktionstechnologien (z. B. 3D-Scanner, CAD-Software, diverse 3D-Drucker, CNC-Fräs- und Drehmaschinen etc.) ausgestattet ist. Sie steht Universitätsangehörigen und der Öffentlichkeit gleichermaßen zur Verfügung. Seit 2016 wird das OpenLab in die laufende Lehre integriert und ermöglicht nicht nur angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren, sondern auch Studierenden und wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus anderen Disziplinen, Schülerinnen und Schülern sowie anderen Interessierten auf diese Weise, neue technologische Entwicklungen und Open Source Hardware zu erleben und zu erforschen. Jeder hat hier die Möglichkeit, Workshops zu besuchen, Designs zu entwickeln und in ersten Prototypen auch physisch zu realisieren.

Es werden regelmäßig und auf Anfrage unterschiedliche Kurse und Workshops für Schüler/-innen angeboten, z. B. im Bereich CAD Software, 3D-Druck, Laserschneiden oder Platinenfertigung (s. Abb. 1 und Abb. 2).

In vierstündigen Workshops werden z. B. Grundfunktionalitäten einer CAD Software praktisch vermittelt. Die Schüler/-innen entwickeln ein eigenes Design, das sie anschließend am 3D-Drucker ausdrucken und mit nach Hause nehmen können.

In einem ca. sechsstündigen Workshop kann gemeinsam eine 30x30 LED Matrix mit 100 LEDs gebaut werden, die mit einer speziellen Software beliebig animiert werden kann.

Es kommen darüber hinaus regelmäßig technisch interessierte Schüler/-innen zum wöchentlichen OpenLab Day, die an eigenen Ideen tüfteln oder bestehende Designs nachbauen und verbessern. Diese werden von erfahrenen Labormitarbeitern unter Einhaltung strenger Sicherheitsvorschriften begleitet und in die jeweils benötigten Maschinen eingewiesen (nähere



Abb. 1: Tobias Redlich erklärt Schülerinnen den Big Rep 3D-Drucker



Abb. 2: Schüler beim Bau einer LED Matrix im OpenLab

Informationen zur Maschinenausstattung, Öffnungszeiten und zum Workshopangebot finden sie unter <http://openlab-hamburg.de/startpage/>).

Die Eigeninitiative zur Entwicklung und Umsetzung eigener Ideen wird auf diese Weise im OpenLab „hands-on“ gefördert und mit digitalen Produktionstechnologien ermöglicht. Das OpenLab ist in diesem Zusammenhang auch immer wieder Anlaufpunkt für junge Start-Ups und Designer, die hier Prototypen oder Einzelanfertigungen realisieren (z. B. Lenkrad für HSU Student Racing Team, Modell eines Schiffsdieselmotors für TU HH, Skulpturen für Künstler, Prototyp einer umweltfreundlichen Brotbox des Startups Givrs).

Das OpenLab ist eingebunden in ein internationales Netzwerk anderer FabLabs und Makerspaces. Eine vertiefte Kooperation wurde im Rahmen mehrerer BMBF-geförderter Projekte mit der École Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) und diversen FabLabs in Tunesien und anderen Ländern der arabischen Welt aufgebaut. Auf diese Weise wird die in der Wissensgesellschaft immer wichtiger werdende Kompetenz zur Kooperation und dem Wissensaustausch über Organisationsgrenzen hinweg praktisch umgesetzt.

### **HACKATHONS UND IDEENWETTBEWERBE: ANREIZE UND LERNIMPULSE SETZEN**

Erfahrungsbasiertes Lernen in realen Projekten bildet einen Schwerpunkt der Ausbildung im OpenLab. Durch Hackathons und Ideenwettbewerbe werden gezielt Anreize und Lernimpulse gesetzt, die Eigeninitiative und Problemlösefähigkeit fördern sollen.

Vor dem Hintergrund des Konzepts nachhaltiger Entwicklung wurde beispielsweise am OpenLab 2017 ein Ideenwettbewerb unter dem Titel „Make a Difference“ durchgeführt. Er war auf Lösungsansätze globaler Probleme ausgerichtet, die in einem FabLab produziert werden und Open Source zur Verfügung gestellt werden können. Die zehn besten Ideen wur-

den ausgewählt und die entsprechenden Entwickler aus der ganzen Welt ins OpenLab eingeladen, um die Ideen in der Gemeinschaft weiterzuentwickeln und erste Prototypen zu fertigen (z. B. eine solarbetriebene Wasserentsalzungsanlage, einen Energiespeicher aus wiederverwerteten Batterien, einen Computer aus recycelten Materialien, siehe <https://www.make-a-difference.info/>). Studierende der Helmut-Schmidt-Universität wurden dabei in die Entwicklung und Durchführung des Ideenwettbewerbs einbezogen. Auf diese Weise konnte nicht nur ein Bewusstsein für dringende globale Probleme geschaffen, sondern diesen auch in einem interkulturellen, vernetzten Lernsetting begegnet werden. Den Finalisten wurden im Anschluss in enger Kooperation mit der Bucerius Law School die Anforderungen für die Umsetzung ihrer Innovationen in Produkte und mögliche Geschäftsmodelle vermittelt. Außerdem finden regelmäßig Hackathons im Bereich der Open Source Fertigungsmaschinen statt. So wurde z. B. im August 2018 von Austauschstudierenden aus Tunesien in einem vierwöchigen Hackathon am OpenLab ein Open Source Lasercutter (quelloffene Laserstrahlschneidemaschine) gebaut (s. Abb. 3).

Das OpenLab bietet entsprechend diverse Nutzungsmöglichkeiten für Berufsschulen. Es erweitert die technische und räumliche Infrastruktur, auf die Lehrkräfte bei der Planung ihres Unterrichts zurückgreifen können und bietet Zugang zu digitalen Produktionsmitteln. Lehrkräfte haben die Möglichkeit ihren selbst geplanten Unterricht am OpenLab mit (technischer) Unterstützung der Labormitarbeiter durchzuführen. Je nach Schwerpunktsetzung kann der Fokus entweder auf der Vermittlung von Software-Kompetenz (CAD), Elektronik (z. B. Platinenfertigung) oder der Nutzung unterschiedlicher Fertigungsmaschinen gelegt werden (3D-Druck, Lasercutter, Fräsmaschinen, Drehmaschine etc.) mit denen jeweils unterschiedliche Materialien bearbeitet werden können.

Das größte Lernpotential liegt aber sicherlich in Projektarbeiten, die über einen längeren Zeitraum oder im Rahmen von Ideenwettbewerben und Hackathons realisiert werden (z. B. Prototypenbau, Bau eines eigenen 3D-Druckers). Hierbei werden Lernende aktiv in die globale Community of Practice eingebunden, müssen sich Wissen und Informationen innerhalb dieser Gemeinschaft und ihren Plattformen eigeninitiativ beschaffen und in einen Dialog mit anderen Entwicklerinnen und Entwicklern sowie Tüftlerinnen und Tüftlern treten, um technische Probleme zu lösen.

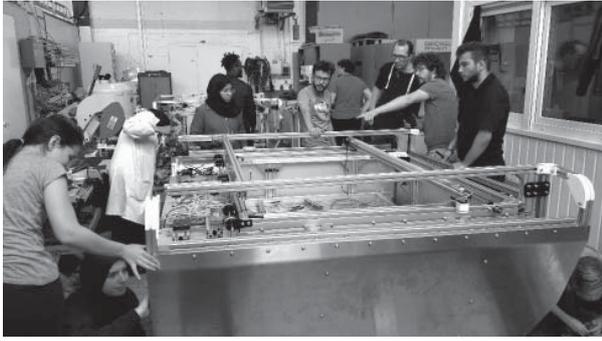


Abb. 3: Open Source Laser Cutter Hackathon

Die Einbindung von Berufsschulen in von uns organisierte Wettbewerbe, aber auch die Organisation eigener berufsschulweiter oder berufsschulübergreifender Wettbewerbe und Hackathons soll zukünftig weiter vorangetrieben werden.

## FAZIT UND AUSBLICK

Offene Produktionsstätten als Bildungs- und Qualifizierungsräume bergen für die (Berufs-)Schulbildung ein enormes, bisher noch kaum ausgeschöpftes Potential. Die positive Resonanz der Studierenden sowie Schülerinnen und Schüler zeigt sich unmittelbar in dem hohen Eigenengagement beim Lernen und Lösen von technischen Problemen vor allem im Rahmen von Ideenwettbewerben und Hackathons und sehr konkret in den realisierten Prototypen und Maschinen, die als Ergebnisse aus der Projektarbeit hervorgehen.

Offene Produktionsstätten können ein wesentlicher Treiber der Ausbildung von Fachkräften, der Schaffung von Innovationen und der Überwindung sozialer Trennwände darstellen. Sie prägen bottom-up neue Formen des Lernens, eröffnen Einblicke in Design- und Produktionsprozesse und machen Lernende gleichsam zu Gestalterinnen und Gestaltern, Produzentinnen und Produzenten, Designerinnen und Designern sowie Entrepreneurinnen und Entrepreneurern.

Offene Produktionsstätten fördern den Zugang zu einer auf Wissensteilung angelegten globalen Community, welche den gemeinschaftlichen Austausch von Schülerinnen und Schülern innerhalb der Arbeitsgruppen des Klassenverbands um die globalen Communities der Open Source Hardware und Fab-Lab-Bewegung erweitert.

Angesichts steigender Komplexität von modernen Produktionssystemen stellt der niedrighschwellige Zugang zu Produktionstechnologien in offenen Produktionsstätten als extraschulische Lernorte eine bedeutende Erweiterung der Handlungsspielräume

der Lehrkräfte dar. In der Wissensgesellschaft, in der die Fähigkeit Wissen zu teilen und mit anderen zu kooperieren immer wichtiger wird, ermöglichen offene Produktionsstätten einen äußerst lebendigen Lernraum, der sowohl in die lokale als auch in die globale Gemeinschaft integriert ist, so dass er einen realen gesellschaftlichen Knotenpunkt des Lernens und Lehrens bildet.

## LITERATUR

- ACKERMANN, J. (2009): Toward Open Source Hardware. In: University of Dayton Law Review, 34 (2), S. 183-222
- BUXBAUM-CONRADI, S./BRANDING, J.-H./BASMER-BIRKENFELD, S./OSUNYOMI, B. D./REDLICH, T./LANGENFELD, M./WULFSBERG, J. P. (2018): Lokale Einbettung und globale Kollaborationsprozesse offener Produktionswerkstätten: Ein Einblick in die deutsche und arabische Maker-Community. In: REDLICH, T.; MORITZ, M.; WULFSBERG, J. P. (Hrsg.): Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung. Wiesbaden, S. 79-92
- DENGLER, K./MATTHES, B. (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotentiale von Berufen in Deutschland. IAB Forschungsbericht 11/2015, Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung, abrufbar unter (letzter Zugriff 01.03.2019): <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf>
- GERSHENFELD, N. (2005): FAB: The Coming Revolution on Your Desktop: From Personal Computers to Personal Fabrication. Cambridge, MA
- GIBB, A. (2015): Building Open Source Hardware. DIY Manufacturing for Hackers and Makers. New Jersey
- POWELL A. (2012): Democratizing Production through Open Source Knowledge: From Open Software to Open Hardware. In: Media Culture Society, 6 (34), S. 691-708
- REDLICH T./MORITZ, M. (2018): Die Zukunft der Wertschöpfung – dezentral, vernetzt und kollaborativ. In: REDLICH, T.; MORITZ, M.; WULFSBERG, J.P. (Hrsg.): Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung. Wiesbaden, 1–8
- REDLICH, T./MORITZ, M./WULFSBERG, J. P. (2019): Co-Creation – Reshaping Business and Society in the Era of Bottom-up Economics. Berlin
- SCHARMER, O. (2013): Leading from the Emerging Future: From Ego-System to Eco-System Economies. San Francisco
- TRANSFORMATIVE LEARNING TECHNOLOGIES LABORATORIES (FabLearn Project), <https://tltl.stanford.edu/project/fablearn-labs> (Zugriff 01.03.2019)

# Lernfabrik 4.0 von unten

## – Minimalsystem für Industrie 4.0-Lehr-/Lernsituationen



CARSTEN PIEPER



NIKOLAUS STEFFEN

Wie viel Technikeinsatz ist nötig für Lehr-/Lernprozesse im Bereich Industrie 4.0? Eine mögliche Antwort liefert das in Baden-Württemberg realisierte, millionenschwere Förderprogramm Lernfabrik 4.0, das den Aufbau von komplexen cyber-physischen Systemen (CPS) an Berufsbildungsinstitutionen unterstützt. Auf der gegenüberliegenden Seite dieser hochkomplexen und kostenintensiven „Lernfabriken“ agiert das kostenlose „OmniControl“, das einen im Vergleich dazu minimalistischen Ansatz auf Basis des Konzepts der fundamentalen Ideen verfolgt und für das ein Industrie 4.0-Praxisbeispiel hier vorgestellt wird.

### **Einleitung: Das Konzept der fundamentalen Ideen zur didaktischen Analyse der Industrie 4.0**

Einer, wenn nicht sogar der aktuelle Modebegriff der gewerblich-technischen Fachdidaktik im industriellen Bereich ist Industrie 4.0. Hierzu sind vielfache Aktivitäten wahrzunehmen, in denen versucht wird, zeitgemäße Lehr-/Lernkonzepte zu entwickeln, wofür auch die Lehrmittelhersteller inzwischen ein Angebot an nicht ganz kostengünstigen Lehr-/Lernsystemen anbieten. Basis aller diesbezüglichen Aktivitäten ist bzw. sollte die Bestimmung der Bildungsinhalte und der zu vermittelnden Kompetenzen der Industrie 4.0 sein, die hier als Bereich der Automatisierungstechnik/Mechatronik eingeordnet wird. Die grundlegenden fachdidaktischen Fragen sind: Was ist an Industrie 4.0 anders als an „klassischer“ Automatisierungstechnik, was ist neu? In welcher Form sind die bisherigen Lehr-/Lernkonzepte zu verändern und was ist dafür an technischer Ausstattung notwendig?

Die Antworten zu diesen Fragen sollten sich z. B. widerspiegeln im Kontext der geförderten Lernfabriken 4.0, da diese auf Basis fundierter didaktischer Analysen der Industrie 4.0-Anlagen konzipiert wurden.

Als zu diesem Komplex Lösungsansätze mit Master-Studierenden der beruflichen Bildung im Wintersemester 2018/19 diskutiert wurden, schlugen sie zunächst eine erste vertikale und horizontale didaktische Reduktion von Industrie 4.0 nach GRÜNER (1967) vor, die sich durch die Erweiterung von WALKER (2009, S. 116 ff.) um den „Komplexitätsgrad“ nach KIRSCHNER (1971) mit einer dritten Achse für die „Vernetzung“, zu einem „Didaktischen Reduktionsraum“ ausweiten ließe (vereinfachte Darstellung s. Abb. 1).

Der Ansatz von WALKER wird hier aufgegriffen, doch im Vorfeld dessen soll alternativ zunächst erst ein Blick in die Fachdidaktik der Informatik geworfen werden, die sich – wie auch die Automatisierungstechnik – mit stetiger Technologiefortentwicklung auseinandersetzen muss. Innerhalb der Fachdidaktik der Informatik wird von HARTMANN/NÄF/REICHERT (2006, S. 31) das folgende Problem benannt:

„Die Informatik entwickelt sich rasch; neue Technologien und Produkte entstehen in kurzen Abständen. Im Informatikunterricht ist die Gefahr groß, sich zu stark von dieser Entwicklung beeinflussen zu lassen und die wirklich grundlegenden Bildungsinhalte aus den Augen zu verlieren.“

Wird in dieser Aussage der Begriff „Informatik“ gegen „Automatisierungstechnik“ ausgetauscht, wird die Gültigkeit dieser neuen Aussage sicherlich nicht in Frage gestellt, denn dieses Problem tritt auch im Bereich der Automatisierungstechnik auf. Also kann die Lektüre von HARTMANN/NÄF/REICHERT fortgesetzt werden, in deren Verständnis dann die „grundlegenden Bildungsinhalte“ des Informatikunterrichts differenziert werden in „Konzept- und Produktwissen“, das beides in „gutem“ Informatikunterricht enthalten sein muss (ebd., S. 24) und das sie wie folgt definieren (ebd., S. 23):

„Konzeptwissen umfasst die längerfristig gültigen, grundlegenden Zusammenhänge eines Sachgebiets. [Kurzlebige] Produktwissen umfasst die Kenntnisse, die zur Bedienung eines konkreten Produkts nötig sind, zum Beispiel einer Softwareanwendung oder einer Hardwarekomponente.“



Abb. 1: Didaktischer Reduktionsraum der Automatisierungstechnik nach WALKER (2009)

Sie stellen dort dann auch fest (ebd.):

„In der Informatik spielen sowohl das Konzeptwissen als auch das Produktwissen eine große Rolle. Konzentrieren sich Lehrerinnen und Lehrer einseitig auf das Vermitteln von Konzeptwissen, fehlt die Handlungsorientierung: Die Lernenden können das Gelernte nicht in der Praxis umsetzen. Konzentrieren sich Lehrerinnen und Lehrer zu stark auf die Vermittlung von Produktwissen, ist der Unterricht nicht nachhaltig: Die Lernenden können das Gelernte nicht auf neue Situationen übertragen und anwenden.“

Auch diese Definition und Aussage werden hier als übertragbar für die Automatisierungstechnik angesehen, so dass in Folge auch ein Blick darauf geworfen werden kann, wie sie die grundlegenden Bildungsinhalte der Informatik, differenziert nach Konzept- und Produktwissen, bestimmen, da sich dieses Verfahren dann ggf. auch für die Analyse der

Automatisierungstechnik im Allgemeinen und/oder der Industrie 4.0 im Besonderen transferieren lassen könnte. HARTMANN/NÄF/REICHERT greifen hierzu auf das ursprünglich BRUNERSCHE und von SCHUBERT/SCHWILL (2011, S. 59 ff.) auf die Informatik adaptierte Konzept der fundamentalen Ideen zurück, das wie folgt definiert wird:

„Eine fundamentale Idee bzgl. eines Gegenstandsreichs (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).“

HARTMANN/NÄF/REICHERT (2006, S. 32) erweitern diese Definition der fundamentalen Idee noch um das

6. „Repräsentationskriterium [so dass sie] sich auf verschiedenen kognitiven Repräsentationsstufen (enaktiv, ikonisch, symbolisch) darstellen lässt.“

Nach Auffassung der Autoren müssen auch die grundlegenden Bildungsinhalte der Automatisierungstechnik im Allgemeinen und von Industrie 4.0 im Besonderen der Überprüfung nach den vorgenannten Kriterien der fundamentalen Ideen standhalten. Doch wie lassen sich die grundlegenden Bildungsinhalte der Automatisierungstechnik bestimmen? Hierauf soll im Weiteren eingegangen werden.

## AUF DEN SPUREN DER VERÄNDERUNGSPROZESSE DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK HIN ZUR INDUSTRIE 4.0

Im Bereich der Automatisierungstechnik, ob in Fertigungsprozessen (nicht nur industriellen) oder auch der technischen Gebäudeausrüstung, war in den letzten Jahrzehnten folgendes zu beobachten (s. Abb. 2; vgl. STEFFEN 2007, S. 106):

- Die Vernetzung von Einzel- zu Gesamtsystemen,

- die Verlagerung der Funktion von der Hard- in die Software und
- die Zunahme der Dienstleistungsorientierung (z. B. beim Flugzeug: herstellerseitiger Wechsel vom Verkauf des Produkts „Triebwerk“ hin zur Dienstleistung „Schub“).

Die dritte industrielle Revolution stellte innerhalb der Automatisierungstechnik mit dem Einzug des Micro-Controllers den Übergang von der verbindungsprogrammierten (VPS) zur speicherprogrammierten Steuerung (SPS) dar, die Steuer- und Regelungsprozesse deutlich vereinfachte. In der vierten industriellen Revolution wird der revolutionäre Einzug des Computers der dritten Phase erweitert um den Mehrwert, der sich nur aufgrund von Vernetzung dezentraler Einzel- zu komplexen Gesamtsystemen ergibt. Das eigentlich Neue darin liegt nach einer Studie des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (LUCKE et al. 2014, S. 13) in der Nutzung des Internets, in Softwaredienstleistungen und der Nutzung offener, globaler Standards. Die verfolgten, idealisierten Zielvorstellungen dabei seien eine weitestgehende Maschinenautonomie in allen Lebensbereichen und dass zukünftig Nutzer/-innen in der Mensch-Maschine-Kommunikation und -Kooperation nicht mehr zwischen Mensch und Maschine unterscheiden würden (vgl. ebd., S. 15).

Aus technologischer Sicht werden die Systeme der Industrie 4.0 als Cyber-Physical Systems (CPS) bezeichnet, die sich plakativ durch eine Erweiterung von Industrie 3.0-Systemen um die Elemente Internet of Things mittels intelligenter und IP-fähiger Sensorik und Aktorik und erweitertes Enterprise-Resource-Planning (ERP) unter Nutzung von Big Data beschreiben lassen. Der Anteil von Industrie 3.0 darin stellt ein „klassisches“ mechatronisches Sys-

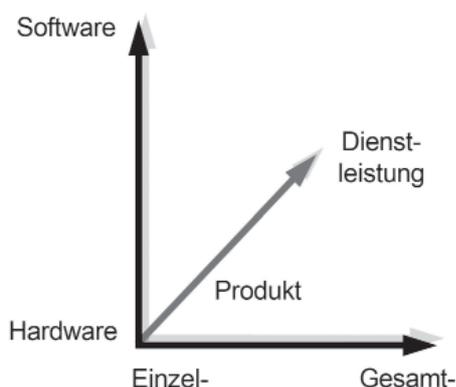


Abb. 2: Historische Veränderungsprozesse im Bereich der Automation

tem dar, dass sich aus dem Zusammenwirken eines beliebigen physikalischen Grundsystems, mit Sensoren und Aktoren und einer Informationsverarbeitung ergibt (vgl. VDI 2206, S. 14). Die darin enthaltene Informationsverarbeitung lässt sich aufschließen in Steuergerät, Programm, Programmierumgebung, Simulationsumgebung, Bedien- und Anzeigenumgebung sowie Informationsübertragung.

In diesem Umfeld lassen sich exemplarisch für die Gestaltung von beruflichen Lehr-/Lernsituationen im Bereich von Industrie 4.0 die folgenden fundamentalen Ideen mit deren Inhaltsbereichen benennen:

Es gibt

- ein **Produkt** und dessen Nutzung, das sich aus einem Artefakt und/oder einer Dienstleistung integrativ zusammensetzt (und auch selbst ein CPS-System sein könnte),
- die **Planung und Produktionsvorbereitung** des Produkts, mit ihren Werkzeugen, Mitteln und Verfahren,
- die **Produktion** des Produkts, die aus Werkstoffen und Informationen unter Verwendung von CPS-Systemen erfolgt, und die sich aus physikalischem Grundsystem + Aktorik + Sensorik + Steuerung + notwendiger Programmier-, Simulations- und Bedienumgebung + ERP + Vernetzung + Dienstleistung + Dokumentation + X (stellvertretend für weiteres) zusammensetzt und auch Wartung und (vorausschauende) Instandhaltung umfasst sowie
- das **Recycling** des Produkts im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung unter der Berücksichtigung des Produktlebenszyklus.

Für die Erschließung der CPS-Systeme mit dessen Untersystemen kann der obengenannte Didaktische Reduktionsraum von WALKER (s. Abb. 1) verwendet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich nicht nur um einen in sich geschlossenen Reduktionsraum handelt, sondern jedes CPS-System sich aus vernetzten Untersystemen (z. B. Steuerung, Sensorik, Aktorik, Datenbank, ...) oder auch aus Unter-CPS-Systemen zusammensetzt (s. Abb. 3). Innerhalb der Gestaltung von Lehr-/Lernsituationen ist der Abstraktionsgrad für jedes Untersystem getrennt zu bestimmen und zu berücksichtigen.

Es wird angenommen, dass ein reales industrielles CPS-System maximal abstrakt, komplex und unanschaulich und daher im Koordinatenursprung zu verorten ist. Werden aktuelle Lernfabriken 4.0 der bekannten Lehrmittelhersteller von Studierenden

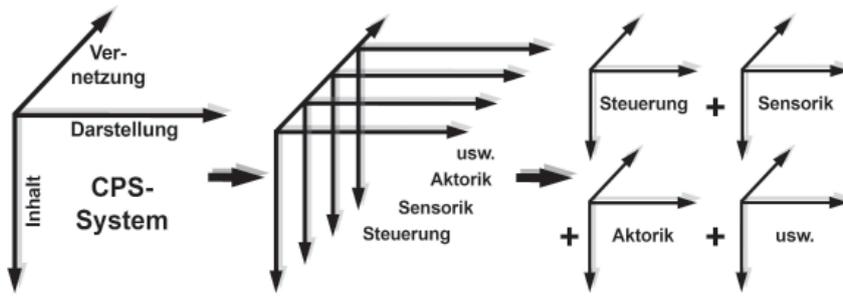


Abb. 3: CPS-Systeme als Verbindung vernetzter Teilsysteme mit jeweils eigenen Didaktischen Reduktionsräumen

sowie Schülerinnen und Schülern betrachtet, so werden auch diese bereits didaktisch reduzierten Anlagen immer noch als hochgradig komplex eingeordnet, selbst noch bei der Auflösung in deren Teilsysteme.

Im folgenden Abschnitt wird ein studentisches Projekt vorgestellt, in dem die Komplexität von Lehr-/Lernmitteln zu Industrie 4.0 betrachtet wurde und das zum Ziel hatte, ein „maximal einfaches“ Lehr-/Lernmodell zu erstellen, das zur Vermittlung der fundamentalen Ideen von Industrie 4.0 geeignet ist und dessen Nachbau auch kostengünstig möglich sein sollte.

### DAS STUDENTISCHE PROJEKT „READY FOR FOUR – PAKETSORTIERSTATION INDUSTRIE 4.0“

Im Rahmen eines Projekts im Masterstudien-gang der beruflichen Bildung an der PH Freiburg wurde im Wintersemester die Zugänglichkeit aktueller Lehr-/Lernsysteme bzgl. des Einsatzes zum Einstieg in Industrie 4.0-Lehr-/Lernsituationen aufgegriffen mit dem Ziel, ein Einstiegssystem auf möglichst niederschwelligem Anforderungsniveau zu realisieren.

Als Ausgangsszenario wurde die Erweiterung eines Industrie 3.0-Systems in Form eines Festo-MecLab-Transportbands gewählt, mit dem zukünftig Pakete mit RFID-Chip anhand einer datenbankhinterlegten Empfängeradresse hinsichtlich „Ausland“ und „Inland“ sortiert werden sollten. Die Erweiterung des Transportbands mit IP-fähigen Komponenten und einer Datenbank sollte in Lehr-/Lernsituationen schnell und unkompliziert möglich sein, um insbesondere die Unterschiede zwischen Industrie 3.0 und 4.0 anschaulich thematisieren und bearbeiten zu können. Die Erweiterungseinheit sollte so gestaltet sein, dass sie auch problemlos unabhängig vom Transportband eingesetzt werden kann.

In der Umsetzung wurde die bestehende Sensorik (Lichtschanke und induktiver Sensor) sowie Aktorik (Antriebsmotor und magnetische Weiche) des Transportbands um eine RFID-Lese-/Schreibeinheit erweitert, dessen Systemeinbindung mittels eines Arduino-Controllers (inkl. Ethernetshield) über das Modbus-TCP-Protokoll erfolgte. Neben der bidirektionalen Ethernet-

Übertragung der analogen RFID-Signale ist auch die Nutzung weiterer digitaler Ein-/Ausgänge des Arduinos möglich. Die Montage erfolgt unkompliziert mit vier Schrauben.

Das im Projekt realisierte Gesamtsystem<sup>1</sup> ist in Abb. 4 schematisch und in Abb. 5 in der realen Ausführung dargestellt: Die Verarbeitung der RFID-Daten erfolgt in einem SPS-Programm, unter Einbindung einer MySQL-Datenbank auf einem Raspberry Pi und der sonstigen Sensorik und Aktorik des Modells. Die Kommunikation zu den ursprünglich bereits vorhandenen Sensoren und Aktoren des Transportbands wird über einen industriellen Modbus-TCP-Buskoppler vollzogen.

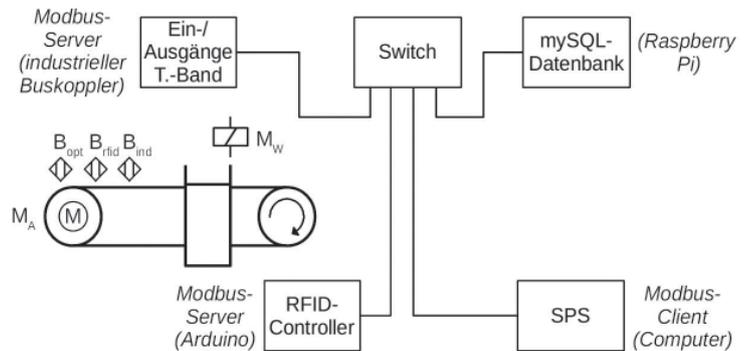


Abb. 4: Technologie-Schema der Transportbänderweiterung

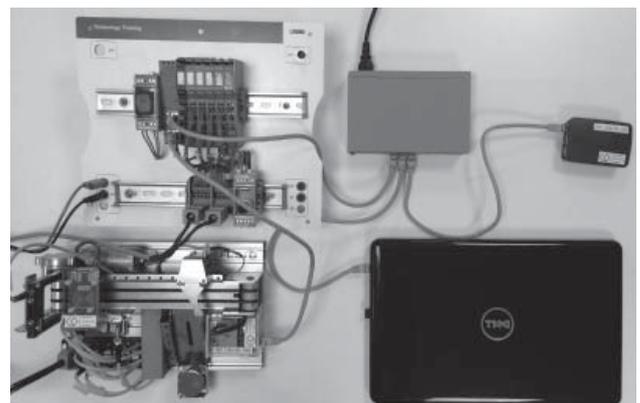


Abb. 5: Realsystem der Transportbänderweiterung

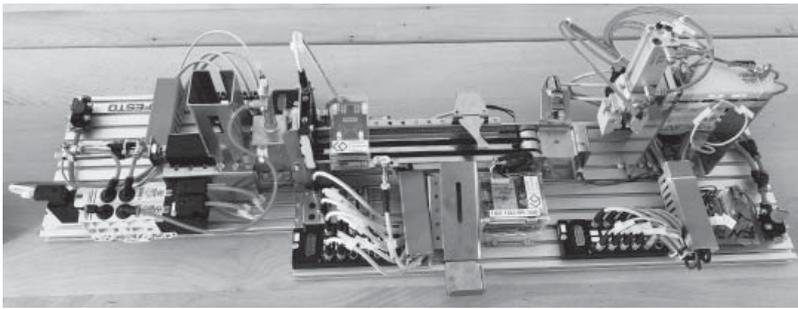


Abb. 6: Realisierte Paketsortieranlage

Dieses erweiterte Transportband zur Paketsortierung lässt unter Verwendung des Festo-MecLab-Stapelmagazins und der Festo-MecLab-Handling-Station den Aufbau einer exemplarischen Paketsortieranlage zu, wie sie Abb. 6 zeigt. Ein alternativer Einsatz der RFID-Lese-/Schreibereinheit an anderen didaktischen Systemen ist unproblematisch möglich.

Für die Steuerung des Transportbands wurde im Projekt „OmniControl“ als Soft-SPS eingesetzt. OmniControl ist eine leicht verständliche, kostenfreie Simulations- und Steuerungsumgebung für Lehr-/Lernsituationen der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, die bereits ausführlicher im lernen & lehren Heft 114 (STEFFEN 2014) vorgestellt wurde. Abb. 7 zeigt das in OmniControl erstellte Programm in Funktionsbausteinsprache, unter gleichzeitiger Darstellung der Datenbank- und Modbus-TCP-Schnittstellen der beiden eingesetzten Modbus-TCP-Server sowie der auch möglichen, dynamischen Transportband-Simulation.

Innerhalb der Abb. 7 ist der SQL-Select-Funktionsbaustein hervorgehoben, der die Verbindung zur

MySQL-Datenbank darstellt und sich über ein Kontextmenü parametrieren lässt. Die Eingabe der Kundendaten (Name, Adresse etc.) in die MySQL-Datenbank kann neben der direkten Datenbankbearbeitung auch über eine html-Seite im Browser erfolgen.

Das hier als Soft-SPS eingesetzte OmniControl (das sich im Projekt unproblematisch gegen eine industrielle SPS austauschen lässt) ist ein Mediensystem, das sich zusammensetzt aus

- einer didaktisch reduzierten Simulationsumgebung und Soft-SPS für digitale und analoge Schaltungen,
- Hardwarekomponenten zur Anbindung von realen Modellen und
- einer Internetplattform<sup>2</sup> für die Bereitstellung der Software und von Lehr-/Lernmaterialien.

Die Software von OmniControl lässt sich auf mehreren Ebenen einsetzen:

1. für selbsterstellte „Trivial“-Simulationen der Analog- und Digitaltechnik in Funktionsbaustein- und Ablaufsprache,
2. zur Steuer- und Regelungssimulation unter Verwendung dynamischer Simulationsmodelle (z. B. Transportband, Rolltreppe, Ampelkreuzung, Lufterhitzer, Tanksystem, ...),

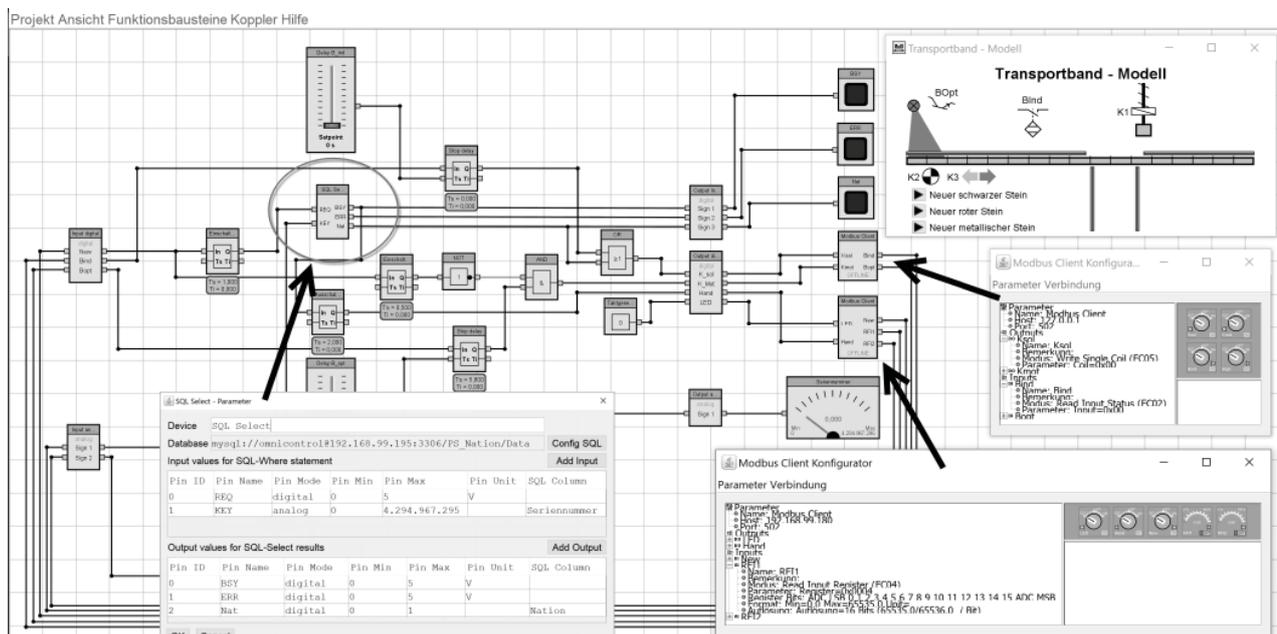


Abb. 7: Das Steuerprogramm des Transportbands mit Datenbank- und den Modbus-TCP-Konfigurationsfenstern

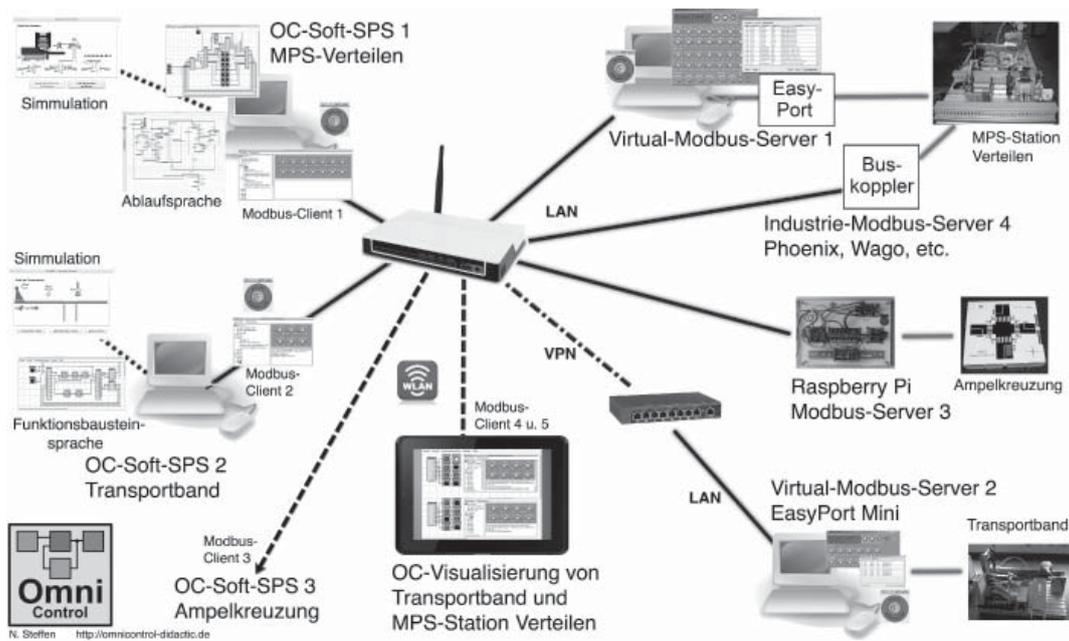


Abb. 8: Beispiel eines OmniControl-Steuerungsnetzes

3. für Server/Client-Simulationen mittels Modbus-TCP und
4. als Soft-SPS zur Ansteuerung realer Hardware mittels Modbus-TCP-Buskopplern.

Innerhalb der vorgenannten Bereiche kann OmniControl als Einzelinstanz auf einem Rechner bis hin zu vernetzten Multi-Instanzen mittels LAN und WLAN – verteilt auf mehreren Rechnern – verwendet werden, so dass sich komplexe Steuerungsnetze erstellen lassen (s. Abb. 8).

Die OmniControl-Softwareanwendung läuft plattformübergreifend als Java-Applikation, so dass OmniControl auf Windows, OS X und Linux betrieben werden kann. In Gegenüberstellung zu industriellen Programmierumgebungen (STEP 7, CODESYS, PCWORX, ...), deren Einsatz im vorgenannten „lernen & lehren“-Artikel mit einer „Führerscheinausbildung auf Formel 1-Rennwagen“ verglichen wird, zeichnet sich OmniControl durch seine leichte Zugänglichkeit aus, so dass z. B. innerhalb „weniger Sekunden“ ein Programm in Funktionsbaustein- oder Ablaufsprache erstellt und simuliert werden kann. Durch den Einsatz von OmniControl lassen sich – in Abgrenzung zu den industriellen Programmierumgebungen – steuerungstechnische Fragestellungen bzw. SPS-Programmieraufgaben durch die Trennung des Logikproblems vom Software-Handhabungsproblem voneinander abkoppeln bzw. in zwei Stufen bearbeiten. Auf diese Weise kann die gegenseitige, in der Praxis beobachtbare „Verkomplizierung“ beim direkten Einsatz

industrieller Programmierumgebungen vermieden werden. Die beiden genannten Stufen sind

- Stufe 1: Sehr einfaches erstellen und simulieren von SPS-Programmen mit OmniControl in Funktionsbaustein- oder Ablaufsprache, auch mit der Möglichkeit der direkten Ansteuerung von Hardware und
- Stufe 2: Erlernen der Handhabung von industriellen Programmierumgebungen durch Erweitern und/oder Ersetzen von OmniControl-Steuerungen durch industrielle SPSen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem hier vorgestellten Praxisprojekt, das sich nicht nur als Bastellösung versteht, lassen sich Lehr-/Lernsituationen für gewerblich-technische Aus- und Weiterbildungsprozesse konzipieren, die einerseits eine breite praktische Auseinandersetzung mit aktuellen Produktions- und Vertriebsprozessen zulassen und andererseits vielfältige punktuelle Vertiefungen ermöglichen, ohne dass die Gefahr besteht, dass das Gesamtsystem unverstanden bleiben könnte.

## ANMERKUNGEN

- 1) Die Dokumentation zum Nachbau des studentischen Projekts „Ready for four – Paketsortierstation Industrie 4.0“ kann auf Nachfrage von den Autoren bereitgestellt werden.

2) <http://omnicontrol-didactic.de/>



## LITERATUR

- GRÜNER, G. (1967): Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. In: Die Deutsche Schule 7/8, S. 414-430
- HARTMANN, W./NÄF, M./REICHERT, R. (2006): Informatikunterricht planen und durchführen. Berlin, Heidelberg
- KIRSCHNER, O. (1971): Zum Problem der didaktischen Reduktion ingenieur- und naturwissenschaftlicher Aussagen. In: Die deutsche Berufs- und Fachschule, 67. Jg. 1971, Heft 4, S. 261-278
- LUCKE, D./GÖRZIG, D./KACIR, M./VOLKMAN, J./HAIST, C./SACHSENMAIER, M./RENTSCHLER, H. (2014): Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“. Baden-Württemberg auf dem

Weg zu Industrie 4.0. Stuttgart: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft BW, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Hrsg.)

- SCHUBERT, S./SCHWILL, A. (2011): Didaktik der Informatik (2. Aufl.). Heidelberg
- STEFFEN, N. (2007): Von der handverdrahteten Wechselschaltung zur Blackbox: Genese der Gebäudeautomationstechnologie unter besonderer Berücksichtigung der Installationsfacharbeit, Dissertation. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:46-diss000107835> (Zugriff 11.04.2019).
- STEFFEN, N. (2014): Geht es auch anders? Steuern und Regeln im Unterricht mit dem Mediensystem „OmniControl“. In: lernen & lehren, 29. Jg., Heft 114 (2/2014), S. 82-86. [http://lernenund-lehren.de/heft\\_dl/Heft\\_114.pdf](http://lernenund-lehren.de/heft_dl/Heft_114.pdf) (Zugriff 11.04.2019)
- VDI 2206 (2004): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Berlin
- WALKER, F. (2009): Automatisierungstechnik im Technikunterricht: Anwendung der didaktischen Reduktion in unterschiedlichen Bildungskontexten. In: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE BILDUNG E.V. (Hrsg.): Inhaltsfelder und Themen zeitgemäßen Technikunterrichts. Tagungsband zur 11. Tagung der DGTB in Karlsruhe vom 25. – 26. September 2009, S. 108-122

# Digitalisierung und Berufsbildung – Sieben Thesen



© privat  
**GEORG SPÖTTL**



© privat  
**BRITTA SCHLÖMER**

## ENTWICKLUNGSRICHTUNGEN DER DIGITALISIERUNG

Bei der Digitalisierung handelt es sich um einen widersprüchlichen Prozess. Zum einen ist sie eine Rationalisierungsstrategie mit erheblichen Risiken für Beschäftigung und Arbeitsbedingungen. Zum anderen erlaubt Digitalisierung eine Humanisierung der Arbeit, die Dequalifizierung verhindert und anspruchsvoller und lernförderlicher Arbeit dienlich sein kann. Ob jedoch Technikeinsatz und Arbeitsorganisation in digitalisierten Unternehmen humanisierte Arbeit ermöglichen, hängt davon ab, ob die Gestaltung der Arbeit und die Arbeitsorganisation darauf ausgerichtet werden und die dafür erforderlichen Fachkräfte zur Verfügung stehen. Die Berufsbil-

dung ist dabei ein Schlüsselement, um das Potenzial für eine humane Digitalisierung zu erschließen.

Bereits in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurde die Digitaltechnik in der NC- und CNC-Technik, bei den C-Technologien und der Elektronifizierung von Fahrzeugen angewandt. Viele Entwicklungsstufen sind in diesem Zeitraum feststellbar:

- 1950 bis 1980: Die funktionale, auf Komponenten fokussierte Qualifizierung

In diesem Zeitraum standen bei Qualifizierungsprozessen die Auseinandersetzung mit der Funktion, den technischen Komponenten von Anlagen sowie deren Einsatzmöglichkeiten im Mittelpunkt.

- 1980 bis 1995: Die auf die Computertechnologien fokussierte Qualifizierung (C-Technologien)

Bereits in den 1960er bis 1970er Jahren deutete sich ein Wandel bei den Fertigungsprozessen an, der darin resultierte, dass die sogenannten C-Technologien (computergestützte Technologien) Eingang in die Produktion fanden.

- 1995 bis 2010: Die auf IT- und Qualitätsanforderungen ausgerichtete Qualifizierung

Die auf die traditionellen und computergesteuerten Anlagen ausgerichteten Entwicklungsschwerpunkte in den vorangegangenen zwei Etappen etablierten sich in den 1980er und 1990er Jahren. Diese bekamen mit dem Anspruch auf Effizienzsteigerung in der Produktion einschließlich eines erhöhten Qualitätsanspruches mehr oder weniger Verstärkung durch sehr weitgehende Qualitätsmanagementkonzepte.

- 2010 bis heute: Virtuelle Vernetzung und Konsequenzen für die Qualifizierung

Gegenwärtig erleben wir aufgrund der Entwicklungen in der Mikroelektronik und Sensortechnologie eine neue Qualität in der Vernetzung. Wegbereitend hierfür sind cyber-physische Systeme (CPS).

Die zentrale Frage ist, was die Digitaltechnik so bedeutsam macht, dass wir heute im Rahmen der Diskussion um die vierte industrielle Revolution Digitalisierung als Anwendung der Digitaltechnik in das Zentrum der Entwicklung stellen. Nachstehende Thesen sollen Aufschluss darüber geben.

*These 1: Die Konvergenz von Technologien hat Einfluss auf alle Berufsprofile, Jobs oder anders zugeschnittene Tätigkeiten.*

Digitaltechnik, cyber-physische Systeme und das Internet der Dinge machen es möglich, Anlagen, Maschinen und andere Geräte mit dem Internet zu vernetzen:

Die Integration von physischen Komponenten (Objekten) und Rechnerleistung und deren Verbindung mit dem Internet zu sogenannten Cyber-Physischen Systemen macht Geräte intelligent und ermöglicht es, mit der Umgebung zu interagieren.

Maschinen werden nicht mehr allein durch Befehle von außen gesteuert, sondern Produkte können mit Steuerungscode versehen werden und ihre Produktion sozusagen selbst steuern. Es wachsen unterschiedliche Technologien zu kompakten Funktionssystemen zusammen, die per Softwaresteuerungen

betrieben werden. Daher kann man von einer Konvergenz bei der Technologiegestaltung sprechen. Diese virtuelle Vernetzung, die weltweit zur Anwendung kommen kann, weist u. a. folgende charakteristischen Eigenschaften auf:

- die Verknüpfung von Produkt und Information,
- hohe Geschwindigkeit der Informationsübertragung,
- unbegrenzte Speichermöglichkeiten,
- schnelle Verarbeitung hoher Informationsfülle,
- Objekte, die untereinander kommunizieren,
- Daten und Dienste, die weltweit zur Verfügung stehen.

Diese grenzenlose Vernetzung erlaubt den Vorstoß in Produktionsdimensionen, wie wir uns diese bisher kaum vorstellen können. Derartige Entwicklungen haben Einfluss auf alle Berufsprofile, Jobs oder anders zugeschnittenen Tätigkeiten.

*These 2: Anlagen und Maschinen müssen mit zunehmender Diffusion von Industrie 4.0 von der Software her gedacht werden.*

Die softwaretechnische Vernetzung mit den zugehörigen CPS-Elementen erfährt eine kontinuierliche Verbreitung. Dadurch verändert sich die Interaktion zwischen Mensch und Maschine erheblich. Es kommt zu einer neuen Verteilung von Entscheidungen und Handlungen zwischen Menschen und CPS, die gekennzeichnet ist von einer

- Verlagerung fester Ablaufstrukturen hin zu einer lockeren Koppelung,
- situativen Verteilung von Aktivitäten auf Menschen, Maschinen und Programme,
- Verlagerung der sequentiellen Problembearbeitung hin zu einer selbst organisierten und einer
- Veränderung der durch Programmstrukturen vorgegebenen Produktion hin zu einer interaktivitätsgesteuerten Mensch-Maschine-Umwelt Beziehung.

Im Mittelpunkt stehen kontextbezogene Daten, die Auskunft über Anlagen, Fertigungsprozesse und Prozessabläufe geben. Mithilfe von integrierten Sensoren und Aktoren wird das Verhalten der Maschinen gesteuert, analysiert und dokumentiert. Die erfassten Daten werden zu Informationen für den Anlagenbetreiber zusammengefasst. Die gesammelten Daten wiederum sind die Grundlage für Werkzeuge, die von den Fachkräften situationsabhängig zu nutzen sind.

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.

*These 3: Die Veränderung der Arbeit erfordert von der Berufsbildung, die angehenden Fachkräfte auf die Zunahme anspruchsvoller Aufgaben vorzubereiten.*

Beeinflusst von technologischen Entwicklungen und arbeitsorganisatorischen Maßnahmen zur Optimierung der Prozessketten mit dem Ziel der Automatisierung, werden Arbeit und Arbeitsorganisation erheblich verändert. 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. Haben Facharbeiter/-innen noch eine Mitgestaltungsmöglichkeit innerhalb von Industrie 4.0 oder fördert Industrie 4.0 einen Taylorismus 4.0? In der Literatur werden hierzu unterschiedlichste Thesen aufgestellt, von denen nachfolgend drei wesentliche aufgeführt sind:

*Höherqualifizierungsthese*

- Zunahme komplexer und schwieriger Aufgaben, die fundierte theoretische Kenntnisse und kognitive Durchdringung erfordern (akademische Berufe; Techniker/-innen sowie Meister/-innen nach intensiver Weiterbildung).

*Polarisierungsthese*

- Zunahme anspruchsvoller Aufgaben, verbesserte Beschäftigungschancen für Facharbeiter/-innen, Techniker/-innen, Meister/-innen (Steigerungsrate von ca. 20 bis 30 Prozent),
- Wegfall einfacher Aufgaben durch Automatisierung, Arbeitsplatzverluste für Angelernte/Ungelehrte.

*Universalthese*

- Erhöhte Anforderungen an alle Fachkräfte,
- Intensivierung vernetzter Arbeitsbereiche und Zunahme der Arbeitsanforderungen,

- Zunahme prozessübergreifenden Erfahrungswissens.

Welche Form der Arbeitsorganisation sich letztlich durchsetzen wird und welche Folgen das für die Kompetenzprofile der Beschäftigten haben wird ist bisher noch nicht geklärt. Verschiedene Untersuchungen unterstreichen derzeit einen Trend zur Höherqualifizierung.

Insgesamt ist festzustellen:

- Es erfolgt eine Zunahme kognitiver Aufgaben und kognitiver Routineaufgaben und es entwickeln sich anspruchsvolle Qualifikationsniveaus.
- Der Spezialisierungsgrad innerhalb von Berufen und über die Berufe hinweg ist noch nicht geklärt.
- Nach wie vor haben Karriereoptionen und Flexibilität auf dem Arbeitsmarkt eine hohe Priorität.

Alle drei genannten Szenarien erfordern von der Berufsbildung, die angehenden Fachkräfte auf diese zukünftigen Anforderungen, d. h. die Zunahme anspruchsvoller Aufgaben, vorzubereiten. Insbesondere bei der Höherqualifizierungsthese kommt die notwendige Vorbereitung auf das lebenslange Lernen hinzu, um ggf. durch intensive Weiterbildung auf steigende Anforderungen reagieren zu können.

*These 4: In einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum müssen alle Berufe auf neue Herausforderungen angepasst werden. Nur wenn dies gelingt, stehen zukünftig die erforderlichen Fachkräfte zur Verfügung, um eine humane Digitalisierung umzusetzen.*

Im Rahmen der Diskussion um Digitalisierung wird schnell der Schluss gezogen, dass neue Berufe, beispielsweise ein „Industrie-4.0-Beruf“ erforderlich ist. Tatsächlich ist anzunehmen, dass in Berufsfeldern, die mit der Gestaltung der Entwicklung von Digitalisierung betraut sind, durchaus neue berufliche Profile, wie z. B.

- Data Scientist (verarbeitet große Datenmengen in Echtzeit) und
  - Interfacedesigner (Entwicklung von Benutzeroberflächen technischer Produkte)
- vielfältige Einsatzmöglichkeiten haben.

Darüber hinaus muss aber zur Kenntnis genommen werden, dass die Digitaltechnik in allen Arbeitsfeldern zur Anwendung kommt. Das heißt nicht zwangsläufig, dass neue Berufe erforderlich sind, bei denen die Grundstruktur der Aufgaben und der Arbeitsprozesse digitaltechnisch gesteuert sind. Es bedeutet

aber, dass sich die Unterstützungssysteme in allen Arbeitsfeldern verändern werden, was zur Folge haben muss, dass praktisch alle Berufe auf die neuen Herausforderungen (s. These 4) anzupassen sind – und das in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum. Nur wenn dies gelingt, stehen zukünftig die erforderlichen Fachkräfte zur Verfügung, um eine humane Digitalisierung umzusetzen. Die Berufsbildung nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein.

*These 5: Die Struktur der Berufsbilder sollte neu ausgerichtet werden, strukturbildend sollten wiederum die Arbeitsprozesse sein.*

Bei den Überlegungen und Planungen zur Implementierung von Industrie 4.0 in den Unternehmen und der gesamten Wertschöpfungskette von der Logistik bis zum After Sales wird davon ausgegangen, dass sich letztlich die cyber-physischen Systeme mit sehr unterschiedlicher Konfiguration in verschiedenen arbeitsorganisatorischen Zusammenhängen in die Arbeitsprozessstrukturen integrieren lassen. Dieses führt zu einer Neuausrichtung von Arbeitsprozessen und den damit im Zusammenhang stehenden arbeitstechnischen, kommunikativen und sozialen Strukturen. Die „intelligenter“ werdende Produktion geht einher mit einer engen Verflechtung menschlicher und technischer Aktivitäten – vorausgesetzt, die Menschen werden auf den Umgang mit offenen, hybriden und vernetzten Systemen vorbereitet, die die Grenzen soziotechnischer Systeme und deren Abgeschlossenheit übersteigen.

Die Berufsausbildung muss an diese veränderten Herausforderungen angepasst werden (s. Thesen 4 und 5). Die Schwierigkeit bei der Überarbeitung der Berufsbilder dürfte der notwendige Perspektivwechsel sein, nämlich diesen so zu gestalten, dass

- das „Denken von der Software her“ im Mittelpunkt steht,
- die Vernetzungsstrukturen der Anlagen dominieren,
- die Prozessorientierung verstärkt wird und
- die cyber-physikalischen Systeme und deren Wirkungen aufgrund der intelligenter werdenden Anlagen aufgenommen werden.

Dieser Perspektivwechsel erzwingt ein Vorgehen, das nicht einfach auf Ergänzungen um einzelne Inhalte setzt, sondern die Struktur der Berufsbilder neu ausrichtet. Strukturbildend sollten hierbei wiederum die Arbeitsprozesse sein, nicht technologische Schwerpunkte.

*These 6: Als Kompetenzen sollten solche im Mittelpunkt stehen, die als breit und offen bezeichnet werden können.*

Die Neuausrichtung der Arbeitsprozesse wirkt sich auf die erforderlichen Kompetenzen der Beschäftigten aus. Dies sollte bei der arbeitsprozessorientierten Neuausrichtung der Berufsbilder (s. These 6) berücksichtigt werden. Dabei sind sowohl berufsspezifische, fachliche als auch überfachliche Kompetenzen zu berücksichtigen.

Die nachfolgend genannten Kompetenzen haben für das gesamte Berufsbildungssystem hohe Relevanz:

- von der Software her denken,
- Netzwerkstrukturen verstehen,
- Big-Data Technologien beherrschen,
- mit vielfältigen Datenformaten arbeiten,
- Prozesse durchschauen und beherrschen,
- mehr Eigenverantwortung übernehmen,
- intensiv kooperieren und kommunizieren,
- interdisziplinär Handeln (horizontal: bspw. heterogene Teams; vertikal: unterschiedliches Sprach- und Abstraktionsniveau),
- Innovationen initiieren,
- Gestaltungskompetenz

Als Kompetenzen sollten folglich solche im Mittelpunkt stehen, die als breit und offen bezeichnet werden können.

*These 7: Pädagogische Konzepte, die die Entwicklung der beruflichen Handlungs- und Gestaltungskompetenz fördern, sind geeignet eine humane Digitalisierung zu unterstützen.*

Digitalisierung fordert heraus, sich mit immer komplexer werdenden Produkten und Dienstleistungen auseinanderzusetzen. Das damit verbundene permanente Lernen kann als Chance aber auch als Belastung empfunden werden.

Um zu vermeiden, dass die Belastung dominiert, ist eine arbeitskraft- und subjektorientierte Perspektive angebracht. Das Subjekt soll selbstbestimmt, aber begleitet die Chance haben, Lernprozesse zu gestalten, um Ängste zu überwinden und Lernerfolge zu verzeichnen. Pädagogische Konzepte, die die Entwicklung der beruflichen Handlungs- und Gestaltungskompetenz fördern, sind demnach geeignet eine humane Digitalisierung zu unterstützen.

# Beruflich Qualifizierte im ingenieurpädagogischen Studium – Teil 2



KATRIN FÖRTSCH

Beruflich qualifizierte Studierende stehen im Vergleich zu traditionell Studierenden besonderen Anforderungen gegenüber. So weisen Studierende ohne Hochschulreife verstärkt Studieneingangsdefizite bezüglich allgemeiner schulischer Kompetenzen – beispielsweise in der Mathematik – auf. Um eine erfolgreiche Integration beruflich Qualifizierter in das Hochschulstudium zu fördern, bedarf es zielgruppengerechter Instrumente und Maßnahmen. Am Beispiel der Mathematik wurde an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ein spezielles Förderungsprogramm für beruflich qualifizierte Studierende der Ingenieurpädagogik entwickelt. Der zweite Teil des Beitrags informiert nun über die Kurskonzeption und vorliegende Erfahrungen.

## FÖRDERUNG BERUFLICH QUALIFIZierter STUDIERENDER AM BEISPIEL DER MATHEMATIK

Erste diesbezügliche Erfahrungen werden im Folgenden am Beispiel des Tutoriums „Grundlagen Mathematik für beruflich Qualifizierte“ dargestellt. Die Eckdaten der Maßnahme sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Übergeordnetes Ziel des Brückenangebots „Grundlagen Mathematik für beruflich Qualifizierte“ ist es, die Grundlagendefizite im Bereich der Mathematik aufzuarbeiten und somit zur Verbesserung der Anschlussfähigkeit in das Hochschulstudium beizutragen.

Das entwickelte Förderungsprogramm setzt sich – wie in Abbildung 2 dargestellt – aus drei Phasen über 7 bis 8 Kurseinheiten zusammen. Pro Woche wird eine Kurseinheit von 90 Minuten angeboten. Somit erstreckt sich die Maßnahme über 7 bis 8 Wochen und wird der Studieneingangsphase vorgeschaltet. Die Teilnahme erfolgt auf freiwilliger Basis.

In der Kennenlern- und Motivationsphase gilt es, die potenziell nicht-traditionell Studieninteressierten einander vorzustellen, sie zu motivieren und eine erste persönliche Bindung seitens des Lehrstuhlteams aufzubauen. Es erfolgt eine sukzessive Einbindung der Studierenden in die Hochschule bzw. den Studienbereich über die Vernetzung der Kommilitonen und Lehrenden, um einer anfänglichen Isolation beruflich qualifizierter Studierender in den zumeist großen Lehrveranstaltungen der ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten entgegen zu wirken. Es empfiehlt sich, nicht-traditionelle Studierende aus höheren Semestern in diese Phase einzubinden.

Im Eingangsgespräch werden persönliche Neigungen, Erwartungen und Präferenzen ermittelt. Zudem erfolgt

eine Abstimmung des Kursprogramms unter Berücksichtigung zielgruppenspezifischer Herausforderungen – z. B. der Bedarf zeitlicher Flexibilität.

In der nächsten Kurseinheit erfolgt die Taxierung der mathematischen Kompetenzen, bezogen auf die aktuellen Anforderungen des ingenieurpädagogischen Studiengangs. Die Überprüfung basiert auf einem Kenntnistest über acht Wissensgebiete:

- Rechnen mit Brüchen,
- Ausklammern,
- Potenzrechnung,
- Wurzelberechnung,
- Funktionen,
- Differentialrechnung,
- Integralrechnung sowie
- Vektoren und Matrizen.

Jedes Wissensgebiet beinhaltet mehrere Teilaufgaben mit steigendem Schwierigkeitsgrad. Die Aufgaben entsprechen den Anforderungsbereichen I und II der Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2012). Alle enthaltenden Testaufgaben sind selbständig und ohne Hilfsmittel zu lösen. Anschließend erfolgt eine gemeinsame Auswertung mit Reflexionsgespräch. In diesem Rahmen erhalten die Studierenden Hinweise zu ihren Stärken und Schwächen in Bezug auf die (Eingangs-) Anforderungen der universitären Mathematik.

Die folgenden Kurseinheiten beinhalten in sich abgeschlossene mathematische Wissensgebiete, welche speziell auf die individuellen Defizite der Zielgruppe abgestimmt sind. Jede Einheit startet mit dem Selbststudium von zielgruppengerechten Studienmaterialien

zu den jeweiligen Wissensinhalten. Der Aufbau der Materialien folgt im Dreischritt (siehe Abb. 4): Zunächst erhalten die Studierenden einen theoretischen Input, gefolgt von einer übersichtlichen Sammlung aller notwendigen Formeln und anschließend entsprechender Übungsaufgaben mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad.

Die entsprechenden Materialien werden den Studierenden eine Woche vor den Präsenzzeiten zur Verfügung gestellt. Zu den Präsenzzeiten werden die Lerninhalte besprochen und weitere Übungsaufgaben zum Wissensinhalt mit erhöhtem Anforderungsniveau bearbeitet. Zusätzlich bieten die Präsenzphasen Raum für inhaltliche Diskussionen, soziale Interaktionen und Reflexionsgespräche.

**ERSTE ERFAHRUNGEN UND RESÜMEE**

Der Brückenkurs wurde – als Vorkurs vor Aufnahme des Studiums – erstmalig zum Wintersemester 2018/19 angeboten. Insgesamt haben 4 von 6 nicht-traditionellen Studienanfänger/-innen am Angebot teilgenommen. Damit ist der Kurs im Vergleich zu allgemein geöffneten Unterstützungsangeboten verhältnismäßig klein, ermöglicht aber eine intensive und individuelle Betreuung.

Die erste Phase des Kurses stellte sich als Schlüsselphase heraus. In diesen Abschnitt wurden zunächst der soziale Kontakt hergestellt sowie die zeitlichen Ressourcen besprochen. Dabei gestaltet sich besonders die Terminplanung der Präsenzveranstaltungen

als problematisch. Der Großteil der nicht-traditionellen Studierenden war beruflich im Schichtsystem eingebunden, so dass ein regelmäßiger wöchentlicher Termin zu festen Zeiten nicht möglich war. Stattdessen wurden für jede Woche separate Termin vereinbart. Dies erforderte von der Lehrkraft eine hohe zeitliche Flexibilität. Diesbezüglich könnten Online-Angebote Abhilfe schaffen. Dem entgegen steht, dass die Studierenden die Präsenzveranstaltungen schätzen, in erster Linie um sich gegenseitig kennenzulernen und einen ersten persönlichen Kontakt zum Lehrstuhlteam aufzubauen. Auch von Seiten der Lehrenden wird dies als sehr wichtig empfunden. Durch den persönlichen Kontakt können Problemlagen der Studierenden schneller erfasst und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden. Dies betrifft sowohl fachliche als auch personelle (individuelle Belastungen, Probleme) Problemsituationen.

Die zweite Phase betraf die Erfassung der bereits erworbenen mathematischen Kenntnisse. Bei der Taxierung wurde ein relativ homogenes Ausgangsniveau der Studierenden festgestellt. Sie konnten in den ersten vier Wissensgebieten die Aufgaben des Anforderungsbereichs I nur zum Teil lösen. Die Aufgaben des Anforderungsbereichs II bereiteten oft starke Probleme. Grundlegende Rechengesetze bspw. Potenz- und Wurzelgesetze waren nur ansatzweise abrufbar. Die letzten vier Wissensgebiete bereiteten allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern die größten Komplikationen. Besonders die Differential- und Integralrechnung wurden nach Aussagen der Studierenden im vorherigen Bildungsweg unzureichend oder gar nicht behandelt.

Die Teilnehmer schätzten den Kenntnistest als zielführend zur Überprüfung des aktuellen Wissensstands ein. Leider führte dieser auch vereinzelt zu Verunsicherungen und Zweifel an der Studierfähigkeit. Gegenwirkend wurde über persönliche Gespräche gezielt versucht, die Bedenken der Studierenden zu minimieren.

Im Anschluss folgte die Phase des Selbststudiums gekoppelt mit regelmäßigen Präsenzphasen. Es stellte sich heraus, dass die Studierenden im Vergleich zu traditionell studierenden über eine hohe Motivation, Lernbereitschaft und Eigeninitiative verfügen. Alle Teilnehmer/-innen haben das Selbststudium gewissenhaft durchgeführt und

sind vorbereitet in die Präsenzveranstaltung gekommen. Der Zeitaufwand für das Selbststudium wurde

The image shows a page from a mathematics course for vocational graduates. The title is 'Grundlagenkurs Mathematik für beruflich Qualifizierte' and the subject is 'Wurzelrechnung'. It includes a definition of n-th roots, a table of laws (Rechenregel) with examples (Beispiel), and a section for exercises (Übungsaufgaben) with four problems labeled (Ü1) through (Ü4).

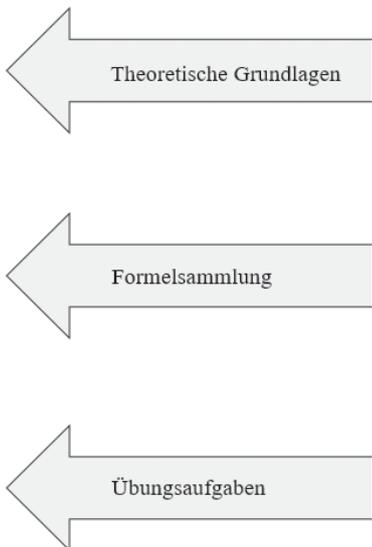


Abb. 4: Studienmaterial Grundlagenkurs Mathematik für beruflich Qualifizierte im ingenieurpädagogischen Studium zum Thema Wurzelrechnung

von den Studierenden als angemessen betrachtet. In den Präsenzphasen konnten die Studierenden ihre Lösungswege gegenseitig vorstellen und auftretende Fragen besprechen. Des Weiteren erhielten sie Übungsaufgaben mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad bzw. aus mehreren bereits behandelten Wissensgebieten. Diese Aufgaben wurden zunächst in Einzelarbeit, später auch im Team bearbeitet. Für die Präsenzzeiten hätten sich die Studierenden, als auch die Lehrenden mehr Zeitressourcen gewünscht. Besonders die Wissensgebiete Differential- und Integralrechnung benötigen einen deutlich höheren Zeitrahmen.

### **RÜCKBLICK UND AUSBLICK**

Insgesamt wurde der Brückenkurs von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern als hilfreich beurteilt. Um das Bestehen der Modulprüfung zu gewährleisten, wird

der beschriebene Eingangskurs durch eine semesterbegleitende tutorielle Unterstützung ergänzt, die spezifisch auf die angesprochene Zielgruppe und ihren aktuellen Problemlagen ausgerichtet wird. Die Studierenden werden so aktuell in ihrer weiteren Entwicklung begleitet und es wird mit ihnen gemeinsam ausgewertet, wie eine effektive Unterstützung dieser Zielgruppe in Zukunft ausgestaltet und institutionalisiert werden kann. Hierbei wird vor allem davon ausgegangen, dass der Zugang nichttraditioneller Studierender angesichts des sehr großen Lehrkräftebedarfs in den ingenieurpädagogischen beruflichen Fachrichtungen in den kommenden Jahren systematisch ausgebaut wird, wofür zielgruppenadäquate Förderungsmaßnahmen systematisiert und weiter professionalisiert werden sollen.

## **Verzeichnis der Autorinnen und Autoren**

### **BASMER-BIRKENFELD, SISSY-VE**

M.A., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Helmut-Schmidt-Universität, E-Mail: basmers@hsu-hh.de

### **BERNDT, DIRK**

Dr.-Ing., Leiter Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg, E-Mail: dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

### **BÖNSCH, JENNIFER**

M. Sc., Arbeits- und Organisationspsychologin und wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Arwiso e.V., Würselen., E-Mail: j.boensch@arwiso.de

### **BUXBAUM-CONRADI, SONJA**

Dr. rer. nat, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Helmut-Schmidt-Universität, E-Mail: buxbaum-conradi@hsu-hh.de

### **FUCHS-FROHNHOFEN, PAUL**

Dr.-Ing., Geschäftsführer der MA&T GmbH und des Arwiso e.V., Würselen, forscht seit vielen Jahren zu Themen der Arbeits- und Technikgestaltung in Industrie und Gesundheitswirtschaft, E-Mail: Fuchs@mat-gmbh.de

### **GRIMM, AXEL**

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

### **HAASE, TINA**

Dr.-Ing., Wissenschaftliche Mitarbeiterin Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg, E-Mail: tina.haase@iff.fraunhofer.de

### **HERRMANN, KLAUS**

Festo Lernzentrum Saar GmbH, E-Mail: klaus.herrmann@festo.com

### **NETT, BERNHARD**

Dr. phil. habil., M.A., wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Arwiso e.V., Würselen, promovierte in Soziologie an der RWTH Aachen und habilitierte in Medienwissenschaft an der Universität Siegen, E-Mail: b.nett@arwiso.de

### **PIEPER, CARSTEN**

Dipl.-Inf., Lehrer am Technischen Bildungszentrum Mitte in Bremen, Berufliches Gymnasium Technik, Landeswettbewerbsleiter „Jugend forscht“ Bremen, OmniControl-Entwickler, E-Mail: pir@tbz-bremen.de

### **REDLICH, TOBIAS**

Dr.-Ing., Oberingenieur, Helmut-Schmidt-Universität, E-Mail: tobias.redlich@hsu-hh.de

### **SCHLÖMER, BRITTA**

Dr.-Ing., M. Ed., StR, Berufsbildende Schulen Ammerland, E-Mail: britta.schloemer@freenet.de

### **SPÖTTL, GEORG**

Prof. Dr. Dr. h. c., Universität Bremen, Uni Bremen Campus GmbH und Steinbeis-Transferzentrum InnoVET, E-Mail: spoettl@uni-bremen.de

### **STEFFEN, NIKOLAUS**

Dr., AOR, Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Fachdidaktik technischer Fachrichtungen, E-Mail: nsteffen@ph-freiburg.de

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

[www.lernenundlehren.de](http://www.lernenundlehren.de)

Herausgeber

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

Beirat

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

Heftbetreuer: Britta Schlömer/Georg Spöttl

Titelbild: © Fraunhofer IOSB-INA

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

lernen & lehren

**c/o StD Dr. Michael  
Tärre**

Rehbockstr. 7  
30167 Hannover  
taerre\_michael(at)  
hotmail.com

**c/o Dr. Britta  
Schlömer**

BBS Ammerland  
Elmendorfer Str. 59  
26160 Bad Zwischenahn  
britta.schloemer(at)freenet.de

**c/o Dr. Torben Karges**

Europa-Universität Flensburg  
Berufsbildungsinstitut Arbeit  
und Technik (biat)  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
torben.karges(at)uni-flensburg.de

**c/o StR Tim Richter**

Nordstr. 6  
31515 Wunstorf  
tim.richter82(at)web.  
de

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

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

Unverlangt eingesandte Rezensionsexemplare werden nicht zurückgesandt.

Layout/Gestaltung

Brigitte Schweckendieck/Winnie Mahrin

Verlag, Vertrieb und Gesamtherstellung

Heckner Print-Service, Harzstr. 23, 38300 Wolfenbüttel, Telefon: (0 53 31) 80 08 60

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

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

c/o ITB – Institut Technik und Bildung der Universität Bremen, Am Fallturm 1 – 28359 Bremen  
kontakt@bag-elektrometall.de

ISSN 0940-7340

ADRESSAUFKLEBER

**BAG**

[WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE](http://WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE)  
[KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE](mailto:KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE)