

Schwerpunktthema Technologische Veränderungen: Low Code- Programmierung – Vernetzung – KI – Wasserstoffherzeugung

lernen & lehren

Elektrotechnik – Informationstechnik
Metalltechnik – Fahrzeugtechnik



Technologische und arbeitsorganisatorische „Treiber“ der Veränderungen in Unternehmen – Wirkungen auf M+E-Berufsbilder

Wasserstoffherzeugung – wie ist die Berufsausbildung dazu aufgestellt?

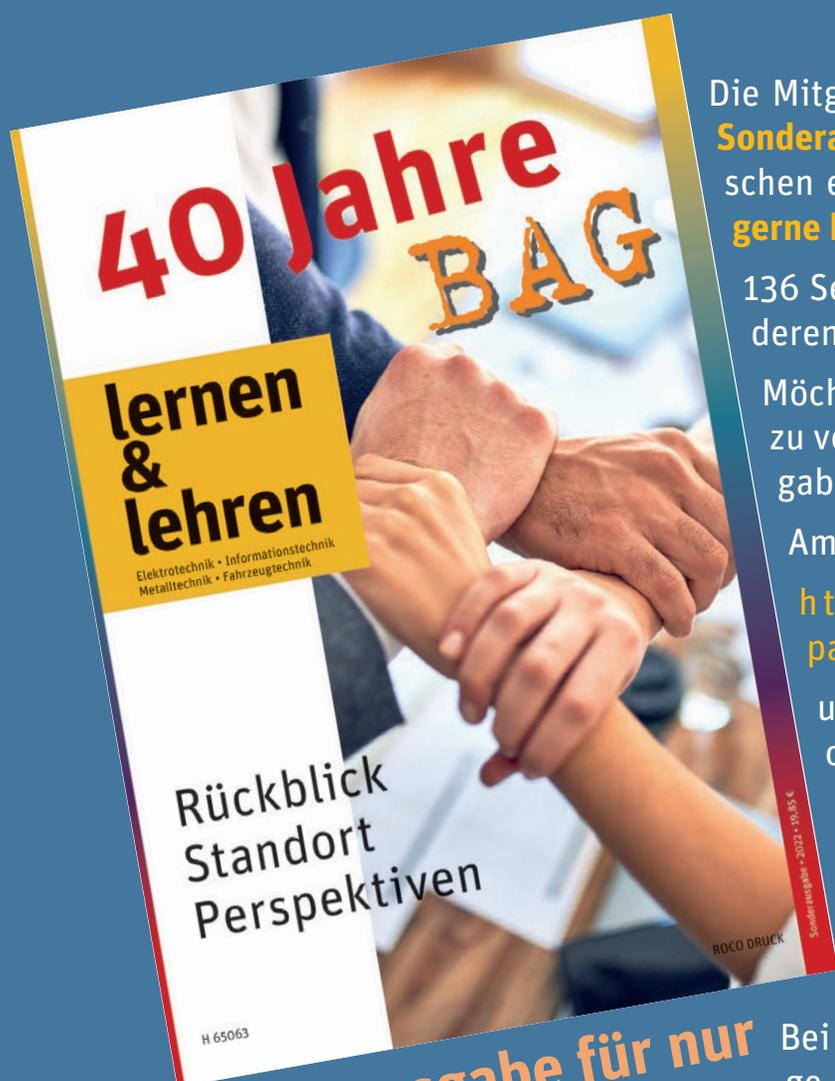
Technologieentwicklung rund um Industrie 4.0 – Kompetenzen für die Zukunft

TULIP for Education

Maschinelles Sehen mit „Künstlichen Neuronalen Netzen“ (KNN) in der Berufsbildung

40 Jahre BAG ElektroMetall

Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik e. V.



Die Mitglieder der BAG ElektroMetall haben diese **Sonderausgabe zum 40jährigen Jubiläum** inzwischen erhalten – **Nichtmitglieder dürfen sie auch gerne kaufen!**

136 Seiten geballtes Wissen über die BAGen und deren Gründungs- und Entstehungsgeschichte...

Möchten Sie weitere Exemplare, z. B. um diese zu verschenken, können Sie natürlich gern Ausgaben erwerben.

Am einfachsten geht dies über die Homepage

<https://www.bag-elektrometall.de/pages/40j.html>

und dort über den „Hier bestellen“-Link oberhalb der Abbildung. Sie brauchen nur noch Ihre Adresse und Zahlungsart (möglich sind folgende: Zahlung per Paypal, Kreditkarte, Debit-Karte) angeben und halten wenige Tage später die Sonderausgabe in der Hand.

Sonderausgabe für nur 19,85 €

Bei Interesse an einer größeren Abnahmemenge (ggf. zu Sonderkonditionen) schreiben Sie bitte an kontakt@bag-elektrometall.de unter Angabe Ihrer Kontaktdaten; wir melden uns dann zeitnah bei Ihnen.

40 Jahre BAG ElektroMetall

Inhalt

SCHWERPUNKT: TECHNOLOGISCHE VERÄNDERUNGEN: LOW CODE-PROGRAMMIERUNG – VERNETZUNG – KI – WASSERSTOFFERZEUGUNG

- Editorial**
- 2 Technologische Veränderungen
Georg Spöttl/Michael Tärre
- Schwerpunkt**
- 4 Technologische und arbeitsorganisatorische „Treiber“ der Veränderungen in Unternehmen
– Wirkungen auf M+E-Berufsbilder
Matthias Becker/Georg Spöttl/Lars Windelband
- 12 Wasserstoffherzeugung – wie ist die Berufsausbildung dazu aufgestellt?
Gert Zinke
- 18 Technologieentwicklung rund um Industrie 4.0 – Kompetenzen für die Zukunft
Thomas Leubner/Barbara Ofstad/Roland Gamböck
- Praxisbeiträge**
- 26 TULIP for Education
Björn Schlottke
- 30 Maschinelles Sehen mit „Künstlichen Neuronalen Netzen“ (KNN) in der Berufsbildung
Florian Beier/Michael Tärre
- Forum**
- 38 Berufsfelddidaktik – Auf der Suche nach gemeinsamen Zielen und Inhalten bei den industriellen
Metallberufen
Jörg-Peter Pahl/Georg Spöttl
- Ständige Rubriken**
- I–IV BAG aktuell 1/2023
- 44 Verzeichnis der Autorenschaft
- U3 Impressum

Beiträge in der Zeitschrift lernen & lehren sollen diskriminierungs- und gendersensibel verfasst sein. Das generische Maskulinum wird daher nicht verwendet. Solange im amtlichen Regelwerk der deutschen Rechtschreibung keine verbindlichen Sonderzeichen (Genderstern, Unterstrich, Doppelpunkt etc.) zur Einbeziehung nicht-binärer Geschlechtsidentitäten vorgegeben sind, wird auf deren Verwendung in der Zeitschrift verzichtet. Stattdessen werden konsequent andere Möglichkeiten zur Vermeidung diskriminierender Sprache und zur Sichtbarmachung von Diversität genutzt. Dazu zählt primär die Nutzung von geschlechtsneutralen Formulierungen. Wenn dieses nicht möglich ist, werden ausschließlich Beidnennungen (z. B. Schülerinnen und Schüler) verwendet.



Editorial

Technologische Veränderungen



GEORG SPÖTTL



MICHAEL TÄRRE

Der Titel des vorliegenden Heftes der Zeitschrift „lernen & lehren“ verweist im ersten Teil auf „Technologische Veränderungen“ und scheint wenig lukrativ. In den Berufsfeldern Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik spielen Technologien und deren Weiterentwicklung ständig eine wichtige Rolle und fordern Lehrkräfte und Lernende heraus. Die Lehrkräfte und auszubildenden Personen sind auf diese Situation gut vorbereitet und verfügen über Instrumente, daraus resultierende Anforderungen zu bewältigen. Interessant wird allerdings ein Blick auf den zweiten Teil des Titels des Heftschwerpunktes. Dieser lautet: „Low Code-Programmierung – Vernetzung – KI – Wasserstoffherzeugung“!

Seit vor rund einer Dekade die Diskussion um Industrie 4.0 begann und inzwischen umfassender als Digitalisierung und gesellschaftliches Phänomen gesehen wird, hat „Vernetzung“ nicht nur als abstrakter Begriff Eingang in die Berufsbildungsdiskussion gefunden, sondern wird zunehmend als Auslöser dafür verstanden, dass die Kombination traditionell eigenständiger Techniken wie Mechanik, Elektrik, Elektronik, Informationstechnik, Steuerungstechnik und Softwaretechnik neu betrachtet werden muss (vgl. dazu den Beitrag von BECKER, SPÖTTL & WINDELBAND). Es geht nicht mehr nur um eine Kombination dieser verschiedenen Techniksäulen, sondern um deren Vernetzung im Sinne einer „Verschmelzung“, die für ein vollkommen neues Niveau im Zusammenspiel der Techniksäulen steht. Folge davon

sind auch Anforderungen, auf die bisher Fachkräfte kaum vorbereitet werden. Es wäre zu kurz gegriffen, wenn beispielsweise die Mechatronik weiterhin auf der Basis einzelner Technologiesäulen betrachtet wird und über eine materielle Vernetzung die Verbindung zwischen den Säulen hergestellt werden würde. Vernetzung heute geht weiter! Vernetzung bedeutet Verschmelzung der Säulen und etablieren von (programmierten) Funktionen, die nicht über eine materielle Vernetzung gesteuert werden, sondern virtuell über Software. Darauf müssen sich die Betroffenen einstellen und vorbereiten, was einiges an neuen Ideen und Aufwand bedeuten dürfte.

An dieser Stelle kommt die Künstliche Intelligenz (KI) ins Spiel (vgl. dazu den Beitrag von BEIER & TÄRRE). Ziel der Vernetzung von Anlagen ist meist, Produktion, Montage, Prozesse, Fertigung usw. mittels Daten und Programmierung zu steuern und über die Wirtschaftlichkeit zu informieren. Das dafür erforderliche Datenvolumen ist enorm und kann kaum manuell bewältigt werden. KI ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass sie den Prozess der Datenidentifikation und Datenaufbereitung nicht nur unterstützen, sondern selbständig betreiben kann.

Das hat zur Folge, dass die Mensch-Maschine-Schnittstelle bedeutsamer wird als das bisher der Fall war und viele Anstrengungen darauf verwendet werden, diese bedienungsfreundlich zu gestalten. Das erfordert große Anstrengungen der Entwicklerinnen und Entwickler, die oft noch in „Einzeltechniken“ verhaftet operieren. In den Entwicklungsabteilungen

hat sich jedoch nach den negativen Erfahrungen mit dem Over-Engineering bei der Entwicklung der NC- und CNC-Technik die Erkenntnis durchgesetzt, dass auch eine noch so komplexe Technik nicht bedienungsfreundlich wird, wenn auch noch auf „Kompetenzkomplexität“, also die Entwicklung komplexer Kompetenzen bei Fachkräften gesetzt wird. Den Entwicklerinnen und Entwicklern ist heute bekannt, dass die Bedienung von Maschinen so einfach wie möglich gestaltet werden muss. Ein Schlüsselbegriff dafür ist die sogenannte „Low-Code“ oder „No-Code-Programmierung“. Der Beitrag von SCHLOTTKE beschäftigt sich mit diesem Konzept und zeigt beispielhaft auf, wie mithilfe des Konzepts „TULIP“ der Umgang mit der Mensch-Maschine-Schnittstelle facharbeitsgerecht gestaltet werden kann.

Der Spannungsbogen, den die Entwicklung der Digitalisierung mit sich bringt, und wie sich der Einsatz der verschiedenen Digitalisierungstechnologien nach und nach verändert und welche Rolle dabei der Vernetzung zukommt, spielt praktisch in allen Beiträgen eine Rolle. Im Beitrag von LEUBNER, OFSTAD & GAMBÖCK wird die weit fortgeschrittene Anwendung

digitalisierter Instrumente mit Blick auf digitalisierte industrielle Anwendungen aufgezeigt und es werden Konzepte benannt, mithilfe derer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die verschiedenen Anforderungen per Aus- und Weiterbildung qualifiziert werden können.

Im Heft findet neben dem umfassenden Blick auf industrielle Entwicklungen und deren Arbeitsweise sowie den nötigen Kompetenzbedarf auch noch eine genauere Betrachtung dessen statt, was die Erzeugung von Wasserstoff mit Blick auf die Zukunft erwarten lässt. GERT ZINKE gibt einen Ausblick darauf und benennt erste Initiativen, die in der beruflichen Erstausbildung mit Blick darauf angestellt werden. Die Ausführungen lassen den Schluss zu, dass schon bald erste Qualifizierungsvorschläge oder veränderte Berufsprofile für die mit Wasserstoff zusammenhängenden Anforderungen vorliegen werden.

Den Abschluss des Heftes bildet ein Forumsbeitrag von PAHL & SPÖTTL zu Überlegungen für eine Berufsfelddidaktik.

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.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Herausgeber und Schriftleitung

Technologische und arbeitsorganisatorische „Treiber“ der Veränderungen in Unternehmen

– Wirkungen auf M+E-Berufsbilder



MATTHIAS BECKER



GEORG SPÖTTL



LARS WINDELBAND

Unübersehbar wird die Arbeitswelt derzeit durch den Einfluss der Digitalisierung massiv verändert. Viele aktuelle Digitalisierungstechnologien haben dabei ihren Ursprung im CIM-Zeitalter und sind bereits seit den 1980er-Jahren Treiber für Veränderungen in den Unternehmen. Auch wenn mit dem Schlagwort „Industrie 4.0“ stets das Neue dieser Technologien und damit dieser neuen Epoche herausgearbeitet und betont wird, zeigen Untersuchungen wie die M+E-Studie (BECKER et al. 2022), dass sich die Wirkungen kaum mit dem Akronym „4.0“ oder der zentralen Zielsetzung der cyberphysischen Produktionssysteme (CPS) allein charakterisieren lassen. Eine vollkommen über die Virtualisierung betriebene, flexibilisierte und vernetzte Produktion mit der Ausrichtung auf die Losgröße 1 ist nach wie vor eher Vision als breite Realität. Vielmehr entstehen evolutionär neue technologische Herausforderungen, die genauer zu betrachten sind.

TREND „INDUSTRIEMECHATRONIK“: EINE SYMBIOSE VON METALLTECHNIK, ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

Die Bedeutung der heute dominierenden Technologien lässt sich am besten über eine Betrachtung der Entwicklungen seit dem Aufkommen der Mechatronik aufzeigen. Die damals neuen Möglichkeiten der Informationstechnik, über computergestützte Ansätze (bspw. CNC-Technik) die Fertigung (vgl. KATH, SPÖTTL & ZEBISCH 1985; VOLLMER 1998), das Konstruieren (CAD) oder die Produktion (SPS, Robotik) zu automatisieren, führten 1998 zur Einführung des neuen Ausbildungsberufes Mechatronikerin/Mechatroniker. Dazu stellte das BIBB fest: „Bei der Neuordnung der industriellen Metall- und Elektroberufe hatte es bereits 1987 Überlegungen gegeben, solch einen Ausbildungsberuf mit Qualifikationen aus der

Elektrotechnik, Elektronik und der Metalltechnik zu schaffen. Bei der damaligen Neuordnung wurde aber ordnungspolitisch die Trennung in Mechaniker/-in und Elektriker/-in (Elektroniker/-in) beibehalten“ (BIBB Aktuell 6/1997). Kennzeichnend für die Mechatronik war, dass es Schnittmengen zwischen jeweils für sich stehenden Bereichen der Mechanik, der Elektrik und Elektronik sowie der Informatik gab, die leitend für die Einführung des Berufes Mechatronikerin/Mechatroniker waren.

Die heutige Technologieentwicklung ist dagegen sehr stark durch die Möglichkeiten des Internets, der Virtualisierung und Vernetzung, am Ende sogar durch die Verschmelzung der Technologien zu einer neuen, hybriden Technologie gekennzeichnet („technologische Konvergenz“). Diese bezeichnen wir mit dem Arbeitsbegriff „Industriemechatronik“. Die Me-

chatronik begegnet uns heute weniger im Sinne der Zusammensetzung aus Mechanik, Elektrik/Elektronik und Informatik, sondern als „Verschmelzung“ ehemals alleinstehender Technologien zu einer Funktionseinheit, die neuartige hybride und holistische Eigenschaften aufweist, softwareseitig geprägt ist und veränderte Aufgaben nach sich zieht (vgl. Abb. 1). Diesen neuartigen technologischen Zuschnitt nennen wir Industriemechatronik.

Die Digitalisierung nimmt in der industriellen Produktion inzwischen eine zentrale Rolle ein und wird mit dem Schlagwort „Industrie 4.0“ umschrieben (vgl. KAGERMANN et al. 2011). Es handelt sich dabei um ein zentrales Anwendungsfeld der Digitaltechnik, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet (vgl. NEUBURGER 2016):

- Veränderte Produktionsweise und Werkzeuge: Vermehrt kommen Werkzeuge und Anlagen (Fertigungszentren, kollaborative Roboter, 3D-Drucker

Industriemechatronik: „Verschmelzung“ technologisch alleinstehender Elemente wie Mechanik, Elektrik, Elektronik und Informatik zu holistischen Funktionseinheiten mittels cyberphysischer Vernetzung. Das Ergebnis sind datengesteuerte, industriemechatronische Systeme, die bei der Produktion, Inbetriebnahme, Instandhaltung, Fehlersuche an Anlagen und Maschinen zu vollkommen neuen Aufgaben führen. Für Maschinen und Systeme ist der Einsatz holistisch geprägter Betriebsmittel kennzeichnend. Ausdruck davon sind:

- digitalisierte Verfahren- und Prozesse,
- digitalisierte Werkzeuge und
- digitalisierte Methoden.

und anderes) zum Einsatz, die durch digitale Systeme unterstützt werden, oder es werden digitalisierte Assistenzsysteme bis hin zur Führung der Fachkräfte (vgl. BOVENSCHULTE 2020) eingesetzt.

- Flexibilisierung von Produktion und Service: Die technologische Entwicklung und der weltweite Datenaustausch erlauben ein standortunabhängiges Agieren von Unternehmen. Unterstützt wird dieses durch eine zunehmend stärkere Vernetzung, die branchenübergreifend erfolgt und darauf ausgerichtet ist, eigenständig Produktionsprozesse zu initiieren (vgl. etwa BAUER et al. 2019; SCHUH et al. 2020).
- Assistenzsysteme werden in Vernetzungstechnologien zwischen Mensch und Maschine eingebunden: Durch systematische Verarbeitung von Daten und Informationen über die Produktion sowie deren virtuelle Abbildung übernimmt die Virtualisierung von Produktions- und Arbeitsprozessen die Regelung sowie Organisationsfunktionen. Die Adaptivität der digitalen Technologien unter Verwendung von Tablets, Datenbrillen und Exoskeletten sowie ergonomische Unterstützung spielen dabei eine wichtige Rolle (vgl. HIRSCH-KREINSEN & ITTERMANN 2019, 153 f.).
- Zunehmend verändert sich die Automatisierungspyramide: Im Sinne einer Einordnung von Techniken und Systemen in die jeweilige Leittechnik für die verschiedenen Ebenen in der industriellen Fertigung wird die Pyramide flacher und Vernetzungen zwischen den Ebenen werden auf der Arbeitsebene stärker sichtbar. Manufacturing Execution Systems (MES) und auf der Prozessleitebene SCADA (Supervisory Control and Data Analysis)

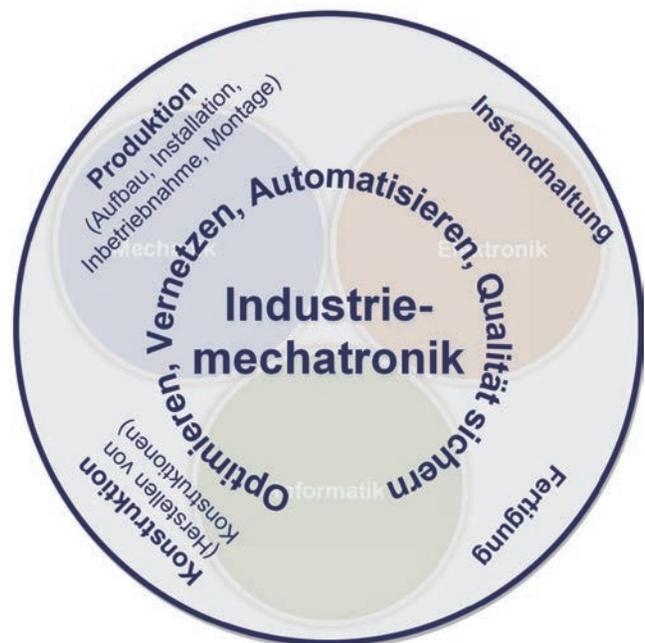
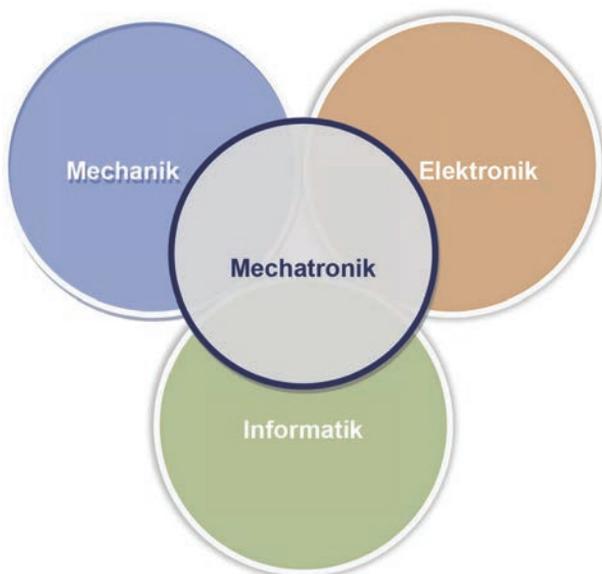


Abb. 1: Mechatronik im Jahr 1998 (links) und Industriemechatronik heute (rechts)

sind verfügbar, sodass die Steuerung und Überwachung digital angebundener Produktionsanlagen immer stärker den Alltag der betrieblichen Arbeitsumgebungen bestimmt.

- Automatisierung: Die Automatisierung leitet ein neues Niveau in der industriellen Produktherstellung ein. Cyberphysische Systeme, kollaborative Robotik und künstliche Intelligenz werden als mögliche Treiber für eine verstärkte Automatisierung gesehen (vgl. BECKER et al. 2021; SCHMITT et al. 2021), weil dadurch der Einsatz neuer Technologien vervielfältigt werden kann.

Die aufgezählten Themen weisen auf Veränderungen in den Unternehmen im Zusammenhang mit der digitalen Transformation hin. Wie am Beispiel der Automatisierungstechnik gezeigt werden kann, verweist die Entwicklung auf die Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung für die Vernetzung von Aufgaben als ein – oder sogar als das bedeutendste – Handlungsfeld für die M+E-Industrie. War im Zeitalter der Industrie 3.0 die Automatisierung noch eher auf einzelne Technologiefelder ausgerichtet (Fertigungsautomatisierung durch CNC, Automatisierung der Steuerungstechnik durch SPS, Montageautomatisierung durch Robotik usw.), so überwiegt nun die Automatisierungstechnik.

Im Versuch der inhaltlichen Schärfung und Konkretisierung der digitalen Transformation stößt man unweigerlich auf unendlich viele Entwicklungsrichtungen, wobei vor allem Arbeitsformen, Technologien und Arbeitsorganisationsformen betrachtet werden. Die Frage hinsichtlich des Zusammenhangs dieser

Entwicklungen und des Einflusses der Digitalisierung selbst ist nur dann befriedigend zu beantworten, wenn die Wirkung der Digitalisierung im Sinne von Industrie 4.0 dabei identifiziert werden kann, denn die Computerisierung und Einflüsse der Informations- und Medientechnik etwa sind eher „alte“ Entwicklungen.

ABLESBARE VERÄNDERUNGEN IN HANDLUNGSFELDERN UND BEIM TECHNOLOGIEEINSATZ

Entscheidend für die Charakterisierung der technologischen Veränderung ist die Verwendung der Technologien in Handlungs- und Arbeitszusammenhängen. Eine entsprechende Erhebung (qualitative, berufswissenschaftliche Untersuchungen sowie eine quantitative Unternehmensbefragung, siehe Tab. 1) wurde im Rahmen der EVA-M+E-Studie durchgeführt (vgl. BECKER et al. 2022). Nachstehende Erkenntnisse konnten dabei gewonnen werden.

Generische Handlungsfelder

Von den abgefragten generischen Handlungsfeldern (vgl. Abb. 2) wird der Anlagenaufbau mit virtuellen Tools in ihrer Bedeutung für die Facharbeit noch am geringsten eingeschätzt. Auch in den Fallstudien wurden kaum konkrete Aufgabenstellungen für Fachkräfte identifiziert, die Produktionsanlagen mit Ansätzen der Augmented-Reality- oder Virtual-Reality-Technologie (AR oder VR) geplant und aufgebaut haben. Fachkräfte werden dabei mit virtualisierten Tools konfrontiert, wenn Produktionsaufgaben miteinander gekoppelt werden, zum Beispiel bei Ro-

Instrument Konzept	Literaturanalyse	Unternehmensbefragung	Fallstudien/ Expertenbefragungen	Experten-Workshop
Ziel	Stand des Wissens zur Digitalisierung in der Industrie und zu Entwicklungen in der Arbeit und Ausbildung	Einschätzungen der Unternehmen zur Digitalisierung, zur Ausbildung und zur Teilnovellierung der M+E-Berufe	Erfassen der Aufgaben und Kompetenzen in Unternehmen / Einschätzungen von Experten zu Digitalisierungs-technologien, Ausbildung und Facharbeit	Validieren und Ergänzen vorläufiger Ergebnisse zur Digitalisierung, zur Facharbeit und zur Ausbildung (Technologie, Aufgaben, Prozesse)
Methoden	Dokumentenanalyse: Literatur, Studien, Internet	Onlinebefragung Personalverantwortliche	leitfadengestützte Interviews, Arbeitsbeobachtungen, Unternehmensbesichtigungen	Leitfragen, Kartenabfragen oder Blitzlichtrunden
Auswahl	wissenschaftliche Veröffentlichungen und Sektorinformationen	IW-Personalpanels mit Unternehmen der Industrie und aller Dienstleistungsbranchen, die in M+E-Berufen ausbilden	Innovative Unternehmen im Kontext der Digitalisierung/Ausbildung sowie Experten beruflicher Bildung, Verbands- u. Technologieexperten	Experten aus qualitativer Befragung, innovative Unternehmen, Berufsbildungsexperten, Wissenschaftsvertreter
Anzahl	Veröffentlichungen im Zeitraum 2015-2022	N=1.042 Unternehmen	15 Fallstudien des M+E-Sektors mit 68 Interviews – 17 Expertengespräche	31 Experten

Tab. 1: Forschungsdesign

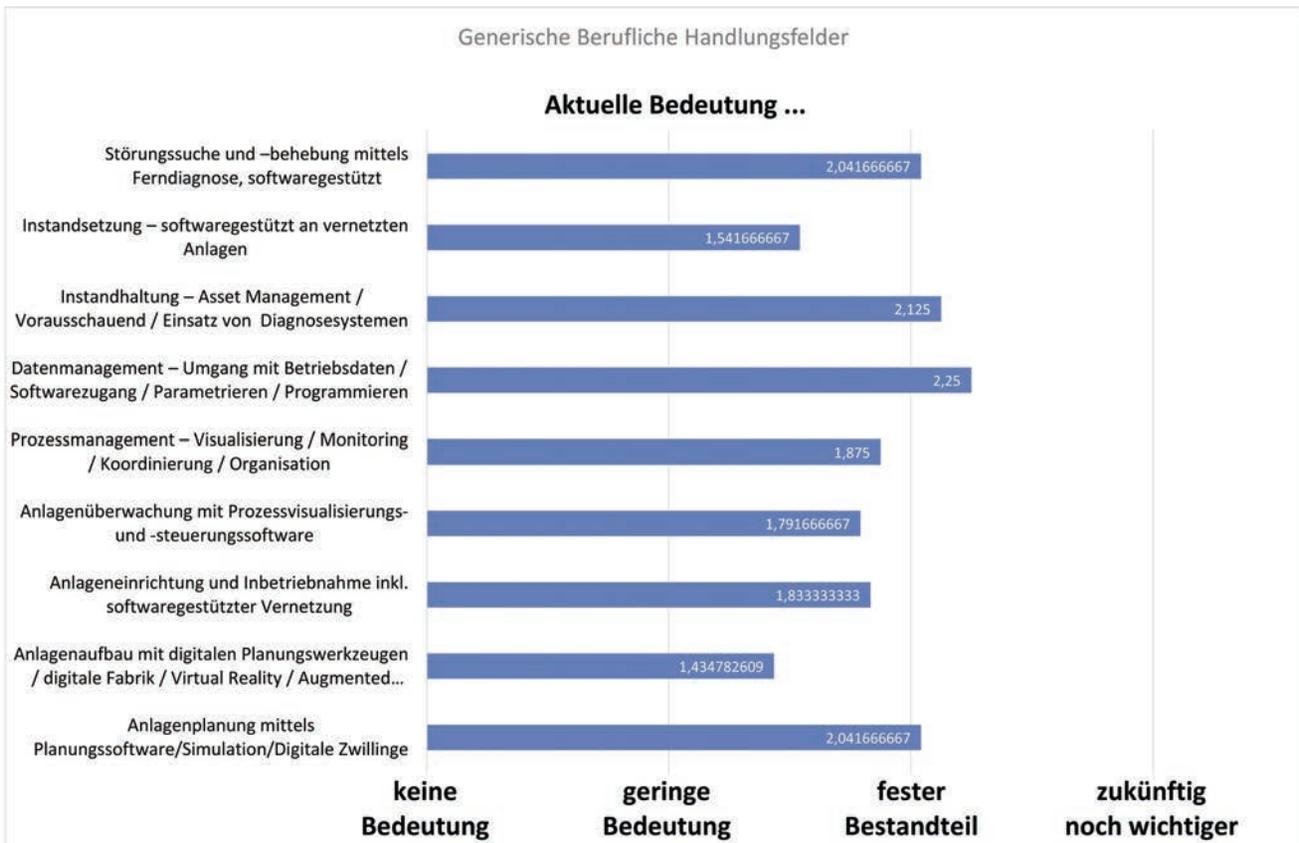


Abb. 2: Einschätzung der Befragten zur Bedeutung der generischen Handlungsfelder Industrie 4.0 (Quelle: eigene Darstellung, N = 34)

botik-Lösungen zur Entnahme und Bestückung von Teilen oder für die Zuführung an Messeinrichtungen oder an Fertigungsstationen. Dort kommen Tools wie Siemens NX zum Einsatz, in denen verschiedene Simulationsansätze miteinander gekoppelt werden und für die konkrete Produktionsplanung (Feintuning, Bearbeitungsparameter) das erfahrungsbasierte Know-how der Fachkräfte gebraucht wird.

Instandsetzungsaufgaben in der Produktion betreffen zunehmend softwareseitig das Bewerten, Dokumentieren und Zurücksetzen von Meldungen in Leitwarten oder Produktionssteuerungen. Insofern sind solche Aufgabenstellungen zwar noch lange nicht in allen Betrieben zu einem festen Bestandteil geworden, aber vor allem im Bereich der Serienproduktion müssen Fachkräfte nicht mehr nur Meldungen an einzelnen Maschinen und Anlagen quittieren, sondern die über die Software bereitgestellten Funktionalitäten nutzen, um „normale Begleiterscheinungen“ in der Produktion von Störungen zu unterscheiden, Meldungen in MES-Systemen zu beobachten und zu dokumentieren und gegebenenfalls geeignete Instandsetzungsaufträge zu generieren.

Im Bereich der Anlagenüberwachung wird in nahezu allen Fallstudien-Unternehmen mit Qualitätsmanagementsystemen zu Produktionsdaten und Qualität der Produktion gearbeitet. Die konkrete Anlagenüberwachung an den Maschinen und Anlagen erfolgt dabei zunehmend digital, auch wenn trotz

Verfügbarkeit eines MES oder Enterprise Resource Planning Systems (ERP) noch sehr häufig Aushänge auf analogen Produktionstafeln in Papierform üblich sind und nicht abgeschafft wurden. Dennoch sind die Daten für die Anlagenüberwachung selbst inzwischen durchgängig als fester Bestandteil durch Fachkräfte in digitaler Form zu erfassen und weiterzuverarbeiten.

Bei der Anlagenüberwachung sorgen Fachkräfte dafür, dass Daten aus dem Shopfloor-Management visualisiert, gemonitort und deren Weiterverarbeitung organisiert wird. In seltenen Fällen werden dazu bereits insbesondere via OPC-UA (Open Platform Communications – Unified Architecture) erfasste Maschinendaten in Tools wie TULIP aufbereitet, um Informationen für die Produktionsoptimierung zu gewinnen. Der Trend hin zu einer systematischen Maschinendatenerfassung (MDE) oder gar Betriebsdatenerfassung (BDE) ist allerdings noch nicht weit verbreitet, sondern eher die Zuführung der Prozessdaten für dafür spezialisierte Unternehmensbereiche einerseits und die unmittelbare Handhabung von Maschinendaten über die Terminals/Human-Machine-Interfaces (HMI) zur Optimierung an einzelnen Fertigungsstationen andererseits. Es sind jedoch auch kleinere Unternehmen erkennbar, die Shopfloor-Managementsysteme zur Erfassung der Maschinendaten einsetzen und immer häufiger auch eine digitalisierte Produktion betreiben und überwachen.

Gerade bei neuen Produktionsanlagen und der Modernisierung ist die Einrichtung und Vernetzung der Anlagen mit Digitalisierungswerkzeugen inzwischen fester Bestandteil der Aufgaben. Vor allem dort, wo Robotik-Lösungen oder Stationen-übergreifende Montage- und Fertigungsoperationen implementiert werden, richten Fachkräfte der M+E-Industrie diese ein und kümmern sich um deren Vernetzung. Teamarbeit von Fachkräften mit beruflicher Qualifizierung und Ingenieurinnen und Ingenieuren ist dabei durchaus gängige Praxis. Dabei geht es zwar sehr häufig um informationstechnische Aufgabenstellungen (IP-Vernetzungsstruktur, VPN-Zugänge/Tunnel, IP-Zonen, IP-Vergabe, Adressierung, Firewall, IT-Sicherheit etc.), was eine Domäne für IT-Berufe darstellt, jedoch ist vermehrt auch die Sicherstellung der damit einhergehenden Verfügbarkeit von Sensor- und Aktordaten bis hin zu ganzen Datensätzen für Produktionsanlagen relevant für alle in der Produktion tätigen Berufe. Im laufenden Betrieb sind von Fachkräften der M+E-Industrie oft Aufgabenstellungen zur Justage und Parametrierung zu erledigen, die den Charakter einer Anlageneinrichtung haben.

Mit der Anlagenüberwachung in engem Zusammenhang stehend, befassen sich Fachkräfte mit dem Prozessmanagement als festem Bestandteil der Arbeit. Sie sorgen dafür, dass Daten aus dem Shopfloor-Management visualisiert und deren Weiterverarbeitung organisiert wird.

In allen Betrieben gehört mittlerweile die Störungssuche und -behebung mit Softwaretools und auch die Ferndiagnose zum festen Bestandteil der Aufgabenstellungen. Auch wenn längst nicht alle Produktionsanlagen über eine Internetschnittstelle verfügen, werden Ansätze für die Störungssuche und -analyse nur noch in Ausnahmefällen ohne den Einsatz von Softwarelösungen realisiert.

Die Anlagenplanung mittels Simulationen, entsprechender Software und auch der Einsatz digitaler Zwillinge ist zunehmend fester Bestandteil der Aufgabenstellungen in den M+E-Berufen (vor allem bei Technikerinnen und Technikern oder Meisterinnen und Meistern), allerdings in Kooperation mit Ingenieurinnen und Ingenieuren:

- Robotik-Lösungen sind in der Regel so komplex, dass diese zuvor durchgängig in virtuellen Umgebungen aufgebaut, simuliert und programmiert werden. Hier kommen Programme wie Siemens NX und Kuka.Sim zum Einsatz (Ansätze des digitalen Zwillings). Solche Aufgaben werden von Ingenieurinnen und Ingenieuren oder Technikerinnen und Technikern wahrgenommen und übersteigen die Kompetenzen von Facharbeiterinnen und Facharbeitern. „Hier sind Spezialisten gefragt; selbst von

vielleicht zehn Studierenden ist eventuell einer nach Jahren der Einarbeitung kompetent genug, um solche Aufgaben zu übernehmen.“ (Fall 09)

- „Von der einzusetzenden Robotik bis hinunter zum zu verwendenden Code der SPS sind in der Regel kundenspezifische Standards zu erfüllen; zum Beispiel Integra bei Daimler. Damit geht eine zunehmende Einführung von Ansätzen des digitalen Zwillings einher, weil die Funktionalität der Produktionsanlagen bereits im Vorfeld zu überprüfen ist. Für Personen mit einer beruflichen Erstausbildung sind Aufgaben der Konzipierung und auch kundenspezifischen SPS-Programmierung meist zu ambitioniert und werden in Projektteams realisiert, in denen Ingenieure und Techniker neben der Auslegung und Konzeption auch die SPS-Programmierung übernehmen. Die Montageaufgaben im Werk (Vormontage) sowie beim Kunden übernehmen dagegen meist EBT, also Personen mit einer beruflichen Ausbildung.“ (Fall 09)

Die digitalisierte Anlagenplanung wird durch die verstärkte Einführung geeigneter HMI-Interfaces als Standard neuer Maschinen gepusht. Simulationen finden immer weniger im Bereich einer zentralen Arbeitsvorbereitung statt und stattdessen (da flexibler) im Zusammenhang mit der Arbeit direkt an den Fertigungs- und Produktionseinrichtungen.

In der Instandhaltung wird die Digitalisierungsdurchdringung besonders deutlich. Die mittlerweile nicht mehr neuen Ansätze der Zustandsüberwachung, der vorausschauenden Instandhaltung, der softwaregestützten Wartung und schließlich des Asset-Managements werden immer mehr zum Alltag. Durch die Verbindung zwischen Produktionsumgebung und Software für das Instandhaltungsmanagement ist hier ein Trend hin zum Einsatz von Mechatronikerinnen und Mechatronikern wahrnehmbar:

- „Bis vor einigen Jahren dominierten im Unternehmen die Industriemechaniker. Sie waren vor allem für die Montage bestens geeignet – heute werden dafür Mechatroniker eingesetzt.“ (Fall 08)
- „Die Zahl der Mechatroniker wurde hingegen verdoppelt. Der Grund dafür ist, dass die Mechatroniker die ‚elektrotechnische Unterweisung‘ mitbringen und deshalb auch an elektrischen Anlagen arbeiten können.“ (Fall 14)
- „Die Mechatronik trifft die Aufgabenverschiebung ganz gut; daher passt die Ausbildung von Mechatroniker/-innen anstatt von Industriemechaniker/-innen für die Instandhaltung auch.“ (Fall 12)

In den Befragungen wurde deutlich, dass alle Mitarbeitenden in der Produktion mit dem Management

Herausforderung durch Technologien

Bedeutung für Fachkräfte (unterhalb Ingenieurqualifikation)

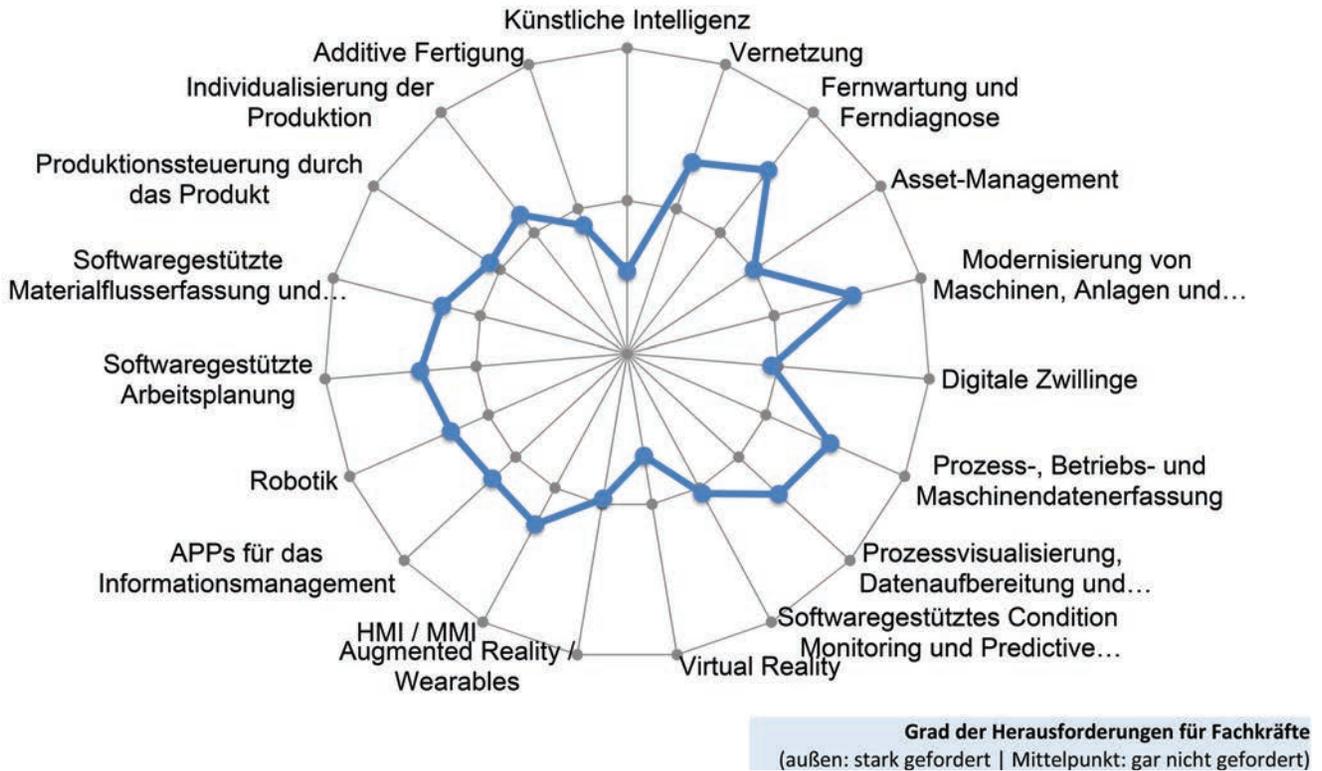


Abb. 3: Einschätzung der Befragten zum Grad der Herausforderung für Fachkräfte durch typische Digitalisierungstechnologien (Quelle: eigene Darstellung, N = 39)

von Daten befasst sind. Oftmals sind es erst einmal gar nicht die direkten Produktionsdaten, sondern das Handling von Auftragsdaten, Arbeitsplanungsdaten, Personalplanung, Urlaubsplanung und weiteren Betriebsdaten, die alle Mitarbeitenden mit Tablets, Smartphones und sonstigen Computern handhaben müssen. Das Datenmanagement steht in einem engen Zusammenhang mit der Einführung von MES-Systemen in der Produktion. Typisch ist, mit den Daten den Produktionsfortschritt zu erfassen und zu dokumentieren sowie notwendige Ressourcen (Material, Personal) und überhaupt den Arbeitsprozess zu planen.

Die Verbindung der verschiedenen Handlungsfelder mit Digitalisierungstechnologien und untereinander konnte in den Unternehmen deutlich ausgemacht werden. Dies führt zu interdisziplinären Arbeitsweisen, die auch als ebensolche Qualifikationsanforderungen ihren Niederschlag finden. Die Entwicklungen zu den Handlungsfeldern in den Betrieben stellen die überwiegend disziplinär ausgerichtete Ausbildungspraxis in Frage, wie nachstehende Aussagen untermauern:

- „Den Blick über die Arbeitsgrenzen hinweg entwickeln, mehr von den Produkten und Produktionsprozessen her denken. Diese Verknüpfungen müssen innerhalb der Ausbildung schon gefördert

werden, um die Wirkungszusammenhänge zu verstehen. Die Fachsprache des anderen Experten muss verstanden werden.“ (Fall 12)

- „Heute wird die Konstruktion und Steuerung von Robotern zusammengeführt und per Simulation erprobt. Das macht es erforderlich, dass verschiedene Berufsgruppen, wie beispielsweise Elektriker für Automatisierungstechnik, Elektriker für Betriebstechnik und Mechatroniker eng kooperieren müssen.“ (Fall 09)
- „Die Digitalisierung im Unternehmen schreitet weiter voran. Ziel ist, alle Arbeitsbereiche stärker miteinander zu vernetzen. Hier wird von den Mitarbeitern verlangt, dass sie diese Zusammenhänge verstehen und nachvollziehen können, wie diese Prozesse zusammenhängen.“ (Fall 15)

Technologien im Wandel

Hinsichtlich der digitalisierten Technologien sind im Vergleich zur Bedeutung der generischen Handlungsfelder deutlich größere Unterschiede auszumachen. Während die Modernisierung von Maschinen, Anlagen und Systemen durch Schaffung digitaler Schnittstellen und Bedienkonzepte die Fachkräfte bereits stark fordert, ist das Thema der künstlichen Intelligenz in den Unternehmen auf Fachkräfteebene

noch kaum sichtbar (vgl. Abb. 3). Auch im Abgleich zu den Einschätzungen zu generischen Handlungsfeldern sind Virtualisierungsansätze wie VR und AR/Wearables noch wenig auf Fachkräteebene relevant. Gegenüber der mittlerweile doch erkennbaren Zunahme der Nutzung des 3D-Drucks und der additiven Fertigung in der Ausbildung ist im Rahmen der Produktion diese Technologie noch unterdurchschnittlich stark gefordert; sie taucht in den Unternehmen in Einzelfällen auf und wird dann von Spezialistinnen und Spezialisten eingesetzt.

Ansätze des digitalen Zwillings und der Produktionssteuerung durch das Produkt (Einsatz von RFID) sind in den Unternehmen mittlerweile häufiger anzutreffen und fordern die Fachkräfte eher mäßig, weil diese im betrieblichen Einsatz befindlichen Technologien bereits gut beherrscht werden. Das Asset-Management und die softwarebasierte Instandhaltung werden ebenso kontinuierlich in den Produktionsprozess eingebunden, sodass die Fachkräfte in diese Technologien hineinwachsen und diese als fordernd, aber nicht belastend wahrnehmen:

- „Im Bereich der Instandhaltung gewinnt durch die datengestützte Regelung, die teils auch aus der Ferne stattfinden kann, das Asset-Management an Bedeutung. Das Asset-Management wird von Mechatronikern ausgeführt oder von Absolventen des dualen Studiums“. (Fall 08)
- „Sie benötigen für die Störungssuche eine praxisorientierte Logik. Die Störung an einem Knoten in der Produktion muss unter Berücksichtigung der vorgelagerten und nachgelagerten Prozesse analysiert werden. Im Unternehmen sind vor allem für die vorbeugende Instandhaltung Fachkräfte notwendig, die Prozessabläufe logisch durchdenken können und zugleich die Praxiserfahrungen zu auftretenden Störungen mit einbringen können. So ist die Komplexität in den Anlagen beherrschbar, jedoch nimmt diese stetig zu (teilweise durch eine Überlagerung von Fehlern)“. (Fall 12)

Die Vernetzung, die Robotik, der Umgang mit HMI-Interfaces, die softwaregestützte Arbeitsplanung und die Prozessvisualisierung bis hin zur softwarebasierten Materialflussplanung führen inzwischen wegen ihrer hohen Verbreitung zu einer relativ starken Herausforderung für Fachkräfte. Im Spitzenfeld bei den Einschätzungen der befragten Expertinnen und Experten liegen die Fernwartung und -diagnose, die Maschinen- und Betriebsdatenerfassung (MDE/BDE) sowie die Modernisierung von Anlagen, Maschinen und Systemen. Diese Technologien weisen oftmals einen sehr hohen Durchdringungsgrad mit IT-gestützten Aufgabenstellungen auf (zum Beispiel zur Aufbereitung der Daten) und gehören in allen Unterneh-

men mittlerweile zu den strategisch ausgerichteten Projekten und Produktionsoptimierungsansätzen. Diese Technologien sind dadurch gekennzeichnet, dass sie ohne anwendungsbezogene IT-Kenntnisse zur Programmierung und Softwarenutzung keine Zugänge mehr zum unmittelbaren Produktionsgeschehen zulassen, was insbesondere die Metallberufe vor große Herausforderungen stellt. Der Charakter der Programmierung, der hier allerdings Einzug in die Produktionsumgebungen hält, ist nicht oder selten auf Hochsprachenniveau angesiedelt (C, C++, Python, Java), sondern wird verstärkt im Sinne von Low-Code- und No-Code-Programmierungsansätzen umgesetzt. Im Bereich der Robotik wird dies besonders deutlich. Oft ist es nicht mehr erforderlich, Programmiercodes zu schreiben. Die „Programmierung“ von Abhängigkeiten beschränkt sich im Wesentlichen auf „Wenn-Dann“-Beziehungen.

FAZIT

Arbeitsorganisatorische Optimierungen in Unternehmen und der verstärkte Einsatz von Maschinen und Werkzeugen, die verschiedene Technologien und cyberphysische Einheiten zu konvergenten Einheiten verschmelzen, legitimieren dazu, den Begriff „Industriemechatronik“ zur Umschreibung dieser Entwicklungen zu nutzen. Dieser Sachverhalt legt es nahe, über eine Weiterentwicklung von Berufskonzepten nachzudenken. Beispielsweise werden aufgrund skizzierter Entwicklungen Neugestaltungen der M+E-Berufe auf der Grundlage von Kernqualifikationen interessant. Bei diesen Berufen steht das Produzieren, Fertigen, Instandhalten, Herstellen und Optimieren technischer Systeme unter Zuhilfenahme digitalisierter Werkzeuge, Methoden und Arbeitsorganisationsformen im Mittelpunkt. Die Berufe haben es in den Unternehmen bereits durchgängig mit mechatronischen Produkten und Produktionsweisen zu tun. Dazu benötigen alle Fachkräfte eine industriespezifisch ausgerichtete elektrotechnische Ausbildung, die als „Elektrofachkraft Industrie“ gekennzeichnet werden kann. Als Vorbild kann hier der zurückliegende Wandel im Berufsfeld „Fahrzeugtechnik“ dienen, bei dem die Weiterentwicklung der Ausbildungsberufe Automobilmechanikerin/Automobilmechaniker, Kfz-Mechanikerin/Kfz-Mechaniker und Kfz-Elektrikerin/Kfz-Elektriker zu dem eigenständigen mechatronischen Berufsbild Kfz-Mechatronikerin/Kfz-Mechatroniker gelungen ist.

Im Falle einer Neuordnung der M+E-Berufe mit Veränderung der Berufsstruktur kann eine verbesserte Flexibilität erreicht werden, wenn die Anzahl der in der M+E-Industrie ausgebildeten Berufe reduziert wird. Eine auf Industriemechatronik ausgerichtete

Ausbildungsstruktur kann dafür das Grundkonzept liefern.

Literatur

- BAUER, W.; STOWASSER, S.; MÜTZE-NIEWÖHNER, S.; ZANKER, C., BRANDL, K.-H. (Hrsg.) (2019): Transwork. Arbeit in der digitalisierten Welt. Stuttgart: Fraunhofer.
- BECKER, M., SPÖTTL, G.; WINDELBAND, L. (2021): Künstliche Intelligenz und Autonomie der Technologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: Seufert, S.; Guggemos, J.; Ifenthaler, D.; Seifried, J.; Ertl, H. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung: Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?! Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 31, S. 31–54, Wiesbaden: Steiner.
- BECKER, M.; FLAKE, R.; HEUER, CH.; KONEBERG, F.; MEINHARD, D.; METZLER, CH.; RICHTER, T.; SCHÖPP, M.; SEYDA, S.; SPÖTTL, G.; WERNER, D.; WINDELBAND, L. (2022): Evaluation der modernisierten M+E-Berufe – Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung (EVA M+E-Studie). Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd. DOI: 10.15488/11927
- BIBB (1997): BIBB aktuell 6/1997. Beilage zur Zeitschrift BWP.
- BOVENSCHULTE, M. (2020): Kognitive Assistenzsysteme. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Themenkurzprofil, Nr. 38.
- HIRSCH-KREINSEN, H.; ITTERMANN, P. (2019): Drei Thesen zu Arbeit und Qualifikation in Industrie 4.0. In: SPÖTTL, G.; WINDELBAND, L. (Hrsg.): Industrie 4.0. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- KAGERMANN, H.; LUKAS, W. D.; WAHLSTER, W. (2011): Industrie 4.0. Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. In: VDI-Nachrichten, Nr. 13.
- KATH, F. M.; SPÖTTL, G.; ZEBISCH, H.-J. (Hrsg.) (1985): Problematik der Lernorte – Rechnereinsatz im Unterricht – CNC-Technik in der beruflichen Bildung. Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- NEUBURGER, R. (2016): Der Wandel der Arbeitswelt in einer Industrie 4.0. In: OBERMAIER, R. (Hrsg.) (2016): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Wiesbaden: Gabler, S. 589–608.
- SCHMITT, B.; KLAFFKE, H.; SIEVERS, T.; TRACHT, K.; PETERSEN, M. (2021): Veränderungen der Kompetenzanforderungen durch Zukunftstechnologien in der industriellen Fertigung. In: SEUFERT, S.; GUGGEMOS, J.; IFENTHALER, D.; ERTL, H.; SEIFRIED, J. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung. Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?! ZBW, Beiheft 31, Stuttgart: Franz Steiner, S. 103–128.
- SCHUH, G.; KELZENBERG, CH.; HELBIG, J.; GRABERG, T. (2020): Kompetenzprofile in einer digital vernetzten Produktion. Forschungsförderung, Nr. 198. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- VOLLMER, TH. (1998): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung - mehr als nur eine schnellere CNC-Technologie. In: lernen & lehren, Heft 49, 13. Jg., S. 32–43.

Wasserstoffherzeugung

– wie ist die Berufsausbildung dazu aufgestellt?



GERT ZINKE

Wasserstoff ist in Deutschland aktuell ein energiepolitisches Megathema. Wie so oft bei neuen Technologien stellt sich verbunden damit die Frage nach den notwendigen Fachkräften und deren Qualifikationen. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, mehr Transparenz zu schaffen und am Beispiel der Wasserstoffherzeugung zu differenzieren, welche Qualifikationen und Berufe gebraucht werden. In Frage kommende Ausbildungsberufe werden exemplarisch zugeordnet und auf ihre Passung geprüft, besondere Anforderungen im Umgang mit Wasserstoff identifiziert und die Analyseergebnisse zusammengefasst. Neben der Schlussfolgerung, dass die vorhandenen Ausbildungsberufe die Bedarfe grundsätzlich abdecken, geht der Beitrag auf die Verantwortung der Arbeitgebenden für den Fachkräfteeinsatz und deren Weiterbildung ein. Abschließend wird das Potential der Wasserstoffthematik für Berufsschulen herausgestellt.

Weitere Informationen zum Thema sind verfügbar im BIBB Discussion Paper:

Sektoranalyse: Erzeugung, Speicherung und Transport von Wasserstoff. Eine Untersuchung im Rahmen des Projekts „H2PRO: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende“



WASSERSTOFF IST WICHTIG: ALS ENERGIETRÄGER, REDUKTIONSMITTEL UND INDUSTRIEROHSTOFF

Zur Erreichung der deutschen Klimaziele wird innerhalb der nächsten Jahre das Energiesystem auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden müssen. Der Fokus liegt dabei auf der Elektrifizierung von Endanwendungen und der Dekarbonisierung der Stromerzeugung durch den Ausbau der Nutzung von Wind- und Solarenergie.

Für den in Deutschland künftig produzierten „grünen“ Wasserstoff kann der erneuerbare Strom beispielsweise mittels Offshore-Windkraft, Onshore-Windkraft sowie Photovoltaikanlagen (PV) bereitgestellt werden. Der Anteil der einzelnen Energiequellen für die Wasserstoffherzeugung wird unterschiedlich prognostiziert. In einer der verfügbaren Studien wird ein Verhältnis der erzeugten Energie durch PV zu der durch Wind (Onshore) und Wind (Offshore) 9 zu 5 zu 1 angenommen (SMOLINKA et al. 2018); das heißt, der Offshore-Energieanteil für die Wasserstoffherzeugung ist der geringste. Daraus lassen sich Schlussfol-

gerungen für mögliche Standorte der Wasserstoffherzeugung und dessen Weiterverarbeitung ziehen.

Erwartet wird, dass Onshore-Anlagen eher kleinere Elektrolyseanlagen sind. Zwei wichtige Argumente sprechen dafür. Erstens, dass sie nah am Ort der Energieerzeugung „netzdienlich“ aufgestellt und zweitens, dass sie so unter Verwendung von Energieüberschüssen betrieben werden können.

Was heißt das? – Tatsache ist, dass bei Überkapazitäten Energie abgeregelt werden muss, weil sie nicht speicherbar ist. Diese Verlustmenge hat in den letzten Jahren mit steigender „Ökostromproduktion“ deutlich zugenommen. Im Jahre 2020 geschah das in Deutschland in einem Umfang von 6.146 GWh (BUNDESNETZAGENTUR 2022, siehe Abb. 1).

Dieser Ansatz verlangt, dass entsprechende Wasserstoffherzeugungsanlagen künftig unter variablen Lasten wirtschaftlich betrieben werden können. Wenn man in Betracht zieht, dass der Bruttojahresenergieverbrauch in Deutschland im Jahre 2020

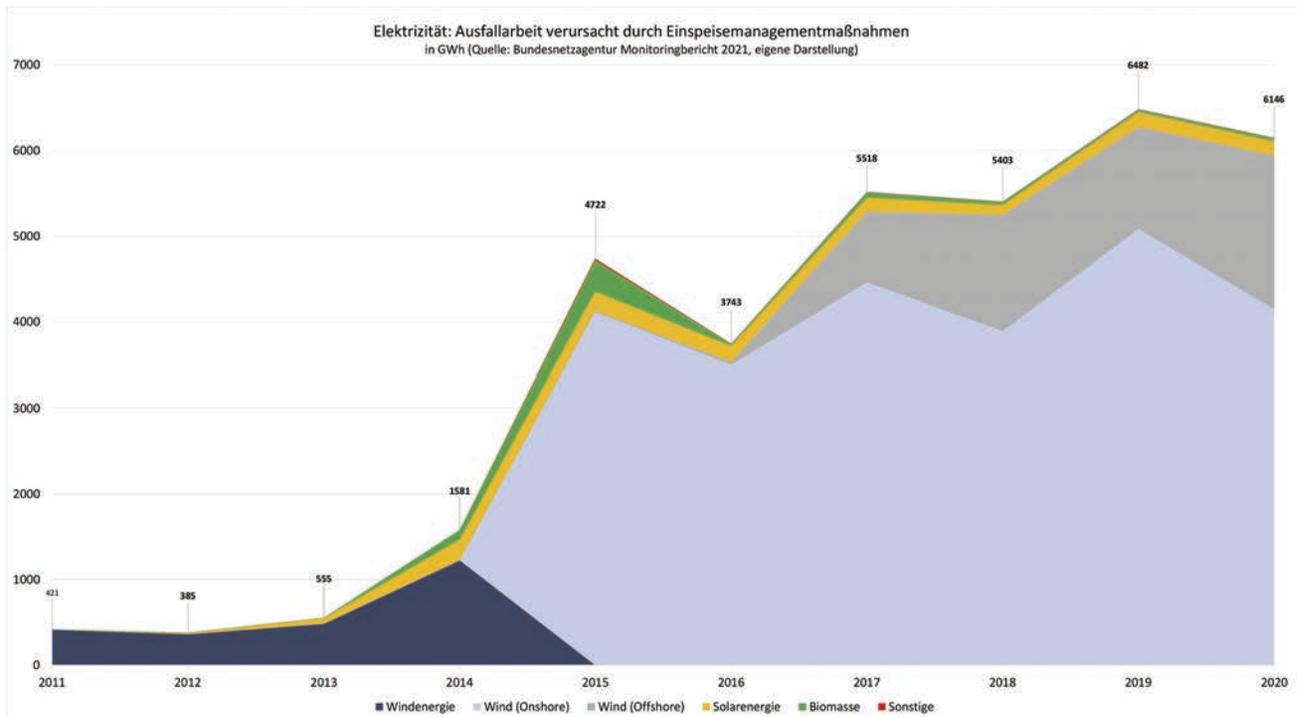


Abb. 1: Ausfallarbeit verursacht durch Einspeisemanagementmaßnahmen in GWh (Quelle: BUNDESNETZAGENTUR 2022, eigene Darstellung)

bei 2.317 TWh lag (vgl. AGE 2021) (1 TWh = 1.000 GWh), relativiert sich allerdings der mögliche Nutzeffekt für die Gesamtwirtschaft. Gleichzeitig demonstrieren diese Zahlen die Herausforderung der Energiewende.

Wasserstoff kann vielfältig genutzt werden. Nachfolgend werden fünf wichtige Anwendungsmöglichkeiten genannt:

1. Es besteht zunächst die Möglichkeit der Rückverstromung zu Elektroenergie. Die Wirtschaftlichkeit steht dem jedoch oft entgegen.
2. Ein weiterer Weg ist die Verwendung gerade des dezentral erzeugten Wasserstoffs im Mobilitätssektor, inklusive dem Aufbau eines größeren Wasserstofftankstellennetzes, z. B. für Nutzfahrzeuge, Bau- und Landmaschinen sowie Schienenfahrzeuge und Schiffe.
3. Eine Option ist die Wasserstoffverwendung als Energieträger im Wärmesektor, z. B. durch Beimischung in die vorhandene Gasversorgung. Damit ist eine dezentrale Einspeisung in die Gasnetze denkbar.
4. Für die Stahlindustrie wird Wasserstoff als wichtiges Reduktionsmittel gesehen. Anstelle bisheriger Hochöfen werden dafür Direktreduktionsanlagen geplant und errichtet.
5. Ebenso wichtig ist Wasserstoff als Rohstoff für die Chemieindustrie, z. B. für die Ammoniaksynthese. Allerdings wird die Herstellung von Ammoniak

schon aus Transportgründen eher unmittelbar an den Ort der Wasserstoffherzeugung gebunden sein.

Bezogen auf die benötigten Mengen an Wasserstoff insgesamt, werden Möglichkeiten zum Import von „grünem“ Wasserstoff erschlossen. Dieser Anteil soll künftig der größere sein.

WASSERSTOFF UND DIE FRAGE NACH DEM KÜNFTIGEN FACHKRÄFTEBEDARF

Zur breiten Einführung der Wasserstofftechnologien in Deutschland ist besonders unter dem Eindruck der aktuellen Arbeits- und Ausbildungsmarktsituation die Sicherung des Fachkräftebedarfs eine Grundvoraussetzung. Gefördert aus Mitteln und auf Initiative des BMBF laufen am BIBB deshalb aktuell unabhängig voneinander zwei parallele Projekte⁴:

- a) zum quantitativen Fachkräftebedarf: Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette „Wasserstoff“ (Laufzeit Okt. 2021 bis Dez. 2022, in Kooperation mit IAB und GWS),
- b) zum qualitativen Fachkräftebedarf: H2Pro – Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende (Laufzeit: Okt. 2021 bis Sep. 2024).

Am Anfang des Projekts H2Pro stehen fünf Sektoranalysen (vgl. SPÖTTL 2005; WINDELBAND & SPÖTTL 2003) in den Sektoren Wasserstoffherzeugung, Chemieindustrie, Mobilität, Stahlerzeugung und Infrastruktur/Wärme (siehe Abb. 2).

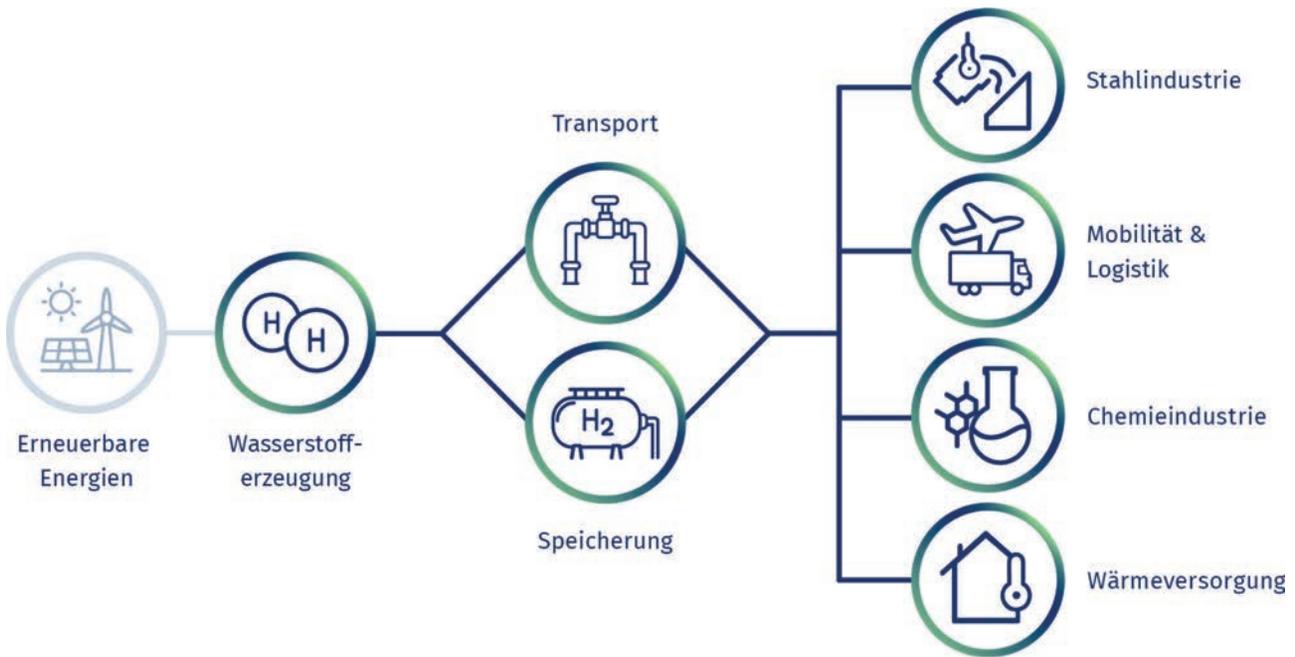


Abb. 2: Sektoren innerhalb des H2Pro-BIBB-Projekts „Wasserstoff als Zukunftsthema für die berufliche Bildung“ (Quelle: BIBB, H2Pro)

WICHTIGSTE (ZWISCHEN-)ERGEBNISSE ZUM QUALITATIVEN FACHKRÄFTEBEDARF IM SEKTOR WASSERSTOFFERZEUGUNG

Wird eine neue Technologie in der Breite eingeführt, folgt sehr schnell die Annahme, dass neue Berufe oder innerhalb von Ausbildungsberufen zumindest neue Strukturelemente wie Fachrichtungen, Schwerpunkte und Zusatzqualifikationen notwendig werden.

Das bisherige Fazit aus der Sektoranalyse „Wasserstoff-erzeugung“ (siehe Infokasten auf Seite 12), das allerdings noch durch weitere Fallstudien und Experteninterviews validiert werden soll, ist: Die bestehenden Ausbildungsberufe mit ihren Ausbildungsordnungen passen.

Die Vorgehensweise, die zu dieser Schlussfolgerung führte, war, dass zunächst die Wasserstoff-erzeugung,

gekoppelt mit Transport und Speicherung „zerlegt“ wurde in die Teilschritte

1. Planen und Entwickeln der Anlagen,
2. Errichten der Anlagen,
3. Überprüfen und Inbetriebnehmen,
4. Betreiben der Anlagen,
5. Überwachen und
6. Instandhalten.

Jedem dieser Teilschritte wurden dann Ausbildungsberufe zugeordnet, die am ehesten geeignet erscheinen.

Für Teilschritte werden nachfolgend exemplarisch Berufe benannt, wobei die Auflistung, insbesondere zum Teilschritt „Errichten“, nicht vollständig ist. Die Zuordnung ist eine noch vorläufige. Sie basiert zu-

	Errichten, Überprüfen und Inbetriebnehmen	Betreiben	Überwachen
Berufe (Beispiele)	Anlagenmechaniker/-in Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Behälter- und Apparatebauer/-in Industriemechaniker/-in Mechatroniker/-in Elektroanlagenmonteur/-in Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	Chemikant/-in Produktionsfachkraft Chemie	Fachinformatiker/-in Fachkraft für Schutz und Sicherheit Werkfeuerwehmann/Werkfeuerwehfrau

Tab. 1: Ausgewählte Teilschritte und exemplarisch zugeordnete Ausbildungsberufe zur Wasserstoff-erzeugung

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind
3	Betreiben von vernetzten Systemen und Sicherstellung der Systemverfügbarkeit (§ 4 Absatz 6 Nummer 3)	a) Systemauslastung überwachen und Systemstatus dokumentieren b) Systemdaten erfassen und im Hinblick auf Vorgabeparameter auswerten und Systemstörungen feststellen und beheben c) Daten auswerten, um Wartungsintervalle und Prozessabläufe zu optimieren d) System-, Diagnose- und Prozessdaten auswerten, Schwachstellen identifizieren und Maßnahmen ableiten e) Angriffsszenarien in cyber-physischen Systemen unterscheiden und antizipieren f) Anomalien in vernetzten Systemen feststellen und Schutzmaßnahmen einleiten g) bereichsspezifische Sicherheitslösungen implementieren h) Systemaktualisierungen vornehmen und Optimierungen vorschlagen

Tab. 2: Auszug aus dem Ausbildungsrahmenplan für den Beruf Fachinformatikerin/Fachinformatiker Fachrichtung Digitale Vernetzung (vgl. FIAusBV 2020)

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind
I.12	Instandhaltung von Produktionseinrichtungen (§ 4 Absatz 2 Abschnitt I Nummer 12)	a) Produktionseinrichtungen zur Reparatur und Wartung unter Beachtung sicherheitstechnischer Vorschriften und verfahrenstechnischer Bedingungen in und außer Betrieb nehmen b) Baugruppen und Bauteile unter Beachtung bauteilspezifischer Montagebedingungen austauschen c) Baugruppen und Bauteile sichern und transportieren d) vorbeugende Instandhaltung von Produktionseinrichtungen durchführen und dokumentieren

Tab. 3: Auszug aus dem Ausbildungsrahmenplan für den Beruf Chemikantin/Chemikant, die Instandhaltung betreffend (vgl. CHEMIK-AusBV 2009)

nächst auf der Dokumentenprüfung der Ausbildungsordnungen sowie eigener Kenntnisse und Erfahrungen. In ersten Interviews und Fallbeispielen wurden die Zuordnungen bestätigt. Dabei wurde außerdem deutlich, dass der zu erwartende quantitative Fachkräftebedarf insbesondere beim Betreiben der Anlagen eher gering ist und kleine Anlagen in einem „Remote-Modus“ laufen, ähnlich dem bei Biogasanlagen.

Die Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne dieser Berufe wurden dann daraufhin geprüft, ob die entsprechenden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten enthalten sind.

Deutlich wurde: Ausbildungsberufe, die hier genannt werden, sind „einschlägige“ gewerblich-technische Ausbildungsberufe. Dabei handelt es sich um Querschnittsberufe, d. h., sie kommen ohnehin bereits in vielen Wirtschaftsbereichen zum Einsatz und bedürfen dort jeweils einer Anpassung auf Umsetzungsebene. In den zugehörigen Ausbildungsordnungen sind Berufsbildpositionen und die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten technikoffen formuliert. Sie ermöglichen eine auf die Bedarfe der Ausbildungsbetriebe angepasste Vermittlung.

Als Beispiel wird hier der Ausbildungsberuf Fachinformatikerin/Fachinformatiker genannt. Der im Jahr 2020 neugeordnete Ausbildungsberuf beinhaltet insbesondere in der Fachrichtung Digitale Vernetzung das „Sicherstellen der Systemverfügbarkeit“ (vgl. Tab. 2).

Dieser Beruf und dessen Qualifikationen sind insbesondere für die virtuelle Überwachung und den Schutz der Anlagen notwendig. Die in der Tabelle genannten Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten spiegeln wider, dass dies in der Ausbildungsordnung grundsätzlich abgedeckt ist.

Für den Teilschritt Instandhaltung bringt neben Metall- und Elektroberufen auch der Beruf Chemikantin/Chemikant selbst wesentliche Qualifikationen mit, die im entsprechenden Ausbildungsrahmenplan, wie in Tab. 3 genannt, aufgeführt sind.

WASSERSTOFFERZEUGUNG UND SICHERHEIT: ANFORDERUNGEN AN DAS ARBEITEN AN DRUCKANLAGEN MIT EXPLOSIONSGEFÄHRDUNG UND KRITISCHER INFRASTRUKTUR

Wasserstofferzeugungsanlagen sowie Anlagen zur Speicherung und dem Transport von Wasserstoff sind

überwachungsbedürftige Anlagen (vgl. BETRSICHV 2015, Anhang 2, Abschnitte 3 und 4). Es handelt sich sowohl um Druckanlagen als auch um Anlagen mit Explosionsgefährdungen. Abhängig von Leistungsmerkmalen können Wasserstoffherstellungsanlagen künftig zur kritischen Infrastruktur gehören.

Für das Arbeiten an Wasserstoffleitungen oder -anlagen sowie für den Betrieb der Anlagen muss das Unternehmen für die Beschäftigten im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung geeignete Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der speziellen Eigenschaften von Wasserstoff festlegen. Entsprechende Handlungsempfehlungen werden aktuell vom Verband der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen (DGUV) erarbeitet (vgl. SEEMANN 2022).

Von diesen Rechtsgrundlagen ausgehend ergibt sich, dass einschlägige Gesetze und Normen zu berücksichtigen sind, die über eine in der Regel abgeschlossene, einschlägige Berufsausbildung hinaus weitere notwendige Anforderungen an die Qualifikation der Fachkräfte und deren Einsatz festlegen.

Erneut können hier Anforderungsmerkmale an die Fachkräfte nach Teilschritten unterschieden werden, wie das Überprüfen und Inbetriebnehmen, das Betreiben, das Überwachen und das Instandhalten der Anlagen. Auf Grundlage der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und weiterer geltender Regelwerke werden die Fachkräfte und damit verbundene Anforderungen an deren Qualifikation entsprechend ihrer Funktionen benannt. Insbesondere sind das zunächst:

- fachkundige Personen zum Betreiben der Anlagen,
- fachkundig unterwiesene und beauftragte Personen zum Instandhalten,
- zur Prüfung befähigte Personen für das Überprüfen und In-Betrieb-Nehmen.

Werden für die Überprüfung und Inbetriebnahme, abhängig vom Prüfanlass und der Größe der Anlage, externe Dienstleister beauftragt, sind das zugelassene Überwachungsstellen (ZÜS) mit entsprechend qualifiziertem Personal.

„Fachkundig ist, wer zur Ausübung einer in dieser Verordnung bestimmten Aufgabe über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der jeweiligen Art der Aufgabe. Zu den Anforderungen zählen eine entsprechende Berufsausbildung, Berufserfahrung oder eine zeitnah ausgeübte entsprechende berufliche Tätigkeit. Die Fachkenntnisse sind durch Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten.“ (BETRSICHV 2015)

Für das Arbeiten als zur Prüfung befähigte Person unterscheiden sich die gestellten Anforderungen, abhängig davon, ob es sich um Druckanlagen oder explosionsgefährdete Anlagen handelt. Für das Arbeiten an explosionsgefährdeten Anlagen wird eine behördliche Anerkennung notwendig. Nähere Regelungen für das Arbeiten speziell an Wasserstoffherstellungsanlagen liegen derzeit (noch) nicht vor.

Die Entscheidung über den Einsatz als fachkundige Person wie auch als zur Prüfung befähigte Person liegt bei der Arbeitgeberin bzw. dem Arbeitgeber. Die Qualifikationsanforderungen ergeben sich aus den gestellten Arbeitsaufgaben und müssen im Einzelfall geprüft werden. Schulungen, Zertifikate und Prüfungen sind hier nicht verpflichtend. Zum Zwecke der Befähigung ist die regelmäßige Weiterbildung und Qualifizierung der Fachkräfte allerdings naheliegend und gefordert (vgl. dazu auch MEKUN 2021).

WEITERBILDEN, ABER WIE?

In der Chemieindustrie wird konventionell erzeugter Wasserstoff bereits seit Jahrzehnten genutzt. Es kann angenommen werden, dass hier gesammelte Erfahrungen und Qualifizierungsinhalte auf die Erzeugung und Verwendung von grünem Wasserstoff weitgehend übertragen werden können.

Gleichzeitig wachsen aktuell, getrieben vom Wasserstoffhype, auf dem Weiterbildungsmarkt Angebot und Nachfrage von Qualifizierungsmöglichkeiten. Besonders hilfreich ist die Weiterbildung dann, wenn sie über die kenntnisorientierte Gestaltung hinaus zu einer Befähigung führt. Um hier eine Passung zwischen Bedarf und Nachfrage herzustellen, ist die Benennung der zu erfüllenden typischen Arbeitsaufgaben eine notwendig erscheinende Ausgangsbasis. Die Ergebnisse aus der Gefährdungsbeurteilung lassen ebenfalls Qualifizierungsbedarfe erkennen.

Die Verantwortung für den Einsatz und die Qualifizierung der Fachkräfte nach Funktion und Aufgabe liegt bei den Unternehmen. Das ist vergleichbar mit dem Einsatz einer Fachkraft als Elektrofachkraft.

Eine durch Weiterbildung beförderte Sensibilisierung der Fachkräfte, was Technologien, gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung und Umgang mit Wasserstoff betrifft, ist darüber hinaus sicher hilfreich. Damit können Vorbehalte abgebaut und die Begeisterung für die Nutzung neuer Technologien vergrößert werden.

ERWARTUNGEN AN DIE BERUFSSCHULEN

Die Wasserstoffherzeugung und die gesamte Wasserstoffnutzung haben im Vergleich mit dem Megatrend der Digitalisierung nicht die gleiche Tragweite. Der quantitative Fachkräftebedarf, bezogen auf die ge-

nannten Ausbildungsberufe, wird gemessen an der Gesamtwirtschaft eher gering ausfallen.

Jedoch ist das Wasserstoffthema für die Berufsschule trotzdem ein „Gewinn“, denn es hat Potential, um daran technologischen Wandel, Nachhaltigkeit, Dekarbonisierung und Klimaschutz exemplarisch festzumachen. Dafür lohnt es sich, Projekte und Beispiele aufzubereiten. Neben der Wasserstofferzeugung sind auch andere Sektoren, wie Mobilität, Chemie, Stahlerzeugung und Wärme/Infrastruktur, interessante Technologiefelder. Ausbildungsberufsabhängig können Ankerpunkte und Zugänge identifiziert werden. Beispiele liefern die Flagship-Programme der Nationalen Wasserstoffstrategie (BMWK 2022), die IPCEI-Landkarte (Important Projects of Common European Interest)² sowie Aktivitäten im jeweiligen regionalen Umfeld.

Der Blick auf den regionalen Kontext lohnt besonders, weil sich damit Möglichkeiten zum Netzwerken ergeben. Damit kann die Berufsschule ihr Image als Partnerin in der Lernortkooperation und als Knotenpunkt für die Fachkräftegewinnung stärken – angefangen bei der Berufsorientierung bis hin zur Qualifizierung von Technikerinnen und Technikern.

Anmerkungen

- 1) Vgl. <https://www.bibb.de/de/153294.php>
- 2) https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/I/ipcei-standorte.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Literatur

- AGEB (AG ENERGIEBILANZEN E. V.) (2021): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – Daten für die Jahre von 1990 bis 2020. Online verfügbar: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/04/awt_2020_d.pdf, abgerufen am 17.01.2023.
- BETRISICHV (BETRIEBSSICHERHEITSVERORDNUNG) (2015): Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln. Online verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/betrsv_2015/BetrSichV.pdf.
- BMWK (Hrsg.) (2022): Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Online verfügbar: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2022/fortschrittsbericht-wasserstoffstrategie-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 19.09.2022.
- BUNDESNETZAGENTUR (Hrsg.) (2022): Monitoringbericht 2021. Online verfügbar: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf;jsessionid=OD1BBFFC115E9A561050202338D9D8BB?__blob=publicationFile&v=7.
- CHEMIKAUSBV (2009): Verordnung über die Berufsausbildung zum Chemikanten/zur Chemikantin. Online verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/chemikausbv_2009/ChemikAusbV_2009.pdf.

FIAusbV (2020): Verordnung über die Berufsausbildung zum Fachinformatiker und zur Fachinformatikerin. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020, Teil I Nr. 9.

MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT, NATUR UND DIGITALISIERUNG DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (MEKUN) (2021): Handlungshilfe für Genehmigungsverfahren und zur Überwachung von Anlagen zur Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser. Online verfügbar: <https://wasserstoffwirtschaft.sh/file/handlungshilfeelektrolyse.pdf>, abgerufen am 19.10.2022.

SEEMANN, A. (2022): Gasversorgung, Wasserstoff und Arbeitsschutz. Online verfügbar: https://forum.dguv.de/issues/RZ_S036-039_1.10_Wasserstoff_1.pdf, abgerufen am 11.10.2022.

SMOLINKA, T.; WIEBE, N.; STERCHELE, P.; PALZER, A. (2018): Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme. Online verfügbar: <https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Publikationen/Studien/Studie-IndWEde.pdf>

SPÖTTL, G. (2005): Sektoranalysen. In: RAUNER, F. (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bertelsmann: Bielefeld, S. 112-118

WINDELBAND, L.; SPÖTTL, G. (2003): Forschungshandbuch – Instrumente zur Früherkennung von Qualifizierungsbedarf. Papier 1. Flensburg. https://www.academia.edu/es/56812239/Entwicklung_von_berufswissenschaftlichen_Forschungsinstrumenten_zur_Fr%C3%BCherkennung_von_Qualifikationsbedarf_Leonardo_Projekt_EarlyBird_1

Technologieentwicklung rund um Industrie 4.0

– Kompetenzen für die Zukunft



© privat
THOMAS LEUBNER



© privat
BARBARA OFSTAD



© privat
ROLAND GAMBÖCK

Im Artikel stehen Aktivitäten der Firma Siemens im Mittelpunkt, um beispielhaft aufzuzeigen, wie international ausgerichtete Unternehmen ihre Facharbeiterinnen und Facharbeiter fit für die digitale Transformation machen. Ziel ist dabei, Fachkräfte in ihren Rollen zu stärken und auf die Annahme von Innovationen in der modernen Arbeitswelt vorzubereiten. Die Digitalisierungs-Roadmap, die das Unternehmen als Antwort auf Industrie 4.0 und die jüngste Novelle der M+E-Ausbildung vorangetrieben hat, wird seit längerem auch für erfahrene Fachkräfte eingesetzt, um durch Weiterbildungen einen möglichst breiten Kompetenzaufbau im Unternehmen zu gewährleisten.

EINLEITUNG

Der viel diskutierte Fachkräftemangel hat die deutsche Wirtschaft längst erreicht. Zu den Berufsberreichen mit den größten prognostizierten Lücken zählen neben Pflege, Bildung und Handwerk insbesondere auch Metall- und Elektroberufe sowie Berufe im IT-Bereich (vgl. SCHIRNER, MALIN, HICKMANN & WERNER 2021). Im Fachkräftebereich fehlten 2021 über 587.000 qualifizierte Personen, so dass knapp 23 Prozent der Stellen nicht besetzt werden konnten. Insbesondere eine abgeschlossene Berufsausbildung wird dort verlangt. Aber auch für akademisch ausgerichtete Expertenstellen (knapp 170.000 sind offen) finden sich in 40 Prozent der Fälle keine qualifizierten Bewerberinnen und Bewerber.

Das vom Autorenteam vertretene Unternehmen Siemens ermittelt die Bedarfe durch eine Methodik namens #NextWork, um den digitalen Wandel in allen Unternehmensbereichen festzustellen. Die Ergebnisse werden in der Folge genutzt, um systematisch den Weiterbildungsbedarf der Mitarbeitenden zu ermitteln. Seit Sommer 2020 wurden die Profile von rund 38.000 Mitarbeitenden in 38 #NextWork-Workstreams analysiert. Im Geschäftsjahr 2022 wurden mit ca. 257.000 Lernstunden rund 2.000

Mitarbeitende weitergebildet. Dies ist ein Anstieg im Vergleich zum Vorjahr um ca. ein Viertel.

Im Artikel wird am Beispiel von Robotik, Internet of Things (IoT) und Low Coding aufgezeigt, welche Inhalte und Methoden des Kompetenzaufbaus für Auszubildende sowie Mitarbeitende, speziell in Produktion und Service, zum Tragen kommen.

INNOVATIONEN IN DER AUSBILDUNG

In der Ausbildung bei Siemens wurden mittels einer Digitalisierungsroadmap (vgl. LEUBNER, LIEBERT, SIEBEL, KINSCHER & KUNZ 2017; HOLLATZ & OFSTAD 2021) in den letzten Jahren über zwei Drittel der bestehenden Ausbildungsinhalte erneuert oder angepasst. Die Trainingsinfrastruktur wurde erweitert und das Ausbildungspersonal auf die neuen Themen und Konzepte geschult, damit Trainerinnen und Trainer treibende sowie initiative und nicht bremsende Personen der digitalen Transformation in der Berufsausbildung sind (vgl. ESSER 2018).

Im weiteren Verlauf wurden auch die Ausbildungsphilosophie reformiert und der didaktische Ansatz weiterentwickelt. Anforderungen an die künftigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind anders als früher, aber auch die künftigen Generationen Z und

Alpha sind heterogener mit unterschiedlichen Bedürfnissen. Nicht zuletzt wünschen sich Ausbilderinnen und Ausbilder mehr Flexibilität für die neuen Themen (siehe Tab. 1). Zudem ist essenziell, dass sie zu Coaches und Lernbegleiterinnen bzw. Lernbegleitern werden. Es wird zunehmend wichtiger, die Individualkompetenzen der Lernenden zu fördern und zu erfassen.

Didaktik der Zukunft	<p>Es wird zunehmend wichtig, die Individualkompetenzen der Lernenden zu erfassen.</p> <p>Die Rolle der Trainerinnen und Trainer als kontinuierliche Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner ist essenziell; sie werden zu Coaches und Lernbegleiterinnen.</p> <p>Die Trainerinnen und Trainer sollen möglichst lange und mit mehr Gestaltungsräumen in den Gruppen sein.</p> <p>Es gilt: hochwertige fachliche Breite und Einheitlichkeit der Ausbildung plus kunden- sowie standortspezifische Tiefe.</p> <p>Es ändern sich die didaktisch-methodischen Anforderungen</p>
----------------------	--

Tab. 1: Eckpfeiler der neuen Ausbildungsphilosophie

Eine Kernidee bei der erneuerten Ausbildungsphilosophie, die firmenintern unter COPEd (Competence and Project-based Education) läuft, ist der im Verlauf der Ausbildungsphase zunehmende Selbstlernanteil. Dieser wird unterstützt durch lokale Lernbegleiterinnen und Lernbegleiter in der Ausbildungsabteilung. Zu Beginn der Ausbildung werden die beruflichen Grundlagen erarbeitet und das Lernen verläuft noch sehr moderiert und gestützt. Zunehmend liegt der Fokus mehr auf dem Lernen in Projekten, deren Analyse und Reflexion. So werden Transferlernen und der Umgang mit dynamischen und komplexen Technologien anschaulich und in einer geschützten Umgebung geschult (vgl. HOLLATZ & OFSTAD 2021).

LEBENSLANGES LERNEN IN DER WEITERBILDUNG

Im Jahr 2022 gab Siemens für die Weiterbildung seiner Mitarbeitenden 205 Mio. Euro aus.¹ Schon vor der Pandemie waren digitale Lernplattformen (DLP), in diesem Fall die „MyLearningWorld“, integraler Bestandteil des Angebots für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Digitale Lernstunden wurden systematisch erfasst, incentiviert und gesteigert. Die Online-Lernplattform bietet mehr als 100.000 Lerninhalte, die den unterschiedlichen Interessen und besonderen Anforderungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gerecht werden sollen. Die Beschäftigten finden hier eine große Anzahl an Lernformaten wie Videos, E-Learning-Module, virtuelle Kurse und Fachliteratur

bis hin zu Podcasts und E-Books. Durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz werden den jeweiligen Mitarbeitenden auf deren Nutzungsverhalten basierende Lerninhalte empfohlen.

Besonderer Schwerpunkt ist seit einigen Jahren auch die technische Weiterbildung rund um Digitalthemen, um Fachkräfte in den Werken und im Servicebereich – die sogenannten „blue-collar“-Bereiche – bei der digitalen Transformation mitzunehmen. Kofinanziert über einen vom Vorstand initiierten Zukunftsfonds geht es seit 2018 gerade auch um die Menschen, deren Ausbildung oder Studium schon länger her ist. Zukunftskompetenzen werden im Rahmen eines methodisch sauberen Projektansatzes namens #NextWork für „Werkerinnen“ und „Werker“ eruiert und mittels Weiterbildungsmaßnahmen trainiert. #NextWork verschafft Orientierung und Transparenz über geschäftsrelevante Rollen und Kompetenzen. Kontinuierlich und frühzeitig werden Trends im Arbeitsmarkt in den für das Unternehmen relevanten Branchen

und den eigenen Standorten analysiert. Auf dieser Grundlage wird dann geprüft, welche Jobrollen sich inhaltlich verändern (müssen), mit welchen Weiterbildungsmaßnahmen die Mitarbeitenden beschäftigungsfähig gehalten werden können oder welche Kompetenzen extern am Markt rekrutiert werden müssen. Aus dem Bedarf an Fort- und Weiterqualifizierung werden schließlich konkrete, individuelle Entwicklungspfade und Qualifizierungsmaßnahmen für die Mitarbeitenden abgeleitet.

Die Aus- und Weiterbildungsangebote sind Teil des Nachhaltigkeitsanspruches des Unternehmens und leisten neben dem unternehmerischen auch einen gesellschaftlichen Beitrag für Siemens, denn diese Qualifizierungsmaßnahmen werden auch außerhalb des Konzerns vermarktet. Damit haben auch kleine und mittelständische Unternehmen, die selbst nicht die Infrastruktur oder Personaldecke haben, die Möglichkeit, ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weiterzubilden.

Die Themen der Digitalisierungs-Roadmap (vgl. LEUBNER et al. 2017) sind auch für erfahrene Fachkräfte relevant, um durch Weiterbildung einen möglichst breiten Kompetenzaufbau zu gewährleisten. Vorhandene Kompetenzen bei Trainerinnen und Trainern sowie Trainingsinfrastruktur können synergetisch genutzt werden, sofern die didaktischen Konzepte zielgruppenspezifisch angepasst werden. Dabei wird auch in der Erwachsenenpädagogik auf digitale und hybride Lernformate gesetzt. Bei den technischen Themen ist grundsätzlich auch ein haptischer Anteil vor Ort enthalten.

SiTecSkills Academy²

Das Unternehmen hat eine eigene Digitalisierungs-Akademie gegründet, die SiTecSkills Academy. Dort werden u. a. angelernte und ungelernete Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – die sog. „blue collar worker“ – gezielt zu Facharbeitenden mit Digitalisierungs-Skills weiterqualifiziert. Dieses Weiterbildungsangebot der SiTecSkills Academy gilt nicht nur für Mitarbeitende des Unternehmens, sondern kann auch von externen Lernenden genutzt werden.

Um nur zwei Beispiele aus den Produktionsstandorten zu illustrieren: Erst kürzlich hat sich eine Küchenkraft aus der Kantine zur Mechatronikerin weitergebildet, ein anderer Mitarbeiter aus dem Lager konnte sich zum Roboter-Trainer weiterqualifizieren. Es sind vor allem die digitalen Inhalte und Kompetenzen, die für künftige Rollen der Mitarbeitenden notwendig sind. So ist beispielsweise inzwischen die Weiterbildung von Kaufleuten zu Data-Analysten gefragt.

WEITERENTWICKLUNG DER CURRICULA

In der Ausbildung gilt es, neue Inhalte für Auszubildende, duale Studierende und auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sich technisch weiterbilden wollen, kontinuierlich zu eruieren, in ihrer Relevanz und Dringlichkeit zu bewerten und für die Lernenden inhaltlich und didaktisch aufzuarbeiten, selbst wenn sich Ausbildungsrahmenpläne nicht ändern. Hierbei setzt das Unternehmen auf einen systematischen „Product Lifecycle Management Prozess“. Das Objekt des Prozesses – das Produkt – ist hierbei der

Bildungsgang oder allgemeiner formuliert das Lernangebot und der Inhalt.

Über die Ausbildungsrahmenpläne hinaus sind drei unterschiedliche Arten von vornehmlich internem Input relevant (vgl. Abb. 1): Workforce-Transformations-Projekte, Innovationen und Trends sowie strategische Kundenpanels.

Neben den Ansätzen, die sich aus dem Projekt #NextWork ergeben, hilft ein systematisches, jährliches Trendradar, Innovationsthemen zu analysieren und zu bewerten. Dieses Trendradar wird von einem Team von Ausbildungspersonal zusammen mit relevanten Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartnern aus dem Business und aus der zentralen Technologie-Abteilung und sogar mit externen Stakeholdern (z. B. aus Forschungsinstituten oder Verbänden) im Dialog erstellt (vgl. HOLLATZ & OFSTAD 2021). Es empfiehlt sich, nicht nur die Themen selbst, sondern auch Frisrtigkeit und Prioritäten für die Ausbildung in einem solchen Dialog zu erarbeiten. Im Dialog konnten relevante Themen wie u. a. Robotik, Smart Grid Systems, Cyber-Security sowie zu den technologischen Themen integrativ einwirkende Schwerpunkte wie „Low Coding“ und „Extended Reality“ ermittelt werden. Der Vorteil dieses breit angelegten Vorgehens ist die hohe Akzeptanz und Praxisrelevanz für die konzernweite Ausbildung und ihre Themen.

Ein weiterer Baustein, um systematisch relevante Zukunftsthemen in der Ausbildung zu erkennen, sind Kundenpanels. Mit den Führungs- und Fachkräften der größten internen Abnehmerinnen und Abnehmer von Azubis und dualen Studierenden, die in der SPE

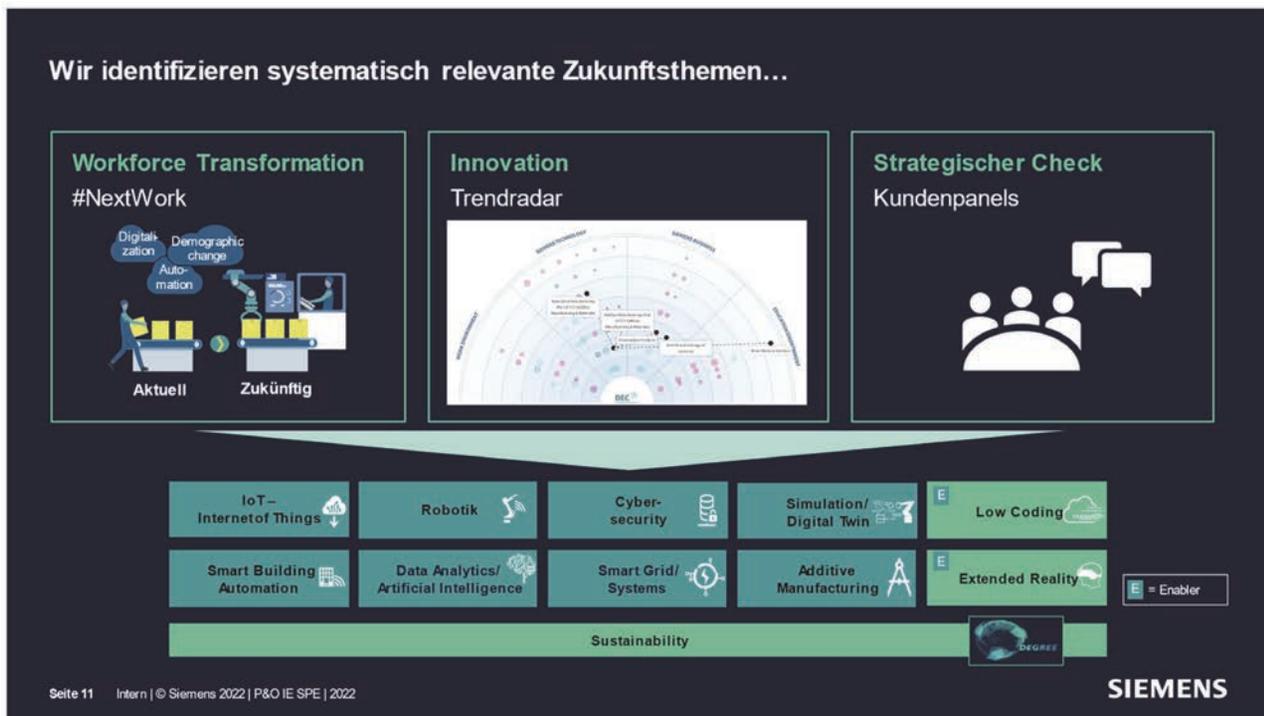


Abb. 1: Systematische Eruierung von Zukunftsthemen

... und setzen sie mit innovativen Ansätzen in der Ausbildung um.
Einige Beispiele

IoT – Internet of Things	Robotik	Cyber-security	Simulation / Digital Twin	Low Coding
Smart Building Automation	Data Analytics/ Artificial Intelligence	Smart Grid/ Systems	Additive Manufacturing	Extended Reality
Sustainability				

Robotik

- > Leichtbaurobotik als System inkl. Programmierung, Safety- Basic
- > NoCode/ LowCode mit Wandelbots
- > Integration in Totally Integrated Automation
- > KI-Use Case „Bin Picking“

IoT – Internet of Things

- > Digitale Fertigung als Cyberphysisches System mit Industrial Edge und Predictive Maintenance inkl. Energiemonitoring
- > Automated Guided Vehicle (AGV) mit Low Coding, Industrial Edge, Digital Twin

Extended Reality

- > Virtual Reality mit Sicherheit in der Elektrotechnik mit „5-Sicherheitsregeln“
- > Virtual Reality mit elektrische Antriebe als immersives Lernerlebnis
- > Augmented/ Mixed Reality mit SiemensHololayer u.a. Objekt annotationen, IoT Dashboards

Seite 12 Intern | © Siemens 2022 | P&O IE SPE | 2022

SIEMENS

Abb. 2: Innovative Technologiebeispiele in der Ausbildung

(Siemens Professional Education) ausgebildet werden, werden mindestens einmal jährlich Workshops ausgerichtet, um die Bedarfe zu verstehen und nah an Anwendungsfällen in der Praxis auszubilden.

Die Themen „Sustainability“ und „Green Skills“ haben aufgrund der Ausbildungsrahmenpläne und der internen Priorisierung des Konzerns auch als Querschnittsthema Eingang in die Ausbildungscurricula gefunden.

ZUKUNFTSKOMPETENZEN: ROBOTICS, IoT UND EXTENDED REALITY

An einigen Beispielen wird nachstehend erläutert, was es konkret heißt, für die Zukunft auszubilden (vgl. Abb. 2).

Beispiel Robotik

Im Themenbereich der Robotik wurde in enger Zusammenarbeit mit Bedarfsträgern aus den Produktionen und Fertigungen sowie Robotik-Integratoren eine Roboterzelle als System konzipiert und entwickelt. Elementar war dabei die Gesamtbetrachtung des Systems inkl. Endeffektoren, Vorrichtungen und Werkstücken unter Einhaltung sämtlicher biomechanischer Grenzwerte und Sicherheitsfunktionen zur Erfüllung und Sicherstellung der einschlägigen Regelwerke und Normen (u. a. ISO/TS 15066). Die daraus entstandene Lösung bietet den optimalen Ansatz für die Vermittlung und Ausbildung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten und somit den bestmöglichen Anwendungstransfer für die Praxis und die Sicherstellung der beruflichen Handlungsfähigkeit. Konkret

wurden die inhaltlichen Lernziele gespannt von den Grundlagen der Robotik über Systeme, Einsatzgebiete und Einteilung von Industrierobotern (mit Fokus Leichtbaurobotik), Unterscheidung von Kinematiken, Mensch-Roboter-Kooperation und Roboterethik, relevanten Kenngrößen wie Wiederhol- und Positioniergenauigkeit, Antriebstypen und Getriebearten, Effektoren und Greifersysteme, Wegmesssysteme, Unterscheidung von Bewegungsarten bis hin zu den wichtigen Bereichen der Programmiersprachen und einem durchgängigen Sicherheitskonzept.

Für eine bessere Verzahnung dieser Lerninhalte mit den Praxisübungen wurde zu den Lerninhalten eigens ein interaktives E-Learning mit integrierten Lernerfolgskontrollen entwickelt. Die Roboterzelle ist als Industriestandard ausgeführt. D. h., die grundlegende Basis dafür ist eine CE-Zertifizierung, eine ganzheitliche Risikobeurteilung im Kontext zu den Anwendungsfällen und Programmieraufgaben, die Auswahl und Verwendungsmöglichkeit verschiedener Betriebsarten im Zusammenhang mit Arbeitsräumen und einer möglichen MRK (Mensch-Roboter-Kollaboration)³ (abhängig von einer sinnhaften Prozessverwendung) sowie die Möglichkeit einer Anbindung an übergeordnete Steuerungs- und Kommunikationssysteme, wie z. B. an das TIA-Portal von Siemens via PROFINET IO (Process Field Network - Input Output).

Die erhöhte Relevanz von Roboteranwendungen in Fabriken basiert auf einer zunehmend günstigen Preisentwicklung der Roboter, vor allem bei industriellen Leichtbaurobotern, bei gleichzeitig zunehmendem Leistungs- und Funktionsumfang. Dazu gehören z. B. integrierte Kraft-Momenten-Sensoren oder ad-

aptive Greifersysteme für eine sichere und komfortablere „Plug-and-Play“-Verwendung. Vor allem aber erhöht sich der Funktions- und Leistungsumfang aufgrund stärkerer Skalierungseffekte durch immer neue Software-Features. Diese Tatsache muss auch entsprechend im praktischen Teil der Übungs- und Trainingssituationen berücksichtigt werden.

Der Vorteil einer möglichst einfachen und meist grafisch-assistenz-basierten Programmierung liegt in puncto Schnelligkeit und weniger spezifischen Programmierkenntnissen vs. speziellen notwendigen Programmierkenntnissen in Hochsprachen oder proprietären Herstellersprachen auf der Hand. Dieser schnellere und breitere Einsatz durch No-/Low-Coding erschließt mehr Perspektiven in Bezug auf Fachkraft-Jobprofile wie Systembetreuerin und Systembetreuer oder Instandhalterin und Instandhalter und ist in Zeiten eines erhöhten Fachkräftemangels ein entscheidender Vorteil für Produktivität und Qualität. Für komplexere Bahnbewegungen wurden die Robotikzellen um eine zusätzliche Low-Coding-Lösung mittels eines handgeführten Stifts erweitert. Mittels verschiedener Aufsätze auf den Stift, z. B. für Klebe- oder Schweißanwendungen, kann der Roboterprozess einfach per Hand vorgemacht und gleichzeitig als „Programm“ übersetzt und aufgezeichnet werden.

Neben den Vorteilen durch No-/Low-Coding-Effekte gilt es, erweiterte Funktionen für integrierte Hochsprachen und Scripting-Funktionen vorzuhalten, um die Schnittstellen und Möglichkeiten im Sinne einer „offenen Software-Kollaboration“, z. B. durch überlagerte Automatisierungssysteme wie das TIA-Portal oder Standard Software Plattformen wie die Open-Source-Software ROS (Robot Operating System), flexibel und interoperabel zu nutzen. Im Qualifizierungslevel „Advanced“ erschließen sich dadurch vermehrt auch Möglichkeiten für sehr leistungsstarke Auszubildende und dual Studierende in späteren Spezialistinnen/Spezialisten- und Technoginnen/Technologen-Jobprofilen. Sie können erlernen, komplexere KI-Anwendungen mit Vision- und Kamerasystemen wie z. B. selektivem Greifen oder Bin-Picking⁴ im Kontext von erhöhten Produktivitäts-Kennzahlen erfolgreich umzusetzen.

Beispiel AGV (Automated Guided Vehicle)

Im weiteren Themenumfeld der Robotik entwickelt sich zusammen mit dem sogenannten Industrial Internets of Things (IIoT) ein ebenfalls stetig zunehmender und wichtiger Bereich der mobilen Robotik. Gerade in Fabriken und Werken kommen eine Vielzahl von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) zum Einsatz, auch sogenannte AGV sind oftmals das Rückgrat einer automatischen und scheinbar

menschenfreien Sicherstellung von Intra-Logistik und Materialnachschub für die Produktionslinien. Deshalb wurde in ein plattformbasiertes AGV mit zukunftsfähiger Erweiterungsmöglichkeit in Punkto Innovation und Technologieoffenheit im Rahmen der Bildungsprogramme investiert. Das AGV bietet für die Lernenden ein breites Spektrum für Vertiefung und Anwendung in Themengebieten wie der Leistungselektronik, z. B. durch das Designen und Entwickeln eigener Steuerplatinen zur Erzeugung der benötigten Logiken und Spannungen, ebenso für die Auswertung und Weiterverarbeitung der jeweiligen Sensoriken, z. B. durch einen Lidar-Sensor⁵ für die Kartierung und eine dynamische Hindernis-Navigation (u. a. um Menschen oder Objekte). Hier ist sicherlich auch noch der Bereich der Aktorik zu nennen, der dann im Gesamtsystem über die Verarbeitung in der Microcontrollerebene und der Regelungstechnik die einzelnen Antriebe der Mecanum-Räder ansteuert und so auch omnidirektionale Bewegungen erlaubt. Neben den klassischen, aber nicht minder komplexen, Bereichen wie Elektronik, Regelungstechnik und Sensorik/Aktorik liegt aber auch bei diesem AGV-System der Schwerpunkt auf einer immer stärkeren Software-Skalierung im Kontext der Zunahme an IT-/OT-Konvergenz.

Dies lässt sich an dem verwendeten IoT-Gateway, dem SIMATIC IOT 2050, verdeutlichen. Das intelligente IoT-Gateway erfasst, verarbeitet, harmonisiert und speichert Daten aus unterschiedlichen Datenquellen direkt vor Ort, z. B. an der Maschine. Damit können die Vorteile der Edge-Computing-Funktionalitäten (u. a. Vorverarbeitung der Daten und Aggregation an lokalen Knotenpunkten, Echtzeitfähigkeit von Daten, Erhöhung der Ausfallsicherheit durch stärkere Dezentralität, kein bzw. sicherer Transfer von sensiblen Daten) als Link zwischen Industrial Edge und cloudbasierten Systemen, wie z. B. MindSphere[®] als IoT-as-a-Service-Lösung zur Speicherung und Archivierung von Daten, voll ausgeschöpft werden. Durch die zunehmende IT-/OT-Konvergenz ergibt sich automatisch eine stärkere Adressierung von IT-Lösungen im industriellen Umfeld. Es werden stärkere Basis-Kompetenzen im Bereich Kenntnisse und Funktionsweisen von Netzwerken generell, im Umgang und der Verwendung eines industriellen Betriebssystems, z. B. auf Basis von Linux, sowie im Zusammenspiel unterschiedlicher Kommunikationsprotokolle/-bibliotheken (z. B. UART, OPC UA) benötigt. Vor allem braucht es ein Verständnis der jeweils zu verwendenden Knoten-Software, u. a. Node-RED als Low-Code-Applikation für das logische Verbinden von Sensorik/Aktorik, das ROS2-Framework inkl. Hochsprachenprogrammierung für das übergeordnete

weiter auf Seite 23

BIBB VERMELDET WENIG DYNAMIK AUF DEM AUSBILDUNGSMARKT

Die Zahl der neu abgeschlossenen dualen Ausbildungsverträge ist im Ausbildungsjahr 2022 zwar mit insgesamt 475.100 Verträgen gegenüber dem Vorjahr um 2.100 Verträge beziehungsweise 0,4 % leicht gestiegen. Damit verbleibt die Zahl der Neuabschlüsse jedoch weiterhin um 49.900 Neuabschlüsse beziehungsweise 9,5 % deutlich unter dem Niveau von 2019 vor Ausbruch der Coronapandemie. Dies zeigen Analysen des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) zur Entwicklung des Ausbildungsmarktes im Jahr 2022 auf Basis der BIBB-Erhebung über neu abgeschlossene Ausbildungsverträge zum Stichtag 30. September sowie der Ausbildungsmarktstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA). Auch wenn das Angebot an Ausbildungsstellen im Jahr 2022, wie schon 2021, mit 544.000 erneut leicht gestiegen ist (+1,4 %), bleibt das Ausbildungsplatzangebot mit -5,9 % deutlich unter dem Niveau von 2019. Besonders besorgniserregend ist, dass die Zahl der jungen Menschen, die 2022 eine duale Berufsausbildung nachfragten, erneut zurück ging. Gegenüber 2021 sank die Ausbildungsplatznachfrage um 5.300 beziehungsweise 1,0 % auf 535.500 Nachfragende.

Verglichen mit 2019 fällt die Nachfrage nach einer dualen Ausbildung um 10,6 % geringer aus. Durch das gestiegene Ausbildungsplatzangebot und die sinkende Nachfrage hat sich der Ausbildungsmarkt im Jahr 2022 allerdings zugunsten der Jugendlichen weiterentwickelt. Dementsprechend fällt der Anteil der noch eine Ausbildungsstelle suchenden Bewerberinnen und Bewerber an der Gesamtnachfrage mit 11,3 % niedriger aus als 2021 (12,5 %)

INTRO

ChatGPT, nach eigener Aussage „eine KI-Anwendung, die maschinelles Lernen nutzt, um menschenähnliche Konversationen zu führen“, ist spätestens seit dem Jahreswechsel in aller Munde und beherrscht die Schlagzeilen. Während die einen überschwänglich von einer Revolution oder einem Quantensprung in der KI-Forschung sprechen, sehen andere diese KI-Anwendung gar als Gefahr für die Weltordnung oder zumindest kritisch z.B. im Hinblick auf die zu befürchteten gravierenden Auswirkungen auf Hochschule und Schule. Wird ChatGPT bald Dozierende und Lehrkräfte ersetzen? Werden schriftliche Hausarbeiten an Unis und Schulen obsolet? Gemach, gemacht, möchte man dazwischenrufen. Befasst man sich selber mit ChatGPT, der ja für Jederfrau/Jedermann (noch!) frei zugänglich und nutzbar ist, ist man zunächst einmal verblüfft, wie geschmeidig man mit diesem Tool (Werkzeug!) beispielsweise über Fragen und Zusammenhänge der Berufsbildung parlieren kann. In Ansätzen generiert der KI-basierte Bot auf (freundliches) Nachfragen hilfreiche Dokumente, kann paraphrasieren oder glänzende Zusammenfassungen aus umfangreichen Texten erstellen und selbst berufswissenschaftliche Ansätze sind ihm vertraut (sic!) und die Maschine kennt sogar die Zeitschrift, in der diese Zeilen erscheinen, und weiß etwas mit „bag-aktuell“ anzufangen: „bag-aktuell‘ ist ein Teil der Zeitschrift ‚lernen und lehren‘. Es ist eine Rubrik, die sich auf aktuelle Entwicklungen und Trends im Bereich Bildung und Erziehung konzentriert“, Chapeau! Aber leider ist er/sie/es nicht in der Lage, mir mal eben die letzte bag-aktuell zu liefern: „Leider kann ich keine Inhalte erstellen, die spezifisch für eine bestimmte Ausgabe der Zeitschrift ‚lernen und lehren‘ sind, da mein Wissen auf 2021 beschränkt ist und ich keine Informationen über die aktuelle Ausgabe habe. Aber ich kann Ihnen allgemeine Informationen und Trends im Bereich Bildung und Erziehung bereitstellen.“ Immerhin.

Michael Sander

und erstmals auch niedriger als 2019 (12,3 %). Die Besetzungsprobleme der Betriebe haben sich dagegen weiter vergrößert. Die Zahl der unbesetzten Ausbildungsstellen stieg gegenüber 2021 um 5.700 beziehungsweise 9,0 % auf 68.900 unbesetzte Stellen an. Damit ist auch der Anteil der unbesetzten betrieblichen Stellen an allen betrieblichen Ausbildungsplatzangeboten um 0,8 % auf einen neuen Höchststand von 13,0 % gestiegen. Die

Quote der unbesetzten betrieblichen Ausbildungsstellen fiel erstmals größer aus als die Quote der noch suchenden Ausbildungsstellenbewerber/-innen. Sowohl bei der Besetzung der Ausbildungsstellen als auch bei der Versorgung der Jugendlichen mit Ausbildungsstellen müssen jedoch regionale und berufliche Unterschiede beachtet werden.

Quelle: BIBB-Pressemitteilung 41/2022

WAS UND WANN

20.–22.03.2023: 22. Hochschultage Berufliche Bildung „Fachkräftesicherung – Zukunftsweisende Qualifizierung, gesellschaftliche Teilhabe und Integration durch berufliche Bildung“ an der Universität Bamberg

20.04.2023–21.04.2023: Frühjahrstagung der DGS Sektion Bildung & Erziehung, Halle, Infos unter https://sociohub-fid.de/s/sektion-bildung-und-erziehung/custom_pages/view?id=169

21.04.-21.04. | Innsbruck, 16. Österreichischer Wirtschaftspädagogik-Kongress „Dialog Wissenschaft – Praxis in der Wirtschaftspädagogik“, Infos unter <https://www.uibk.ac.at/iol/wipaed/kongress/index.html>

BWP VERÖFFENTLICHT THEMENDOSSIER ZUR „QUALIFIZIERUNG DES BILDUNGSPERSONALS“

Das Thema „Qualifizierung des Bildungspersonals“ ist ein Dauerbrenner in der Berufsbildung, da sich die Arbeitswelt stetig wandelt und mithin die Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Aus- und Weiterbildung. Darauf weist allein schon die hohe Anzahl an Beiträgen aus dem BWP-Archiv hin, die in diesem Themendossier zusammengestellt sind. Doch das Thema wurde nicht nur in Beiträgen kontinuierlich aufgegriffen – die BWP hat der Qualifizierung des Bildungspersonals auch in regelmäßigen Abständen ganze Themenhefte (siehe unten) gewidmet. Die Beiträge reichen bis in die 1970er-Jahre zurück und machen somit Entwicklungslinien im berufs- und wirtschaftspädagogischen Diskurs zur Qualifizierung und Professionalisierung des Bildungspersonals sichtbar. Deutlich wird, wie sehr dieser Bereich durch Impulse aus öffentlichen Förderprogrammen und Modellversuchen am BIBB geprägt ist. Info unter https://www.bwp-zeitschrift.de/de/bwp_164417.php. Quelle: BWP-Newsletter 8/2022.

BUNDESBILDUNGS MINISTERIN STARTET EXZELLENZINITIATIVE BERUFLICHE BILDUNG

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat heute die Exzellenzinitiative Berufliche Bildung vorgestellt. Das ist eine Dachmarke, unter der das BMBF für die 20. Wahlperiode bestehende Aktivitäten gezielt weiterentwickelt und mit neuen Initiativen bündelt. Hierzu nimmt das BMBF bis 2026 insgesamt rund 750 Millionen Euro in die Hand. Ziel ist es, die Attraktivität einer dualen Berufsausbildung für alle jungen Menschen zu erhöhen. Mit Blick auf Demografie und erheblich gewachsene Abiturientenquote legt die Exzellenzinitiative zudem einen besonderen Fokus auf die jungen Menschen, die sich zwischen den verschiedenen Qualifizierungswegen Ausbildung, Studium und Fachschule entscheiden können. Dazu

erklärt Bundesbildungsministerin Bettina Stark-Watzinger: „Gut qualifizierte Fachkräfte sind das Kapital unseres Landes. Der Fachkräftemangel ist eine der größten Herausforderungen, vor der wir stehen. Aber immer weniger junge Menschen entscheiden sich für eine Ausbildung trotz sehr guter Karriereaussichten. Als Chanceministerium geben wir der beruflichen Bildung mit unserer Exzellenzinitiative Berufliche Bildung nun neuen Schub: Erstens verbessern wir die Förderung individueller Chancen und erhöhen die Sichtbarkeit für die Potenziale einer Ausbildung. Zweitens setzen wir gezielte Impulse für innovative Angebote sowie eine moderne Infrastruktur für die Berufsbildung. Und drittens erhöhen wir die internationale Mobilität und wollen eine internationale Perspektive auch in der beruflichen Bildung zur Selbstverständlichkeit machen. Die drei I: individueller, innovativer, internationaler. Das ist der Dreiklang der neuen Exzellenzinitiative Berufliche Bildung. Sie ist ein wichtiger Beitrag zur Bekämpfung des Fachkräftemangels in unserem Land.“

Quelle: Pressemitteilung des BMBF 76/2022 vom 05.12.2022

HANDWERK 2 GO: EIN PODCAST, (NICHT NUR) FÜR DAS SHK-HANDWERK

Handwerk 2 go ist ein praxisorientierter Podcast insbesondere für das Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk, der sich selbst so bewirbt: „Du willst deinen Handwerksbetrieb voranbringen? Dann bist du bei Handwerk 2 Go richtig. Hier werden die Themen diskutiert, die für dich von Belang sind. Experten der Branche berichten regelmäßig über Fachliches aus der Gebäudetechnik oder über betriebliche Herausforderungen. Ganz nebenbei erhältst du Ideen und Impulse, die sich auch tatsächlich umsetzen lassen. Hier kommen nämlich Praktiker zu Wort.“ Davon können sicherlich auch Lehrkräfte profitieren. Einfach mal reinhören, z.B. in die Podcastfolge „Alltag in SHK-Berufsschulen“ unter <https://handwerk2go.podigee.io/69-new-episode>. Quelle: <https://handwerk2go.podigee.io/>

CHATGPT IN DER BERUFS-SCHULE NUTZEN

Die gehypte KI-basierte und textorientierte Anwendung ChatGPT kann in vielen Einsatzbereichen als sinnvolle Unterstützung eingesetzt werden. Hier sind ein paar Beispiele, die von ChatGPT selbst formuliert wurden, für den Einsatz von ChatGPT in der Berufsschule:

- **Schreib- und Kommunikationsfähigkeiten:** ChatGPT kann Lernenden helfen, ihre Schreibfähigkeiten und ihre Fähigkeit, klare und prägnante Aussagen zu machen, zu verbessern.
- **Beantworten von Fragen:** ChatGPT kann Lernenden bei ihren Hausaufgaben oder Prüfungsvorbereitungen helfen, indem es Fragen zu verschiedenen Themen beantwortet.
- **Generieren von Aufgaben:** ChatGPT kann Lehrkräften helfen, indem es Aufgaben und Übungen für Schülerinnen und Schüler generiert, die auf ihren Lernfortschritt und ihre Bedürfnisse abgestimmt sind.
- **Digitaler Assistent für Lehrkräfte:** ChatGPT kann Lehrkräften dabei helfen, administrative Aufgaben wie das Planen von Stundenplänen, das Verwalten von Noten und das Erstellen von Berichten zu vereinfachen.
- **Üben von Präsentationen und Vorträgen:** ChatGPT kann Lernenden helfen, ihre Fähigkeit zu verbessern, prägnante und überzeugende Präsentationen und Vorträge zu halten, indem es Feedback zu ihren Übungen gibt. Quelle: <https://openai.com/blog/chatgpt/>

Weitere Einsatzmöglichkeiten und Beispiele für den Einsatz von ChatGPT in Schule finden sich hier: <https://halbtagsblog.de/2023/01/10/10-moeglichkeiten-die-ki-chatgpt-in-der-schule-einzusetzen/>

STELLSCHRAUBEN FÜR EINE OPTIMIERTE ANERKENNUNG DER AUSLÄNDISCHEN BERUFSQUALIFIKATION

Die Bundesregierung hat am 30. November 2022 Eckpunkte zur Reformierung der Fachkräfteeinwanderung aus Drittstaaten im Kabinett verabschiedet. Damit soll unter anderem die Anerkennung ausländischer Berufsqualifikationen vereinfacht und beschleunigt werden.

Für dieses Ziel benennt auch das Anerkennungsmonitoring mögliche Stellschrauben. Die Verknüpfung von Fachkräfteeinwanderung und Anerkennung soll künftig gelockert und beispielsweise eine Einreise für Personen aus Drittstaaten unter bestimmten Voraussetzungen auch ohne Anerkennung möglich werden. Dennoch wird die berufliche Anerkennung aus Sicht des BIBB-Anerkennungsmonitoring weiterhin ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige Integration in den Arbeitsmarkt bleiben. Daher bleibt zentral, Fachkräfte über die Anerkennung zu informieren und beim Durchlaufen des Prozesses zu unterstützen. Parallel dazu sollen Hürden im Anerkennungsprozess weiter abgebaut werden. Für dieses Ziel hat das Anerkennungsmonitoring verschiedene Stellschrauben identifiziert, die in den Eckpunkten größtenteils Berücksichtigung gefunden haben. Die Umsetzung dieser Stellschrauben können dazu beitragen, sowohl die Verfahren zur Anerkennung als auch den Gesamtprozess der Anerkennung ausländischer Berufsqualifikationen weiter zu verbessern.

Zielgruppengerechte, flächendeckende Informations- und Beratungsangebote anbieten

Hierfür müssen die bestehenden Angebote fortgeführt und an wachsende Bedarfe angepasst werden. Zu Beginn gibt es für potentielle Antragsstellende viele Frage zu klären und Dokumente zu beschaffen. Dafür ist Unterstützung zentral, am besten mehrsprachig. Aber auch während des Verfahrens ist eine Begleitung durch Beratungsstellen wichtig, um etwa die passende Qualifizierungs-

maßnahme zu finden.

Finanzierung frühzeitig mitdenken

Grundsätzlich sollten Personen frühzeitig über Finanzierungsmöglichkeiten informiert, beraten und bei der Beantragung unterstützt werden. Sofern erforderlich, sollten Beantragung und Bewilligung vereinfacht und beschleunigt werden. Gerade dann, wenn Ausgleichsmaßnahmen notwendig werden, entstehen weitere Kosten.

Finanzielle und personelle Kapazitäten bereitstellen

Für Anerkennungsstellen, Beratungseinrichtungen, Begleit- und Qualifizierungsmaßnahmen einschließlich Prüfungskapazitäten müssen ausreichend personelle und finanzielle Kapazitäten bereitgestellt werden. Dies gilt umso mehr im Hinblick auf die Bestrebungen, die gezielte Zuwanderung von Fachkräften aus Drittstaaten noch weiter zu stärken.

Einzureichenden Unterlagen vereinheitlichen

Anforderungen an einzureichende Unterlagen sollten möglichst einheitlich, transparent, mehrsprachig und nach dem Prinzip, so wenig wie möglich und nur so viel wie wirklich nötig, gestaltet werden. Die Digitalisierung der Antragstellung kann hier unterstützend wirken.

Nachforderungen von Unterlagen im Verfahren minimieren

Wissensmanagement und Bündelungen von Fachexpertise bei den zuständigen Stellen sollten weiter ausgebaut werden, um fehlenden Dokumenten (z.B. Lehrpläne, Ausbildungsordnungen, Curricula) zu begegnen und ihre ggf. zeitintensive Nachforderung zu vermeiden.

Transparenz schaffen

Um frühzeitig Klarheit über die grundsätzliche Anerkennungsfähigkeit des ausländischen Abschlusses (d.h. Antragsvoraussetzung/staatlich anerkannter Abschluss im entsprechenden Ausbildungsstaat) und möglicher Referenzberufe zu erhal-

ten, sollten die Informationen hierzu transparent und nutzerfreundlich verfügbar gemacht werden.

Ausgleichsmaßnahmen optimieren

Der Zugang zu Ausgleichsmaßnahmen bzw. zu Kursen als Vorbereitung darauf sollte so niedrigschwellig wie möglich gehalten werden: Flächendeckende Angebote sind zentral. Eine gute Auffindbarkeit und Rahmenbedingungen müssen so gestaltet werden, dass die Ausgleichsmaßnahmen in absehbarer Zeit absolviert werden können. Dazu kann auch eine Flexibilisierung der Qualifizierung durch modulare Angebote oder Teilzeitmodelle beitragen, die die Vereinbarkeit von Beruf/Familie und Ausgleichsmaßnahme verbessert bzw. ermöglicht.

Sprachkursangebote ausweiten; auch im Ausland

Spätestens für die Teilnahme an Ausgleichs- bzw. Qualifizierungsmaßnahmen sind Deutschkenntnisse unverzichtbar. Daher ist eine frühzeitige Integration der Fachkräfte in berufsfachsprachliche Deutschkurse sinnvoll. Es sollte auch geprüft werden, ob bspw. Anpassungslehrgänge mit integrierter Sprachförderung verstärkt umsetzbar sind.

Schließlich bleibt es wichtig, Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber über die Möglichkeiten der Anerkennung ausländischer Qualifikationen zu informieren und in das Thema einzubeziehen. Besonders zielführend ist es, sie auch verstärkt für die Mitgestaltung und Umsetzung von Ausgleichsmaßnahmen bzw. Vorbereitungskursen zu gewinnen und damit das Angebot zu erweitern und zu verbessern. Auf diese Weise nähert man sich dem Ziel, im Ausland qualifizierte Fachkräfte ihrer Qualifikation entsprechend und möglichst zügig in den Arbeitsmarkt zu integrieren.

Quelle: BIBB, <https://www.bibb.de/de/168410.php#:~:text=Die%20Bundesregierung%20hat%20am%2030,Berufsqualifikationen%20vereinfacht%20und%20beschleunigt%20werden.>

BAG IN KÜRZE

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

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

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

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

BAG IN IHRER NÄHE

Baden-Württemberg	Lars Windelband	lars.windelband@ph-gmuend.de
Bayern	Peter Hoffmann	peter.hoffmann@smartsteps.de
Berlin/Brandenburg	Bernd Mahrin	bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de
Bremen	Olaf Herms	O.Herms@bbs2.de
Hamburg	Wilko Reichwein	reichwein@gmx.net
Hessen	Uli Neustock	u.neustock@web.de
Mecklenburg-Vorpommern	Christine Richter	ch.richter.hro@gmx.de
Niedersachsen	Matthias Becker	becker@ibm.uni-hannover.de
Nordrhein-Westfalen	Thomas Wesseler	thomaswesseler@arcor.de
Rheinland-Pfalz	N.N.	
Saarland	N.N.	
Sachsen	Martin Hartmann	martin.hartmann@tu-dresden.de
Sachsen-Anhalt	Frank Wengemuth	wengemuth@t-online.de
Schleswig-Holstein	Reiner Schlausch	reiner.schlausch@biat.uni-flensburg.de
Thüringen	Matthias Grywatsch	m.grywatsch@t-online.de

BAG-MITGLIED WERDEN

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

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

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

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

IBAN: DE30 290 501 01 0080 9487 14
SWIFT-/BIC-Code: SBRE DE 22 XXX

IMPRESSUM

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

Redaktion	Layout	Gestaltung
Michael Sander	Brigitte Schweckendieck	Winnie Mahrin

Zusammenspiel und Funktionen, die Nutzung von Docker zur Vereinfachung des Arbeitsflusses und Ordnung einzelner Softwarekomponenten (u. a. Softwarekomponenten wie Node-RED, Lidar-Software, ROS2-Nodes, etc.).

Das Projekt-Beispiel zeigt sehr gut auf, das Low-Coding per se keine generelle Antwort auf vereinfachte Programmierung bietet. Für die Aus- und Weiterbildung liegt vielmehr die Herausforderung darin, in der Zukunft die vorhandenen Vorteile einer einfacheren und intuitiveren Programmierung im jeweiligen Gesamtzusammenhang und im Sinne der zunehmenden Komplexität der IT-/OT-Konvergenz so in Lernziele und didaktisch-pädagogische Abläufe zu fassen, dass die Technologien und Inhalte mit einer in Zukunft noch stärker werdenden Software-Durchdringung im Kontext der beruflichen Handlungsfähigkeit für spezifische Zielgruppen individuell passend konzipiert und erlernt werden können.

Beispiel Datenanalyse

Ein abschließendes Beispiel im Sinne der Fusion von IT und OT ist das konsequente und logische Auswerten von Daten für intelligente und datengestützte Entscheidungen. Dies ist nicht nur ein wichtiges Themenfeld in der Anwendung für Lernende im Ausbildungsumfeld, es zeigt sich eine stärkere Relevanz im Umfeld der beruflichen Weiterbildung mit steigender Relevanz auch in Jobprofilen auf Fachkräftebene, wie z. B. in der Fertigung oder im Service. So gilt es im aktuellen Umfeld eines Werkes, den vermehrt auftretenden Bedarf aus verschiedenen Arbeitsprozessen und Daten am Shopfloor, den Transfer für Datenanalysen und dazugehöriger „Toolsicherheit“ von einer bisherigen Experten-anwendung hin zu einer Breitenanwendung für Fachkräfte in Instandhaltung, Qualität, Logistik und Anlagenbedienung zu bringen.

Dazu ist es wichtig, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bewusst im direkten Arbeitsumfeld abzuholen und ein Bewusstsein zu schaffen. Geeignete Fragestellungen sind hierbei u. a.: Warum ist das wichtig (z. B. Verbesserung der Produktivitäts-KPIs)? Welche Beispiele, Erfolge und Best Practices gibt es heute schon im Werksumfeld? Gibt es aus dem vorhandenen Domänenwissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weitere Ideen und Anwendungsfälle?

Im Anschluss gilt es, die Grundlagen in den elementaren Wissensbereichen Mathematik, Statistik und Datenanalytik zu legen bzw. zu erneuern (u. a. Standardabweichung, Varianz, Korrelation und Kausalität, Verteilungsmodelle mit anschließender Regressions- oder Faktorenanalyse). Nun geht es auch hier mit Low-Coding-Ansätzen in die Verknüpfung des theoretischen Wissens mit ersten praktischen

Anwendungen von Tools wie beispielweise Power BI oder KNIME, um die Datenaufbereitung, -analyse und -visualisierung auch grundlegend umzusetzen. Ein wichtiger abschließender Baustein ist dann, den Anwendungstransfer in die Praxis mit realen Datenpaketen aus dem direkten Arbeitsumfeld anzuschließen, z. B. unter Begleitung von Expertinnen und Experten und in Form eines agilen Projektansatzes. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können dabei die zuvor gelegten Grundlagen einerseits üben, vertiefen und anwenden und gleichzeitig an realen und relevanten Daten aus ihrem direkten Arbeitsbereich ihr Domänenwissen bestmöglich einbringen und idealerweise selbst ihre eigenen Arbeitsprozesse effektiver und besser gestalten. Verschiedene Abstufungen für Auszubildende, duale Studierende der Informatik, Mechatronik und IT als auch für die Erwachsenenbildung für Blue-Collar-Fachkräfte können variiert werden.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig in Zukunft eine noch bessere Durchgängigkeit zwischen relevanten Aus- und Weiterbildungsinhalten sein wird, um den schnellen Veränderungen der Digitalisierung und der zunehmenden Komplexität mit kompetenten und gut ausgebildeten Fachkräften flexibel begegnen zu können.

Denkbar sind auch gemeinsame Praxisprojekte zwischen dem Unternehmen und öffentlichen Berufsschulen. In Amberg haben wir beispielsweise die Microcontrollerprogrammierung zur Aufnahme von Messwerten wie z. B. Temperatur und Luftfeuchte und Darstellung auf einem Dashboard projektiert. Die theoretische Vorbereitung dazu lief in der Berufsschule; Materialbereitstellung und Umsetzung des Praxisprojekts erfolgten durch die Siemens Professional Education.

AUSBILDUNG IM #NEWNORMAL – QUO VADIS?

Wie an diesen Beispielen gezeigt und in Abb. 3 illustriert, nutzt Lernen im New Normal die Vorteile beider Welten. In der Ausbildung im Unternehmen der Autorin und der Autoren halten virtuelle Lernumgebungen und digitale Technologien verstärkt Einzug, um Lernen erfahrbarer und effektiver zu gestalten. Dabei haben wir gelernt, dass auch im virtuellen Lernen Gruppenarbeit und gemeinsame Ergebniskontrolle essenziell sind. Neben den sogenannten Use Cases – praxis- und anwendungsorientierte Aufgabenstellungen – geht es immer auch um soziales Lernen mit einem gemeinsamen Start in den Tag, mit klaren Tagesstrukturen für die Lernenden und regelmäßigen Lernstandskontrollen, durchaus enger getaktet als im reinen Präsenzlernen. Es haben sich dabei offene Formate wie z. B. Frage- und Antwort-Sessions als erfolgreich erwiesen. Auch ist

es wichtig, die gegenseitige Leistung explizit wertzuschätzen. Interaktive Lernformate und Integration von Bewegungseinheiten in den Ausbildungs- und Upskilling-Alltag sind gleichfalls neue Elemente, die gezielt im hybriden und virtuellen Lernen eingesetzt werden (vgl. Abb. 3).

So eignet sich virtuelles Lernen insbesondere für die Theorieverarbeitung. Fest steht aber auch, dass praktisches Lernen vor Ort i. d. R. eine unerlässliche Komponente für den Lernerfolg für technische Themen ist. Dem trägt das New-Normal-Working-Model des Unternehmens Rechnung. Weltweit sind drei Tage pro Woche mobiles Arbeiten gewünscht, wo immer möglich. Einzelheiten sind mit der Führungskraft zu klären. Ein Anteil von 30 bis 35 Prozent virtuellen Unterrichts im Rahmen der Ausbildung ist für unsere Lernenden und Trainerinnen/Trainer daher vorstellbar, durchsetzbar und vereinbar mit der Unternehmenskultur.

Beispiel Virtuelle Berufsschule

Mittlerweile haben wir im kaufmännischen Bereich gute Erfahrungen auch mit von vornherein virtuell ausgelegten Berufsschulzeiten gemacht. Das Unternehmen betreibt eigene Berufsschulen in Berlin, Essen und Düsseldorf. In einem Pilotprojekt „Virtueller Unterricht“ startete 2019 für das Berufsbild „Industriekaufmann/Industriekauffrau“ ein Ausbildungsgang, in dem ein bestimmter Anteil der Unterrichtswochen virtuell geplant war. Zwar musste zwangsläufig im Rahmen der Pandemie zeitweise auf vollständig virtuellen Unterricht umgestellt werden, jedoch blieb der Pilotcharakter erhalten, der

durch regelmäßige Befragungen kontinuierlich evaluiert wurde. Signifikante Notenunterschiede zur traditionell unterrichteten Referenzgruppe am Standort zeigten sich nicht, jedoch waren beide Gruppen durch die Pandemie zeitweise virtuell unterwegs. Offene Kommunikation über Modalitäten und Erwartungen an die Lernenden im Vorfeld war wichtig. Zu Ausbildungsbeginn und vor den ersten virtuellen Unterrichtstagen wurde mit der Pilotgruppe an zwei Tagen ein Workshop zum Thema „Einführung in das virtuelle Lernen und Arbeiten“ durchgeführt. Verschiedenste Tools zur Kommunikation mit den Lernenden, zur Darstellung und Ablage von Inhalten sowie zur vielfältigen didaktischen und methodischen Unterrichtsgestaltung wurden eingesetzt (u. a. Conceptboard, Webex und später MS Teams, Sharepoint, Mentimeter, Kahoot). Generell werden unsere Klassen i. d. R. mit Tablets und Notebooks ausgestattet, für die Pilotgruppe waren Notebook, Headset und Tablet incl. Stift gegeben. Im Laufe der Pandemie kamen Monitor, Tastatur, Maus und Freisprecheinrichtung hinzu.

Bei der didaktischen und methodischen Gestaltung eines virtuellen Unterrichtstages sind Konzentrations- und Leistungsfähigkeit im Tagesverlauf zu berücksichtigen. Die Autorin und die Autoren haben die Erfahrung gemacht, dass die kognitive Aufnahmefähigkeit tagsüber tendenziell abnimmt und sind deshalb dazu übergegangen, die eher anspruchsvollen oder auch neuen Themen primär vormittags zu vermitteln. Am Nachmittag wurden Themen im Rahmen von Gruppen- und Einzelarbeiten vertieft. Erfahrungsgemäß variiert auch innerhalb der Gruppe die

Lernen im New Normal – quo vadis?

Motiviert virtuell Lernen – worauf kommt es an?
(Sicht unserer Lernenden)

- Verstärktes Arbeiten in Gruppen und gemeinsame Ergebniskontrolle
- Praxis- und anwendungsorientierte Aufgabenstellungen
- Gemeinsamer Start in den Tag und klare Tagesstruktur
- Regelmäßige Lernstandskontrollen Frage-Antwort-Sessions und gegenseitige Wertschätzung für die Leistung
- Interaktive Formate und Integration von Bewegungseinheiten in den Ausbildungsalltag

Chancen für die Ausbildung

- Vorteile des virtuellen Lernens insbesondere für die Theorie Vermittlung
- Praktisches Lernen vor Ort unerlässliche Komponente
- Siemens New Normal Working Model: 3 Tage pro Woche mobiles Arbeiten weltweit wo immer dies möglich ist
- Ein Anteil von ca. 30-35 % virtuellen Unterrichts im Rahmen der Ausbildung ist für unsere Lernenden und Trainer*innen vorstellbar

Nutzen wir die Vorteile aus beiden Welten

Seite 17 Intern | © Siemens 2022 | P&O IE SPE | 2022

Abb. 3: Lernen im New Normal nutzt die Vorteile beider Welten

kognitive Aufnahmefähigkeit. Es hat sich bewährt, hierüber offen mit den Lernenden zu sprechen und die Erfahrungen je Gruppe innerhalb des Kollegiums zu teilen. Generell sind häufigere Bildschirm-pausen sinnvoll. Alternative Umsetzungsmethoden wie Lehrvorträge mit Online-Skripten, virtuelle Lernräume für Gruppenarbeiten und selbstgesteuertes Lernen helfen, auch die überfachlichen Kompetenzen zu stärken. Erforderlich sind dafür eine erhebliche Selbstorganisation und Selbstdisziplin seitens der Auszubildenden. Auch bleibt im Rahmen des virtuellen Unterrichts oftmals die Hemmschwelle der Lernenden höher, Fragen zu stellen oder sich untereinander auszutauschen. Hier hat die Einführung von gemeinsamen virtuellen Pausen für eine Zunahme der sozialen Kontakte gesorgt. Zudem ist die nonverbale Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden eingeschränkt.

Aufgrund der guten Erfahrungen mit der Pilotgruppe, der hohen Flexibilität des Angebots für Einstellungsstandorte in ganz Deutschland und der nur sehr begrenzten Reisenotwendigkeit für die jungen Menschen, die die meiste Zeit am Einstellort eingesetzt werden können, wird das Modell der virtuellen Berufsschule für den Kaufmann/die Kauffrau für Digitalisierungsmanagement seit 2021 regelmäßig fortgeführt. Wir bieten es auch externen Partnerinnen und Partnern an, die ihre Auszubildenden bei uns ausbilden möchten.

AUSBLICK: IMPLIKATIONEN FÜR DIE BERUFSBILDUNG

Aus Sicht eines großen industriellen Ausbildungsunternehmens stellt sich die Situation wie folgt dar: Es herrscht schon an Schulen Handlungsbedarf. Die Berufsorientierung muss an allen allgemeinbildenden Schulen gestärkt werden. Es ist nötig, einen starken Fokus auf Ausbildung und duales Studium in MINT-Berufen und Digitalisierung/IT zu richten. Die duale Ausbildung bleibt ein zentraler Erfolgsfaktor für den Standort Deutschland und insbesondere auch die dualen Studiengänge, da talentierte Bewerberinnen und Bewerber bereits mit Studienbeginn an Unternehmen gebunden werden können. Gefragt sind weiterhin flexiblere Ausbildungskonzepte, die schneller auf neue technologische Inhalte angepasst werden können.

Schließlich ist es notwendig, in digitale Kompetenzen in Bildungsprogrammen und beim Bildungspersonal auf allen Ebenen und damit in Weiterqualifizierungs- und Umschulungsmaßnahmen zu investieren, was essenziell ist für eine nachhaltige Beschäftigungsfähigkeit am Industriestandort Deutschland angesichts des zu erwartenden Fachkräftemangels.

Anmerkungen

- 1) <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:fff066f6-adb9-4434-920d-60f2eb337820/nachhaltigkeitsbericht-gj2022.pdf>
- 2) <https://www.siemens.com/de/de/unternehmen/jobs/sitecskills-academy.html>
- 3) Lt. VDMA ist die Bezeichnung nicht allgemeingültig definiert, beschreibt jedoch auf Basis geltender Normen und Begriffe DIN EN ISO 10218-1, 2, DIN ISO/TS 15066 die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter in verschiedenen Arbeitsräumen und Betriebsarten.
- 4) Bin Picking ist umgangssprachlich der „Griff in die Kiste“ durch einen Roboter. Früher mussten Teile auf Trays manuell vorsortiert sein (starre Automatisierung), damit der Roboter sie richtig greifen konnte. Mithilfe eines zusätzlichen Kamerasystems und entsprechender Bildverarbeitung (inkl. Software und Algorithmen) kann der Roboter auch aus unsortierter/chaotischer Lagerung Teile identifizieren und richtig greifen (ganzheitliche Automatisierung).
- 5) Lidar = Light imaging, detection and ranging

Literatur

- ESSER, F. H. (2018): Ausbildungspersonal im Strukturwandel – Treiber oder Bremser. In: BWP Heft 3/2018, S. 3.
- LEUBNER, T.; LIEBERT, K.; SIEBEL, J.; KINSCHER, M.; KUNZ, C. (2017): Digitale Arbeitswelt 4.0: Umsetzung in der Aus- und Weiterbildung. Praxishandbuch Industrie 4.0: Branchen-Unternehmen-M&A, S. 237-246.
- HOLLATZ, J.; OFSTAD, B. (2021): Digitalisierung in der Berufsbildung: Zur Operationalisierung von Kenntnissen und Fähigkeiten. In: RAMIN, P. (Hrsg.): Handbuch Digitale Kompetenzentwicklung. München: Hanser Verlag, S. 353-367.
- SCHIRNER, S.; MALIN, L.; HICKMANN, H.; WERNER, D. (2021): Fachkräfteengpässe in Unternehmen – Fachkräftemangel und Nachwuchsqualifizierung im Handwerk, KOFA-Studie, Nr. 1/2021. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA), Köln.

TULIP for Education



Björn Schlotke

Das Thema Digitalisierung ist und wird immer wichtiger in der Bildung. Für viele Bildungsträger ist es schwierig, Anforderungen der Digitalisierung zu vermitteln und anwendbar zu gestalten. So sind beispielsweise spezielle Programmierkenntnisse oder komplizierte Frameworks notwendig, um Digitalisierungskonzepte ganzheitlich zu lernen/lehren und zu nutzen. Durch „TULIP for Education“ wird dies deutlich vereinfacht. Aber was genau ist TULIP und wie funktioniert es? Diese Fragestellung wird im Beitrag beantwortet.

Was ist TULIP for Education?

TULIP ist eine Soft- und Hardwareplattform, um digitalisiertes Denken und Handeln für den beruflichen Alltag zu vermitteln, zu erlernen und anzuwenden (vgl. WINTERHEIMER 2022). Dabei ist TULIP nicht nur eine Software-Lösung, um beispielsweise Werkzeugmaschinen zu steuern, sondern bietet vor allem hervorragende Möglichkeiten, Digitalisierung nicht nur als Front-End-Anwendung zu verstehen, sondern Daten und Informationen technologie-, branchen- und abteilungsübergreifend aufzubereiten und für die Digitalisierung von Prozessen zu verwenden. Anwenderinnen und Anwender erlernen Anforderungen der Digitalisierung und können die dafür notwendigen Zusammenhänge im späteren Berufsleben besser verstehen, analysieren und umsetzen. Erreicht wird dieses, indem Schülerinnen und Schüler APPs eigenständig erstellen und die Ergebnisse anschließend unmittelbar in Produktions-, Fertigungs- und Montageprozessen einsetzen. Die Bedienung und Nutzung sind intuitiv, verständlich und einfach. APPs werden im No-Code-Verfahren (siehe Infokasten) erstellt, d. h. Programmierkenntnisse sind nicht erforderlich.

No-Code-Verfahren
No-Code(-Programmierung) ist ein Verfahren, bei dem ein Programm nicht über eine Programmiersprache, sondern über grafische Oberflächen realisiert wird.
Die Vorteile von No-Code-Verfahren werden auch schlagwortartig mit „modellieren statt programmieren“ beschrieben, da Prozessanwendungen mit Hilfe von grafischen Benutzeroberflächen konfiguriert und nicht von Grund auf neu programmiert werden.

Mit No-Code-Verfahren wird ermöglicht, dass Anwenderinnen und Anwendern schon nach einer kurzen Einführung eigenständige APPs erstellen und unmittelbar nutzen. Das Erlernen von Digitalisierung heißt aber auch, Prozesse zu analysieren und dadurch Abläufe zu optimieren. Die dafür erforderlichen KPIs (Key Performance Indicator – Kern-Kennzahl für die Produktion) können mittels Dashboard visualisiert werden. Das wird im weiteren Verlauf in Abb. 2 dargestellt und basiert immer auf Real-Time-Auswertungen. Nahezu unverzichtbar ist die Verwendung von verschiedenen I/O (Input/Output)-fähigen Endgeräten. Dazu zählen bspw. Signallampen, Lichtschranken, Sensoren, Kameras und Messmittel. Das Ansteuern der Geräte bzw. die Nutzung der Daten und Informationen in einer APP erfolgt über ein Edge I/O. Die Edge und die Auswahl einiger Endgeräte stehen als Starterpaket (Factory Kit) zur Verfügung und sind Bestandteil des TULIP for Education Bundle. Aber auch Daten und Signale von Maschinen können in APPs genutzt werden, um bspw. den Status einer Anlage anzuzeigen oder um in APPs Freigaben und Aktionen auszuführen. Die Anbindung beispielsweise mit den neuesten DMG MORI Maschinen ist durch den bereits in den Maschinen enthaltenem IoT (Internet of Things)-Connector einfach und sicher.

Zusammenfassend heißt „TULIP for Education“, dass damit für die Bildung angepasste Hardware sowie Lizenz-Pakete zur Verfügung gestellt werden können, die von der DMG MORI Academy angeboten werden.

NUTZEN UND ANWENDUNG IN DER BILDUNG

Learning by doing – also das Lernen durch Handeln – steht im Zentrum. Die niedrige Einstiegshürde bei TULIP ermöglicht eine schnelle und praktische Nutzung. So können beispielsweise kleine Montageli-

nien durch Schülerinnen und Schüler eigenständig aufgebaut und Anleitungs-APPs dazu erstellt werden. Der Erfolg wird sofort sichtbar, weil der Programmiervorgang einfach ist und eigene Programmiererergebnisse unmittelbar praktisch anwendbar sind. Lernfortschritte von den Lernenden werden ebenfalls sofort sichtbar. Daten und Informationen können für verschiedene Aufgaben in verschiedenen Bereichen/Stationen redundant genutzt und analysiert werden. Die auf Prozessabläufe bezogenen Anwendungen und die ganzheitliche Nutzung von TULIP führen dazu, dass Lernende digitale Prozesse verstehen und digitale Denk- und Handlungsmuster entwickeln können.

Lehrkräfte profitieren zwangsläufig durch den Einsatz von TULIP, weil die Programmierung von Prozessen mit einfachen Hilfsmitteln und ohne Programmiersprache erfolgt. Der Unterricht und die Lerninhalte sind nicht nur zeitgemäß und praxisorientiert, sondern motivieren auch die Schülerinnen und Schüler. So lassen sich beispielsweise wiederholende Beschreibungen oder einfache Anweisungen digital per APP darstellen. Keine oder nur noch wenige Prints sind notwendig. Analysen von Daten können selbstverständlich auch für die Kontrolle des Lernfortschritts von Schülerinnen und Schülern genutzt werden.

FUNKTIONSWEISE

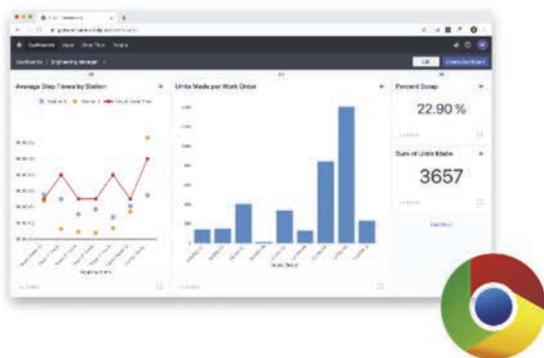
TULIP ist Cloud-basierend. Die Administration ist einfach und zeitsparend, da diese mit der entsprechenden Berechtigung einfach über die Browseroberfläche vorgenommen werden kann und intuitiv bedienbar ist. Lediglich die Nutzung einer APP an

einer beliebigen Station (z. B. an einem Montageplatz) läuft über ein Tablet, einen PC oder ähnliche Endgeräte und einer lokalen Installation mithilfe des sogenannten „TULIP Players“. Die Instanz, die über den Webbrowser angesprochen wird, stellt die „TULIP-Development“-Umgebung dar (vgl. CHANG & KO 2017). Dort finden die meisten Interaktionen mit der Software statt, inklusive der APP-Programmierung. Der Unterschied zwischen den beiden Umgebungen wird in Abb. 1 dargestellt.

Die Benutzerin oder der Benutzer verwaltet seine Instanz eigenständig und diverse Benutzerrechte ermöglichen weitreichende Einstellungen. So können Benutzerinnen und Benutzer hinzugefügt und Rechte sowie Rollen vergeben werden. Das Hinzufügen von Benutzerinnen und Benutzern erfolgt einfach mittels E-Mail-Adresse. In der Development-Umgebung existieren verschiedene Bereiche: Tabellen für die Speicherung von Daten, Maschinen für die Konfiguration von Werkzeugmaschinen oder ähnlichem sowie ein Dashboard-Bereich für die Analyse von APPs. Diese Auswertungen können exportiert, geteilt und somit auch extern genutzt werden. Zudem ermöglichen Konnektoren eine Verbindung zu einer SQL-Datenbank und die Anbindung mittels Interface an vorhandene Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP) oder ähnliches. Die Dashboard-Oberfläche ist in Abb. 2 zu sehen, während Abb. 3 den Funktionsablauf einer APP skizziert (vgl. CYPHER, DONTCHEVA, LAU & NICHOLS 2010).

Ein APP-Durchlauf wird immer mit einer sogenannten „Completion“ abgeschlossen. Dadurch wird die APP zurückgesetzt und die Daten werden gespeichert. Die Möglichkeiten für die Verwendung und

App
Editor



Player

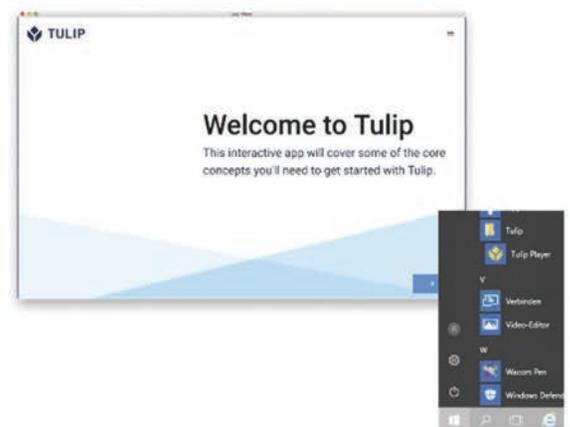


Abb. 1: TULIP Struktur (eigene Darstellung)

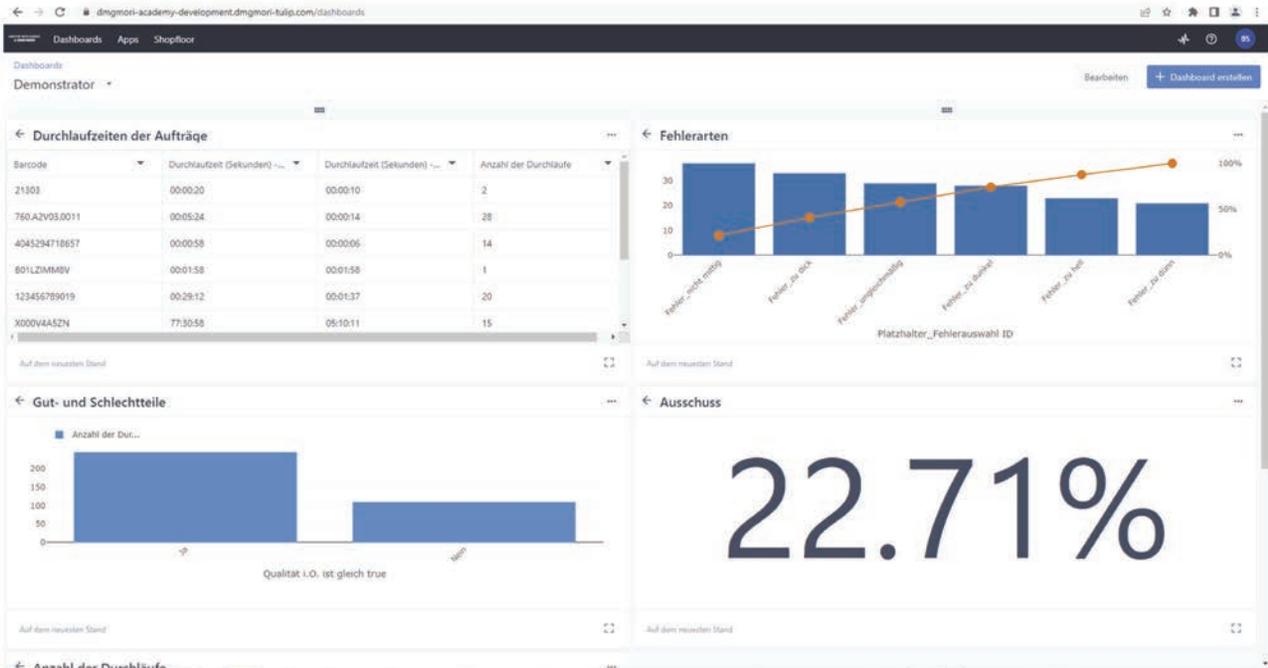


Abb. 2: Oberfläche Dashboard

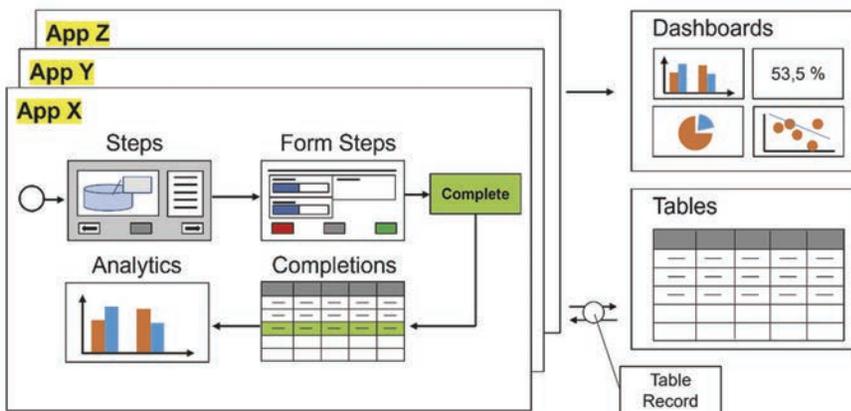


Abb. 3: TULIP APP-durchlauf

die Gestaltung von APPs sind vielfältig. Es können Maschinen über das Standard-Maschinenprotokoll OPC/UA (OPC steht für „Open Platform Communications“ und UA für „Unified Architecture“) angeschlossen werden. Im Anschluss ist es möglich, mit den ausgegebenen Daten zu interagieren, also diese in APPs zu verwenden oder Daten in die Maschine zu übermitteln.

Eine APP besteht immer aus verschiedenen Schritten, die in einer gewünschten Reihenfolge ablaufen, wie zum Beispiel Montageanleitungen, die meistens einem festgelegten Ablauf folgen, im Gegensatz zu Wartungsplänen, die je nach Art der Wartung verschiedene Abläufe haben können. Diese sind durch sogenannte Ereignisse (Trigger) gesteuert. Daten in TULIP können mithilfe von Tabellen aus einer APP gespeichert oder abgerufen werden. Es lassen sich Geräte ansteuern, Maschinensignale verwenden und es können Daten in Variablen abgespeichert werden.

Eine kleine Übersicht an möglichen Triggern wird in Abb. 4 dargestellt.

Ein Beispiel für einen Trigger, der abfragt, ob alle benötigten Teile vor dem Beginn einer Montage vorhanden sind, wird in Abb. 5 dargestellt. Dabei wird nach dem Betätigen des Knopfes abgefragt, ob die Variable im Status „Ja“ ist. Falls dies der Fall ist, geht die APP in den nächsten Schritt und wenn dieser nicht gegeben ist, wird eine Nachricht gezeigt.

PRAKTISCHES BEISPIEL EINER KUGELSCHREIBER-MONTAGE

Die Anwendungsmöglichkeiten von TULIP sind – wie beschrieben – sehr vielfältig. Als praktisches Beispiel kann der Prozess einer Kugelschreiber-Montage verwendet werden. Der Prozess beinhaltet neben der Montage auch die Bestellung und Konfiguration des Kugelschreibers sowie die individuelle Gravur mit Hilfe einer Werkzeugmaschine von DMG MORI. Der abstrahierte Prozess wird in der Abb. 6 dargestellt.

Der gesamte Prozess wird durch TULIP unterstützt. Es existiert eine Auftrags-APP, in der sich Schülerinnen und Schüler ihren Kugelschreiber eigenständig konfigurieren, u. a. mit dem im Fertigungsschritt zu gravierenden Namen, Minenfarbe und Kundendaten. Anschließend wird ein QR-Code mit dem entsprechenden Auftrag erstellt. Dieser QR-Code wird an der mit TULIP verknüpften Werkzeugmaschine



Abb. 4: Trigger Funktionen

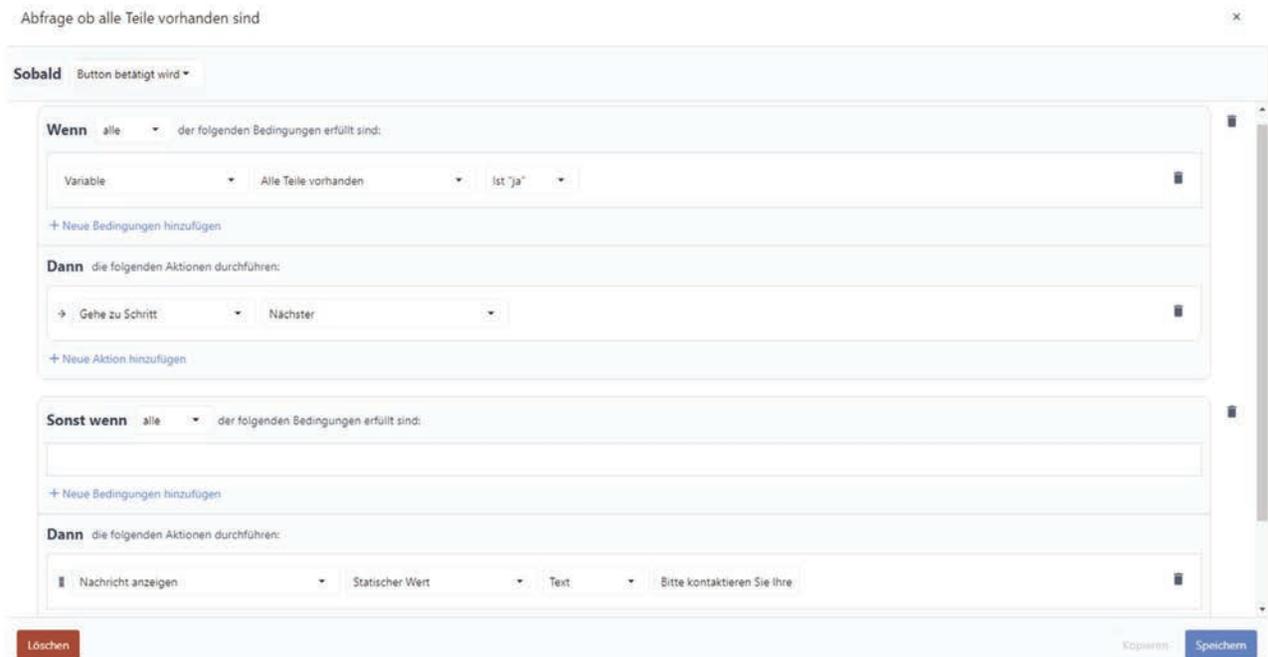


Abb. 5: Trigger Funktionen

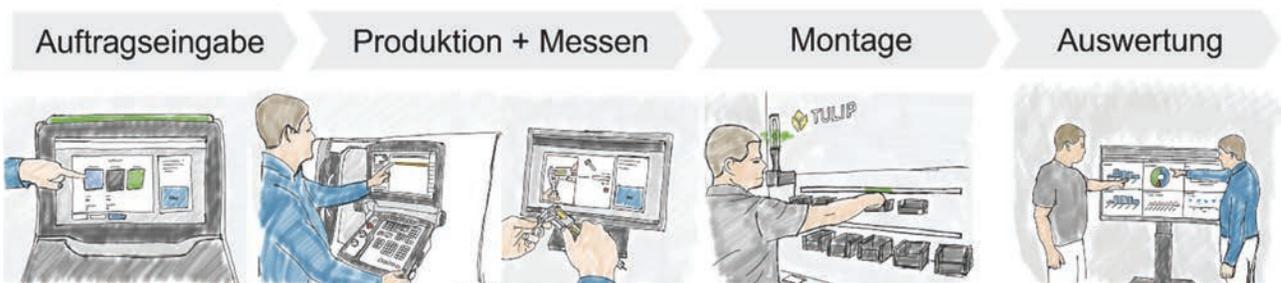


Abb. 6: Kugelschreiber-Prozess (eigene Darstellung)

gescannt und die fertigungsrelevanten Daten (Gravur) werden automatisch in den Bearbeitungszyklus übertragen. Im Anschluss an den Fertigungsprozess erfolgt ein QS-Schritt, um die Maße des Kugelschreibers

in TULIP abzuspeichern und auf Ausschuss zu prüfen. An der nächsten Station wird der Montageprozess durch ein mit TULIP verbundenes Tablet/PC geleitet. Jeder Schritt wird im Prozess visuell erklärt

und mittels eines durch TULIP gesteuerten Pick-by-Light-Systems unterstützt und kontrolliert. Nach Abschluss der Montage kann der komplette Prozess mit allen Parametern mittels TULIP ausgewertet werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

TULIP ist die ideale Lösung, um einfache Prozessabläufe in Fabriken zu digitalisieren, ohne dass eine höhere Programmiersprache erlernt werden muss. Das Konzept TULIP kann in den unterschiedlichsten Arbeitsfeldern eingesetzt werden. In einer Lehrwerkstatt können Prozesse schnell und effizient von den Auszubildenden dokumentiert und ausgewertet werden. Generell kann TULIP in der Berufsbildung

eingesetzt werden, um digitale Abläufe besser verstehen zu lernen und vor allem selbst zu entwickeln.

Literatur

WINTERNHEIMER, T. (2022): Viel Software für wenig Code. In: Wirtschaftsinformatik & Management, 14 (3), S. 212–215. <https://doi.org/10.1365/s35764-022-00408-4>.

CHANG, Y.-H.; KO, C.-B. (2017): A Study on the Design of Low-Code and No Code Platform for Mobile Application Development. In: International Journal of Advanced Smart Convergence. 6 (4), S. 50-55. <https://doi.org/10.7236/IJASC.2017.6.4.7>.

CYPHER, A.; DONTCHEVA, M.; LAU, T.; NICHOLS, J. (2010): No Code Required: Giving Users Tools to Transform the Web. Dasn Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Maschinelles Sehen mit „Künstlichen Neuronalen Netzen“ (KNN) in der Berufsbildung



FLORIAN BEIER



MICHAEL TÄRRE

Künstliche Intelligenz (KI) kommt zunehmend in Assistenzsystemen und in industriellen Produktions- bzw. Fertigungsprozessen zur Anwendung. Dabei kommen auch maschinelle Lernverfahren zum Einsatz, mit denen Computer oder KI-Module Entscheidungen treffen. Eines der meist verwendeten Lernverfahren sind künstliche neuronale Netze, die auch beim maschinellen Sehen zentraler Baustein der Anwendung sind. In dem Beitrag werden die grundsätzlichen Prinzipien von künstlichen neuronalen Netzen thematisiert und Anwendungen und somit Einsatzmöglichkeiten für die berufliche Ausbildung im Automatisierungsumfeld aufgezeigt, die ohne hohe Anschaffungskosten für Hard- und Software in bestehende Lern- und Arbeitsumgebungen integriert werden können.

WERKZEUGE KÜNSTLICHER INTELLIGENZ: KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE UND MASCHINELLES LERNEN ALS FORM VON DEEP LEARNING

„Künstliche neuronale Netze“ (KNN) gehören dem Bereich der „Künstlichen Intelligenz“ (KI) an. Lange Zeit beschränkte sich die Wissenschaft darauf, Wis-

sen explizit in Form von Regeln zu speichern und z. B. mithilfe von Algorithmen zu verarbeiten. Zu dieser sogenannten klassischen bzw. symbolischen KI zählt u. a. das Gebiet Expertensysteme. In künstlichen neuronalen Netzen wird im Gegensatz zur symbolischen KI das Wissen nicht explizit in Form von Regeln abgebildet, sondern implizit in Form von

mathematischen Modellen und Gewichtungen („Wertigkeit von Informationen bzw. Daten“) gespeichert. Mit dem Terminus „künstliche neuronale Netze“ wird zum Ausdruck gebracht, dass die Grundstruktur derartiger Netze an das natürliche Nervensystem angelehnt ist. Konventionelle, sensorbasierte Regelungstechnik führt z. B. in der Robotik aufgrund der hohen Datenmengen, die in Echtzeit zu bewältigen sind, auch zu schwerfälligen und in der Komplexität begrenzten Bewegungsabläufen. Künstliche neuronale Netze bieten sich in diesem Zusammenhang als alternative Lösung an, die gegenwärtig auch schon zur Steuerung von Robotern eingesetzt wird.

Maschinelles Lernen (Machine Learning) verfolgt die Zielsetzung, Wissen aus Erfahrung zu generieren, indem Lernalgorithmen aus Beispielen ein komplexes Modell entwickeln. Wenn Prozesse zu kompliziert sind, um sie analytisch zu beschreiben, jedoch genügend viele Beispieldaten – etwa Sensordaten, Bilder oder Texte – verfügbar sind, bietet sich maschinelles Lernen an, das als Schlüsseltechnologie künstlicher Intelligenz verstanden wird. Beim maschinellen Lernen als datengestützte Technologie gibt es somit ganz andere Herausforderungen als bei der klassischen Programmierung. „Generell gilt: je mehr Trainingsdaten ein Lernalgorithmus erhält, desto eher kann er sein Modell verbessern und die Fehlerquote verringern“ (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT 2018, S. 11). Mit den gelernten Modellen können Vorhersagen getroffen oder Empfehlungen und Entscheidungen generiert werden.

Deep Learning (tiefes Lernen) ist ein Teilbereich des maschinellen Lernens. Diese spezialisierte Form unterscheidet sich in der Funktionsweise von anderen Formen des maschinellen Lernens (z. B. Unterscheidung gegenüber „Random Forests“ oder „Support Vector Machines“). Bei der Umsetzung von Deep Learning ist die Entwicklung künstlicher neuronaler Netze zentraler Bestandteil. Erste Entwicklungen bzw. Versuche gab es in den 1960er-Jahren, wobei zum damaligen Zeitpunkt die Rechenleistung für eine Realisierung fehlte. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit der Computer gab es dann in den 1980er- und 1990er-Jahren signifikante Fortschritte zu verzeichnen, sodass die Entwicklung von KI und insbesondere von künstlichen neuronalen Netzen heutzutage davon profitieren kann. Das Lernen mit tiefen (Netze mit einer Vielzahl von verborgenen Schichten) künstlichen neuronalen Netzen hat enorme Fortschritte gemacht, sodass inzwischen Maschinen in einigen Fällen Gesichter und Objekte mit einer geringeren Fehlerquote identifizieren als Menschen und sogar Fachleute (siehe dazu HE et al. 2015).

Die Verarbeitung von Bildinformationen durch Mikroprozessoren mit Hilfe von speziellen Algorithmen

ist seit den 1970er-Jahren ein immer leistungsfähiger werdender Sektor in der Automatisierungstechnik. Das Verständnis dieser Algorithmen sollte daher auch in der beruflichen Bildung thematisiert werden, da die Implementierung von industriellen Kamerasystemen in Automatisierungssysteme häufig zur Anwendung kommt und somit heute auch schon Bestandteil der Berufsausbildung ist. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Beherrschung von Schnittstellen zwischen Kamera und Industriesteuerung und der Bedienung der Einrichtungssoftware, die notwendig ist, um die Kamera an spezielle Erkennungs- oder Messaufgaben anzupassen. Da künstliche neuronale Netze mit verrauschten und inkonsistenten Informationen gut umgehen können, eignen sich diese insbesondere zur Muster- und Zeichenerkennung. Dabei kann ein derartiges Netz immer nur die Frage der Zugehörigkeit eines Musters und Zeichens zu einer vorher erlernten Klasse von Mustern und Zeichen beantworten. Die Verwendung von künstlichen neuronalen Netzen zur Bildauswertung wird auch als Machine Vision bzw. Computer Vision bezeichnet. Diese Technik hat in den vergangenen zehn Jahren an Bedeutung gewonnen, was im Wesentlichen auf die hohe Rechenleistung zurückzuführen ist, die im Rahmen von vertretbaren Budgets für automatisierungstechnische Machine-Vision-Anwendungen zur Verfügung steht. Neben der Verfügbarkeit von speziell auf die Ausführung von künstlichen neuronalen Netzen ausgelegter Hardware, z. B. mit Grafikprozessoren (GPUs), ist heute die Verfügbarkeit von Open-Source-Libraries, die auch weniger geübten Entwicklerinnen und Entwicklern die Realisierung von Machine-Vision-Software erlaubt, entscheidender Erfolgsfaktor (vgl. CHOLLET 2018, S. 42 f.). Hier sind z. B. die Keras- und TensorFlow-Bibliotheken zu nennen, die Funktionen bereitstellen, um mit geringem Aufwand Machine-Vision-Software in Anwenderprogramme zu integrieren.

Angeregt durch die teils verblüffende Leistungsfähigkeit von Smartphone-Apps zur Erkennung von Gegenständen wie Pflanzen, Münzen u. v. m. und Prognosen, die KI-Technologien eine hohe Zukunftsbedeutung vorhersagen, haben Lehrkräfte der BBS Neustadt der Region Hannover (kurz: BBS Neustadt) nach Möglichkeiten gesucht, diese Thematik für den Berufsschulunterricht zu erschließen. Die wichtigsten Schwerpunkte sind dabei:

- Verstehen, wie künstliche neuronale Netze aufgebaut sind, wie sie prinzipiell funktionieren, wie sie programmiert und wie sie trainiert werden, um zu „lernen“ im Sinne einer Modellverbesserung.
- Realisieren und erproben von Machine-Vision-Lösungen für technische Anwendungen. Das heißt

im weitesten Sinne: Maschinen das Sehen beizubringen.

- Entwickeln von Machine-Vision-Lernträgern in berufstypischen technischen Umfeldern.

KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE: FUNKTIONSPRINZIP AUF NETZ- UND AUF KNOTENEBENE

Die Arbeitsweise künstlicher neuronaler Netze orientiert sich an den Vorgängen im menschlichen Gehirn, das aus etwa 86 Milliarden – über Dendriten verbundenen – Neuronen besteht. Künstliche neuronale Netze können unterschiedlich komplex aufgebaut sein, wobei sie im Wesentlichen aber die Strukturen gerichteter Graphen aufweisen. In der Systemtheorie werden neuronale Netze als offene sowie dynamische Systeme beschrieben. Offen sind sie deshalb, weil jedes neuronale Netz in seine Umwelt integriert ist. Das Netz bekommt Eingangsinformationen aus der Umwelt und gibt Ausgangsinformationen an diese weiter. Dynamisch sind sie, da die Netztopologien und die Verbindungsgewichte zwischen den Neuronen/Knoten nicht starr sind.

Die Grundeinheit eines künstlichen neuronalen Netzes ist ein einzelnes Neuron bzw. ein einzelner Knoten (siehe Abb. 1).

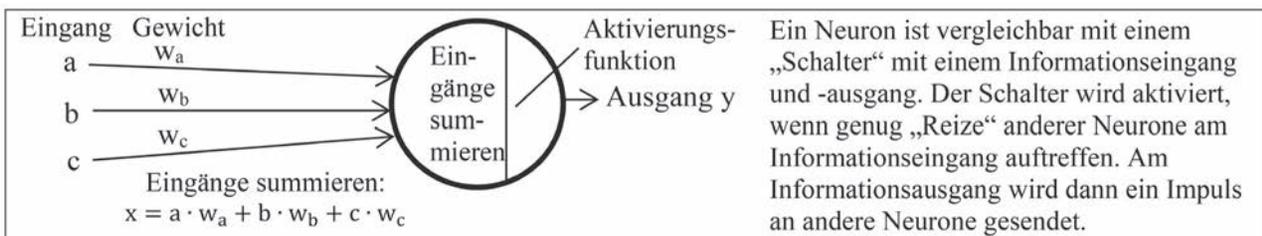


Abb. 1: Modell eines Neurons mit moderierten Eingangsgewichten

Ein künstliches neuronales Netz besteht aus Neuronen sowie gerichteten, gewichteten Verbindungen zwischen diesen. Über die Verbindungen werden Daten zwischen Neuronen übertragen, wobei das Verbindungsgewicht entweder verstärkend oder hemmend wirkt (vgl. KRIESEL 2005, S. 35 f.). Die Neuronen/Knoten eines Netzes werden bezüglich ihrer Aufgabenstellung unterschieden und lassen sich oftmals funktionell zu Schichten (layers) zusammenfassen.

- Neuronen/Knoten, deren Funktion die Signalaufnahme aus der Umwelt ist, werden als Input-Neuronen bzw. Input-Units bezeichnet. Eingabeschicht (Input Layer): Die Eingangsschicht versorgt das neuronale Netz mit den erforderlichen Informationen, wobei die Input-Neuronen die eingegebenen Daten verarbeiten und diese gewichtet an die nächste Schicht weiterführen.
- Neuronen/Knoten, die keinen Kontakt zur

Außenwelt haben, werden als Hidden-Neuronen bzw. Hidden-Units bezeichnet.

Verborgene Schicht (Hidden Layer): Die verborgene Schicht befindet sich zwischen der Eingabe- und der Ausgabeschicht. Während die Ein- und Ausgabeschicht lediglich aus einer Ebene bestehen, können beliebig viele Ebenen an Neuronen in der verborgenen Schicht vorhanden sein. Die empfangenen Informationen werden hier erneut gewichtet und von Neuron zu Neuron bis zur Ausgabeschicht weitergereicht.

Eine Gewichtung (Verbindungsgewicht wirkt entweder verstärkend oder hemmend) findet in jeder Ebene der verborgenen Schicht statt. Die genaue Prozessierung der Informationen ist allerdings nicht sichtbar, womit der Name „verborgene Schicht“ zu erklären ist. Tiefe neuronale Netze, d. h. Netze mit einer Vielzahl von verborgenen Schichten, werden daher auch als Black-Box bezeichnet, da die von ihnen „gelernten“ Zusammenhänge und Datenrepräsentationen so komplex und abstrakt sind, dass selbst Expertinnen und Experten sie nicht mehr nachvollziehen können. Mit Blick auf Kriterien wie Sicherheit, wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn, Ethik und Vertrauen ist dies ein Hauptkritikpunkt, wobei sich auch der

Forschungsbereich „Interpretierbarkeit von neuronalen Netzen“ weiterentwickelt und Fortschritte erzielt.

- Neuronen/Knoten mit der Aufgabe, Informationen an die Außenwelt abzugeben, werden als Output-Neuronen bzw. Output-Units bezeichnet. Ausgabeschicht (Output Layer): Die Ausgabeschicht ist die letzte Schicht und schließt immer unmittelbar an die letzte Ebene der verborgenen Schicht an. Die Output-Neuronen beinhalten die resultierende Entscheidung, die als Informationsfluss hervorgeht.

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten, dass neuronale Netze mithilfe von Neuronen/Knoten „schichtweise“ aufgebaut werden, wobei die Neuronen/Knoten wiederum über gewichtete Kanten mit der Folgeschicht verbunden sind. Zielsetzung beim „Lernen“ und „Trainieren“ von neuronalen Netzen ist eine Veränderung der Gewichte dahingehend, dass das Netz nach dem Training nicht nur selbstständig Ein- und Ausgabemuster assoziieren, sondern bis dato unbe-

kannte, ähnliche Eingabemuster einem plausiblen Ergebnis zuführen, also generalisieren kann (vgl. KRIESEL 2005, S. 55). Das „Wissen“ eines neuronalen Netzes ist insofern in seinen Gewichten gespei-

chert. Je mehr verdeckte bzw. verborgene Schichten das Netz hat (tiefes Netz), umso komplexer ist die extrahierte Datenrepräsentation.

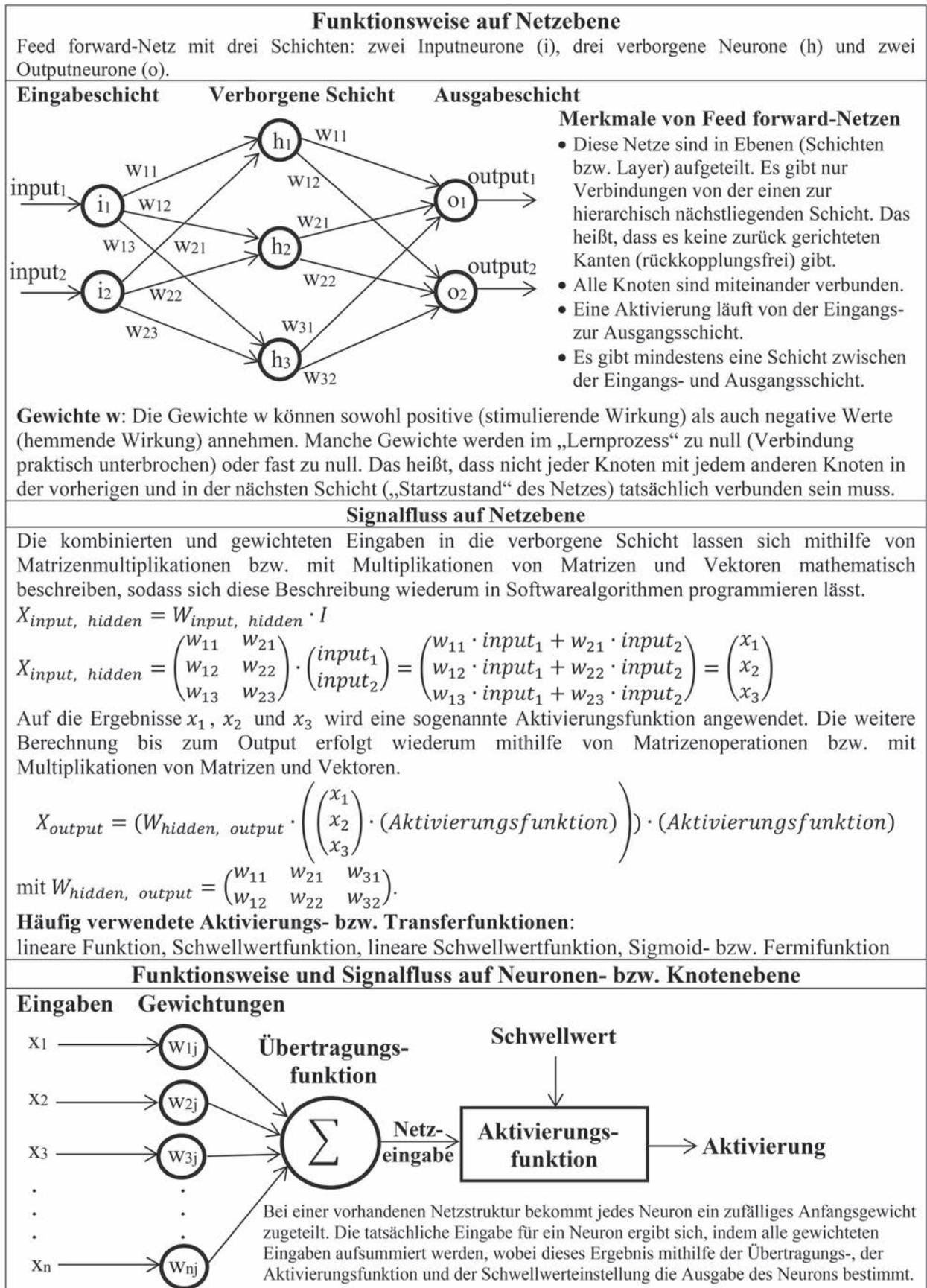


Abb. 2: Funktionsweise von künstlichen neuronalen Netzen auf Netz- und Neuronenebene

MASCHINELLES SEHEN

Maschinelles Sehen bezeichnet die Fähigkeit zum visuellen Erkennen mithilfe von Computern. Der über das bloße computergestützte Sehen hinausgehende, aber z. T. synonym verwendete Begriff „Machine Vision“ bzw. „Computer Vision“ umschreibt sämtliche Technologien, mit denen Bilder computergestützt digitalisiert und darin enthaltene Informationen zwecks Auslösung bestimmter Aktionen verarbeitet werden. Typische Aufgabengebiete sind z. B.: Klassifizierung von Objekten, Lokalisierung von Objekten, Durchsuchen großer Datenmengen, Bewegungsanalyse, Bildbeschreibung, Rekonstruktion von Bildinhalten, Analyse von Abbildungen, Materialprüfung, Steuerung von Arbeitspositionen, Prüfung von Lage, Maßen und Formen sowie Überprüfung auf Vollständigkeit. Mustererkennung im engeren Sinne, also das Erkennen von Regelmäßigkeiten in optischen oder sonstigen sensorischen Signalen ist im betrieblichen Umfeld an vielen Stellen möglich und kommt als Form eines abstrakten Qualitätssicherungsarbeitsplatzes mit künstlichen neuronalen Netzen zum Einsatz.

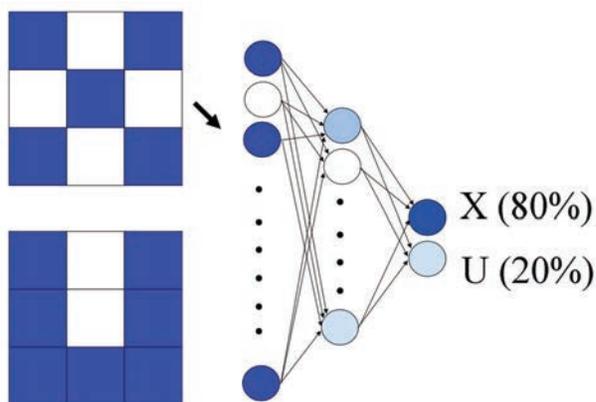


Abb. 3: Muster- bzw. Bilderkennung mithilfe eines künstlichen neuronalen Netzes

Die Buchstaben X und U können z. B. mithilfe von Pixelfeldern klassifiziert werden (siehe Abb. 3). Die starke Vergrößerung der Bilder durch die Verwendung von lediglich 9 Pixeln ist der zeichnerischen Darstellbarkeit geschuldet. Praktisch nutzbar sind Bilder mit wenigstens ca. 400 Pixeln. Das Netz besteht, wie eingangs beschrieben, aus einer Schicht von Eingangsneuronen (Eingangsschicht), welche die Pixelwerte des zu klassifizierenden Bildes im einfachsten Falle in Form von Helligkeitswerten zwischen 0 und 255 speichern. Die beiden Neuronen der rechten Ausgangsschicht enthalten das Ergebnis in der Form, dass die Höhe ihrer Werte ein Maß für die Zustimmung zu einem Ergebnis bedeutet. Zwischen der Ausgangs- und Eingangsschicht können eine oder mehrere Zwischenschichten vorgesehen

werden. Die Erkennung eines Musters bzw. Bildes hängt hauptsächlich von der richtigen Wahl der Übertragungsparameter der Pfeile (Gewichte) ab. Wenn diese Werte bekannt sind, ist die programmiertechnische Realisierung der Klassifizierung mithilfe von Pixelfeldern recht einfach. Die Eingangs-, Zwischen- und Ausgangsschicht lassen sich als Vektoren bzw. Matrizen mathematisch beschreiben. Die Gewichte der Verbindungspfeile werden ebenfalls als zweidimensionale Matrizen beschrieben. Durch Multiplikation der Matrizen mit den Vektoren der Eingangs- und Zwischenschicht erhält man die Werte der Ausgangsschicht (vgl. RASHID 2017, S. 44 ff.). In Programmiersprachen, die Rechnungen mit Vektoren und Matrizen ausführen können, sind für diese Operationen nur wenige Programmzeilen notwendig.

Das Ermitteln der Verbindungsgewichte ist dagegen wesentlich aufwändiger. Während es bei sehr einfachen Aufgaben, wie der Klassifizierung von einem 9-Pixel-Bild (siehe Abb. 3), möglich wäre, einen regelbasierten Entscheidungsalgorithmus zu verwenden, stellt eine solche Methode bei der Erkennung von Bildern, die eine hohe Auflösung haben und Gegenstände darstellen, die sich bezüglich Form, Größe, Perspektive und Farbe unterscheiden, keine brauchbare Lösung dar. Ein Deep-Learning-Netz, also ein künstliches neuronales Netz mit einer genügend hohen Anzahl an Schichten, löst zwar diese Aufgaben, jedoch nur, wenn die Verbindungsgewichte bekannt sind. Eine Grundidee besteht darin, für die Verbindungsgewichte Zufallswerte zu verwenden. Es ist aber nicht mit vertretbarem Aufwand möglich, eine brauchbare Lösung nur durch Ausprobieren von Zufallskombinationen zu finden, da deren Anzahl enorm ist und hohe Rechenzeiten zur Folge hätte (vgl. RASHID 2017, S. 72). Zielführender ist es dagegen, wenn ein künstliches neuronales Netz zunächst mit zufällig gewählten Gewichten gestartet wird, die Klassifizierungsergebnisse mit den bekannten Objektklassen verglichen und die so gewonnenen Differenzen zwischen Netzausgabe und tatsächlicher Objektklasse dazu verwendet werden, die Verbindungsgewichte eines Netzes gezielt iterativ zu verbessern. Dieser sogenannte Trainingsvorgang wird als überwachtes Lernen (supervised learning) bezeichnet, wobei folgende „Lernergebnisse“ prinzipiell möglich sind:

- Modifikation der Verbindungsgewichte mit den Extremfällen „Löschen vorhandener Verbindungen“ und „Entwickeln neuer Verbindungen“.
- Modifikation der Aktivierungs- bzw. Transferfunktion. Die Art der Transferfunktion hat einen wesentlichen Einfluss auf die erwünschte Funktion bzw. auf die Aktivierung eines Neurons/Knotens. Die verwendeten Funktionen bestimmen den

möglichen Ausgabewert, also den Wertebereich der Ausgabe. Die einfachste Aktivierungsfunktion ist die binäre Schwellwertfunktion (Heaviside-Funktion), die am Schwellenwert von einem auf den anderen Wert wechselt, jedoch ansonsten konstant ist. Bevorzugt werden die Sigmoid- bzw. Fermifunktion mit einem Wertebereich von (0, 1) sowie die Tangens Hyperbolicus-Funktion mit einem Wertebereich von (-1, 1) verwendet. Des Weiteren kommen auch Aktivierungsfunktionen zum Einsatz, die nicht eindeutig bestimmt sind, sondern nach einer Zufallsverteilung von der Eingabe abhängen (stochastische Aktivierungsfunktionen) (vgl. KRIESEL 2005, S. 39 f.).

- Bildung neuer Neuronen/Knoten.
- Löschung von vorhandenen Neuronen/Knoten.

Der Trainingsvorgang beansprucht i. d. R. hohe Rechenzeiten, sodass auf normalen Computern für das Training Zeiten in Größenordnungen von einigen Minuten bis Wochen entstehen können. Diese Zeiten lassen sich aber extrem verkürzen, wenn der Trainingsprozess auf spezieller KI-Hardware – meist basierend auf Grafikprozessoren – läuft, die den Vorgang stark parallelisiert.

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten, dass Grundlage einer maschinellen Bilderkennung umfangreiche Bilddatenbanken sind, die einen Abgleich mit in der Außenwelt befindlichen Objekten ermöglichen (Trainingsdaten) und die somit die notwendigen künstlichen neuronalen Netzwerke liefern bzw. iterativ entwickeln. Die daraus resultierenden Bildmodelle lernen grundsätzliche Strukturen, Muster, Farben und Objekte.

Das nur aus drei Schichten bestehende und somit sehr einfache künstliche neuronale Netz (siehe Abb. 3) ist tatsächlich nutzbar, z. B. für die Erkennung von handschriftlichen Zahlen, jedoch ist die Leistungsfähigkeit nicht sehr hoch. Schon geringe Abweichungen in Helligkeit und Ausrichtung von Objekten führen zu ihrer Nichterkennung. Eine erhebliche Verbesserung bei der Erkennung von Objekten wird durch die Anwendung von „Convolutional Neural Networks“ (CNN) erreicht. Dabei handelt es sich um eine Kombination von künstlichen neuronalen Netzen, die in mehreren Kaskaden hintereinandergeschaltet sind (vgl. STEINWENDNER & SCHWAIGER 2020, S. 199 ff.). Mit diesen Netztypen gelingt die Klassifikation von Bildobjekten bei variierender Perspektive und Helligkeit. Experimente mit einer mit Python (höhere Programmiersprache) selbst pro-

grammierten Software haben zu sehr erfolgreichen Ergebnissen geführt.

Voraussetzung und Erfolgsfaktor für eine möglichst zuverlässige Objektidentifikation mit dieser Technik ist die Verfügbarkeit von möglichst vielen Trainingsbildern, die bestimmte Objekte in möglichst vielfältigen Variationen von Perspektiven und Lichtverhältnissen zeigen. Sollte es erforderlich sein, ein CNN mit wenig Bildmaterial zu trainieren, weil dessen Beschaffung prinzipiell aufwändig ist, ist es hilfreich, die Bildvielfalt durch automatisierte Bildmanipulationsalgorithmen (Datagen-Funktionen) zu erhöhen.



Abb. 4: Grafische Benutzeroberfläche für das Training von CNN und die Auswertung von Bildern

Erfassen von Zuständen bei der Steuerung von Fertigungs- und Sortierprozessen

Lehrkräfte der BBS Neustadt, die Lernende in den Ausbildungsberufen Mechatroniker/Mechatronikerin und Elektroniker/Elektronikerin für Automatisierungstechnik unterrichten, entwickeln seit 2020 Anwendungen für den Einsatz von Machine Vision in automatisierungstechnischen Lern- und Arbeitsumgebungen. Erste Ergebnisse, die im Rahmen von Projekten von Auszubildenden der BBS Neustadt aus Elektro- und IT-Berufen entstanden, wurden auf der Ideen-Expo 2022 vor- bzw. ausgestellt:

1. Eine Sortieranlage, die auf Basis einer Objektklassifikation durch Machine Vision mit Hilfe eines Mitsubishi-Scara-Roboters vier verschiedene Spielzeugartikel aus Gummi in Ablagefächer sortiert.
2. Ein Modellrolltor mit einer auf Machine Vision basierenden Durchlasskontrolle für Modellautos.
3. Ein kollaborierender Roboter zur Montage von Taschenlampen, der mit Machine Vision die Lage und Anwesenheit von Batterien in einem Materialmagazin erfasst, damit der Roboter automatisch

eine Korrektur bei verkehrt herum eingelegten Batterien vornehmen kann.

Bei den o. g. Anwendungen stand nicht im Vordergrund, eine Machine-Vision-Software zur Erstellung und Auswertung von künstlichen neuronalen Netzen zu programmieren, sondern hierfür eine bereits verfügbare Lösung zu verwenden und die Schnittstellen von KI-Software und Steuerungen zu beherrschen. Ein besonders einfacher Weg, um zu einem individuell trainierbaren künstlichen neuronalen Netz zu gelangen, ist die Verwendung der Webseite „Teachable Machine“ von Google. Auf Basis von eigenem Bildmaterial wird ermöglicht, ein neuronales Netz zu trainieren und das Ergebnis dann auf den eigenen Computer herunterzuladen. Der Vorteil von „Teachable Machine“ ist, dass der Trainingsvorgang in wenigen Minuten auf den Servern von Google bewältigt wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass keine spezielle KI-Hardware beschafft werden muss, um mit geringem Zeitaufwand zu einem trainierten neuronalen Netz zu gelangen. Um das heruntergeladene neuronale Netz zur Bildauswertung einzubinden, wurde die Open-Source-Software Node Red eingesetzt. Mit diesem datenflussbasierten, graphischen Low-Code-Programmiersystem ist es auf einfache Weise möglich, die Schnittstellen von Kameras, Steuerungen und Robotern mit dem künstlichen neuronalen Netz zu verbinden und so die Bildauswertung zur Beeinflussung von technischen Prozessen zu nutzen.

Erfassung des Produktionsfortschritts mittels Machine Vision in einer vollautomatischen Produktionsanlage

Im Rahmen der Neugestaltung einer Lern- und Arbeitsumgebung der BBS Neustadt wurde untersucht, wie eine kombinierte Montagekoordination und Qualitätsüberprüfung mittels Machine-Vision-Software im Umfeld einer industrietauglichen Montageanlage gestaltet werden kann. Folgende Zielsetzungen standen im Vordergrund:

- Erweitern von zwei in der Anlage eingesetzten SPS-Steuerungen durch ein KI-Modul. Auf diesem Modul soll ein künstliches neuronales Netz als .tflite-file laufen und die Labelung der Bilder, die eine Webcam liefert, vornehmen.
- Implementieren der für Machine Vision erforderlichen Hardware (Kamera, SPS, PC, Vernetzungskomponenten).
- Trainieren der künstlichen neuronalen Netze für zwei Fertigungsstationen.
- Erproben der Zuverlässigkeit bei der Klassifizierung der Prozesszustände.

Vor der Neugestaltung wurden die Fertigungszustände bei der Montage eines Klebefilmabrollers in einer Tabelle als virtuelles Abbild gespeichert. Die Tabelle befindet sich in Speichern auf den Fahrkörpern eines Monoschienentransportsystems, auf die mit RFID (Radio Frequency Identification, bedeutet frei übersetzt Funkerkennung) schreibend und lesend zugegriffen werden kann. Diese Art der Fertigungssteuerung hat allerdings folgende Nachteile:

1. Es kann zu Differenzen zwischen dem gespeicherten Fertigungszustand und dem tatsächlichen Zustand kommen, etwa wenn ein Roboter ein zu montierendes Teil verloren hat oder wenn durch HF-Störungen gelegentlich Lesefehler auftreten.
2. Sichtbare Schäden an den Produkten werden nicht erfasst.

Als Alternative zu dem Verfahren – Tabelle als virtuelles Abbild gespeichert – sollen daher während des Montageprozesses Bilder einer Webcam von einem künstlichen neuronalen Netz klassifiziert (gelabelt)

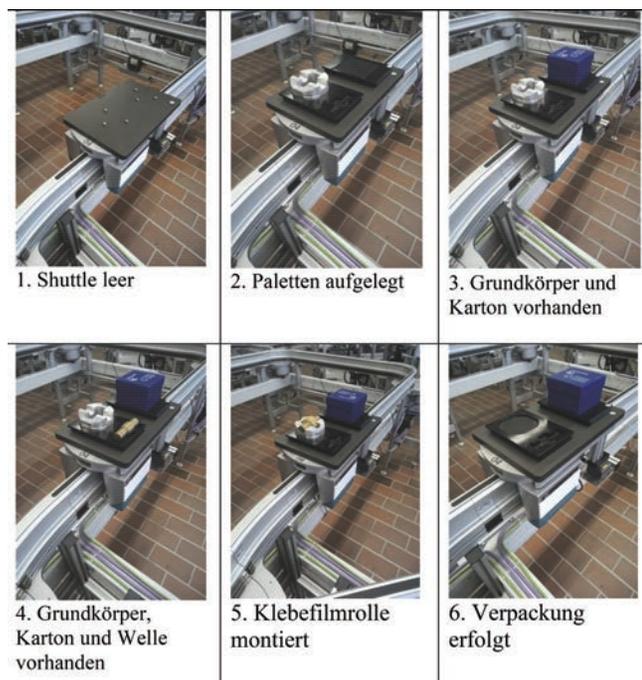


Abb. 5: Webcam-Bilder des Montageprozesses

werden (siehe Abb. 5). Die Ergebnisse der Klassifizierung beeinflussen folglich die Lenkung des Transportprozesses und die Roboter montage.

Die gefundene technische Realisierung, die nun in der Schulungsanlage umgesetzt ist, eignet sich insbesondere für die Ausbildung in Metall- und Elektroberufen und ist des Weiteren für vergleichbare Anwendungen geeignet.

FAZIT

Die Technologien Machine Learning und Machine Vision stellen aus Sicht der Berufe, die sich mit der Mechanisierung und Automatisierung von Fertigungsprozessen beschäftigen, eine Möglichkeit dar, um die Tätigkeitsfelder des Fachpersonals auf neue Anwendungsideen und bisher nicht in den Blick genommene Branchen auszudehnen (vgl. GÉRON 2020, S. 6f.). Das beschriebene Entwicklungspotenzial zeigte sich auch in vielen Veranstaltungen auf der Ideen-Expo, bei denen zahlreiche Anregungen für den Einsatz der dort ausgestellten Technologie thematisiert sowie diskutiert wurden. Die Fachdiskussionen haben gezeigt bzw. bestätigt, dass Machine Vision ein hohes Potential bei Automatisierungsproblemen hat, die mit konventioneller Sensorik nur schwer lösbar sind. Allerdings ist auch klar geworden, dass die Qualität und der Umfang des Trainings von künstlichen neuronalen Netzen entscheidende Erfolgsfaktoren für das Gelingen derartiger Lösungen darstellen. Dabei ist Erfahrungswissen über die sinnvollerweise zu verwendende Anzahl, Art und Qualität von Trainingsbildern sehr nützlich, um gute Ergebnisse zu erreichen. Wo künstliche neuronale Netze trainiert bzw. überwacht lernen (supervised learning), muss es Lehrende respektive Fachpersonal geben. Die Maschinen können bzw. sollten nicht selbst entscheiden, welche Klassen welchen Gegenständen zuzuordnen sind. Es ist Aufgabe der Berufsbildung, entsprechende Fachkompetenzen bei den Fachkräften im Kontext von Aus- und Weiterbildung zu entwickeln. Die beschriebenen Inhalte „Künstliche neuronale Netze“ und „Maschinelles Lernen“ als Form von Deep Learning lassen sich aktuell schon in die gestaltungsoffenen Lernfeldcurricula sehr gut integrieren, wie nachfolgender Auszug verdeutlicht:

„Die Schülerinnen und Schüler

- installieren und erweitern mechatronische Systeme, richten diese ein und vernetzen sie unter Verwendung geeigneter Schnittstellen und Protokolle;
- wenden Programme und Systeme zur Erfassung, Verarbeitung und Analyse prozessbezogener Daten und Informationen an;
- nutzen verschiedene Software zur Prozessplanung, -steuerung und -analyse“ (KMK 2018, S. 6 f.).

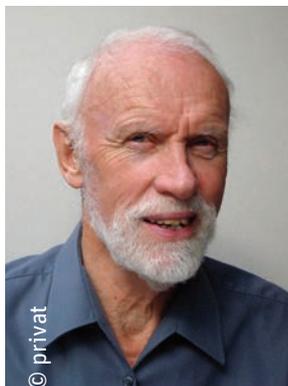
Literatur

- CHOLLET, F. (2018): Deep Learning mit Python und Keras. Das Praxis-Handbuch vom Entwickler der Keras-Bibliothek. Frechen: Mitp.
- FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT (2018): Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwen-

dung. München. Online verfügbar: https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Fraunhofer_Studie_ML_201809.pdf, abgerufen am 20.11.2022.

- GÉRON, A. (2020): Praxiseinstieg Machine Learning mit Scikit-Learn, Keras und TensorFlow: Konzepte, Tools und Techniken für intelligente Systeme. Heidelberg: O'Reilly.
- HE, K.; ZHANG, X.; REN, S.; SUN, J. (2015): Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification. Online verfügbar: <https://arxiv.org/pdf/1502.01852v1.pdf>, abgerufen am 13.11.2022.
- KRIESEL, D. (2005): Ein kleiner Überblick über Neuronale Netze. Online verfügbar: http://www.dkriesel.com/science/neural_networks, abgerufen am 15.11.2022.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (Hrsg.) (2018): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin. Beschluss der KMK vom 30.01.1998 i. d. F. vom 23.02.2018. Berlin. Online verfügbar: <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Mechatroniker98-01-30-Stand-18-02-23.pdf>, abgerufen am 20.11.2015.
- RASHID, T. (2017): Neuronale Netze selbst programmieren. Ein verständlicher Einstieg mit Python. Heidelberg: O'Reilly.
- STEINWENDNER, J.; SCHWAIGER, R. (2020): Neuronale Netze programmieren mit Python. Bonn: Rheinwerk.

Berufsfelddidaktik – Auf der Suche nach gemeinsamen Zielen und Inhalten bei den industriellen Metallberufen



JÖRG-PETER PAHL¹



Georg Spöttl

ENTWICKLUNGEN BEI DEN INDUSTRIELLEN METALLBERUFEN

Mit dem Berufsfeld² „Metalltechnik“ werden Berufe der industriellen und handwerklichen Aus- und Weiterbildung zusammengefasst, deren konstituierende Tätigkeitsmerkmale bisher vor allem im Umgang mit metallischen Werkstoffen sowie mit Maschinen, Anlagen, Software und Prozessen bestehen. Eine Ausweitung des Berufsfeldes findet durch die aktuellen Entwicklungen statt. Besonders wenn es um den Anlagenbetrieb geht, werden immer mehr Gegenstände der Metalltechnik digitalisiert, wodurch Produktion und Arbeitsprozesse erheblich beeinflusst werden. Bei den Metall- und Elektrotechnischen-Berufen (M+E-Berufen) hat sich der Umgang mit Daten (z. B. Maschinenbetriebsdaten, technologische Daten, Fertigungsdaten, Energieverbrauchsdaten), Software, Vernetzung und Kollaboration zu einer neuen, notwendigen Kernkompetenz entwickelt. Zunehmend kristallisiert sich als weitere Entwicklung heraus, dass die Unternehmen Elektrotechnik- und IT-Kompetenzen für die Aufgaben im Betrieb bei allen Fachkräften und insbesondere auch bei den metalltechnischen Berufen benötigen. Sie erscheinen nicht mehr als separate Qualifikationsanforderung in Verbindung mit derart geprägten elektrotechnischen oder informationstechnischen Aufgaben, sondern als Standard für die Aufgaben in den generischen Handlungsfeldern der Industrie 4.0 (vgl. BAYME VBM 2016). Die zu verwendende Software oder allgemeiner die Digitalisierung insgesamt ist im Berufsfeld Metalltechnik von der Produktion her (oder allgemeiner von den Arbeitsprozessen her) zu denken.

Insbesondere im Feld der industriellen Metallberufe zeichnen sich erhebliche Veränderungen ab, die in den letzten Jahren zu neuen Berufsbildpositionen und Zusatzqualifikationen (ZQ) geführt haben. Der Ordnungs-

mittelgeber hat darauf 2018 mit einer sogenannten Teilnovellierung reagiert (vgl. INDMETAUSBV 2018).³ Bereits hier wird die drängende Frage deutlich, ob Berufsfelder noch als Ordnungshilfen geeignet sind, wenn die bisherige disziplinäre Ausrichtung des beruflichen Handelns aufgrund von technologischen und arbeitsorganisatorischen Entwicklungen in der Arbeitswelt an Bedeutung verliert. Dass trotz dieser Veränderungen der Begriff des Berufsfeldes noch als Ordnungsbegriff Bedeutung hat, zeigt bspw. eine Übersicht zur Organisation und Zuordnung von Lernfeldern des Berufes „Industriemechaniker und Industriemechanikerin“ zum Berufsfeld Metalltechnik (siehe Tab. 1).

Unter Berücksichtigung der bestehenden Rahmenbedingungen und der Existenz von Ordnungsmitteln sollten wesentliche konstituierende Strukturmomente von Didaktiken, wie sie in den letzten Jahrzehnten entwickelt wurden, in die neuen Konzepte einbezogen werden. Um das Konstrukt einer Berufsfelddidaktik „Metalltechnik“ hinsichtlich seiner Möglichkeiten zu betrachten, sind die Zielvorstellungen für die Bedingungs- und Entscheidungsfelder und die konstituierenden Merkmale eines Berufsfeldes mit in den Blick zu nehmen. Es gilt insbesondere, die mit der Verordnung 2018 (vgl. INDMETAUSBV 2018) verbundenen Ziele und Inhalte der industriellen Metallberufe zu berücksichtigen, die als Folge des rasanten Wandels in der Industrie als erforderlich angesehen werden.

BERUFSFELD METALLTECHNIK UND DESSEN ABGRENZUNGEN

Derzeitige Rahmenbedingungen

Wenn es in der Berufsbildung um die Gestaltung oder um Merkmale von Berufen geht, dann spielen die Ordnung der Berufe und deren Strukturierung eine zentrale

Industriemechaniker und Industriemechanikerin		Unterrichtsstunden bezogen auf die 3,5-jährige Berufsausbildung			
		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
Berufsbezogener Bereich mit den Lernfeldern					
1	Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	80			
2	Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	80			
3	Herstellen von einfachen Baugruppen	80			
4	Warten technischer Systeme	80			
5	Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen		80		
6	Installieren und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme		60		
7	Montieren von technischen Teilsystemen		40		
8	Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen		60		
9	Instandsetzen von technischen Systemen		40		
10	Herstellen und Inbetriebnehmen von technischen Systemen			80	
11	Überwachen der Produkt- und Prozessqualität			60	
12	Instandhalten von technischen Systemen			60	
13	Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme			80	
14	Planen und Realisieren technischer Systeme				80
15	Optimieren von technischen Systemen				60
	Wahlpflichtbereich				
				120	
Berufsübergreifender Bereich mit den Fächern					
	Wirtschaft/Politik			280	
	Kommunikation			100	
	Englisch ¹⁾			80	
	Sport/Gesundheitsförderung			80	
	Religionsgespräch ²⁾				
	Unterrichtsstunden insgesamt			1680	

1) Mit Genehmigung der zuständigen Schulaufsicht kann statt Englisch regional auch eine andere Fremdsprache unterrichtet werden.

2) Nach den Bestimmungen der Rahmenstundentafel

Tab. 1: Einordnung eines Metallberufes in ein Berufsfeld (Quelle: BIMi 2015)

Rolle. Insbesondere bei makrodidaktischen Fragen ist ein konkreter Bezug zu Berufen und zu den Bezugsebenen von Berufen von großer Bedeutung. Bezugsebenen sind in der Regel die Berufsfelder, die dazu beitragen, die Berufe in größere sachliche Zusammenhänge einzuordnen. Eine wesentliche Grundlage für die Strukturierung von industriellen Berufen ist oftmals die Industriearbeit und deren Systematisierung nach Sektoren, nach Wirtschaftszweigen, nach Wirtschaftssubjekten oder anderen Kriterien. Bei handwerklichen Berufen scheint eine Mischform industrieller Strukturen und handwerklicher Aufgabenverrichtungen bei zahlreichen Berufen im Mittelpunkt zu stehen.

Abgrenzungsprobleme

Bezieht man sich auf die Berufsfelddefinition des BIBB auf der Basis der Klassifikation der Erwerbsberufe mit 54 Berufsfeldern (vgl. TIEMANN et al. 2008), so wird bereits deutlich, dass sich die Merkmale, nach denen Berufsfelder gestaltet werden, unterscheiden können und die herkömmlichen Kriterien zur Ordnung der Berufsfelder teilweise problematisch sind oder sogar obsolet werden. Die Probleme werden noch gravierender, wenn allein die in zahlreichen Fachgebieten stattfindende technologische Konvergenz betrachtet wird. In derartigen Fällen verschwinden die Grenzen zwischen Wissens- und Fertigkeitselementen in der Bewältigung von Arbeitsaufgaben, in der vielfachen Nutzung von Werkstoffen oder anderen vormals einfach zu trennenden Merkmalen.

Auch neue Aufgabenfelder spielen durch den Einsatz digitalisierter „Werkzeuge“ und Systeme wie beispielsweise der additiven Fertigung, digitalen Vernetzung, Prozessintegration und IT-Sicherheit zunehmend eine Rolle. Derartige Entwicklungsdynamiken gibt es in sehr unterschiedlicher Form. Beispielsweise wurde im Jahr 2003 im Zuge der Novellierung von Anrechnungsverordnungen das Berufsfeld Fahrzeugtechnik als eigenständiges Berufsfeld benannt (vgl. BECKER 2016, S. 238).

Aufgrund der schwierigen Grenzziehungen bei Berufsfeldern und der Außerkraftsetzung der Berufsgrundbildungsanrechnungsverordnung und damit der Berufsfelder als von der KMK gestütztes Konstrukt werden alternative Ansätze diskutiert. Einer der Ansätze hat Sektorenbezüge im Mittelpunkt, die sich an Wirtschaftsstrukturen orientieren (vgl. SPÖTTL 2018, S. 149 ff.). Die Abgrenzungsfragen stehen jedoch auch in solch einem Falle im Raum und sind bisher nicht eindeutig geklärt.

BEDINGUNGEN BEI DEN INDUSTRIELLEN METALLTECHNISCHEN BERUFEN

Entwicklungsrahmen

Die derzeitige Entwicklung im Berufsfeld Metalltechnik wird mit dem Kürzel Industrie 4.0 beschrieben (vgl. BECKER & SPÖTTL 2019). Das fordert dazu auf, den industriellen Berufen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Mit der Kennzeichnung soll die Speerspitze

der Entwicklung verdeutlicht werden; daneben gibt es noch Nischen traditioneller Arbeit und Technik, aber vorwiegend im handwerklichen Bereich.

Beeinflusst werden die Bedingungen auch durch die verstärkte Durchlässigkeit hin zur Akademisierung.

Im Jahr 2020 ist, auch beeinflusst durch die Pandemie, die Zahl der neuen Ausbildungsverträge gegenüber dem Vorjahr insgesamt um 11,0 Prozent und in Industrie und Handel um 13,9 Prozent zurückgegangen (vgl. DATENREPORT 2021, S. 39). Immerhin sind unter den Ausbildungsberufen im Jahr 2019 noch 194.745 Auszubildende in Produktionsberufen zu finden, das entspricht 37,9 Prozent aller Neuabschlüsse (vgl. ebd., S. 110).

Die Ausführungen bestätigen, dass sich Veränderungen bei den Berufen generell und den Metallberufen im Spezifischen vollziehen, was sich vor allem darin ausdrückt, dass zunehmend stärker von der Produktion und deren Softwarestrukturen her (allgemeiner von den Arbeitsprozessen her) zu denken ist.

Veränderungen bei den industriellen Metallberufen

Aus den in den letzten Jahren sichtbar gewordenen Trends deuten nicht nur Entwicklungen im industriellen metalltechnischen Bereich an, was unter Industrie 4.0, Arbeit 4.0 und Nachhaltigkeit eingeordnet wird. Bestätigt wird dieser Sachverhalt bereits dadurch, dass im Jahre 2018 für fünf industrielle Metallberufe (und fünf Elektroberufe und den Beruf Mechatronikerin/Mechatroniker) neue Verordnungen erlassen worden sind, die kodifizierte Zusatzqualifikationen und eine neue Standardberufsbildposition 5 zur Digitalisierung („Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“) ausweisen (vgl. KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2021, S. 8 ff.). Darüber hinaus sind 2020 die Standardberufsbildpositionen für alle Ausbildungsberufe angepasst worden. Das heißt, in jedem dualen Ausbildungsberuf sind zukünftig übergreifende Themenbereiche aus der Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu vermitteln (vgl. HA BIBB 2020, S. 1).

Die neuen Mindeststandards sind prüfungsrelevant und sollen sowohl im Betrieb als auch in der Berufsschule vermittelt werden. Hohe Relevanz als Themen haben die „digitalisierte Arbeitswelt“ und „Nachhaltigkeit“. Sie finden wegen ihrer Wirkung und ihres Einflusses auf Veränderungen und Innovationen in den Unternehmen besondere Beachtung. Letztlich geht es darum, den Bezug zur „digitalisierten Arbeitswelt“ herzustellen und zu intensivieren. Bei den industriellen M+E-Berufen wurde bereits bei der Teilnovellierung 2018 die neue integrative Standardberufsbildposition 5 in die Ausbildungsordnung eingefügt (vgl. INDMETAUSBV 2018).

Es geht darum, die Bedingungen bei den industriellen Metallberufen im Vorfeld von didaktischen Entscheidungen zu skizzieren und möglichst präzise zu benennen (vgl. PAHL 2019). Unter Berücksichtigung der momentanen Untersuchungen der Gegebenheiten lässt sich bereits feststellen, dass die Bedingungen im me-

talltechnischen Industriebereich wegen mechatronischer, prozess- und softwarebezogener Anforderungen insgesamt Veränderungsdruck erzeugen. Unter Berücksichtigung solcher Voraussetzungen wird deutlich, dass auch Berufe wie Industriemechanikerin/Industriemechaniker – und nicht nur diese – „lebensgeschichtlich vom Berufswechsel bedroht“ (SCHÜTTE 2021, S. 10) sind.

Bedingungen an den metalltechnischen Ausbildungsstätten

Entwicklungen und Bedingungen in der Industrie erfordern in den Ausbildungsstätten eine Analyse der Ausbildungsbedingungen, mit denen adäquates berufliches Lernen und Lehren gewährleistet werden kann. Eine besondere Herausforderung ist die zunehmende Vernetzung von Maschinen und Anlagen, die den Komplexitätsgrad des Zusammenwirkens erhöht. In diesem Zusammenhang muss didaktisch geklärt werden, wie die Komplexität erschlossen werden kann und was davon für Fachkräfte von Relevanz ist (vgl. PAHL 2019). Mit moderner Ausstattung allein ist es nicht getan. Es sind makrodidaktische Dimensionen weiterzuentwickeln oder zum Gegenstand von beruflichem Lernen und Lehren zu erheben. Für das Berufsfeld sind didaktische Konzepte und geeignete Ausstattungen Kern der Schwerpunkte, an denen zu arbeiten ist. Erstere müssen für die aktuellen Herausforderungen weiterentwickelt werden, damit es möglich wird, eine Vielzahl von Lernprozessen zu unterstützen.

ZIELE UND INHALTE METALLTECHNISCHER BERUFS-AUSBILDUNG

Übergeordnete Ziele

Für das Berufsfeld „Metalltechnik“ richten sich die rahmengebenden Ziele durch die Vorgaben der jeweiligen Ausbildungsberufsbilder insbesondere auf die Vermittlung und Gestaltung des Zusammenhanges von Arbeit, Technik und Bildung und deren Einbettung in kulturelle Entwicklungen. Damit kann zugleich ein erweiterter Berufsbildungsanspruch eingelöst sowie berufliches Lernen im metalltechnisch geprägten Gegenstandsfeld ermöglicht werden.

Mit der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metalltechnikberufen von 1987 (vgl. IndMetAusbV 1987) ist die ehemals große Anzahl an Ausbildungsberufen in der Industrie deutlich reduziert worden. Seit dieser Zeit ist die Anzahl an Berufen stabil. Als die Wichtigsten werden nur noch sechs Berufe benannt. Dazu gehören:

1. Anlagenmechanikerin/Anlagenmechaniker,
2. Industriemechanikerin/Industriemechaniker,
3. Konstruktionsmechanikerin/Konstruktionsmechaniker,
4. Werkzeugmechanikerin/Werkzeugmechaniker,

5. Zerspanungsmechanikerin/Zerspanungsmechaniker,
6. (Mechatronikerin/Mechatroniker).

Allein damit ist eine begrüßenswerte Übersichtlichkeit und wesentliche Reduktion auf den beruflichen Kern der industriellen Metallberufe gewährleistet. Betrachtet man die Ausbildungsberufsbilder (vgl. INDMETAUSBV 2018, S. 976) der fünf Berufe (ohne Mechatronikerin/Mechatroniker), so zeigt sich, dass

- für alle in den dreizehn Positionen der Kernqualifikationen grundlegende inhaltliche und strukturelle Übereinstimmung feststellbar ist,
- es bei den Fachqualifikationen zwar strukturelle und inhaltliche Unterschiede gibt, aber auch Überschneidungen und Ähnlichkeiten feststellbar sind. Die Unterschiede sind auf den Kontext zurückzuführen, in dem die Berufe jeweils angesiedelt sind.

Die gemeinsamen „Kernqualifikationen, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens integriert mit berufsspezifischen Fachqualifikationen zu vermitteln sind“ (vgl. ebd., S. 989), lassen sich unter metalltechnischer Perspektive auf einen berufsfeldweiten Bereich beziehen. So heißt es dort beispielsweise „Aufbau und Aufgaben des Ausbildungsbetriebes erläutern“ oder „Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz feststellen und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung ergreifen“. Hiermit sind Ziele und Inhalte benannt, die für die Metalltechnik eine berufsfeldbreite Bedeutung haben und darüber hinaus auch für andere Berufsfelder relevant sind.

Fachspezifische Inhalte mit übergeordneter Bedeutung

Anders sieht es aus, wenn man die Ausbildungsrahmenpläne im Detail betrachtet. Dort finden sich sachliche Gliederungen der berufsspezifischen Fachqualifikationen für die industriellen metalltechnischen Berufe.

Eine Analyse der Fachqualifikationen der fünf (ohne Mechatronikerin/Mechatroniker) oben genannten Berufe zeigt, dass in mehreren Fällen inhaltlich grobstrukturell vergleichbare Fachqualifikationen ausgewiesen sind. Zudem sind bei den einzelnen Berufen jedoch auch Fachqualifikationen genannt, die sich durch eindeutigen Kontextbezug auszeichnen und damit keinerlei oder sehr wenig Affinitäten zu anderen Berufen aufweisen. Der Anwendungsbezug unterscheidet sich allerdings je nach Beruf. Insgesamt lassen sich die Qualifikationen in den Berufsbildern auf drei Ebenen darstellen:

- Kernqualifikationen (identisch bei den genannten Berufen),
- affine Fachqualifikationen nach Tabelle 2 (teilweise Überschneidung bei den genannten Berufen) und
- kontextspezifische Fachqualifikationen nach Tabelle 2 (für jeden spezifischen Beruf).

Die genannte Struktur ist bei allen metalltechnischen Berufen gegeben. Dadurch wird gleichzeitig die Breite des Berufsfeldes definiert. Alle Qualifikationen beziehen sich auf Vorgänge und Zusammenhänge, die für die metalltechnischen Arbeitsfelder relevant sind. Dazu gehören auch solche, die nicht nur eine Schnittstelle zur Digitalisierung aufweisen, sondern von Technologien geprägt sind. Hieraus resultieren Querschnittsaufgaben, die inzwischen nicht nur in der Metalltechnik angesiedelt sind, sondern auch für andere Berufe Relevanz aufweisen.

Bei den sogenannten Fachqualifikationen wird die Frage nach dem Gemeinsamen im Detail schwierig. Sie zeichnen sich durch unterschiedliche berufsspezifische Merkmale im Detail aus, haben jedoch einen deutlichen Bezug zum Berufsfeld und stehen nicht im Widerspruch zu diesem. Es zählen dazu:

- Auftragsbearbeitung, ausgehend von der Planung über die Herstellung bis hin zur Auslieferung. Erforderlich ist auch die Anwendung technischer Unterlagen, Erprobung und Übergabe,
- Anfertigen/Herstellen von Bauteilen mit unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren,
- Montieren und Demontieren von Bauteilen und Baugruppen mit unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren,
- Anwenden ausgewählter fertigungstechnischer Verfahren (Fügen, Trennen, Umformen, ...) einschließlich Einrichten von Werkzeugmaschinen oder Fertigungssystemen,
- Montage und Demontage, Erprobung und Übergabe, Instandhaltung von Bauteilen und Baugruppen und deren Erprobung und Übergabe,
- Programmieren von Maschinen und Anlagen einschließlich numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen oder Fertigungssysteme sowie
- Überwachen und Optimieren von Fertigungsabläufen.

Im Detail weichen aber die konkreten Fachqualifikationen in den verschiedenen Aufgabenbereichen stark voneinander ab.

Sieht man von den dominanten spezifischen Aufgaben der jeweiligen Berufe ab, dann zeigt sich bei den industriellen metalltechnischen Berufen eine Vielzahl von Aufgaben wie Herstellen, Fertigen, Planen, Montieren, Instandhalten, Diagnostizieren als nach wie vor bedeutsam an. Es wird auch deutlich, dass das Fundament des industriellen metalltechnischen Berufsfeldes sehr breit ist, und es nicht mehr in erster Linie um spezielle handwerkliche und insulare Fertigkeiten zum Bearbeiten von Werkstoffen geht.

Spezielle „Fachqualifikationen“ werden im Berufsfeld seit wenigen Jahren durch Zusatzqualifikationen gefördert. Das Konzept der Zusatzqualifikationen wird bereits seit Ende des letzten Jahrhunderts diskutiert. Da-

bei wurden die vielfältigen Ansätze ausgelotet und im Rahmen von Modellversuchen aufgezeigt und erprobt. Die früher erkannten didaktisch-methodischen Konzepte sind jedoch nicht weiterverfolgt worden.

Berufsfelder und Lernfelder – didaktische Überlegungen

Curricular, didaktisch, methodisch und medial können die Berufsfelder und die dazugehörigen Berufe handlungsorientiert und inhaltlich konkret durch arbeitsorientierte Lernfelder (vgl. PAHL 2001) ausgestaltet werden, wie sie als didaktisch-methodische Konzepte für Berufsschulen diskutiert wurden. Die „Breite“ und „Tiefe“ von Lernfeldern kommt auch durch die Zahl an Lernfeldern zum Ausdruck. In einem Berufsfeld und Beruf können fachlich sehr spezifische Lernfelder mit beruflichen Spezifika angelegt werden. Regional bzw. schulspezifisch ausgerichtete Lehrpläne weisen im Regelfall eine größere Nähe zu dem Geschehen in der Industrie der Region auf als bundesweit angelegte Curricula. Das findet auch seinen Niederschlag bei der Akzentuierung der Lernfelder. Diese entwickeln sich aus empirischen Befragungen oder den Kontakten von Betrieb und

Schule, aber auch durch Betriebsbesichtigungen. Im Vergleich zu dem Konstrukt „Berufsfeld“, bei dem affine Berufe herausgehoben werden, dienen Lernfelder der Konkretisierung von Inhalten und Kompetenzen, die schulisch vermittelt werden sollen. Dabei stellen die Lernfelder konkrete Gebiete des Lernens und Arbeitens dar, mit denen auf die berufliche Handlungsorientierung abgehoben wird. Als Grundprinzip kommt das selbstständige Planen, Durchführen und Kontrollieren durch die Lernenden zur Anwendung.

Beim beruflichen Lehren und Lernen geht es dabei nicht nur um das fachgerechte technische Handeln, also um das „Wie“ des Tuns, sondern vertieft um Begründungen, Einsichten und Erkenntnisse. Es geht um das Klären von „Warum-Fragen“ des Handelns.

Berufsfelder charakterisieren Gegenstände nach einem Organisationsprinzip, bei dem Ziele und Inhalte im Vordergrund stehen. Sie bilden den Rahmen für Lernfelder, auf deren Grundlage spezifische Lernsequenzen gestaltet werden können. Lernfelder wiederum lassen sich durch das didaktische Zusammenspiel von ziel-, curricula- und handlungstheoretischen Ansätzen begründen.

ZIELE UND INHALTE FÜR EINEN BERUFSFELDBREITEN DIDAKTISCHEN ANSATZ IN DER METALLTECHNIK

Wirkungen der Ausbildungspläne

In der Verordnung 2018 mit ihrem anliegenden Ausbildungsrahmenplan für die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen werden Überlegungen dokumentiert (mit Anlage 1 und 2), die – wenn man sie weiterdenkt – das Berufsfeld verändern werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stellen die Ausbildungsrahmenpläne eine Grundlage dar, mit der auf aktuelle Veränderungen flexibel reagiert werden kann. Allerdings werden sie vom Ausbildungspersonal als überfrachtet bewertet (vgl. EVA M+E-Studie 2020).

Für einen berufsfelddidaktischen Ansatz im weiteren Sinne richtet sich der Fokus im Wesentlichen auf die Ordnung der Ziel- und Inhaltsdimension (vgl. Pahl 2019). Insbesondere mit den Entwicklungen, die mit dem Kürzel „4.0“ beschrieben werden, zeichnen sich erhebliche Veränderungen bei den Ausbildungszielen und -inhalten ab. So weisen die in Fallstudien der EVA M+E-Studie (vgl. 2022) identifizierten Aufgaben für Fachkräfte der Metallindustrie auf einen Trend hin, wonach nur

Aufgabenmerkmale	Berufe				
	Anlagenmechanikerin/ Anlagenmechaniker	Industriemechanikerin/ Industriemechaniker	Konstruktionsmechanikerin/ Konstruktionsmechaniker	Werkzeugmechanikerin/ Werkzeugmechaniker	Zerspanungsmechanikerin/ Zerspanungsmechaniker
Kernqualifikationen, 13 Positionen	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Bearbeiten von Aufträgen	XXX				
Herstellen, Montieren und Demontieren von Bauteilen und Baugruppen mit unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren	XXX	XXX		XXX	
Montage und Demontage von Metallkonstruktionen			XXX		
Anwenden von technischen Unterlagen			XXX		
Instandhaltung von technischen Systemen, Fehlerbehebung, Fehlerdiagnose	XXX	XXX		XXX	
Instandhaltung von Bauteilen und Baugruppen	XXX			XXX	
Bauteile und Einrichtungen prüfen, Baugruppen prüfen	XXX		XXX	X	
Trennen und Umformen			XXX		
Fügen von Bauteilen			XXX		
Einsetzen von Vorrichtungen und Hilfskonstruktionen			XXX		
Montage und Demontage von Metallkonstruktionen			XXX		
Erprobung und Übergabe				XXX	
Programmieren von Maschinen und Anlagen				XXX	XXX
Planen des Fertigungsprozesses					XXX
Sicherstellen der Betriebsfähigkeit technischer Systeme		XXX			
Aufbau, Erweitern und Prüfen von elektronischen Komponenten und Steuerungstechnik		XXX			
Einrichten von Werkzeugmaschinen oder Fertigungssystemen					XXX
Herstellen von Werkstücken					XXX
Überwachen und Optimieren von Fertigungsabläufen					XXX
Geschäftsprozesse und Qualitätssicherungssysteme im Einsatzgebiet	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Legende: XXX = hohe Übereinstimmung – affine Fachqualifikationen
X = schwache Übereinstimmung

Tab. 2: Berufsfeldbreit geforderte berufliche Fachqualifikationen

noch selten allein metalltechnisch, elektrotechnisch oder informationstechnisch geprägten Qualifikationsanforderungen gefragt werden.

Ergebnisse zu berufsfeldbreiten Ansätzen

Verschiebungen in den Berufsfeldstrukturen auf der Basis, wie sie durch empirische Studien sichtbar werden, sind ständig neu zu diskutieren und mit den sich wandelnden Berufsstrukturen abzugleichen. Geklärt werden muss dabei, welche Bedeutung eine Ausbildung auf Berufsfeldbreite zukünftig haben kann.

Berufsfeldbreite Ziele und Inhalte als weiterreichende berufsbildende Orientierungen sollten schwerpunktmäßig für den Lernort „Schule“ herausgehoben werden. Sie haben exemplarischen und fundamentalen Charakter. Am Lernort Betrieb dagegen ist es unumgänglich, betriebsspezifische Ziele zu verfolgen und für das Lernen geeignete didaktische Werkzeuge zu entwickeln. Das Besondere, das Fundamentale und das Bildende der Berufe und der Berufsfelder sind dabei zu thematisieren.

Insgesamt ergibt sich aus den Entwicklungen in der Industrie für die metalltechnische Ausbildung in der Schule ein Anspruch, der darauf zielt, dass die in den Anwendungsfeldern verwendete Software oder allgemeiner die Digitalisierung von der Produktion her (noch allgemeiner: von den Arbeitsprozessen her) zu denken ist, sodass die Unternehmen Elektro- und IT-Kompetenzen nicht mehr als separate Qualifikationsanforderungen einordnen, sondern als Standard für die Aufgaben in den generischen Handlungsfeldern der Industrie 4.0 (vgl. EVA M+E-STUDIE 2022).

Zukunftsorientierte Betrachtung des Berufsfeldes „Metalltechnik“

Entwicklungen in der Industrie-3.0/4.0-Epoche sind dadurch gekennzeichnet, dass Grenzen zwischen den Berufsfeldern Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik undeutlicher werden. Dazu gehört, dass sogenannte Hybridberufe an Bedeutung gewinnen. Erkennbar wird, dass vor allem Metallberufe ohne elektrotechnische Ergänzungen wie die Ausbildung zur Elektrofachkraft spürbar an Bedeutung verlieren.

UNTERSTÜTZUNGSSTRUKTUREN FÜR DIE ZUKUNFT – SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Ausführungen machen deutlich, dass die Grenzziehungen bei Berufsfeldern aufgrund der technologischen und ökonomischen Entwicklungsdynamiken immer schwieriger werden und durchaus über die Grenzen hinweg gearbeitet werden muss, sobald es um Lernen und die damit verbundene didaktische Aufbereitung von Inhalten geht. Lehrkräfte werden hierdurch in mehrfachem Sinne gefordert, als Spezialistinnen und Spezialisten sowie als Generalistinnen und Generalisten, sowohl fachlich als auch berufspädagogisch-didaktisch.

Festzustellen ist, dass Lehrkräfte mit der jetzt schon großen Menge an didaktischen und organisatorischen Aufgaben all dies allein leisten und ihre pädagogischen Werkzeuge und Materialien selbst erstellen und auf ihre Lerngruppen zuschneiden müssen (vgl. THALHOFER 2022, S. 36). Bei den insgesamt vielfältigen Aufgaben müssen Lehrkräfte unterstützt werden, um die inhaltlichen Anforderungen bewältigen zu können. Dafür sind zum einen didaktische Werkzeuge auch über Berufsfeldgrenzen hinweg professionell zu gestalten. Zum anderen sind weitergehende Unterstützungsstrukturen für Lehrkräfte zu gestalten, damit sie in die Lage versetzt werden, die immer schneller stattfindenden inhaltlichen und strukturellen Veränderungsprozesse innerhalb der Berufsfelder zu bewältigen.

Anmerkungen

- 1) Der Artikel entstand, bevor JÖRG-PETER PAHL verstorben ist.
- 2) Der Begriff des Berufsfeldes und wie Berufsfelder zu definieren oder zu charakterisieren sind, wurde nie endgültig geklärt. Beispielsweise hat das BIBB 1992 und 2008 Definitionen für 54 Berufsfelder vorgelegt (vgl. TIEMANN et al. 2008), die sich in dieser Form bisher nicht bestätigt haben. Trotz dieser Unsicherheiten wird der Begriff im Artikel verwendet, weil dadurch eine ordnende Strukturierung von Ausbildungsberufen möglich ist. Ein Berufsfeld bietet eine Plattform für mehrere Berufe und deren Lernfelder.
- 3) Ob und welche Wirkungen die Teilnovellierung entfaltet hat und ob dieser Schritt ausreichend war, wurde in den Jahren 2020 und 2021 mit der sogenannten EVAM+E STUDIE (2022) untersucht. Eine weitere Studie dazu wurde vom BIBB vorgelegt (vgl. KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2021).

Literatur

- BAYME VBM (2016): SPÖTTL, G.; GORLDT, CH.; WINDELBAND, L.; GRANTZ, T.; RICHTER, T.: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München: bayme vbm Studie.
- BECKER, M. (2016): Berufsfeld „Fahrzeugtechnik“. In: PAHL, J.-P. (Hrsg.): Lexikon Berufsbildung. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, S. 238-239.
- Becker, M.; Spöttl, G. (2019): Auswirkungen der Digitalisierung auf die berufliche Bildung am Beispiel der Metalltechnik- und Elektroindustrie. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13. Februar 2019, S. 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00869-1>.
- HA BIBB (2020): Empfehlung des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung vom 17. November 2020 zur „Anwendung der Standardberufsbildpositionen in der Ausbildungspraxis“. Bundesanzeiger AT vom 22.12.2020.
- DATENREPORT (2021): Datenreport zum Berufsbildungsbericht. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.

- EVA M+E-STUDIE (2022): BECKER, M.; FLAKE, R.; HEUER, CH. et al. (2022): EVA M+E-Studie – Evaluation der modernisierten M+E-Berufe: Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd: IBM, IW, TAB, IBBT. <http://doi.org/10.15488/11927>.
- INDMETAUSBV (2018): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen, i. d. F. der Bekanntmachung vom 28.6.2018. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2018, Teil I, Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- INDMETAUSBV (1987): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metalltechnikberufen (Industrielle Metalltechnik-Ausbildungsverordnung - IndMetAusbV), i. d. F. der Bekanntmachung vom 15.1.1987. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1987 Teil I, Nr. 6, ausgegeben am 24.01.1987.
- BIMI (Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein) (2015): Bildungsportal, Stundentafeln, Berufsschule, Industriemechaniker. Online verfügbar: <https://bbsdokumente.schleswig-holstein.de/?view=100&path=Stundentafeln|Berufsschule>, abgerufen am 24.08.2022.
- KAUFMANN, A.; WINKLER, F.; ZINKE, G. (2021): Evaluation der Zusatzqualifikationen und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metalltechnik- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/-in. Entwicklungsprojekt 2.2.322 des BIBB: Zwischenbericht. Bonn: BIBB. Online verfügbar: https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodops/pdf/zw_22322.pdf, abgerufen am 5.5.2022.
- PAHL, J.-P. (2019): Didaktisierung der Berufsfelder – Eine Aufgabe auch für Berufswissenschaft und Berufsbildungswissenschaft. In: bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 37, 1-20. Online verfügbar: http://www.bwpat.de/ausgabe37/pahl_bwpat37.pdf, abgerufen am 17.2.2022.
- PAHL, J.-P. (Hrsg.) (2001): Arbeitsorientierte Lernfelder: Didaktisch-methodische Konzepte für Berufsschulen im Rahmen elektrotechnischer Erstausbildung. Bremen: Donat.
- SCHÜTTE, F. (2021): Berufsfelddidaktik – eine gewerblich-technische Bereichsdidaktik. In: BÜCHTER, K.; SCHÜTTE, F. (Hrsg.): Enzyklopädie Erziehungswissenschaft. Online. Fachgebiet/Rubrik: Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Curriculum und Didaktik in der Berufsbildung, S. 1–13.
- SPÖTTL, G. (2018): Sektoranalysen. In: RAUNER, F.; GROLLMANN, PH. (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. 3. Auflage. Bielefeld: wbv Median, S. 149–155.
- THALHOFER, F. (2022): Wie Schiffe ohne Kompass. In: Die Zeit, Nr. 20, 12. Mai 2022, S. 36.
- TIEMANN, M.; SCHADE, H.-J.; HELMRICH, R.; HALL, A.; BRAUN, U.; BOTT, P. (2008): Berufsfeld-Definitionen des BIBB auf Basis der Klassifikation der Berufe 1992. Wissenschaftliche Diskussionspapiere des BIBB, Heft 105, Bonn: BIBB.

Verzeichnis der Autorenschaft

BECKER, MATTHIAS

Prof. Dr., Professur für die Didaktik der Metalltechnik und Leiter des Instituts für Berufswissenschaften der Metalltechnik an der Leibniz Universität Hannover, becker@ibm.uni-hannover.de

BEIER, FLORIAN

Studiendirektor, Abteilungsleiter für Elektrotechnik/ Mechatronik an der BBS Neustadt der Region Hannover, beier.florian@bbs-nrue.de

GAMBÖCK, ROLAND

Leiter Siemens Professional Education Portfolio Management, roland.gamboeck@siemens.com

LEUBNER, THOMAS

Leiter Siemens Professional Education, thomas.leubner@siemens.com

OFSTAD, BARBARA

Dr., Leiterin Siemens Professional Education Deutschland, barbara.ofstad@siemens.com

†PAHL, JÖRG-PETER

Prof. Dr., Technische Universität Dresden

SCHLOTTKE, BJÖRN

M.Eng., Produktmanager Teachware, DMG MORI Academy GmbH, bjoern.schlottke@dmgmori.com

SPÖTTL, GEORG

Prof. Dr. Dr., Emeritus, Universität Bremen, Uni Bremen Campus GmbH, spoetl@uni-bremen.de

TÄRRE, MICHAEL

Dr., Studiendirektor, Abteilungsleiter für studienbezogene Bildung an der BBS Neustadt der Region Hannover, taerre.michael@bbs-nrue.de

WINDELBAND, LARS

Prof. Dr., Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik, lars.windelband@kit.edu

ZINKE, GERT

Dr., wissenschaftlicher Mitarbeiter, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn, zinke@bibb.de

Impressum

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

www.lernenundlehren.de

Herausgeber

Axel Grimm (Flensburg), Volkmar Herkner (Flensburg), Georg Spöttl (Bremen), Michael Tärre (Hannover)

Beirat

Matthias Becker (Hannover), Thomas Berben (Hamburg), Ralph Dreher (Siegen), Peter Hoffmann (Lauingen), Claudia Kalisch (Rostock), Andreas Lindner (München), Tamara Riehle (Rostock), Reiner Schlausch (Flensburg), Friedhelm Schütte (Berlin), Ulrich Schwenger (Heidelberg), Nikolaus Steffen (Flensburg), Thomas Vollmer (Kassel), Lars Windelband (Karlsruhe), Sören Schütt-Sayed (Hamburg)

Heftbetreuer: Georg Spöttl, Michael Tärre

Titelbild: [original_R_B_by_Tim Reckmann_Tony Hegewald_pixelio.de](http://original_R_B_by_Tim_Reckmann_Tony_Hegewald_pixelio.de)

Schriftleitung (V. i. S. d. P.) lernen & lehren

Dr. Torben Karges, Europa-Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, torben.karges@uni-flensburg.de

OStR Dr. Tim Richter-Honsbrok, Leibniz Universität Hannover, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Appelstraße 9, 30167 Hannover, richter@ibm.uni-hannover.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. Unverlangt eingesandte Rezensionsexemplare werden nicht zurückgesandt.

Layout/Gestaltung

Brigitte Schweckendieck/Winnie Mahrin

Verlag, Vertrieb und Gesamtherstellung

Roco Druck GmbH, Neuer Weg 48a, 38302 Wolfenbüttel, Telefon: (0 53 31) 97 01-0

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
KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE