

Schwerpunktthema 25 Jahre Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern

lernen & lehren

Elektrotechnik – Informationstechnik
Metalltechnik – Fahrzeugtechnik



Heft 150 – 25 Jahre Ausbildungsberuf „Mechatronikerin/Mechatroniker“

25 Jahre „Mechatronikerin/Mechatroniker“ – ist eine Neuordnung an der Zeit?

Technische Einblicke zur Mechatronik

Maschinelles Lernen bei der Inbetriebnahme eines cyber-physischen Systems

25 Jahre Ausbildung an der „dresden chip academy“

Zusatzqualifikation „Additive Fertigungsverfahren“

**Call for Papers | BAG-Fachtagung 2024
vom 08.–09. März 2024 in Mühlhausen (Thüringen):**

Berufliches Lehren in der Krise?

Verhindern Lernmanagementsysteme, Künstliche Intelligenz und Distance Learning einen produktiven Lehr-Lern-Prozess? – Lösungsansätze aus Ausbildungs- und Unterrichtspraxis sowie der Wissenschaft

Die technische und gesellschaftliche Entwicklung führt u. a. angesichts einer zunehmenden Digitalisierung von Prozessen (zuletzt „künstliche Intelligenz“) und der dadurch möglichen passgenau(er)en Steuerung von Prozessen zu immer dynamischer werdenden Veränderungen der beruflichen Tätigkeiten. Dies führt auf der einen Seite dazu, dass die Ausbildungsberufe auf curricularer Ebene weiter ausdifferenziert und arbeitsprozessnäher ausgestaltet werden, auf der anderen Seite zur Tendenz einer Akademisierung. Für die Berufsausbildung geht die Entwicklung dahin, sie zunehmend durch Zusatzqualifikationen anzureichern oder aber sogar das ganzheitliche Konzept der deutschen Berufsausbildung aufzuweichen und die Modularisierung der Ausbildung anzustreben.

Neben der technischen Entwicklung, deren Wirkungen im Beruf und im Alltag vielfältig wahrnehmbar sind, stehen weitere gesellschaftliche Herausforderungen im Raum. Zuallererst ist das der Klimawandel und die zunehmend drängender werden Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, jedoch ebenso die demografische Entwicklung, die langfristigen Folgen der Pandemie, der Fachkräftemangel auch bei den Lehrkräften für berufsbildende Schulen sowie die Integration/Inklusion von nach Deutschland ziehenden Menschen unterschiedlichen sprachlichen und kulturellen Hintergrunds.

Seit einiger Zeit sinken die Ausbildungszahlen. Lehrkräfte werden auch an den Berufsbildenden Schulen ohne oder mit nur geringem

pädagogischdidaktischem Hintergrund eingestellt. Gleichzeitig müssen sie sich insgesamt immer tiefer in immer mehr Spezialgebiete einarbeiten und die gesellschaftliche Mündigkeit im Blick behalten sowie den Ansprüchen einer nachhaltigen Entwicklung und heterogener werdenden Lerngruppen gerecht werden. Damit sind ihre Kompetenzen, ihre Haltung, Selbstorganisation und Flexibilität, ihre Möglichkeiten der Zusammenarbeit im Team, die Einrichtung von Unterstützungssystemen usw. angesprochen. Nicht immer können sie und die Schulen diesen genügen. Die Digitalisierung wird in dieser Situation gerne als Ausweg angesehen.

Lernmanagementsysteme (LMS) können dabei ein wichtiges Element sein. Sie unterstützen auch nicht versierte Lehrkräfte bei der Planung von Unterricht. Jene sowie Auszubildende haben jedoch zunehmend das Empfinden, sich in Planung und Umsetzung ihrer Lehrarrangements auf einem schmalen Grat zu bewegen. Der Preis für den schnellen Entwurf von Lernarrangements ist der Verlust von Flexibilität. Es werden die didaktischen Möglichkeiten, die digitalisierte Lernarrangements bieten, oft als sehr eingeschränkt erlebt, was der Kreativität enge Grenzen setzt. Und nicht zuletzt führt das zu Schematisierungen der Lernfortschrittsplanung, was modularen Unterrichts- und Unterweisungsformen Tür und Tor öffnet. Das wirft die Frage auf, ob solche Settings für den Erwerb beruflicher Gestaltungskompetenz überhaupt hilfreich sein können.

Es ist also dringend nötig, dass Lehrkräfte und Auszubildende Orientierung finden. Folgende Fragen können uns leiten:

- Wie sollte Lehren gestaltet sein? Mit welchen Intentionen und Konzepten unterrichten Lehrkräfte? Wie können sie sich (auch im Team) selbst in der Weise organisieren, in der sie den Problemen und Anforderungen gewachsen sind? Diese Fragen könnten im Rahmen der geplanten Zukunftswerkstatt bzw. durch Best Practice-Beispiele zur Diskussion gestellt werden.
- Wie sollten Lernräume (auch des Distance Learning) gestaltet sein, um den Anforderungen gerecht zu werden und wie kann das erreicht werden?
- Können an den Schulen vorgehaltene technische Systeme (Lernmanagementsysteme, KI) Hilfestellung geben? In wieweit eröffnen diese neue Wege bzw. sind sie (wirklich) geeignet Unterstützung zu geben? Schränken sie nicht wiederum die Flexibilität durch Schematisierungen ein?
- Welchen Anforderungen muss sich die Ausbildung der Lehrenden der ersten (Studium) zweiten (Vorbereitungsdienst) und dritten Phase (Fortbildung) stellen und wie kann das geschehen? Wie kann insbesondere den quer- bzw. seiteneingestiegenen Kolleginnen und Kollegen im Rahmen von Fort- und Weiterbildung Unterstützung gegeben werden? Welche Konzepte sind dafür geeignet?

Den Anspruch gangbare Wege zu finden, stellen wir an die BAG-Fachtagung 2024 und hoffen dabei auf Ihre Ideen, Erkenntnisse und Erfahrungen und bitten um Ihre Mitwirkung.

Die Tagung wird in verschiedenen Formaten stattfinden. Geplant sind (evtl. fachrichtungsbezogene) Symposien, auf schulische und betriebliche Problemlagen fokussierte Workshops mit Impulsvorträgen (ca. 10 Min.), Workshops mit einem Fokus auf wissenschaftliche Forschungsfragen und Ergebnisse (Beitragsdauer bis zu 30 Min.), ein Markt der Möglichkeiten mit Postersession und ggf. eine Zukunftswerkstatt.

Besonders möchten wir, dass mit dem neuen Format „Young Teachers“ ein zusätzlicher Raum für Ideen und Austausch für all die Ansätze geschaffen werden soll, die sich nicht (nur) aus den etablierten Strukturen beruflichen Unterrichtens speisen.

Die Zuordnung zu den Rubriken „Workshop“ oder „Zukunftswerkstatt“ geschieht durch das Tagungsmanagement.

Bitte reichen Sie Ihr Abstract in der Länge von max. einer A4-Seite bis zum 30.11.2023 über den Link „Abstract-Einreichung“ auf der Seite <https://www.bag-elektrometall.de> (https://www.bag-elektrometall.de/pages/forms/abstract_upload/form_7612_119996.html) ein und geben Sie die gewünschte Dauer Ihres Beitrags an.

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

Inhalt

SCHWERPUNKT: 25 JAHRE AUSBILDUNG VON MECHATRONIKERINNEN UND MECHATRONIKERN

- Editorial**
- 46 Heft 150 – 25 Jahre Ausbildungsberuf „Mechatronikerin/Mechatroniker“
Axel Grimm/Nico Link
- Schwerpunkt**
- 48 25 Jahre „Mechatronikerin/Mechatroniker“ – ist eine Neuordnung an der Zeit?
Gert Zinke
- 54 Technische Einblicke zur Mechatronik
Axel Grimm/Sven Jäger
- Praxisbeiträge**
- 61 Maschinelles Lernen bei der Inbetriebnahme eines cyber-physischen Systems in der dualen Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern
Nico Link/Bastian Spatta
- 66 25 Jahre Ausbildung im Bereich der Mechatronik an der „dresden chip academy“
Winfried Jacob/Dagmar Bartels
- 70 Zusatzqualifikation „Additive Fertigungsverfahren“ – Beispiele aus der betrieblichen Prüfungspraxis beim Ausbildungsberuf „Mechatronikerin/Mechatroniker“
Astrid Dirks
- 76 Interview am Oberstufenzentrum TIEM in Berlin zu den Herausforderungen bei der Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern
Axel Grimm/Arne W. Wahnfried/Arne Kirmis
- 81 Interview mit einem ehemaligen Auszubildenden der Mechatronik
Gert Zinke/Florian Winkler
- Rezensionen**
- 83 Regber, Holger: Der Disrupteur. Von der Macht des Einzelnen im Unternehmen.
Georg Spöttl
- 84 Barabasch, Antje (Hrsg.): Berufliche Didaktik in der Schweiz. Innovationstransfer der Berufsfelddidaktik.
Maren Baumhauer
- 85 Lipsmeier, Antonius; Münk, Dieter (Hg.): Biografisches Handbuch der Berufs- und Wirtschaftspädagogik sowie des beruflichen Schul-, Aus-, Weiterbildungs- und Verbandswesens.
Klaus Jenewein
- Ständige Rubriken**
- I–IV BAG aktuell 2/2023
88 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

Heft 150 – 25 Jahre Ausbildungsberuf „Mechatronikerin/Mechatroniker“



AXEL GRIMM



NICO LINK

Drei besondere Anlässe werden mit dieser Ausgabe von lernen & lehren miteinander verknüpft: Wir freuen uns, im **vierzigsten Jahr** nach der Erstausgabe im vorliegenden **Heft 150** von lernen & lehren auf das **25-jährige Jubiläum** des Ausbildungsberufs „Mechatronikerin/Mechatroniker“ aufmerksam machen zu dürfen.

Das Heft 1 wurde am 31. März 1983 noch unter dem Namen „lehren & lernen“ als „Rundbrief der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik in der Bundesarbeitsgemeinschaft Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG“ veröffentlicht. Inhaltlich wurden drei Beiträge im Themenfeld Unterricht und Ausbildung zum Schwerpunkt „Projekte“ präsentiert. Bereits im Jubiläumshft „40 Jahre BAG“ wurde im vergangenen Jahr umfangreich auch auf lernen & lehren eingegangen.

40 Jahre nach der Ersterscheinung fallen nun im Jahr 2023 die Ausgabe von Heft 150 und der Themenschwerpunkt „25 Jahre Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern“ (in einer so nicht geplanten Fügung) zusammen.

Am 11. März 1998 ist im Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil 1 Nr.13 die „Verordnung über die Berufsausbildung zum Mechatroniker/zur Mechatronikerin“ veröffentlicht worden. Somit konnte ab dem 1. August 1998 im neuen Ausbildungsberuf ausgebildet werden. Das 25-jährige Jubiläum nehmen wir uns zum Anlass, um in lernen & lehren über das Vierteljahrhundert Ausbildung im Bereich Mechatronik zu berichten sowie theoretische und praktische Einblicke zu gewähren.

Die Berufsgenese der Metall- und Elektroberufe verdeutlicht, dass bei den Elektroberufen in der fernerer Vergangenheit mehr Grundkenntnisse der Metallbearbeitung curricular verankert waren, die sukzessive mit den Neuordnungen reduziert wurden. So war ein Grundlehrgang „Metall“ bis in die 1980er-Jahre in der Ausbildung der Elektroberufe verpflichtend; bis heute wird in manchen Ausbildungswerkstätten diese Tradition weitergelebt, obwohl die curricularen Anteile mit metalltechnischen Inhaltsbeschreibungen sich deutlich reduziert haben (GRIMM 2023, S. 332 ff.). Aber auch in den Metallberufen wurden elektrotechnische Grundkenntnisse – wie z. B. die Bestimmungen und Sicherheitsregeln beim Arbeiten an elektrischen Anlagen – curricular festgeschrieben – wenn auch in deutlich geringerem Umfang. Die technischen Veränderungen der Produktionsanlagen hin zu mechatronischen Systemen führten zur Neuordnung des Ausbildungsberufes „Mechatroniker/-in“, für den es keine direkten Vorgängerberufe gab. Curriculare Anleihen wurden bei dem Ausbildungsberuf „Industrieelektroniker/-in Fachrichtung Produktionstechnik“, in dem bis zum Jahr 2003 ausgebildet werden konnte, und bei dem Ausbildungsberuf „Industriemechaniker/-in Fachrichtung Produktionstechnik“, der in dieser Form bis zum Jahr 2004 existierte, genommen.

Der damals als Hybridberuf neugeordnete Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ versprach für die Industrie Fachkräfte, die sowohl mechanisch als auch elektrotechnisch – hier insbesondere als Elektrofachkraft – die mechatronischen Produktionsanlagen instand halten konnten. Denn die Berufspraxis zeigte

(und zeigt bis heute), dass sobald eine Leitung oder ein Kabel „dran ist“ in der Produktionshalle nach den „Elektrikern“ gerufen wird und sobald eine Störung im Pneumatik- oder Hydrauliksystem auftritt oder ein Drehmoment zu beachten ist die „Schlosser“ gerufen werden (GRIMM 2023, S. 326 f.). Relativ schnell wurden in den Berufsbereich der Mechatronik nicht nur die Mechanik und die Elektrotechnik, sondern zusätzlich auch noch die Informationstechnik aufgenommen.

Lange Zeit und vielleicht sogar bis heute hat die Mechatronik damit zu kämpfen, dass sie als „nichts Halbes und nichts Ganzes“ angesehen wird und Mechatronikerinnen und Mechatronikern gern pauschal bescheinigt wird, „beides halt nicht richtig zu können“. Demgegenüber verdeutlicht die Nachfrage die Bedeutung des Ausbildungsberufes für die Wirtschaft. Die Beliebtheit des Ausbildungsberufes zeigt sich deutlich in der Anzahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge (vgl. Abb. 1), auch sprechen die im Vergleich eher geringe Vertragslösungsquote und die hohe Bestehensquote der Abschlussprüfung für ein Erfolgsmodell.

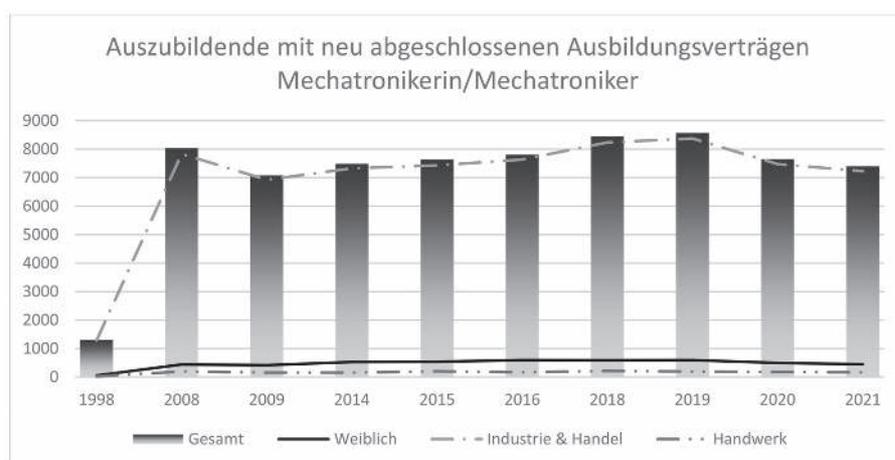


Abb. 1: Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge im Ausbildungsberuf „Mechatronikerin/Mechatroniker“ (eigene Darstellung auf der Basis der Daten der Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder)

Die Zahl der Auszubildenden hat sich seit 1998 deutlich gesteigert, wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist. Was mit zunächst 1.288 abgeschlossenen Ausbildungsverträgen im Bereich Industrie und Handel (davon 53 mit weiblichen Auszubildenden) bzw. 22 im Handwerk (davon zwei mit weiblichen Auszubildenden) begann, erreichte im Jahr 2019 den bisherigen Höchststand: 8.373 Personen – 597 Frauen und 7.776 Männer – schlossen einen Ausbildungsvertrag zur Mechatronikerin bzw. zum Mechatroniker ab.

Die überwiegende Mehrheit der Auszubildenden hat nach wie vor einen Mittleren Schulabschluss bzw. einen gleichwertigen Abschluss als schulischen Hintergrund, wobei es bei den anderen Schularten

auch Veränderungen zu erkennen gibt. So hatten im Jahre 1998 rund 855 Auszubildende einen Mittleren Schulabschluss bzw. gleichwertigen Abschluss (65,3 %), 182 einen Hauptschulabschluss (13,9 %) und 151 die Hoch- bzw. Fachhochschulreife (11,5 %) sowie 91 eine Berufsfachschule abgeschlossen (6,9 %). Nur sieben haben ein Berufsgrundbildungsjahr absolviert (0,5 %) und neun ein Berufsvorbereitungsjahr (0,7 %), eine Person besitzt keinen Abschluss (0,1 %) und bei 14 Personen lassen sich die Abschlüsse nicht zuordnen (1,1 %) (BIBB „Datensystem Auszubildende“).

Die Daten der letzten fünf Jahre zeigen hingegen auf, dass sich mittlerweile viel mehr Schülerinnen und Schüler mit einem höheren Bildungsabschluss für eine Ausbildung in der Mechatronik entscheiden: Im Jahr 2021 besaßen bspw. 2.730 Personen eine Hochschulzugangsberechtigung (36,9 %), 4.224 Auszubildende haben einen Mittleren Schulabschluss bzw. einen gleichwertigen Schulabschluss (57,1 %) und nur noch 315 Schülerinnen und Schüler einen Hauptschulabschluss (4,3 %). Bei den anderen Schularten

stehen weniger detaillierte Informationen als in den Jahren zuvor zur Verfügung. So konnte bei 42 Personen der Schulabschluss nicht zugeordnet werden (0,6 %) und 81 Personen haben keinen Schulabschluss (1,1 %) (BIBB „Datensystem Auszubildende“).

Ob diese Entwicklung mit gestiegenen Anforderungen im Beruf zusammenhängt und Selektionsmechanismen in Unternehmen hier wirken, oder ob möglicherweise bewährte und neue Kooperationsmodelle (Ausbildung und

Studium wie „Mechatronik+“) oder ein gutes Image dieses Ausbildungsberufes dafür sorgen, dass mehr Schülerinnen und Schüler mit Hochschulzugangsberechtigung eine Ausbildung beginnen, ist unklar.

Literatur

GRIMM, A. (2023): „Ein schlechter Elektriker ist immer noch ein guter Schlosser!“ – Zum gegenseitigen Verhältnis der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik. In: GRIMM, A.; HERKNER, V. (Hrsg.): Entwicklungen und Herausforderungen der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik und deren Didaktik. Berlin. S. 325–342.

25 Jahre „Mechatronikerin/Mechatroniker“ – ist eine Neuordnung an der Zeit?



GERT ZINKE

In dem vorliegenden Beitrag werden erstens die mit der Schaffung des Ausbildungsberufs Mechatroniker/Mechatronikerin gesteckten Ziele mit der heutigen Umsetzung verglichen und zweitens wird der Ausbildungsberuf dahingehend geprüft, inwieweit er heutigen und künftigen Anforderungen entspricht. Daraus werden Schlussfolgerungen für eine mögliche Neuordnung gezogen. Grundlagen dafür sind Ergebnisse einer Dokumenten- und Literaturanalyse sowie Erfahrungen aus der eigenen Arbeit.

ZUR EINFÜHRUNG – EIN HISTORISCHER EXKURS

Die Genealogie des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/Mechatronikerin“ ist vergleichsweise kurz¹ – es gibt keinen Vorgängerberuf und die erste und einzige vollständige Neuordnung endete 1998 mit der Neuschaffung des Berufs, also vor 25 Jahren. Ihm folgten zwei Änderungsverordnungen. Zunächst war das die Angleichung des Prüfungsmodells an die industriellen Metall- und Elektroberufe durch Einführung der gestreckten Abschlussprüfung und des Variantenmodells im Jahre 2011. Variantenmodell bedeutet, dass bei der Abschlussprüfung Teil 2 in der praktischen Prüfung zwischen dem betrieblichen Auftrag und der praktischen Aufgabe gewählt werden kann. Im Jahre 2018 war der Beruf einbezogen in das Ordnungungsverfahren zur Einführung der Zusatzqualifikationen bei den Metall- und Elektroberufen (MECHATRONIKER-AusbV 2018).

Mehr als eine Fußnote wert ist der Hinweis auf den Beruf „Facharbeiter für Betriebs-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik (BMSR)“, der in der DDR bereits 1968 existierte (VVB REGELUNGSTECHNIK, GERÄTEBAU UND OPTIK 1987) und in den Jahren 1978, 1981 und 1987 begleitet durch eine Berufsfachkommission novelliert wurde. In der jüngsten, dazugehörigen Ausbildungsunterlage wird der Beruf wie folgt charakterisiert: „Als Errichter und Instandhalter von Automatisierungsanlagen wird der Facharbeiter für BMSR-Technik besonders stark mit der breiten Anwendung der Mikroelektronik, der Automatischen Steuerung von Prozessen, der Einführung von Industrierobotern und CAD/CAM-Arbeitsstationen sowie dem Rationalisierungsmittelbau konfrontiert“

(STAATSSSEKRETARIAT FÜR BERUFSBILDUNG 1987). Als Hauptarbeitsgebiete genannt sind:

- Herstellung und Montage von Baugruppen und Anlagen der Mess- und Steuerungstechnik
- Wartung, Instandhaltung und Reparatur dieser Baugruppen und Anlagen in den Einsatzbetrieben (ebenda, S. 5).

Im Zuge der Wiedervereinigung wurde der Beruf zunächst dem Beruf „Mess- und Regelmechaniker/Mess- und Regelmechanikerin“ gleichgesetzt (BUNDESANSTALT FÜR ARBEIT 1990, S. 197), der im Jahr 1992 im Beruf „Prozessleitelektroniker/Prozessleitelektronikerin“ aufging (BIBB 2022, S. 151). Gleichwohl hätte der „BMSR-Techniker“ am besten auf den Beruf „Mechatroniker/Mechatronikerin“ gepasst, den es aber zu diesem Zeitpunkt in der Bundesrepublik noch nicht gab. Heute ist der Ausbildungsberuf „Mechatroniker/Mechatronikerin“ bundesweit in Ausbildungsbetrieben etabliert.

1998–2022: INTENTION UND HERAUSFORDERUNGEN DES AUSBILDUNGSBERUFS „MECHATRONIKER/-IN“

Mit der Neuschaffung des Ausbildungsberufs im Jahre 1998 wurden wichtige Innovationen angestoßen. Zu nennen sind das Prüfungsinstrument des betrieblichen Auftrags und die erstmalige Einführung der Lernfelder im Rahmehlehrplan, nachdem das Lernfeldkonzept 1996 von der KMK beschlossen wurde (vgl. KMK 2021).

Die Intention des Ausbildungsberufs ist, dass Berufsfelder, die traditionell getrennt waren – Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik – ineinander aufgehen (sollten). „Die Konzeption des Berufs legt es nahe, von Anfang an mechatronische Systeme in den Mittelpunkt der Ausbildung zu stellen“ (BREUER 2005, S. 11). Trotz grundsätzlicher Einsicht, dass ein solcher Ausbildungsberuf gebraucht wurde, war der Weg zur Neuordnung und zur Einführung des damals neuen Berufs nicht einfach.

Die Kluft zwischen Anspruch und Wirklichkeit wird in einer Umsetzungshilfe erkennbar, in der einerseits gefordert wird: „Gegenstand der Berufsausbildung dürfen daher nicht einzelne ‚Techniken‘ wie Mechanik oder Elektrotechnik sein, sondern mechatronische Systeme in ihren speziellen Anwendungen“ (BORCH, FRACKMANN & WEIßMANN o. J., S. 6). Unmittelbar darauf folgt andererseits eine Abbildung zu den Ausbildungsschwerpunkten, die zeigt, dass diese Trennung schon im zur Ausbildungsordnung zuge-

Ausbildungsschwerpunkte	in Wochen
Mechanik	20 Wo.
Elektrotechnik	21 Wo.
Steuerungstechnik	32 Wo.
Zusammenbau, Montage, Demontage	38 Wo.
Inbetriebnahme, Fehlersuche, Instandhaltung	45 Wo.
Kommunikation, Planen, Steuern, Qualität	26 Wo.

Abb. 1: Ausbildungsschwerpunkte im Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ (BORCH, FRACKMANN & WEIßMANN o. J.)

hörigen Ausbildungsrahmenplan nicht überwunden ist (vgl. Abb. 1)

Diese auf Einzeltechnologien ausgerichtete eher segregierende Struktur, die als Ergebnis der Ordnungsarbeit mit Sachverständigen der Sozialpartner entstand, fand dauerhaft Niederschlag in der betrieblichen Ausbildungsorganisation, wie Beispiele aus der Analyse betrieblicher Ausbildungspläne zeigen (vgl. Abb. 2, nächste Seite).

Der Rahmenlehrplan für die berufsschulische Ausbildung im Beruf „Mechatroniker/-in“ hat dagegen mit dem Lernfeld 1 „Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen“ zumindest einen systembezogenen Einstieg (KMK 2018).

HEUTE GEFORDERT SIND IT-KOMPETENZ, PROZESS- UND SYSTEMVERSTÄNDNIS

Übereinstimmend kommen vorliegende Qualifikationsuntersuchungen, vorwiegend auf Grundlage qualitativer Erhebungen, zum Berufsprofil

„Mechatroniker/-in“ zu dem Schluss, dass die ausgebildeten Mechatronikerinnen und Mechatroniker nicht ausreichend über Prozess- und Systemverständnis sowie über Problemlösekompetenz verfügen. Wiederholt wird das „Denken von der Software her“, die IT-Kompetenz, eingefordert. Darin widerspiegelt sich ein Defizit, das in der nichtkonsequenten Umsetzung, mechatronische Systeme in den Mittelpunkt der Ausbildung zu setzen (s. o.), seinen Anfang nahm. Interviewaussagen vor dem Hintergrund der Digitalisierung untermauern diesen Befund:

- Wesentlich ist, „dass nicht mehr nur eine einzige/ isolierte Anlage oder Maschine im Mittelpunkt der Instandhaltungsarbeit steht, sondern dass nahezu jedes Teilsystem informationstechnisch in ein Netzwerk eingebunden ist. Dabei nimmt die Verschmelzung zwischen den klassischen Domänen Elektrotechnik und IT-Systemen immer mehr zu. ‚Die Instandhalter nähern sich dem Problem über IT, sonst kommen die gar nicht ran‘“ (ZINKE u. A. 2017, S. 50).
- „Der Mechatroniker wurde durchaus als der ‚Generalberuf‘ betrachtet, der per Ausweitung um Softwareschwerpunkte und veränderte Ansprüche an den Umgang mit Software und Netzwerktechnik umgestaltet werden sollte“ (SPÖTTL u. A. 2016, S. 115).
- „Für [...] Mechatroniker, die Instandhaltungsaufgaben wahrnehmen, kommt es darauf an, dass sie den Umgang mit Software beherrschen. Überhaupt ist es erforderlich, die Ausbildungsberufe – auch Fachinformatiker – durch Konzentration auf Software und Elektrotechnik in diesem Felde zu stärken“ (EBD., S. 114).

Das Arbeiten an mechatronischen Systemen bedeutet immer mehr auch die Nutzung von Software, zum Beispiel für das Erstellen und Anpassen von Visualisierungen zu Bedien- und Prozessabläufen, sowie für das Handhaben von Diagnosesystemen. Damit ändern sich Arbeitsaufgaben, Vorgehensweisen und Handlungsmuster.

Hier existiert deshalb eine wachsende Lücke zwischen IT-Berufen und Elektroberufen einschließlich dem Beruf „Mechatroniker/-in“. Seitens der IT-Berufe ist diese mit dem Beruf „Fachinformatiker/-in in der Fachrichtung Digitale Vernetzung“ ein Stück weit geschlossen. Von Seiten der Elektroberufe und dem Beruf „Mechatroniker/-in“ fehlt ein solcher Vorstoß. Eine Reihe vorliegender Ergebnisse aus Qualifikationsuntersuchungen haben hier Vorleistungen für ein mögliches Neuordnungsverfahren erbracht (SPÖTTL u. A. 2016; ZINKE u. A. 2017; ZINKE, SCHENK & WASSILJEV 2014; KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2021; BECKER, SPÖTTL & WINDELBAND 2022).

		Mechatroniker/-in, zeitlich-organisatorische Gliederung, 1. Ausbildungsjahr*																																																																																																																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48																																																																								
Ausbildungsrahmenplan Mechatroniker/-in	Aufbau und Prüfen von Steuerungen	Manuelles und maschinelles Spannen, Trennen und Umformen												Fügen												Installieren elektrischer Baugruppen und Komponenten												Messen und Prüfen elektrischer Größen																																																																																			
		BBP 5 - 9																																																																																																																							
Bsp. 1	Einsatz im Betrieb	Spannvorrichtung												Drehen/ Fräsen												Pneumatik												Biegen												Elektrogrundlagen												VPS/ Motoren												Löten												Kran												Schweißen												Sortieranlage											
Bsp. 2		Grundlagen Metalstechnik												Grundlagen Elektrotechnik												Grundlagen Elektrotechnik												Pneumatik												VPS												Ausbildungsprojekt Sortieranlage (im gleichen Zeitraum findet Drehen/Fräsen statt)																																																											
Bsp. 3		BB1 Berufsbild Baugruppen u. Komponenten (Grundlagen Elektrotechnik)												BB2 Berufsbild Gebäudeinstallation												BB3 Berufsbild Mech. Systeme errichten (Schützschaltungen)												KQM Kernqualifikation Metall																																																																																			
Bsp. 4	LZK	Metall Grundlagen												LZK												Drehen/ Fräsen												LZK												Elektrogrundlagen												Schweißen												LZK												CAD												Sortieranlage																							
Bsp. 5	AUT1 (SPS)	Grundlagen Metall/Sortieranlage												HÖB												Grundlagen Elektrotechnik												Lötten												VDE												Installations-technik/TDL												Grundlagen Drehen/Fräsen												Steuerungstechnik/Sortieranlage												CAD																							
Bsp. 6	E-Pneumatik	Metallgrundbildung												Elektrogrundbildung												Drehen/Fräsen												Grundlagen Elektronik												Steuerungstechnik VPS																																																																							
Bsp. 7		Metallgrundbildung												Strom, Spannung, Widerstand												ET, VB-1												E-VDE												Steuerungstechnik												Wechselstrom												Pneumatik												Drehen Fräsen												Fügen												BBP 5-8											

*1 Ausbildungsjahr = 48 Wochen (52,5 Wochen abzüglich 3 Wochen WU und 1,5 Wochen Weihnachten)

VERÄNDERTE HANDLUNGSFELDER UND NEUE(S) BERUFSPROFIL/E

Angesichts einer Zeitspanne von 25 Jahren, die der Beruf „Mechatroniker/-in“ unverändert geblieben ist, ist eine vollständige Überprüfung des Berufsprofils als Voraussetzung für eine Neuordnung überfällig.

Für die Planung, den Aufbau, die Inbetriebnahme, das Betreiben, das Instandhalten und die Störungsbehebung von (mechatronischen) Systemen und Anlagen in der Produktion wie auch an Infrastruktursystemen ist der Beruf „Mechatroniker/-in“ prädestiniert; diese Aufgaben machen den Kern der Beruflichkeit aus. Damit definieren sich Berufsinhaberinnen und Berufsinhaber. Jedoch führen Digitalisierung und Transformation, z. B. in der Automobilindustrie, im Maschinenbau, im Anlagenbau und im Energiesektor, zu massiven Verschiebungen der typischen Arbeitsaufgaben, die in der bisherigen Ausbildungsordnung zum Beruf „Mechatroniker/-in“ nicht genügend abgedeckt sind und die die o. g. Befunde bestätigen bzw. bestärken.

Tabelle 1 zeigt zwei Ansätze zur Beschreibung berufstypischer Arbeitsaufgaben, die in einem möglichen Neuordnungsverfahren Beachtung finden sollten.

Diese berufstypischen Arbeitsaufgabenbeschreibungen basieren auf produktionsnahen Arbeitsprozessen und -aufgaben. Typische Einsatzgebiete des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/-in“ wie auch der meisten Elek-

Abb. 2: Beispiele betrieblicher Ausbildungsorganisation (ZINKE u. A. 2017)

troberufe sind dagegen verteilt über nahezu alle Wirtschaftszweige. Dazu gehören z. B. Verkehrs-, Gebäude- und Infrastruktursysteme einschließlich Fahrtreppen- und Aufzugsbau sowie der Energiesektor einschließlich der im Zuge der Energiewende wachsenden Zahl an Windkraft- und Photovoltaikanlagen sowie Systemen zur Sektorenkopplung.

Für eine Neuordnung müssten die in Tabelle 1 genannten Arbeitsaufgabenbeschreibungen deshalb auch an diesen Einsatzgebieten gemessen und möglicherweise angepasst oder weiter differenziert werden. Eine Fragestellung wird sein, welche Profile bzw. möglichen Differenzierungen notwendig und denkbar sind, z. B. „Mechatroniker/-in für Infrastruktursysteme“ und „Industriemechatroniker/-in“.

ZEITLICH-ORGANISATORISCHE GLIEDERUNG DER AUSBILDUNG – BERUFLICHE IDENTITÄT UND HANDLUNGSFÄHIGKEIT FÖRDERN

Ausgangspunkt ist die Annahme, dass mit der zeitlich-organisatorischen Gliederung in den betrieblichen Ausbildungsrahmenplänen und den schulischen Rahmenlehrplänen die Entwicklung der Berufsidentität und beruflicher Handlungsfähigkeit maßgeblich gut oder weniger gut befördert wird. Auf diesen Zusammenhang zwischen zeitlicher Struktur und Kompetenzentwicklung wird von FISCHER

(2003) verwiesen. Am Beispiel des Ausbildungsberufes „Kfz-Mechatroniker/-in“, bei dessen Ausbildung im Rahmen eines Pilotvorhabens Lernbereiche vom Gesamtsystem „Fahrzeug“ ausgehend in die Tiefe der Einzelkomponenten vorgedrungen und dabei typische berufliche Arbeitsaufgaben schrittweise für Lernen genutzt wurden (ebd., S. 9). Die bisherige Ausbildungsordnung für den Beruf „Mechatroniker/-in“ folgt einer anderen eher fachsystematischen Logik und trägt, wie die oben bereits angeführten Defizite und Befunde demonstrieren, nicht ausreichend zu einem mechatronischen Prozess- und Systemdenken bei.

Wiederholt wurde deshalb eine konzeptionelle Wende vorgeschlagen (ZINKE U. A. 2017), die grundsätzlich einem deduktiven Ansatz folgt und bei der die Diagnose und Analyse mechatronischer Systeme an den Anfang der Ausbildung gestellt werden. Alle weiteren Ausbildungsabschnitte sollten sich nach beruflichen Handlungsfeldern ordnen und fachliche, soziale und personale Kompetenzen ganzheitlich fördern. Denn Handlungsorientierung als Prinzip heißt, Orientierung an berufsprofilorientierten Handlungsfeldern in der Berufsausbildung vom ersten Tag an. Damit kann eine „arbeitsorientierte Wende in der Didaktik beruflicher Bildung“ (FISCHER 2003, S. 11) durch die entsprechende Gestaltung der Ausbil-

<p>Berufsprofil operative Instandhalterin/operativer Instandhalter in automatisierten Anlagen als Versuch einer zukunftsfesten Profilbeschreibung (ZINKE U. A. 2017, S. 34)</p>	<p>Aufgaben in der Industriemechatronik (BECKER, SPÖTTL & WINDELBAND 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsnetzwerke (Profinet, Interbus) analysieren, diagnostizieren, überwachen, erweitern, ändern, parametrieren • IT-gestützte Fehlerdiagnosen an Systemen und Teilsystemen innerhalb von komplexen Automatisierungsanlagen durchführen, Funktionen und Bauteile identifizieren, zuordnen und überprüfen • Netzwerkstrukturen modellieren und skizzieren • IT-Hardware austauschen, erweitern und in Systeme integrieren • Visualisierungssysteme und -hilfen erstellen • Produktionsanlagen(-steuerungen) warten, in Stand halten, erweitern, testen und in Betrieb nehmen • Schnittstellen und Komponenten überprüfen • Betriebsdaten erfassen und verwalten • elektronische Bauteile (Sensoren/Aktoren/Antriebe) austauschen, verdrahten, integrieren • digitale Regelungstechniken anwenden • technische Informationssysteme nutzen • IT-gestützte Dokumentationssysteme nutzen (ändern/administrieren), strukturieren und verwalten, Daten archivieren • mechanische Baugruppen montieren und demontieren • elektropneumatische, pneumatische und hydraulische Steuerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Planen und Aufbauen von Anlagen unter Verwendung von Simulations- und Vernetzungswerkzeugen • Einrichten, In Betrieb nehmen, Betreiben und Überwachen von Anlagen mit Mensch-Maschine-Schnittstellen, Sicherstellung der Datenverfügbarkeit für Betriebs- und Maschinendatenerfassung sowie Analyse der produktionsbezogenen Daten • Fertigen, Montieren und Herstellen von Bauteilen, Werkzeugen und Systemen mit mechatronischen Fertigungs-, Produktions- und Montageeinrichtungen • Managen der prozessbezogenen Daten durch Prozessvisualisierung und -steuerung zur Erhöhung der Prozesssicherheit und Realisierung von Störungsbeseitigungen und Qualitätsoptimierungen in der Produktion • Instandhalten technischer Systeme mit Verfahren der zustandsbasierten Instandhaltung sowie vorausschauender Verfahren • Instandsetzen technischer Systeme unter Einschluss von cyber-physischen Systemen und unter Berücksichtigung von deren Vernetzung • Diagnostizieren und Beheben von Störungen an vernetzten Anlagen und Systemen

Tab. 1: Zwei Vorschläge zur Beschreibung berufstypischer Arbeitsaufgaben

dungsordnung unterstützt werden und dazu beitragen, dass berufliche Handlungskompetenz effektiver entwickelt wird. Das impliziert, dass der Rahmenlehrplan der Berufsschule, der bereits heute lernfeldorientiert ist, und der Ausbildungsrahmenplan gemeinsam diesem Ansatz folgen.

Angesichts der anfangs aufgezeigten Kompetenzdefizite ist das mehr als einen Versuch wert. Verbunden damit bleibt die Forderung FISCHERS aktuell, „das Verhältnis von Wissen und Können im Prozess der Kompetenzentwicklung weiter auf(zu)klären und für die Gestaltung von didaktischem Handeln nutzen zu können“ (ebd., S. 14). Mit Pilotierungen und entsprechend gestalteten Ordnungsmitteln sollte dazu anwendungsnahe Forschung zur Didaktik betrieblichen Lernens und Lehrens betrieben werden.

Eine Hilfe dabei ist die „Arbeitshilfe zur Umsetzung der HA-Empfehlung Nr. 160 zur Struktur und Gestaltung von Ausbildungsordnungen – Ausbildungsberufsbild, Ausbildungsrahmenplan“, die beinhaltet, dass im Ordnungsverfahren, als Synonym für „Handlungsfelder“, „Berufsbildpositionen“ unter Berücksichtigung der für den Beruf relevanten Arbeits- und Geschäftsprozesse entwickelt werden sollen (HA BIBB 2016). In der zugehörigen Handlungshilfe sind Leitfragen genannt, um Berufsbildpositionen zu schneiden und die zu erwerbenden Kompetenzen als Mindestanforderungen zu beschreiben, die für Rahmenlehrplan und Ausbildungsrahmenplan maßgeblich sind. Dazu gehören z. B.:

- Welche berufstypischen Betriebe und Branchen gibt es?
- Welche berufsrelevanten Arbeits- und Geschäftsprozesse gibt es?
- Welche dieser Prozesse lassen sich zu berufstypischen Aufgabenbündeln zusammenfassen?
- Was sind charakteristische Kundenaufträge, Dienstleistungen, Projekte, Produkte usw.?

ZUORDNUNG ZU BERUFSFELDERN UND BERUFSGRUPPEN

Formal ist der Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ ein Monoberuf, der keiner Berufsgruppe angehört. Praktisch besteht ein enger Zusammenhang zu den industriellen Elektroberufen, insbesondere zu den Berufen „Elektroniker/-in für Betriebstechnik“ und „Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik“, weiterhin zu ausgewählten Metall- und IT-Berufen. Der Beruf erfüllt die Voraussetzungen zum Einsatz als Elektrofachkraft.

Vergleiche mit Österreich² und der Schweiz³ demonstrieren, dass es letzten Endes eine Definitions-

frage ist, wie das Berufsprofil und mögliche Differenzierungen beschaffen sind. Die Berufsprofile und Spezialisierungen sind dort für die Mechatronikerinnen und Mechatroniker sowie Elektronikerinnen und Elektroniker anders festgelegt.

Die Frage ist, wie bei einer künftigen Neuordnung einerseits eine besser abgrenzende Profilschneidung zu den industriellen Elektroberufen erfolgen kann und wie andererseits die Ausbildung, insbesondere die Beschulung, möglichst effektiv ist und schließlich, wie die möglichst breite Akzeptanz der Ausbildungsbetriebe und des ausbildenden Personals erreicht wird.

Gemeinsame Schnittmengen, begründet und dokumentiert durch berufsfeldweite bzw. berufsübergreifende Kompetenzen, fixiert z. B. in gemeinsamen Lernfeldern oder Lernfeldern mit Gemeinsamkeiten⁴ sind möglich. Um dafür Optionen zu prüfen, lohnt auch ein Blick in ältere Beiträge, die RAUNER anlässlich der letzten Neuordnung der industriellen Metall- und Elektroberufe zusammengefasst hat (2003).

SPÖTTL u. A. haben ebenfalls Szenarien für die weitere Entwicklung der Berufe im Feld der Metall-, Elektro- und IT-Berufe beschrieben. Ein Ziel war, „die Anzahl der Berufsbilder weiter zu reduzieren“. Begründet durch die Industrie 4.0, also der Verschmelzung von Metalltechnik, Elektrotechnik und Informatik/Netzwerktechnik sehen sie den Beruf „Mechatroniker/-in“ als „Generalberuf“, der durch Schwerpunkte der IT-Berufe mit Software und Netzwerktechnik ergänzt werden soll. Als Nachteil benennen die Autoren allerdings zu Recht, dass sehr komplexe Berufsbilder entstehen würden, für die das Ausbildungspersonal nicht ausreichend qualifiziert ist und es in vielen Firmen, vor allem in kleinen Betrieben, kaum möglich sein wird, nach solch komplexen Berufsbildern die Ausbildung zu gestalten. Eine Gefahr, auf die die Autoren hinweisen, wäre die Überfrachtung der Ausbildung, mit der ein ausreichender Tiefgang kaum möglich wäre (SPÖTTL u. A. 2016, S. 116).

In jedem Falle hat der Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ auf Grund seiner profiltypischen, betrieblichen Einsatzfelder Anspruch auf ein eigenes Berufsprofil, das von denen der Elektro- und Metallberufe deutlich emanzipiert ist.

Anmerkungen

- 1) https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/868686?page=2
- 2) <https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/mechatroniker/lehrberuf-mechatronik.html>
- 3) <https://www.becc.admin.ch/becc/public/bvz/be>

ruf/show/47416?lang=de

- 4) Voraussetzung für eine gemeinsame Beschulung sind nicht gleichlautende Lernfelder, für die Lehrenden könnte es sogar hilfreicher sein, Lernfelder so zu beschreiben, dass berufstypische und berufsfeldweite Kompetenzen ausgewiesen sind.

Literatur

- BECKER, M.; SPÖTTL, G.; WINDELBAND, L. (2022): Flexible Kernberufsstrukturen für die digitalisierte Facharbeit. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis: BWP 3, S. 22–26.
- BORCH, H.; FRACKMANN, M.; WEIßMANN, H. (o. J.): Mechatroniker/Mechatronikerin. Best practice, Gestaltung der Ausbildung, Umsetzungsbeispiele.
- BREUER, K. (2005): Berufliche Handlungskompetenz 1 – Aspekte zu einer gültigen Diagnostik in der beruflichen Bildung. In: bwp@ 8.
- BUNDESANSTALT FÜR ARBEIT (1990): DDR-Ausbildungsberufe, Band 2. Vergleichbare und verwandte Berufe in der Bundesrepublik Deutschland. Nürnberg.
- BIBB (BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG) (2022): Verzeichnis der anerkannten Ausbildungsberufe.
- FISCHER, M. (2003): Grundprobleme didaktischen Handelns und die arbeitsorientierte Wende in der Berufsbildung. In: bwp@ 4, S. 1–17.
- HA BIBB (HAUPTAUSSCHUSS DES BUNDESINSTITUTS FÜR BERUFSBILDUNG) (2016): Arbeitshilfe zur Umsetzung der HA-Empfehlung Nr. 160 zur Struktur und Gestaltung von Ausbildungsordnungen – Ausbildungsberufsbild, Ausbildungsrahmenplan. Online verfügbar: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA160_Arbeitshilfe.pdf, abgerufen am 7.12.2022.
- KAUFMANN, A.; WINKLER, F.; ZINKE, G. (2021): Evaluation der Zusatzqualifikationen und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metall- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/-in. Zwischenbericht. Bonn. Online verfügbar: https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/zw_22322.pdf, abgerufen am 22.2.2022.
- KMK (KULTUSMINISTERKONFERENZ) (2021): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Berlin. Online verfügbar: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf.
- KMK (KULTUSMINISTERKONFERENZ) (2018): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin 1998 (i. d. F. von 2018).
- MECHATRONIKERAUSBV (Verordnung über die Berufsausbildung zum Mechatroniker und zur Mechatronikerin) (2018). In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- RAUNER, F. (2003): Die Berufsbildung im Berufsfeld Elektrotechnik/Informatik vor grundlegenden Weichenstellungen. In: lernen & lehren 71, S. 102–110.
- SPÖTTL, G.; GORLDT, C.; WINDELBAND, L.; GRANTZ, T.; RICHTER, T. (2016): Industrie 4.0 - Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München. Online verfügbar: https://www.baymevbm.de/Redaktion/Freizugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf, abgerufen am 21.2.2022.
- STAATSSSEKRETARIAT FÜR BERUFSBILDUNG (1987): Facharbeiter für BMSR-Technik. – Ausbildungsunterlage für die Facharbeiterausbildung. Berlin (DDR).
- VVB (VVB REGELUNGSTECHNIK, GERÄTEBAU UND OPTIK) REGELUNGSTECHNIK, GERÄTEBAU UND OPTIK (1987): Facharbeiter für BMSR-Technik. Ausbildungsunterlage für die Facharbeiterausbildung 2856.
- ZINKE, G.; RENGER, P.; FEIRER, S.; PADUR, T. (2017): Berufsausbildung und Digitalisierung - ein Beispiel aus der Automobilindustrie. Bonn. Online verfügbar: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-0652-2>.
- ZINKE, G.; SCHENK, H.; WASILJEV, E. (2014): Berufsfeldanalyse zu industriellen Elektroberufen als Voruntersuchung zur Bildung einer möglichen Berufsgruppe. Abschlussbericht. Heft-Nr.: 155. Bonn.

Technische Einblicke zur Mechatronik



AXEL GRIMM



SVEN JÄGER

Mit der Mechatronik wurden disziplinäre Grenzen des Ingenieurwesens und der Berufsbildung überschritten. Als interdisziplinäres Fachgebiet vereint die Mechatronik Elemente der Disziplinen Maschinenbau/Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik/Informatik. Mechanische Systeme, Sensoren, Aktoren und Mikrocontroller sowie die zugehörige Software und elektronische Verbindungen bilden zusammen ein mechatronisches System. Dieses hat als sozio-technisches System Einfluss auf die Berufsarbeit und die zu bewältigenden beruflichen Arbeitsaufgaben. Obwohl mechatronische Systeme bereits jetzt Realität sind und zukünftig durch die Erwartungen an Industrie 4.0 und cyber-physische Systeme noch stärker ausgebaut werden, erschweren die Strukturen in der Lehrkräftebildung und in den Ingenieurwissenschaften eine ganzheitliche Sichtweise auf die Systeme.

BERUFSBILDUNG UND MECHATRONIK

Ausbildungsberufe der durch lernen & lehren adressierten vier beruflichen Fachrichtungen haben in der Regel bereits in der Namensgebung einen Bezug zu Technik. Elektronikerinnen und Elektronikern für Betriebstechnik, Automatisierungstechnik oder Geräte und Systeme sowie der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik, Kraftfahrzeugmechatronikerinnen und -mechatronikern mit den Schwerpunkten Personenkraftwagen, Nutzfahrzeugtechnik, System- und Hochvolttechnik, Karosserietechnik oder Motorradtechnik, Fachinformatikerinnen und -informatikern der Fachrichtungen Anwendungsentwicklung, Systemintegration oder Digitale Vernetzung und Werkzeug-, Konstruktions-, Industrie-, Fertigungs-, Anlagen- oder Zerspannungsmechanikerinnen und -mechanikern ist gemeinsam, dass oftmals bereits von der Ausbildungsberufsbezeichnung auf das Tätigkeitsfeld und auf den zugehörigen Berufsbereich geschlossen werden kann.

Beim Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ kann relativ eindeutig auf das Bezugsfeld der Mechatronik geschlossen werden, bei dessen Bezeichnung sich zunächst ein Wortspiel aus Mechanik und Elektronik aufdrängt; tatsächlich bestehen diese Systeme aber aus mechanischen, elektronischen und informationstechnischen Bestandteilen. Somit können Bezüge zu mindestens drei Berufsbereichen und damit drei beruflichen Fachrichtungen festgestellt werden. Im Jahr 1998 wurde mit dem sogenannten Hybridberuf „Mechatroniker/-in“ auf die technischen Weiterentwicklungen und die Veränderungen der beruflichen Arbeitsaufgaben reagiert. Eine verbindliche Zuordnung zu einem Berufsfeld/-bereich bzw. zu einer beruflichen Fachrichtung wurde nicht vorgenommen.

Mechatronische Produkte zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass ihre Funktionen nur durch das Zusammenwirken von mechanischen, elektronischen und datenverarbeitenden Komponenten erreicht werden können. Aus der technischen Symbiose von

Mechanik bzw. Maschinenbau und Elektronik und Informationstechnik lassen sich Lösungen mit erheblichen Leistungs- und Kostenvorteilen realisieren. Beispiele für mechatronische Produkte sind in der Fahrzeugtechnik, der gesamten Automatisierungstechnik, der Medizintechnik oder der Unterhaltungsindustrie anzutreffen (HEIMANN u. A. 2016, S. 5).

Eine Windenergieanlage (WEA) vereint besonders anschaulich das Zusammenwirken von mechanischen, elektrotechnischen und informationstechnischen Bestandteilen. Die Kernaufgabe der Wandlung von Windenergie in elektrische Energie durch mechanische Komponenten (winkelverstellbare Rotorblätter, Getriebe) und elektronische Komponenten in Form von Generator und Steuerung wird an modernen WEA durch zahlreiche Sensoren fernüberwacht. Dadurch können die Anlagen zu Zwecken des Netz- und Anlagenschutzes (Fehlfunktionen, Reparaturen, Vereisungen) oder auch für den Luftverkehr gezielt geregelt bzw. abgeschaltet werden. Weiterhin sind Fernwartungen in Folge einer Echtzeitübertragung von Betriebsdaten und -parametern (sog. Monitoring) mithilfe informationstechnischer Systeme zeit- und ortsunabhängig planbar und teilweise sogar durchführbar. Durch die gezielte Interaktion über die eigene Systemgrenze hinaus (siehe Abb. 1) können heutige Energieanlagen ihr ökonomisches und ökologisches Potential in einem intelligenten Stromnetz (Smart Grid) ausschöpfen und die Energieproduktion entsprechend dem Bedarf gezielt aufeinander abstimmen.

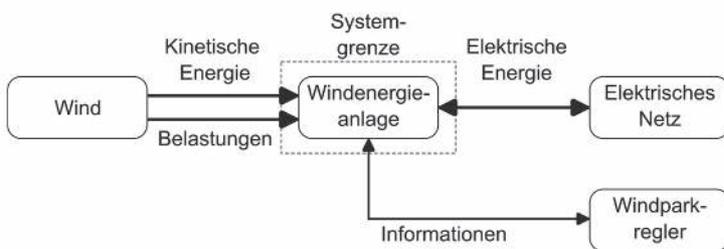


Abb. 1: Systemgrenze und Systemkontext einer Windenergieanlage (KUSTEK 2022)

Der Integrationsgrad mechatronischer Systeme zeichnet sich dadurch aus, dass einzelne Teilsysteme ohne die jeweils anderen Teilsysteme nicht arbeitsfähig sind. Nur durch das Zusammenwirken aller Teilfunktionen lässt sich die Gesamtfunktion realisieren. Geeignete Sensoren in Verbindung mit einer intelligenten Informationsverarbeitung der Sensordaten sorgen bspw. bei Werkzeugmaschinen für höhere Bearbeitungsgenauigkeiten, indem die mechanischen Strukturen stetig erfasst und korrigiert werden können (SCHIESSLE u. A. 2002, S. 5).

Die Integration ist dabei der entscheidende Faktor: Es ist nicht etwa der Fall, dass ein mechatronisches System – domänenspezifisch voneinander getrennt – sukzessive entsteht und dann als solches zusammengefasst wird, sondern vielmehr die übergreifenden Schnittstellen der Komponenten in ihrer Ganzheitlichkeit von immer größerer Bedeutung werden. Sensoren geben Spannungen, Ströme oder digitale Signale (bspw. IO-Link) aus, die in einem anderen Systemteil, vielleicht sogar von einer anderen Person, an eine entsprechende Software angepasst werden müssen. Weiterhin kann etwa der Werkstoff eines gefertigten Bauteils nur von einer bestimmten Sensorart ausgewertet werden. Demnach werden erweiterte Definitionen an die Schnittstellen einzelner Systemteile nötig, die die Kommunikation sowohl zwischen Technik als auch Personal maßgeblich beeinflussen.

Mechatronik kann daher als technische Grundlage für Industrie 4.0 und damit für intelligent gesteuerte und geregelte technische Produkte eingeschätzt werden. Technische Produkte und Systeme interagieren mit Personen auf unterschiedlichen Tätigkeitsebenen. Die hier zu betrachtenden Mechatrikerinnen und Mechatriker sind für die Montage und Demontage von mechatronischen Systemen zuständig. Transport, Inbetriebnahme und Abnahme sowie die Bereitstellung und Entsorgung von Materialien werden durch sie vorgenommen. Im Betrieb eines mechatronischen Systems obliegen ihnen Arbeitsaufgaben im Bereich der Instandhaltung. Hier lassen sich ausfallbedingte, zustandsbedingte und vorbeugende Instandhaltung unterscheiden. Somit gehören Fehlersuche, Diagnose, Überwachung, Wartung und Inspektion ebenfalls zum Aufgabenspektrum von Mechatrikerinnen und Mechatrikern. Arbeitsschutz und Schutz der Umwelt müssen als Querschnittsaufgabe Beachtung finden.

Innerhalb der Betrachtung von Wertschöpfungsketten kommt mechatronischen Systemen eine Doppelfunktion zu: Wenn beispielsweise Waschmaschinen in einer hochautomatisierten Serienfertigung hergestellt werden, kann dabei sowohl das gefertigte Produkt selbst als auch das Produktionssystem, das zur Herstellung (oder Entsorgung) dieser Produkte benötigt wird, ein mechatronisches System sein.

TECHNISCHE SYSTEME UND MENSCHLICHE ARBEIT

Technische Systeme werden zumeist für einen spezifischen Zweck oder eine dezidierte Aufgabe konzipiert, realisiert und optimiert. Im Alltag sind Menschen umgeben von technischen Systemen, die bereits oftmals nicht mehr als diese wahrgenommen

werden. Wasch- und Spülmaschinen sowie Kaffeevollautomaten und Kühlschränke schaffen Komfort und haben Einfluss auf die Art und Weise des Lebens. Smartphones und Kraftfahrzeuge sind hochgradig komplexe technische Systeme, mit einem hohen Grad an Entwicklungsarbeit und baulicher Umsetzung; in ihrer Nutzung werden diese dagegen innerhalb der Technikentwicklung zu niederschweligen und nahezu schon intuitiv bedienbaren Systemen. Wenn Bauteile immer kleiner werden und hinter nicht zu öffnenden Gehäusen den Nutzenden verborgen bleiben, stellt sich für Bildungszwecke zudem ein Dilemma ein: Sollen einerseits diese komplexen Systeme anhand technischer Modelle begreif- und erfahrbar werden oder verbleiben sie andererseits als Black-box auf einer theoretischen, abstrakten Ebene.

Technik hat – und tut es immer noch – die soziale und kulturelle Entwicklung im Verlauf der Geschichte beeinflusst. Umgekehrt sind soziale und kulturelle Entwicklungen erst durch Technik und Technikeinsatz ermöglicht worden. Hierbei stellt sich generell die Frage, welchen Nutzen der Mensch von der Technik hatte und zukünftig haben wird. Technik kommt meist dann zum Einsatz, wenn sich durch dessen Einsatz für das Individuum selbst eine Verbesserung erzielen lässt. Somit haben technische Veränderungen wie die Etablierung von mechatronischen Systemen immer auch Auswirkungen auf die Arbeitsaufgaben der beteiligten Fachkräfte und deren Arbeitsumfeld. Ob, wie hier angenommen, nur die Technikentwicklung als Treiber angesehen werden darf, lässt sich diskutieren. Idealtypischer Weise besteht sowohl aus einer sozialen wie auch technischen Sichtweise die Hoffnung, gemeinsam das Arbeitsumfeld gestalten zu können.

Daher wurde von ROPHOHL bereits ein Technikbegriff verwendet, der die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen, und die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden, zusammenfasst und somit menschliches Handeln ausdrücklich miteinschließt (ROPHOHL 1999, S. 18 f.). ROPHOHL spricht von „Technisierung“, wenn eine fortschreitende lebensweltliche Durchdringung mit technischen Gegenständen angesprochen wird. „Technisierung bringt eine fortgesetzte wachsende Zahl künstlicher Gegenstände hervor und integriert diese Sachsysteme in eine fortgesetzt wachsende Zahl soziotechnischer Handlungssysteme“ (ebd., S. 20).

Spätestens seit den Diskursen zum Konzept des „Computer Integrated Manufacturing“ (CIM) und den damit vorausgesagten menschenleeren Fabrikationshallen wurden mit den Betrachtungen eines sozio-

technischen Systems auch die beiden Auswirkungen Substitution und Komplementierung in Bezug auf die menschliche Arbeitstätigkeit mit einbezogen. Der Ersatz menschlicher Arbeitstätigkeit durch technische Systeme (Substitution) kann auf Grund von Kostenreduzierungen erfolgen – aber auch um verbesserte Arbeitsbedingungen zu schaffen (Humanisierung der Arbeit). Mit der Komplementierung lassen sich dagegen neue Arbeitsplätze schaffen – dies teilweise dann aber in anderen Segmenten.

Technische Neuerungen in der Arbeit verändern das Gefüge von Personen, die in deren Kontext beschäftigt sind, und die Rahmenbedingungen auf betrieblicher und gesellschaftlicher Ebene. Somit wird der schon seit längerer Zeit in Frage gestellte technische Fortschrittsoptimismus in der Hinsicht hinterfragt, dass auch soziale Fortschritte mitgedacht werden sollten, die unter anderem zu einer Steigerung der Lebensqualität in einer nachhaltigen Verantwortung führen. Dieses wird bereits als Industrie 5.0, bei der die Menschen und eine nachhaltigere Wirtschaft im Mittelpunkt der Weiterentwicklungen stehen, diskutiert. Im Kern geht es bei I5.0 darum, dass die Industrie ihre Verantwortung zur Mitgestaltung anerkennt und neben der Profitorientierung eine aktive Rolle bei der Bereitstellung von Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen wie Ressourcenschonung, Klimawandel und soziale Stabilität übernimmt.

MECHATRONIK UND MECHATRONISCHES SYSTEM

Dass es sich bei dem Terminus Mechatronik um ein Kofferwort aus Mechanik und Elektronik handelt, ist bekannt und bedarf (eigentlich) keiner weiteren etymologischen Klärung. Die initiale Verwendung des Wortes geht auf einen japanischen Ingenieur der Firma Yaskawa Electric Cooperation zurück, die den Begriff von 1971 bis 1982 als Handelsnamen schützte (HEIMANN u. A. 2016, S. 13). In der Retrospektive steht diese proprietäre Verwendung allerdings widersprüchlich zur gerne zitierten Entwicklung heutiger Technik in Phasen:

- „1. Phase: INDUSTRIELLE REVOLUTION durch Entwicklung mechanischer Technologien mit Hilfe von Dampfmaschinen (James Watt, 1769) und mechanischer Automatisierungstechnik (z. B. Webstuhl, 1785)
2. Phase: ELEKTROMECHANIK durch Vereinigung von mechanischen mit elektrischen Technologien (Elektromotor, Generator, Siemens 1866)
3. Phase: MECHATRONIK durch systemtechnische Kombination der Elektromechanik mit Elektronik, Computertechnik und Informatik (1960er Jahre)

4. Phase: CYBER-PHYSISCHE SYSTEME (CPS) im Verbund von Mechatronik und Internet-Kommunikation (Entwicklungsprojekt Industrie 4.0)“ (CZICHOS 2019, S. 7).

BISHOP und RAMASUBRAMANIAN betonen, dass Mechatronik für viele an der direkten Entwicklung beteiligte Ingenieurinnen und Ingenieure keine Neuerung darstellt. Auch ohne eine allumfassende Definition von Mechatronik verstehen sie die „Philosophie“ der Mechatronik aus den eigenen Erfahrungen heraus und wenden sie in der Praxis an (2008, S. 1–2). Dort verschwimmen die Grenzen der eigenen technischen Disziplin, da Geräte zumeist in Systemen appliziert werden und nicht in Labor oder Werkstatt verweilen. Auch wenn die definitorischen Grenzen in der Praxis nebensächlich sein sollten, werden sie – im Rahmen eines Vorwurfs „von Allem etwas, aber Nichts richtig“ – im Folgenden weiter behandelt.

Eine oft zitierte Definition zur Mechatronik ist bei HARASHIMA et al. (1996, S.1 f.) zu finden: „The synergistic integration of mechanical engineering, with electronics and intelligent computer control in the design and manufacturing of industrial products and processes.“

Das darin enthaltende Schlüsselwort „synergistic“ identifiziert GRIMHEDEN dabei als Gemeinsamkeit vieler weiterer Definitionen und er stellt heraus, dass sich die mechatronische Fähigkeit darauf bezieht, die synergetische Kombination auszuführen (2008, S. 6-2). Es zeigt sich, dass der Begriff bereits in seiner Entstehung keineswegs lediglich auf Technik abzielt, sondern ebenfalls – ohne eine weitere „Mechatronikkompetenz“ aufwerfen zu wollen – durchaus auf Fähigkeiten und Fertigkeiten zurückgeht.

SCHIESSLE U. A. beziehen die Informatik in das Kofferwort mit ein und betonen, dass die „Mechatronik [...] nicht die klassisch betriebene Behandlung elektromechanischer Systeme, [...] sondern die von Beginn an integrierte und interdisziplinäre Projektierung, Konstruktion, Entwicklung und Fertigung hochkomplexer multitechnischer Systeme, Geräte und Anlagen [ist]“ (2002, S. 13). Demnach bildet die alleinige technische Einbindung von Sensorik, Modellierung bzw. Prozessrechentchnik im Allgemeinen noch keine systemische Verknüpfung, da mechatronische Systeme dadurch charakterisiert sind, „dass ihre Eigenschaften in hohem Maße durch nichtmaterielle Elemente, d. h. durch Software, bestimmt werden“ (HEIMANN U. A. 2016, S. 14).

Disziplin	Beispiele für Teildisziplinen
Mechanik	Maschinen, Maschinenbau, Feinwerktechnik, Dynamik, Kinetik
Elektrotechnik	Mikroelektronik, Leistungselektronik, Messtechnik, Signalverarbeitung
Informationsverarbeitung	Regelungstechnik, Prozessdatenverarbeitung, künstliche Intelligenz

Tab. 1: (Teil-)Disziplinen der Mechatronik (HEIMANN U. A. 2016, S. 14)

Diese Interdisziplinarität führen HEIMANN U. A. (2016) weiter aus, indem sie diverse Teildisziplinen verorten (siehe Tabelle 1).

Wer glaubt, dass künstliche Intelligenz dabei ein Indiz für die aktuelle technische Entwicklung ist, dem sei gesagt, dass ISERMANN den Begriff bereits 1999 in seinem Grundlagenwerk verwendet. Dieses Verständnis einer zweidimensionalen Union – einerseits materieller und nichtmaterieller Eigenschaften und andererseits interdisziplinärer Aufgabenbereiche – dient nun dazu, sowohl technisch als auch organisatorisch, in größer gerahmten bzw. umfassenderen Strukturen zu denken und sie als mechatronisches System zu verstehen (siehe Abbildung 2).

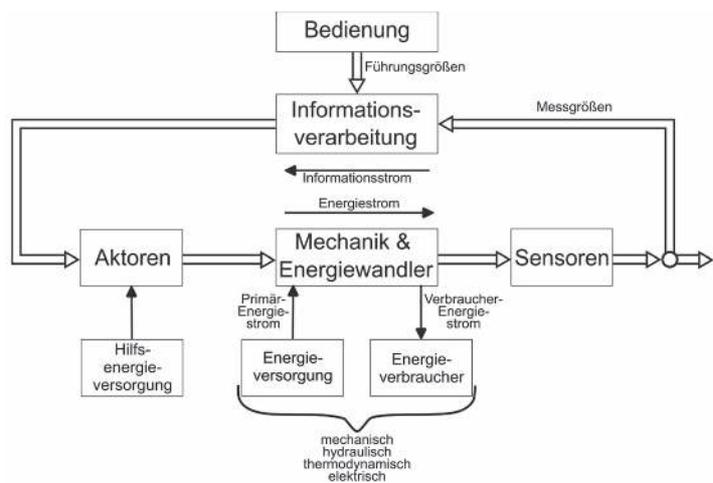


Abb. 2: Mechatronisches System nach ISERMANN (1999)

In der Abbildung 2 ist verdeutlicht, dass das Abstraktionsniveau der einzelnen Übertragungsglieder (Blöcke) eine andere Ebene einnimmt, wenn Ursache und Wirkung nicht (nur) aus bspw. elektrotechnischen Signalen bestehen, sondern ebenso periphere Energien verarbeitet werden. Gleichermäßen ist die Führungsgröße nicht auf technische Signale beschränkt, sondern als menschengeführte Bedienung zu verstehen.

Als System ist dabei eine klar abgrenzbare Einheit zu verstehen, die Subsysteme, Systemelemente (Hard-, Software, Dienstleistungen, Menschen usw.) und deren Verknüpfungen beinhaltet. Ein Systemelement (bspw. ein Sensor, siehe Abb. 2) bildet die flachste

Ebene der Systemhierarchie. Systemgrenzen wiederum werden in der Entwicklung individuell definiert. Arbeiten mehrere eigenständige Systeme miteinander zusammen, entsteht ein sogenanntes System of Systems (SoS) (VDI 2021, S. 11). Als gutes Beispiel dazu dient ein modernes Kraftfahrzeug, in dem mehrere eigenständige Systeme in Bezug auf Sicherheit, Bremsen, Motor etc. im Gesamtsystem eingebettet sind und als Embedded Automotive Systems bezeichnet werden (SAMAD & PARISINI 2011, S. 178 f.).

Denkt man bei der Betrachtung des o. a. Regelkreises zunächst an ein statisches System, das durch physische oder logische Grenzen beschränkt sein könnte, erweitert sich die Begrifflichkeit – durch die Einbettung (embedding) informationsverarbeitender Komponenten in Materialien, Gegenständen, Geräten und Maschinenteilen – zum cyber-physischen System (GRIMM 2016, S. 3). In einer Studie der deutschen Akademie der Technikwissenschaft werden „Cyber-Physical Systems“ als diejenigen eingebetteten Systeme charakterisiert, die

- „mittels *Sensoren* unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels *Aktoren* auf physikalische Vorgänge einwirken,
- Daten auswerten und speichern sowie auf dieser Grundlage aktiv oder reaktiv mit der physikalischen und der digitalen Welt interagieren,
- mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, und zwar sowohl drahtlos als auch drahtgebunden, sowohl lokal als auch global,
- weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen,
- über eine Reihe *multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen* verfügen, also sowohl für Kommunikation und Steuerung differenzierte und dedizierte Möglichkeiten bereitstellen, zum Beispiel Sprache und Gesten“ (GEISBERGER & BROY 2012, S. 22).

Eine Einheitlichkeit der Bezeichnungen für derartige Systeme ist nicht gegeben. So stellen u. a. „Cybertronische Systeme (CTS)“, „IoT-Systeme“, „Intelligente Technische Systeme (ITS)“, „Adaptronik“ (VDI 2021, S. 13) weitere Synonyme für CPS dar.

Vereinfacht ausgedrückt sind die verschiedenen Übertragungsglieder aus Abbildung 2 nunmehr disloziert verortet, wobei die Übertragungswege (auch) aus Datenspeichern bestehen können. Diese Symbiose definiert der VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE als sogenanntes cyber-physisches mechatronisches System (CPMS) und richtet die VDI/VDE 2206, die 2004 lediglich die Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme thematisiert, „durch die zunehmende Vernetzung mit dem Internet der Dinge und Dienste

sowie der hohen Interdisziplinarität, Komplexität und Heterogenität der Systeme“ (2021, S. 2) in der neuesten Fassung von November 2021 neu aus. Cyber-physische Systeme bauen in Bezug auf Industrie 4.0 „auf dem Konzept des Internet der Dinge [auf], in dem Alltagsgegenstände der physischen Welt mit der digitalen Welt verknüpft werden“ (WINDELBAND & DWORSCHAK 2015, S. 26). Dabei werden bspw. Sensor- und Zustandsdaten von Things – letztlich informatisierte und (weltweit) vernetzte Endgeräte – in Clouds gespeichert und anderswo in Daten und Diensten weiterverarbeitet. Für die Verbindung zu Industrieanwendungen hat sich besonders in der englischsprachigen Literatur der Begriff des „Industrial Internet of Things“ (IIoT) als Abgrenzung von smarten Endkundenprodukten zu professionellen „heavy-duty tasks such as manufacturing, monitoring, etc.“ (SARI u. A. 2020, S. 4) etabliert.

Dass besonders die Entwicklung jener vielschichtigen Systeme eine neue Blickrichtung erfordert, zeigt die nun aktuelle Richtlinie VDI 2206, die innerhalb des holistischen Produktlebenszyklus die Entwicklung von cyber-physischen und mechatronischen Systemen in Augenschein nimmt.

Das dort benannte „Systemdenken“ wird als ganzheitliche Betrachtung eines Systems verstanden, bei dem „alle Anforderungen aus vor- und nachgelagerten Produktlebenszyklusphasen“ in Betracht gezogen werden müssen (VDI 2021, S. 9). Dabei ist „eine generische Ablauflogik für die Entwicklung von mechatronischen und cyber-physischen Systemen, die anwendungsspezifisch unterschiedlich ausgeprägt sein wird“ (ebd.) in vorhandenes Projektmanagement einzuflechten. Die o. a. Interdisziplinarität kann dabei als bedeutendste Herausforderung bei der Entwicklung von CPMS angesehen werden, da die Disziplinen jeweils spezielle Wissensräume, Begrifflichkeiten und Methoden beherbergen. Dazu wurde das sog. V-Modell von BRÖHL und DRÖSCHEL (1995) an die Herausforderungen cyber-physischer Systeme angepasst. In Abbildung 3 sind die verschiedenen Disziplinen durch unterschiedliche Strichpunkte dargestellt und stellen den parallel verlaufenden Prozess dar.

„Die in den Disziplinen implementierten Systemelemente werden schrittweise wieder zu Subsystemen und einem Gesamtsystem integriert (Integration). Systemeigenschaften werden währenddessen kontinuierlich verifiziert und validiert“ (VDI 2021, S. 19). Systemisches, interdisziplinäres Denken und Handeln wird hierfür nicht exklusiv Ingenieurinnen und Ingenieuren abverlangt. Fachkräfte auf der Shopfloor-Ebene benötigen dieses ebenfalls, um die Arbeitsaufgaben im Bereich der Montage und Instandhaltung mechatronischer Systeme bewältigen

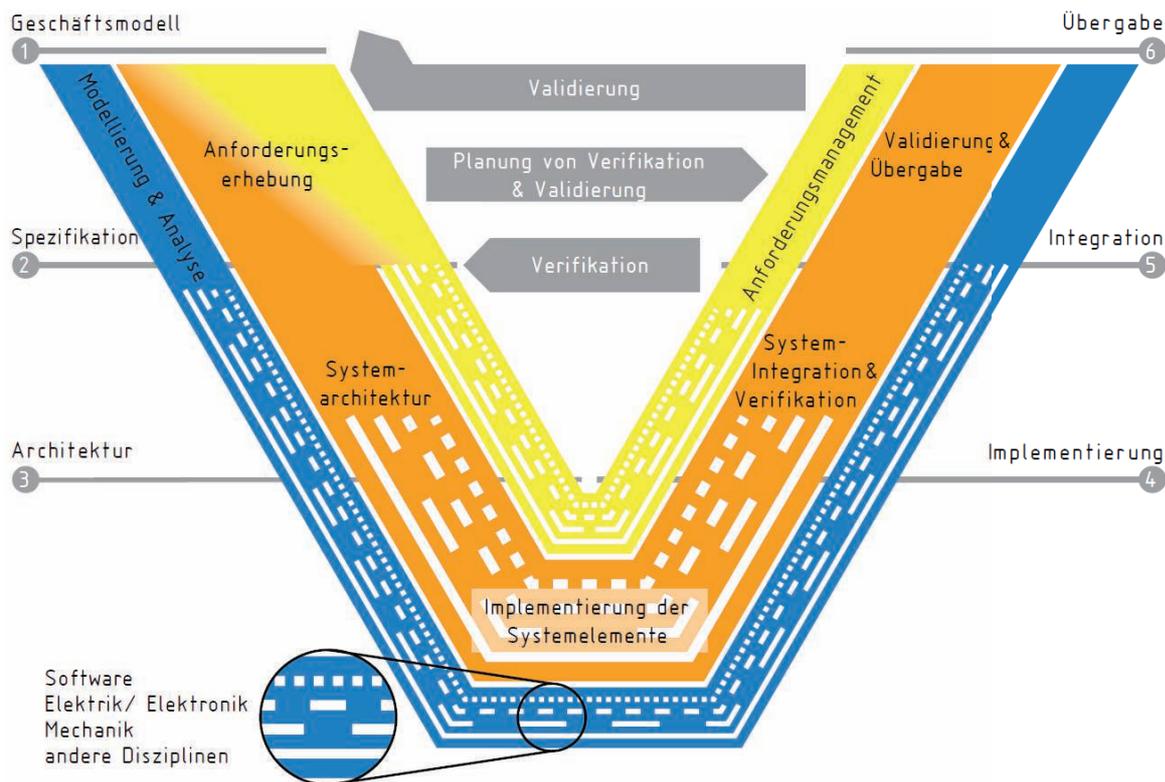


Abb. 3: Um CPS erweitertes V-Modell (VDI 2021)

zu können. Folglich können Fachkräfte ihre individuelle Bedeutung in einer Wertschöpfungskette verstehen und diesen systemischen Zusammenhang gleichermaßen für andere Mitarbeitende, Abteilungen, Bereiche etc. entwickeln.

Ausgehend vom Konstrukt des technischen Systems und dessen Schnittstellen zum Menschen stellt sich sowohl für die Ingenieurwissenschaften als auch für die berufliche Lehrkräftebildung die Frage, ob eine kompetente Durchdringung im Sinne einer holistischen Betrachtungsweise auf das mechatronische System als sozio-technisches System gelingen kann. Einerseits konstituieren fachliche ingenieurwissenschaftliche Bezüge weitestgehend isoliert aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik/Informatik heraus ein mögliches Studium der Mechatronik und andererseits kann in den beruflichen Fachrichtungen für die Lehrkräftebildung an berufsbildenden Schulen ebenfalls nur entweder eine der Fachrichtungen Elektrotechnik, Metalltechnik oder Informationstechnik/Informatik oder eine Kombination zweier beruflicher Fachrichtungen studiert werden. Noch wird Mechatronik i. d. R. nicht als eigenständige Wissenschaft angesehen, sondern als interdisziplinäres Gebiet der Ingenieurwissenschaften. An den berufsbildenden Schulen existieren aber bereits eigene Fachbereiche mit eigenen Laboren für die Ausbildung im Bereich der Mechatronik.

MECHATRONIK UND INDUSTRIE 4.0 – EIN FAZIT

Die Diskurse der letzten Jahre zu Industrie 4.0 und cyber-physischen Systemen zeigen auf, dass technische Systeme in der produzierenden Industrie bereits heute als überwiegend mechatronische Systeme zu betrachten sind und sich der Anteil disziplinärer Überschneidungen zukünftig erhöhen wird. Mechatronik hat sich in der Berufswelt – egal ob im Planungsbüro oder auf dem Shopfloor – aus den etablierten Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik/Informatik entwickelt, wird aber nun und zukünftig sicherlich noch stärker von Mechatronikerinnen und Mechatronikern weiterentwickelt. Deren Systemverständnis sollte sowohl in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen als auch in der Lehrkräftebildung für berufsbildende Schulen durch ganzheitlichere fachwissenschaftliche und berufsdidaktische Einbindungen gestärkt werden.

Dem in der Vergangenheit oftmals postulierten Vorurteil, Mechatronikerinnen und Mechatroniker können beides (damals gemeint als Metalltechnik und Elektrotechnik) „halt nicht so richtig“ und sind weder Fachkräfte für das eine noch das andere, kann heute entgegengebracht werden, dass die technischen Systeme nicht mehr aus den unterschiedlichen Perspektiven und Domänen heraus (de-)montiert und instandgehalten werden können. Mechatronikerinnen

und Mechatroniker können demnach als Allrounder ihrer Systeme verstanden werden, die ein hochgradiges Prozess- und Systemverständnis aufweisen, ohne dass damit ein Qualitätsverlust einhergeht. Ansonsten würde eine Arbeitsteilung in der Werkhalle nach wie vor praktiziert werden, die im Falle eines elektrischen Anschlusses („Da ist ja ein Kabel dran!“) nach einer Elektrofachkraft und im Falle eines benötigten Drehmomentes nach einer Metallfachkraft verlangt (vgl. GRIMM 2023).

Literatur

- GEISBERGER, E.; BROY M. (Hrsg.) (2012): agendaCPS (acatech STUDIE). Heidelberg.
- BISHOP, R. H.; RAMASUBRAMANIAN, M. K. (2008): What is Mechatronics? In BISHOP, R. H. (Hrsg.): The Mechatronics Handbook. Boca Raton.
- BRÖHL, A. P.; DÖSCHEL, W. (1995): Das V-Modell. München.
- CZICHOS, H. (2019): Mechatronik. 4. Aufl., Wiesbaden.
- GRIMHEDEN, M. (2008): Mechatronics Engineering Curriculum Design. In BISHOP, R. H. (Hrsg.): The Mechatronics Handbook. Boca Raton.
- GRIMM, A. (2023): „Ein schlechter Elektriker ist immer noch ein guter Schlosser!“ – Zum gegenseitigen Verhältnis der beiden beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik. In: GRIMM, A.; HERKNER, V. (Hrsg.): Entwicklungen und Herausforderungen der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik und deren Didaktik. Berlin.
- GRIMM, A. (2016): Auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: lernen & lehren, 31. Jg. (Heft 121), S. 2–3.
- HARASHIMA, F.; TOMIZUKA, M.; FUKUDA, T. (1996): Mechatronics- “What Is It, Why, and How?” An editorial. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 1(1).
- HEIMANN, B.; ALBERT, A.; ORTMAIER, T.; RISSING, L. (2016): Mechatronik. 4. Aufl., München.
- ISERMANN, R. (1999): Mechatronische Systeme. Berlin
- KUSIEK, A. (2022): Windenergieanlagen. München.
- ROPOHL, G. (1999): Technologische Aufklärung – Beiträge zur Technikphilosophie. 2. Aufl., Frankfurt a. M.
- SAMAD, T.; PARISINI, T. (2011): SYSTEMS OF SYSTEMS. IN: SAMAD, T.; ANNASWAMY, A. (Hrsg.): The Impact of Control Technology, S. 175–183.
- SARI, A., LEKIDIS, A., BUTUN, I. (2020): Industrial Networks and IIoT: Now and Future Trends. In BUTUN, I. (Hrsg.): Industrial IoT. Cham.
- SCHIESSLE E.; WOLF, F.; LINSER, J.; VOGT, A. (2002): Mechatronik 1. Würzburg.
- VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE) (2021): VDI/VDE 2206, Entwicklung cyber-physischer und mechatronischer Systeme. VDI/VDE-Richtlinien. Berlin.
- WINDELBAND, L.; DWORSCHAK, B. (2015): Veränderungen in der industriellen Produktion. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (6), 26–29.

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

Maschinelles Lernen bei der Inbetriebnahme eines cyber-physischen Systems in der dualen Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern



NICO LINK



BASTIAN SPATTA

Der folgende Praxisbeitrag behandelt das Trendthema maschinelles Lernen in der dualen Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern und stellt eine handlungsorientierte Umsetzung für den Laborunterricht in der Berufsschule vor. Hierfür werden zunächst grundlegende Begrifflichkeiten geklärt sowie die damit in Zusammenhang stehenden Anwendungsgebiete und Arbeitsprozesse im industriellen Umfeld vorgestellt. Anschließend wird der Rahmenlehrplan analysiert und die für die Arbeitsprozesse notwendigen Kompetenzen in den Lernfeldern verortet. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wird die Entwicklung einer Lernsituation für die Umsetzung im berufsschulischen Laborunterricht aufgezeigt.

GRUNDLEGENDE BEGRIFFLICHKEITEN ZU MASCHINELLEM LERNEN

Der Begriff maschinelles Lernen beschreibt künstliche Systeme, die Wissen selbstständig generieren können. Die Wissensgenerierung basiert dabei auf einer wahrnehmungs- und wahrscheinlichkeitsbasierten Mustererkennung, die mit künstlichen neuronalen Netzen (KNN) realisiert wird (vgl. Abbildung 1). Ein KNN ist dem neuronalen Netz (NN) im menschlichen Gehirn nachempfunden. Dadurch sind künstliche Systeme in der Lage, in Sprache und Bildern Muster zu erkennen.

Analog zum menschlichen NN besteht ein KNN aus künstlichen Neuronen. Jedes künstliche Neuron be-

sitzt für die Informationsverarbeitung mindestens einen Eingang und einen Ausgang. Realisiert wird ein künstliches Neuron durch einen Algorithmus, der ein Modell einer Wahrscheinlichkeitsfunktion abbildet und das Verhalten am Ausgang bestimmt. Damit ein KNN Muster erkennen kann, muss dieses die gewünschten Muster mit Hilfe von Trainingsdatensätzen erlernen.

Diese werden dem KNN an seinen Eingängen und mit am Ausgang vorgegebenen Ergebnissen in Zusammenhang gebracht. Nach mehreren Trainingsdurchgängen kann ein KNN erkennen, bei welchen Eingangsmustern ein bestimmtes Ausgangsverhalten erwünscht ist.

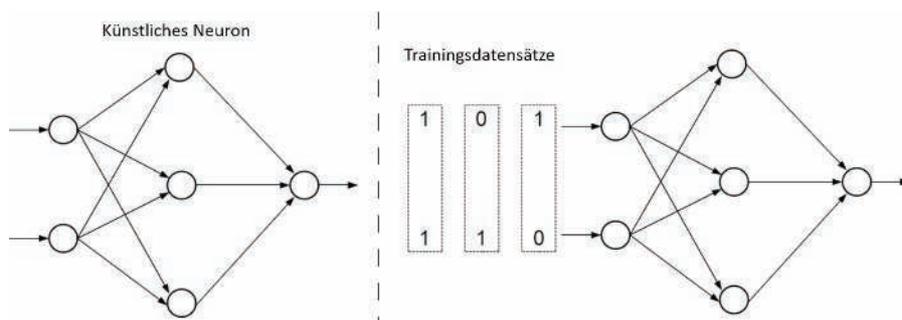


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines KNN

In der Trainingsphase kann es sowohl zu Underfitting- als auch zu Overfitting-Problemen kommen. Underfitting beschreibt den Prozess, bei dem ein KNN in Objekten mit nicht relevanten Mustern ein Muster erkennt und diese der Objektgruppe mit relevanten Mustern zuordnet. Das KNN

hat somit keine ausreichende Trennschärfe zwischen relevanten und nicht relevanten Mustern. Das Overfitting hingegen beschreibt das umgekehrte Problem. Hier ist das KNN durch seine Trainingsdaten überangepasst und es werden in Datensätzen keine Muster erkannt, obwohl die Datensätze die zu erkennenden Muster beinhalten.

Nach Abschluss der Trainingsphase sollte das KNN in der Lage sein, Muster zu erkennen. Wenn das KNN keine ausreichenden Ergebnisse in der Mustererkennung erzielen konnte, so muss das KNN weiter oder neu trainiert werden.

ANWENDUNGSGEBIETE UND ARBEITSPROZESSE IM INDUSTRIELLEN UMFELD

Verfahren maschinellen Lernens finden im industriellen Umfeld überall dort Anwendung, wo Mustererkennungen vorteilhaft oder notwendig sind, wie bei der Diagnose von Anlagen- und Produktionszuständen.

Im Anwendungsbereich der Anlagenzustände steht die vorbeugende Instandhaltung im Mittelpunkt. Hierbei werden Diagnosedaten (Temperatur, Druck, Schwingungen usw.) im Betrieb erfasst und die Datensätze durch ein zuvor trainiertes KNN ausgewertet (vgl. Abbildung 2). Sollten sich Veränderungen im Anlagenzustand ergeben, so können Ort und Baugruppe vor einem Ausfall identifiziert werden.

Im Anwendungsbereich der Produktionszustände ist häufig die Qualitätskontrolle betroffen. In dieser können mittels bildgebender Prüfeinrichtungen Produkte auf ihre Beschaffenheit analysiert werden. Die Prüfung kann entweder am Ende des Produktionsprozesses (Endprüfung) oder in den einzelnen Produktionsschritten erfolgen.

Ausgehend von den genannten Anwendungsgebieten ergeben sich für Mechatronikerinnen und Mechatroniker vor allem Tätigkeiten im ordnungsgemäßen Einlernen KNN-gestützter Diagnosesysteme. Proble-

me wie under-/overfitting sollen berücksichtigt und vermieden werden. Des Weiteren müssen notwendige Sensoren und bildgebende Baugruppen an den entsprechenden Stellen in der Anlage angebracht werden. Diese Tätigkeit spielt vor allem beim Retrofitting älterer Anlagen eine Rolle.

KOMPETENZBEREICHE UND LERNFELDER

Leitziel der beruflichen Bildung ist die berufliche Handlungskompetenz, die die KMK (vgl. u. a. KMK 2018) in Fach-, Human- und Sozialkompetenz ausdifferenziert, zudem werden Methoden- und Lernkompetenzen aus den zuerst genannten drei Kompetenzen entwickelt. Bezogen auf die berufsfachliche Kompetenz, mit der sich die Forschung im gewerblich-technischen Bereich bislang am meisten auseinandergesetzt hat, lässt sich konstatieren, dass diese neben Fachwissen, auch die Fähigkeit umfasst, dieses Wissen in variierenden problemhaltigen Anforderungssituation anzuwenden (NICKOLAUS 2011, S. 333). Es lässt sich erkennen, dass Auszubildende und Fachkräfte für die Bewältigung von Anforderungssituationen sowohl über analytische als auch konstruktive Problemlösefähigkeiten verfügen müssen, wie dies einerseits Tätigkeitsanalysen aufzeigen (ZINKE, SCHENK & KRÖLL 2014) und andererseits auch empirische Studien (WALKER, LINK & NICKOLAUS 2016) auf dem der Mechatronik verwandten Gebiet der Automatisierungstechnik bestätigen. Die analytische Problemlösefähigkeit wird dahingehend operationalisiert, dass Fachkräfte eine Fehlerdiagnose erfolgreich durchführen können (NICKOLAUS, GSCHWENDTNER & ABELE 2011). Die konstruktive Problemlösefähigkeit wird dagegen über die Erschaffung bzw. Erweiterung technischer Systeme operationalisiert (LINK & GEISSEL 2015; LINK 2016). Das Besondere beim konstruktiven Problemlösen ist, dass hierbei Beziehungen zwischen Teilen eines Systems identifiziert und miteinander verknüpft werden und entsprechend ein (mehr oder weniger) kreativer Prozess stattfindet. Dies ist analog zur Bloomschen Taxonomie die Stufe „Synthese“, bei der ein Entwerfen, Entwickeln und Kombinieren erfolgt und somit eine Abgrenzung vom „Analysieren“ – auch wenn dies eine Voraussetzung für das erfolgreiche konstruktive Problemlösen darstellt.

Anhand der zuvor genannten Anwendungsgebiete maschinellen Lernens in der Qualitätskontrolle bzw. der vorbeugenden Instandhaltung und den damit in Zusammenhang stehenden Arbeitsprozessen liegt die Vermutung nahe, dass der Einsatz von Verfahren maschinellen Lernens zu

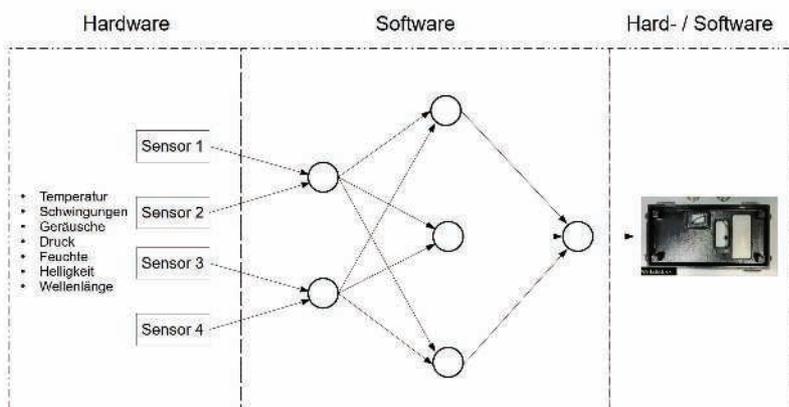


Abb. 2: KNN-Funktionsschema im industriellen Umfeld

einer ungleichen Verteilung zwischen analytischer und konstruktiver Problemlösefähigkeit führt. Während die analytische Problemlösefähigkeit, die sich häufig durch Diagnostizitätigkeit und Fehlerortung definiert, teilweise durch künstliche Mustererkennungen übernommen werden kann, scheint die konstruktive Problemlösefähigkeit davon bisher unberührt zu sein. Unter dieser Annahme scheint es geboten, die konstruktive Problemlösefähigkeit in einer unterrichtlichen Umsetzung stärker zu berücksichtigen.

Die für die beschriebenen Arbeitsprozesse erforderlichen Kompetenzen finden sich hauptsächlich in den Lernfeldern 6, 11 und 12 im Rahmenlehrplan des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/-in“ wieder (KMK 2018). Das Lernfeld 6 (Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen) beinhaltet Zielsetzungen zu Kompetenzen im Arbeitsprozess der Qualitätskontrolle. Darin ist vorgesehen, dass Mechatronikerinnen und Mechatroniker Verfahren zur Qualitätskontrolle, Prozessdatenerfassung und Verarbeitung anwenden können. Daraus lässt sich für den Arbeitsprozess notwendiges Fachwissen zu Verfahren und Funktionsweisen KNN-gestützter Technologien in der Qualitätskontrolle ableiten. Lernfeld 11 (Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung) und Lernfeld 12 (Vorbeugende Instandhaltung) beinhalten die Zielvorgaben für Kompetenzen in der Inbetriebnahme und vorbeugenden Instandhaltung von Systemen. Diese sehen vor, dass Mechatronikerinnen und Mechatroniker Diagnoseverfahren zur Feststellung von Ermüdung, Verbrauch, Verschleiß und deren Auswirkung auf die Systemzuverlässigkeit anwenden können. Auch daran lässt sich wieder ein für den Arbeitsprozess notwendiges Fachwissen hinsichtlich KNN-gestützter Diagnoseverfahren ableiten. Die Tabelle 1 stellt Lernziele der entwickelten Lernsituation dar.

Tab. 1: Lernziele der Lernsituation im Rückgriff auf den Rahmenlehrplan (KMK 2018)

Fachkompetenzen
• Die Auszubildenden stellen die Betriebsbereitschaft technischer Hilfsmittel her.
• Die Auszubildenden wenden Verfahren zur Qualitätskontrolle an.
• Die Auszubildenden wenden Datenverarbeitungssysteme an.
• Die Auszubildenden justieren Sensoren und Aktoren.
• Die Auszubildenden überprüfen Systemparameter und stellen diese ein.
• Die Auszubildenden grenzen Fehler systematisch ein und beseitigen Störungen.
• Die Auszubildenden erläutern Verfahren zur Inbetriebnahme von Systemen
• Die Auszubildenden legen die Vorgehensweise für die Inbetriebnahme fest.
• Die Auszubildenden wenden Verfahren zur Feststellung des Wartungsbedarfs an.
Sozialkompetenz
• Die Auszubildenden organisieren die Teamarbeit.
• Die Auszubildenden diskutieren und beurteilen Lösungsvarianten.

ENTWICKLUNG EINER LERNSITUATION UND GESTALTUNG VON LERNARRANGEMENTS

Ausgehend von den bisher vorgestellten Erkenntnissen wurde als Lernsituation eine Inbetriebnahmeaufgabe (siehe ausf. PAHL 2007, S. 162–168) eines KNN-gestützten Prüfplatzes in der Qualitätssicherung entwickelt. Eine Inbetriebnahme hat das Ziel, technische Systeme funktional richtig in Gang zu setzen (ebd., S. 176) und eignet sich sowohl für die Vermittlung fachlich-inhaltlicher als auch fachlich-prozessualer Lernziele (ebd., S. 177). Ferner wird bei der Inbetriebnahmeaufgabe die konstruktive Problemlösefähigkeit stärker akzentuiert, da sich der Hauptteil der Prioritätensetzung und Suche von Lösungsvarianten widmet (ebd., S. 180). Umgesetzt wird die Lernsituation durch ein im Automatisierungstechniklabor vorhandenes Lernsystem (vgl. Abbildung 3). Dieses ist einem realen Prüfplatz nachempfunden und bietet den vollen Funktionsumfang – wie ein in der betrieblichen Praxis vorkommendes KNN-gestütztes System.

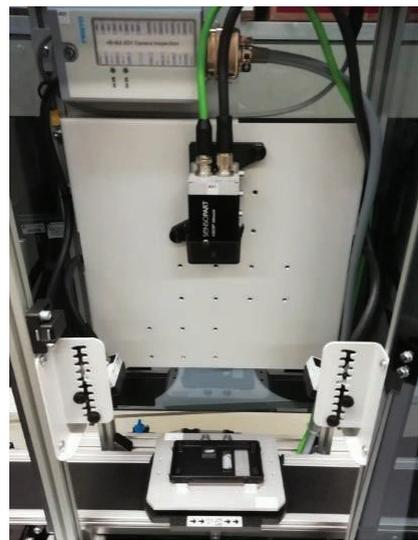


Abb. 3: Prüfkammer Lernsystem

Die Lernsituation gliedert sich in drei Lernarrangements. Im ersten Lernarrangement wird den Lernenden die Prüfeinrichtung vorgestellt. Die Lernenden sollen zunächst die wesentlichen Komponenten und die Funktionsweise der Prüfeinrichtung erkunden. Als Hilfestellung steht den Lernenden die Anleitung der Prüfeinrichtung zur Verfügung. Ein Leittext führt die Lernenden in die Grundlagen und Funktionsweise von KNN ein. Das erste Lernarrangement ist den ersten beiden Handlungsabläufen („Vorstellen des

technischen Gerätes und des Arbeitsauftrags“, „Aufgabe analysieren“) einer Inbetriebnahmeaufgabe zuzuordnen (PAHL 2007, S. 179).

Das zweite Lernarrangement widmet sich der Hardwarekonfiguration und der Erstellung eines Trainingsdatensatzes. Hierfür wird zunächst das Werkstück in der Prüfeinrichtung positioniert und anschließend Schärfe und Beleuchtung eingestellt (vgl. Abbildung 4 und 5). Ein Kamera-Livestream in der Software ermöglicht die aktuellen Einstellparameter in Echtzeit zu überprüfen.



Abb. 4: Werkstück scharf und ausreichend beleuchtet



Abb. 5: Werkstück unscharf und unterbelichtet

Nachdem die Hardwarekonfiguration abgeschlossen ist, wird ein Datensatz für das Training des KNN erstellt. Dabei werden zunächst vier Werkstücke unter der Kamera positioniert und aufgenommen. Mit diesen vier Bildern wird das KNN trainiert. In diesem Zusammenhang werden auch die Trainings-Epochen (Anzahl der Trainingsdurchläufe des KNN) und Data-Augmentation (Anzahl an virtuell generierten Bildvariationen, bspw. Drehungen und Beleuchtungsverhältnisse) thematisiert. Abschließend wird die Prüfeinrichtung auf ihre ordnungsmäßige Funktionsfähigkeit getestet, indem ein weiteres Werkstück in die Prüfeinrichtung eingelegt und dieses auf seine Beschaffenheit geprüft wird.

Das dritte Lernarrangement widmet sich der Klassifikation der Werkstücke. Ausgangspunkt hierbei ist die Problematik, dass ohne eingelegtes Werkstück in der Prüfeinrichtung zu einem hohen Prozentsatz ein ordnungsgemäßes Werkstück erkannt wird (vgl. Abbildung 6). Um dieses Problem zu beheben, müssen der Datensatz erweitert und Klassen (Werkstück ok, Werkstück nicht ok) gebildet werden. Der Datensatz muss nun auch Werkstücke beinhalten, die nicht den



Abb. 6: Softwareauswertung des Werkstücks

Qualitätsanforderungen entsprechen und der Klasse „Werkstück nicht ok“ zugeordnet werden. Anschließend wird das KNN wieder neu trainiert und abermals die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Prüfeinrichtung getestet.

In diesem Zusammenhang kann auch untersucht werden, wie umfangreich der Datensatz (Anzahl Bilder) sein sollte, um akzeptable Ergebnisse in der Klassifikation zu erzielen. Das Lernarrangement endet mit der Dokumentation der Einstellparameter, des notwendigen Datensatzumfangs und der erforderlichen Trainings-Epochen.

Sowohl das zweite als auch das dritte Lernarrangement lassen sich den letzten vier Handlungsabläufen („Prioritäten setzen“, „Lösungsvarianten suchen“, „Variantenvergleich“, „Auswertung und Transfer“) einer Inbetriebnahmeaufgabe zuordnen (PAHL 2007, S. 180 f.).

AUSBLICK

Auf Grund des technologischen Fortschritts und unter Einbeziehung der ökonomischen Perspektive darf davon ausgegangen werden, dass KNN gestützte Diagnoseverfahren und die damit verbundenen Arbeitsprozesse im industriellen Umfeld zunehmend an Bedeutung gewinnen werden.

Gestützt wird diese Annahme durch eine Umfrage der IHK Karlsruhe (2021) im Rahmen des BMBF InnoVET Projekts KI B³. In dieser wurden 179 Unternehmen zu relevanten Kompetenzen von Fachkräften im Umgang mit KI im Unternehmen befragt. Die befragten Unternehmen stufen Kompetenzen im Bereich maschinellen Lernens als besonders relevant ein – wurden dabei aber leider inhaltlich nicht konkreter. Ebenso greift die 2020 erfolgte Neuordnung des Ausbildungsberufs „Fachinformatiker/-in“ maschinelles Lernen und cyber-physische Systeme in den beiden neu geschaffenen Fachrichtungen „Digitale Vernetzung“ und „Daten- und Prozessanalyse“ auf.

Beide Sachverhalte zeigen schon heute, dass dieses Thema und die damit verbundenen Kompetenzen in beruflichen Situationen im industriellen Umfeld zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Die Thematisierung maschinellen Lernens in der beruflichen Bildung kann eine Herausforderung sein, da die Technologie schnelllebig und komplex ist. Es ist zudem unklar, wer für die Umsetzung des Themas zuständig sein sollte. Muss es von Informa-

tiklehrkräften übernommen werden? Dann fehlt ggf. die Schnittstelle zum Produktionsprozess. Und wer bildet entsprechend Lehrkräfte für dieses Thema aus? Außerdem muss sichergestellt werden, dass Berufsschulen mit entsprechender Infrastruktur und Technologien ausgestattet sind, um das Thema handlungsorientiert zu unterrichten und entsprechende Kompetenzentwicklung bei den Lernenden zu ermöglichen.

Literatur

IHK KARLSRUHE (2021): Ergebnisse der Online-Umfrage „Kompetenzen von KI-Fachkräften“. Online verfügbar: <https://www.karlsruhe.ihk.de/fachthemen/uebersicht-ausbildung/ki-b3/online-umfrage-kompetenzen-von-ki-fachkraeften-5223226>, Zugriff am 03.03.2022.

KMK (2018): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin.

LINK, N. (2016): Problemlösen bei der Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen in komplexen automatisierten Systemen (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 2). Berlin.

LINK, N.; GEISSEL, B. (2015): Konstruktvalidität konstruktiver Problemlösefähigkeit bei Elektronikern für Automatisierungstechnik. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 111(2), S. 208–221.

NICKOLAUS, R. (2011): Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven. In: Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.): Stationen Empirischer Bildungsforschung. Traditionslinien und Perspektiven. Wiesbaden, S. 331–351.

NICKOLAUS, R., GSCHWENDTNER, T.; ABELE, S. (2011): Valide Abschätzungen von Kompetenzen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung pädagogischer Handlungsprogramme – Herausforderungen, Ansätze und Perspektiven. In: FISCHER, M.; BECKER, M.; SPÖTTL, G. (Hrsg.): Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung. Probleme und Perspektiven. Frankfurt am Main., S. 57–74.

PAHL, J.-P. (2007): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld.

WALKER, F., LINK, N.; NICKOLAUS, R. (2016): A multidimensional structure of domain-specific problem-solving competencies of electronics technicians for automation technology. Empirical Research in Vocational Education and Training, 8 (1), 363. <https://doi.org/10.1186/s40461-016-0034-z>

ZINKE, G., SCHENK, H.; KRÖLL, J. (2014): Ergebnisse einer Online Befragung zur Berufsfeldanalyse der industriellen Elektroberufe. Bonn.

Treffen der Berufsbildungsforschung in Flensburg

Die Jahrestagung der Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik in der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft findet vom 6. bis 8. September 2023 unter dem Titel

„Freiheit · Berufsbildung · Verantwortung“

an der Europa-Universität Flensburg statt. Ausrichter ist das Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat). In Kurzvorträgen, Foren und Symposien werden Beiträge aus der gesamten Palette rund um die berufliche Bildung und Berufsbildungsforschung präsentiert und diskutiert. Dabei sind auch interessante Beiträge aus dem gewerblich-technischen Bereich zu erwarten.

Nähere Informationen zur Tagung, zum Ablauf und zur Anmeldung gibt es hier:

www.uni-flensburg.de/bwp



25 Jahre Ausbildung im Bereich der Mechatronik an der „dresden chip academy“



© privat

WINFRIED JACOB



© privat

DAGMAR BARTELS

Mit der Einführung des Ausbildungsberufes „Mechatroniker/-in“ im Jahr 1998 wurde dieser in Dresden bei der heutigen „dresden chip academy“ ausgebildet. Insbesondere zusammen mit dem Ausbildungsberuf „Mikrotechnologin/-technologe“ kann dadurch der stetigen Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften für die Mikroelektronik in der Region in und um Dresden, die bereits zu einem bedeutenden Halbleitersstandort in Europa herangewachsen ist, entgegengekommen werden. Die Bedeutung der Mechatronik und Mikrotechnologie zeigt sich letztlich auch in der Wortschöpfung „Silicon Saxony“.

KURZE HISTORIE EINES INNOVATIVEN BILDUNGS-DIENSTLEISTERS

Der Name „Silicon Saxony“ wurde wohl im Jahr 1998 – also vor 25 Jahren – durch einen Reporter des „Time Magazine“ geprägt. Der Grundstein für die sächsische Mikroelektronik-, Halbleiter-, Photovoltaik- und Softwarebranche, die insbesondere im Raum Dresden, Freiberg und Chemnitz angesiedelt ist, geht auf die Forschung und Entwicklung zu hochintegrierten Schaltkreisen zu Zeiten der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) zurück. Bereits 1969 gab es eine Arbeitsstelle für Molekularelektronik Dresden (AMD), aus der als Großinvestition das Zentrum für Forschung und Technologie Mikroelektronik (ZFTM) und schließlich das Forschungszentrum Mikroelektronik Dresden (ZMD) hervorging.

Nach der politischen Wende siedelten sich weltbekannte Unternehmen, wie Advanced Micro Devices (AMD) und Siemens/Infineon an, um aus dem Reservoir erfahrener Mikroelektronikerinnen und Mikroelektroniker am Standort Dresden zu profitieren. Weitere Firmen und Zulieferer folgten. „Silicon Saxony“ ist Europas größter Mikroelektronik-/IKT-Standort und der fünftgrößte weltweit. Jeder dritte in Europa produzierte Chip trägt den Aufdruck

„Made in Saxony“. Firmen wie GLOBALFOUNDRIES, Infineon und Bosch betreiben in Dresden einige der modernsten und größten Halbleiter-Fabs weltweit. Etwa 2.500 sächsische Unternehmen mit insgesamt 70.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sind auf allen Stufen der IKT-Wertschöpfungskette aktiv: Sie entwickeln, fertigen und vermarkten integrierte Schaltkreise oder dienen der Chipindustrie als Material- und Equipmentlieferanten, produzieren und vertreiben elektronische Produkte und Systeme auf der Basis integrierter Schaltungen oder entwickeln und vermarkten Software.

Dass der Pool erfahrener Mikroelektronikerinnen und Mikroelektroniker nicht endlos war, wurde schnell erkannt, obwohl noch niemand über Fachkräftemangel sprach. Mit dem Wachstum des Technologiesstandortes geht daher auch die eines Bildungsanbieters einher. Die heutige „dresden chip academy“ geht auf eine bereits im Jahr 1992 gegründete Berufsbildungsinitiative durch die Siemens AG in Dresden Übigau zurück. Ihren jetzigen Namen erhielt diese erst im Jahr 2002, als der Übergang der Ausbildungsstätte in die Infineon Technologies Dresden GmbH geschah und damit die Gründung der „dresden chip academy“ vollzogen wurde.

weiter auf Seite 67

BIBB SIEHT BERUFLICHE BILDUNG FÜR DEN EINSATZ DER WASSERSTOFFTECHNOLOGIE GUT GERÜSTET

Für den Umgang mit Wasserstoff, einem Schlüsselrohstoff der künftigen Energieversorgung, sind derzeit keine neuen dualen Ausbildungsberufe notwendig. Viele bestehende technische Berufe verfügen bereits über breite Kompetenzprofile, die in der Wasserstoffwirtschaft dringend benötigt werden. Zusätzlich erforderlich sind jedoch Unterweisungen und Weiterbildungen für neue sicherheitsrelevante Qualifikationen im Umgang mit den neuen Wasserstofftechnologien. Dies ist das vorläufige Ergebnis des Projekts „H2PRO“ des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB). Für die Erzeugung, Speicherung und Anwendung von Wasserstoff in der Metall- und Chemieindustrie, dem Mobilitätssektor und der Wärmeversorgung werden verschiedene gewerblich-technische Berufe benötigt. Besonders relevant sind zum Beispiel die Metall- und Elektroberufe, verfahrenstechnische Berufe wie Chemikant/-in und Verfahrenstechnologe/-technologin Metall sowie Handwerksberufe wie Kfz-Mechatroniker/-in und Anlagenmechaniker/-in für Sanitär, Heizung und Klima. In den entsprechenden Ausbildungsordnungen sind Berufsbildpositionen und zu vermittelnde Qualifikationen technikoffen formuliert und ermöglichen so bereits eine auf die Bedarfe der jeweiligen Betriebe angepasste Vermittlung. BIBB-Präsident Friedrich Hubert Esser sieht daher die berufliche Bildung für den Umgang mit neuen Technologien wie zum Beispiel Wasserstoff gut gerüstet. „Die dualen Ausbildungsberufe passen. Es kommt jetzt darauf an, dass

INTRO

Heute habe ich es „gewagt“ und ChatGPT nach den aktuellen Trends in der beruflichen Bildung gefragt. Hier die Antwort der KI: „Die berufliche Bildung richtet sich zunehmend nach den Anforderungen des Arbeitsmarktes aus. Ein wichtiger Trend ist die wachsende Bedeutung digitaler Kompetenzen in der beruflichen Bildung. Praxisorientierung und die Vermittlung von realen Arbeitssituationen gewinnen ebenfalls an Bedeutung, um den Lernenden eine optimale Vorbereitung auf den Arbeitsalltag zu ermöglichen. Ein weiterer Trend ist die Förderung von lebenslangem Lernen, da sich die Anforderungen im Arbeitsleben kontinuierlich ändern. Die Internationalisierung der beruflichen Bildung spielt ebenfalls eine Rolle, um den globalen Arbeitsmarktbedürfnissen gerecht zu werden. Bildungseinrichtungen intensivieren ihre Zusammenarbeit mit Unternehmen, um praxisnahe Ausbildungsmöglichkeiten zu schaffen. Der Einsatz von E-Learning-Plattformen und virtuellen Schulungen nimmt zu, um flexible Lernmöglichkeiten anzubieten. Auch der Bereich Nachhaltigkeit und Umweltschutz gewinnt an Bedeutung in der beruflichen Bildung. Interdisziplinäre Ansätze und die Förderung von Flexibilität sind weitere Trends, um den Lernenden vielseitige Kompetenzen zu vermitteln. Die Berücksichtigung von Inklusion und Diversität wird verstärkt, um allen Lernenden gerecht zu werden. Soft Skills wie Kommunikation, Teamarbeit und Problemlösungskompetenz werden betont, da sie für den Arbeitsmarkt immer wichtiger werden. Die Individualisierung der beruflichen Bildung spielt ebenfalls eine Rolle, um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Lernenden gerecht zu werden.“ Ein gelungener erster Aufschlag wie ich finde, den ich hier gerne zur Diskussion stelle.

Michael Sander

die Ausbildung in den Betrieben, die an der Erzeugung und der Verwendung von Wasserstoff mitwirken, an Dynamik gewinnt, der Transfer von Wasserstoffinhalten in den Berufsschulunterricht und in die betriebliche Ausbildungspraxis noch stärker befördert und entsprechende Lernortkooperationen gestärkt werden.“

Quelle: BIBB-Pressemitteilung 07/2023

Siemens-Stiftung stellt Informationen zum Umgang mit ChatGPT in der Schule bereit

Die Siemens-Stiftung hat auf ihrem Medienportal umfangreiche Informationen zum Thema ChatGPT und Schule zusammengetragen und stellt diese der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung. Weitere Informationen und Details unter <https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/aktuelles#chatgpt>

WAS UND WANN

06.09.2023 | Rostock, Transferkampagne „Digitale Medien im Ausbildungsalltag“, BIBB, Infos unter <https://www.foraus.de/de/themen/etappe-rostock-06-09-2023-172500.php>

13.09.-16.09.2023 | Düsseldorf, REHACARE 2023: Beruf und Inklusion, Messe Düsseldorf GmbH, Infos unter <https://www.rehacare.de/de/trendthema-rehacare-beruf>

25.09.-26.09.2023 | Bamberg, Sprache(n) im Beruf: Erfolgsrezepte für die berufliche Sprachbildung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Infos unter <https://www.uni-bamberg.de/wipaed/agbfn-tagung/>

32. BAG-Fachtagung im Rahmen der 22. Hochschultage Berufliche Bildung in Bamberg

Als sich im Frühjahr 2019 die Teilnehmenden und Mitwirkenden der 21. Hochschultage in Siegen voneinander verabschiedeten, ahnte wohl niemand, welche einschneidenden Ereignisse das Zusammenkommen auf den nachfolgenden Hochschultagen verzögern würden. Umso größer war die Erleichterung und Freude, vom 20. bis 22. März 2023 in Präsenz und ohne nennenswerte Auflagen an den 22. Hochschultagen Berufliche Bildung teilnehmen zu können, die unter dem Titel „Fachkräftesicherung – Zukunftsweisende Qualifizierung, gesellschaftliche Teilhabe und Integration durch berufliche Bildung“ in Bamberg stattfanden.



Auch wenn die letzte BAG-Fachtagung verschiebungsbedingt erst sechs Monate zurücklag, folgte die BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik der traditionellen Teilnahme und richtete in Bamberg ihre 32. Fachtagung aus. Unter dem Titel „Fachkräftemangel in gewerblich-technischen Berufen und die Herausforderung der Mitgestaltung einer digitalisierten und nachhaltigen Arbeitswelt“ kamen ca. 80 Teilnehmende und Akteure aus den Bereichen Hochschule, betriebliche Praxis und Schule zusammen, um sich in Plenumsveranstaltungen und

Arbeitskreisen gegenseitig zu informieren und über aktuelle Fragestellungen aus ihren Bereichen ins Gespräch zu kommen.

Die Tagung wurde am Montagmittag eröffnet durch einen Vortrag von Barbara Ofstad (Siemens Professional Education). Sie stellte unter dem Titel „Digitalisierung der Berufs- und Arbeitswelt als Beitrag zur Nachhaltigkeit“ eine Möglichkeit vor, durch die Potenziale und die Attraktivität digitaler Medien verstärkt junge Menschen für eine Ausbildung zu gewinnen.

Im zweiten Eröffnungsvortrag unter dem Titel „Fachkräfte-

gewinnung für eine nachhaltige Energienutzung“ stellte Heiko Weber (Forschungsinstitut Betriebliche Bildung f-bb) unter anderem die provokante These auf, den gravierenden Fachkräftebedarf im Handwerk abzumildern, indem Technologien weitgehend „kundenfreundlich“ vereinfacht umgestaltet werden könnten, damit einfache Tätigkeiten unterstützend vom Kunden selbst vorgenommen werden könnten.

Der zweite Teil des Nachmittags wurde als Podiumsdiskussion organisiert: Unter der anregenden Moderation von Mischa Salzmann (Radio Bamberg) fanden sich neben Barbara Ofstad und Heiko Weber, Georg Spöttl (Universität Bremen), Simon Brückner (Auszubildender, Bamberg), Leo Voran (Obermeister der SHK-Innung Bamberg) und Peter Hoffmann (Berufliche Schulen Lauingen a. d. Donau) auf dem Podium zusammen, um ihre Sichtweisen und Ideen zum Thema „Wo ist das



„Heer“ von Handwerker*innen und Facharbeiter*innen für die Energiewende? – Wie können wir Jugendliche für eine technische Ausbildung gewinnen?“ dem Plenum zu präsentieren und sich einer durchaus angelegten Diskussion zu stellen. Dieses neue Format wurde von vielen der Teilnehmenden als sehr informativ und gleichzeitig kurzweilig zurückgemeldet

Nach der offiziellen Eröffnung der Hochschultage trafen sich viele der Teilnehmenden im Wirtshaus Eckert, um bei fränkischer Gastfreundschaft miteinander ins Gespräch zu kommen.

Am darauf folgenden Vormittag kamen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie die Akteure zu einem Diskurs zusammen, um sich in vier themen- und fachrichtungsbezogenen Arbeitskreisen (AK) über aktuelle Aufgaben und Problemstellungen zu informieren und auszutauschen:

AK1: Handwerkliche Berufsbildung für eine digitalisierte und nachhaltige Arbeitswelt auf Baustellen und in Werkstätten (Wilko Reichwein, TU Berlin; Sören Schütt-Sayed, TU Hamburg; Harald Strating, Hochschule Osnabrück)



AK2: Industrielle Berufsbildung für ein digitalisiertes und nachhaltiges Arbeiten an und mit Produktionsanlagen und -systemen (Georg Spöttl, Universität Bremen; Lars Windelband, KIT Karlsruhe)

AK3: Fahrzeugtechnische Berufsbildung für die Facharbeit

in einer digitalisierten und nachhaltigen Arbeitswelt (Torben Karges, Europa-Universität Flensburg; Tim Richter-Honsbrok, Leibniz Universität Hannover)

AK4: Informationstechnische Berufsbildung für eine digitalisierte und nachhaltige Arbeitswelt in Industrie, Handwerk, Dienstleistung und Verwaltung (Steffen Jaschke & Sven Jacobs, Universität Siegen)

Die Fachtagung endete mittags, so dass die Anwesenden im Anschluss an den Veranstaltungen und Workshops der Hochschultage teilnehmen konnten.

Aus verschiedenen Gründen ist für die Beiträge der Fachtagung keine einheitliche Veröffentlichungsform vorgesehen.

Allerdings stehen auf der Homepage der BAG (bag-elektrometall.de) erweiterte Abstracts der

Arbeitskreise bereit. Darüber hinaus sollen einzelne Beiträge in kommenden Ausgaben von *lernen & lehren*, der Zeitschrift der BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik, veröffentlicht werden.

Ulrich Neustock, Erster Vorsitzender

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

Nahezu zeitgleich mit der im Jahr 1994 gegründeten Infineon Dresden GmbH & Co. KG und dem durch die Firma AMD ermöglichten ersten Spatenstich im Oktober 1996 für den Bau der Halbleiterfabrik Fab 30 wurden dann auch die sogenannten „neuen Berufe“ „Mechatroniker/-in“ und „Mikrotechnologin/-technologe“ ausgebildet, um damit den Fachkräftenachwuchs am sächsischen Industriestandort zu sichern. Mit den Ansiedlungen der ersten Halbleiterfabriken ging auch ein durch Siemens und Infineon gestütztes Ausbildungszentrum in Betrieb. Dieses wurde am 15.09.1999 in Dresden durch den damaligen Wirtschaftsminister Kajo Schommer eröffnet (Abb. 1).



Abb. 1: Eröffnung des Ausbildungszentrums (v. l. n. r.: Sachsens Wirtschaftsminister Dr. Kajo Schommer, SIMEC Geschäftsführer Harald Eggers, Rektor der TU Dresden Prof. Dr. Achim Mehlhorn, Leiter der Berufsausbildung Deutschland Siemens Günther Hohlweg)

Mit dem Übergang der Ausbildungsstätte in die Infineon Technologies Dresden GmbH wurde diese am 1. Oktober 2002 zum Ausbildungszentrum „dresden chip academy“. Seit 2009 gehört die „dresden chip academy“ zur SBH Nordost GmbH.

Die SBH Nordost GmbH engagiert sich an über 130 Standorten für eine zeitgemäße Bildung. Als Unternehmen der Stiftung Bildung und Handwerk gehört die SBH Nordost GmbH zur international agierenden SBH-Gruppe. Mit 15 Unternehmen und sechs Marken im Verbund, gehört die SBH Gruppe zu den führenden Bildungsdienstleistern in Deutschland.

NETZWERK UND KOOPERATIONEN

Die „dresden chip academy“ ist seit über 20 Jahren im regionalen und überregionalen Aus- und Weiterbildungsmarkt aktiv. Als Mitglied im Verein Silicon Saxony e. V. bildet die „dresden chip academy“ für die Halbleiterindustrie und weitere Unternehmen –

auch über die Landesgrenzen hinaus – in praxisnaher Umgebung aus.

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Projekten mit unterschiedlichen Akteuren durchgeführt. Erwähnenswert wäre hier, die „Kooperative Ausbildung im technischen Lehramt“ (KatLA), ein im Jahr 2011 ins Leben gerufenes Projekt. Die Besonderheit ist hier die Ergänzung des klassischen Studienganges im höheren Lehramt an berufsbildenden Schulen um systematisch organisierte Ausbildungspraktika. Diese absolvierten Praktika berechtigen die Studierenden, sich bei der Industrie- und Handelskammer zur externen Prüfung im Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in für Geräte und Systeme“ anzumelden.

Auch international engagiert sich die Ausbildungsstätte, so absolvierten in den Jahren 2010 und 2011 60 Studierende aus den Vereinigten Arabischen Emiraten im Bereich Mikrotechnologie ein sechswöchiges Praktikum.

Seit dem Jahr 2015 ist die „dresden chip academy“ durch das Bundesamt für Migration und Flüchtlinge als Träger für die Durchführung von Integrationskursen zugelassen.

Als Ausbildungsstätte ist die „dresden chip academy“ Dienstleister für die Unternehmen und übernimmt die Auswahl und Betreuung der Auszubildenden sowie den Einstieg in die Berufsausbildung insgesamt, was beispielsweise die Beratung und Unterstützung bei der Beantragung von Fördermitteln einschließt. Sie sieht sich als Schnittstelle zwischen Berufsschule, IHK und Unternehmen. Auch die Erstellung der Ausbildungsverträge für die Unternehmen wird vorbereitet. Der Service umfasst dabei die Anmeldung bei der Berufsschule und die Hilfe bei der Wohnungssuche der Auszubildenden im Raum Dresden. Die „dresden chip academy“ begleitet zusätzlich die Ausbildung zum Beispiel durch Probezeitbeurteilungen im ersten Ausbildungsjahr, Lernerfolgskontrollen, Hilfestellung im Konfliktfall und durch die Durchführung von Zusatzkursen. Eine Prüfungsvorbereitung für die Abschlussprüfung Teil 1 und Teil 2 bzw. für die Zwischenprüfung und Abschlussprüfung wird ebenfalls angeboten. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die berufspraktische Prüfung an den Anlagen der Bildungsstätte zu realisieren.

AUS- UND WEITERBILDUNG AN DER „DRESDEN CHIP ACADEMY“

Die „dresden chip academy“ bietet als „dritter Lernort“ neben Betrieb und Berufsschule Ausbildungsmodulare für die folgenden Berufe an:

- Mechatroniker/-in,
- Mikrotechnologe/-technologin,
- Elektroniker/-in für Geräte und Systeme,
- Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik,
- Elektroniker/-in für Betriebstechnik,
- Industriemechaniker/-in,
- Fachinformatiker/-in für Anwendungsentwicklung und
- Fachinformatiker/-in für Systemintegration.

Weiterhin wirkt die „dresden chip academy“ an einem kooperativen Bachelor-/Diplomstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik – Studienrichtung Mechatroniksysteme und Fahrzeugmechatronik mit sowie an einem kooperativen Bachelor-Studiengang Mikrotechnologie mit Studienrichtung Solartechnik oder Oberflächen- und Mikrosystemtechnik.

Weiterbildungsmöglichkeiten werden in den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik, Automatisierungstechnik, Qualitätsmanagement, Instandhaltung, Halbleitertechnologien, Halbleitertechniken, Mikrosystemtechnik, Methodenkompetenzen, Sprachen, PC-Technik und MS-Office-Produkte angeboten. Auch Aufstiegsfortbildungen, bspw. zum geprüften Industriemeister (IHK) Fachrichtung Mechatronik, sind im Bildungsportfolio. Als Bildungsanbieter können ebenfalls individuelle Firmenschulungen konzipiert werden.

AUSBILDUNG IM BEREICH MECHATRONIK UND MIKROTECHNOLOGIE

Die duale Berufsausbildung in den Ausbildungsberufen „Mechatroniker/-in“ und „Mikrotechnologe/-technologin“ hat sich am Standort Dresden fest etabliert. So lassen derzeit Unternehmen aus ganz Sachsen beide Ausbildungsberufe an der „dresden chip academy“ ausbilden.

Die Ausbildungseinheiten sind modular aufgebaut und durch die enge Zusammenarbeit mit Berufsschulen und Unternehmen kann sichergestellt werden, dass die Module inhaltlich relevant sind und die Ausbildung praxisorientiert ist. Es werden auf Grundlage der Ausbildungsverordnungen Module angeboten, die auf die Lerninhalte und deren zeitliche Einbettung an den Berufsschulen und auf die Bedürfnisse der Unternehmen abgestimmt sind.

Auszubildende aus den Verbundbetrieben durchlaufen bei der „dresden chip academy“ berufspraktische Ausbildungseinheiten vom ersten bis zum letzten Ausbildungsjahr. Projekte ergänzen das Modulangebot. Die Auszubildenden können eigenständig oder mit Unterstützung Projektideen realisieren. So kann der Ausbildungsalltag abwechslungsreich gestaltet werden. Die Projekte sind so aufgebaut, dass die Auszubildenden sich die notwendigen Schritte selbst erarbeiten und praktisch umsetzen. Am Ende entsteht beispielsweise eine selbstgebaute Baugruppe mit Funktion. Die Projektarbeiten werden durch die motivierten Auszubildenden mit großer Begeisterung und Ehrgeiz durchgeführt.

So haben die Auszubildenden beispielsweise ein elektronisches Kickerspiel gebaut. Von der Projektplanung, der Konstruktion, der Materialauswahl, der Herstellung mechanischer Bauteile, der Schaltplanerstellung, der Montage der elektrischen Anschlüsse und Verdrahtung, der Inbetriebnahme und Programmierung, der Dokumentation bis zur Übergabe an den Kunden flossen viele Ausbildungsinhalte in das Projekt mit ein. Die Auszubildenden sammeln nicht nur wertvolle Erfahrungen in der praktischen Projektarbeit, sondern lernen auch im Team zu arbeiten.

Die Digitalisierung gewann in den letzten Jahren weltweit an Bedeutung. Im Zuge der Corona-Pandemie nahm die Digitalisierung noch einmal richtig Fahrt auf. Das hatte eine wichtige Bedeutung für die Auszubildenden: Einerseits wurde klar, dass ohne Halbleiter in der vernetzten Welt nichts mehr geht und sie in einem bedeutenden und zukunftssträchtigen Bereich ausgebildet werden. Gleichzeitig wurden die Auszubildenden andererseits auch zu Nutzerinnen und Nutzern der eigenen Produkte in der Ausbildung.

Für die Herstellung mikrotechnischer Bauteile und Komponenten kommen technisch anspruchsvolle und hochkomplexe Fertigungsverfahren zur Anwendung, die umfassend qualifizierte und verantwortungsbereite Fachkräfte auf allen Ebenen erforderlich machen. Somit erhalten Unternehmen im wachsenden Markt der Mikrotechnologie zur Sicherung ihrer Fachkräfte eine ausgewogene Fachkräftestruktur. Die Facharbeiterinnen- und Facharbeiterausbildung im Bereich der Mikrotechnologie sichert qualifizierten Nachwuchs für Qualitätsstandards und verfahrenstechnische Prozesse.

Während der Ausbildung erlernen Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen im Ausbildungsraum der „dresden chip academy“ alle prozessrelevanten Schritte wie beispielsweise das Reinigen, Ätzen und Beschichten. Am Ende der Ausbildung sind sie in der Lage, alle Prozessschritte durchzuführen. Sie haben

in der „dresden chip academy“ die Möglichkeit, im dritten Ausbildungsjahr einen eigenen strukturierten 100 mm Siliziumwafer unter Reinraum- und Industriebedingungen herzustellen.

Nach 25 Jahren Ausbildung im Beruf „Mikrotechnologie/-technologin“ verändert sich auch hier, getrieben durch die Digitalisierung, die berufliche Tätigkeit im Bereich Mikrotechnologie. Augmented-Reality-Operationen, Robotik und Apps zur Überwachung der Produktionsprozesse sind beispielsweise ein wichtiger Bestandteil des Berufsbildes geworden.

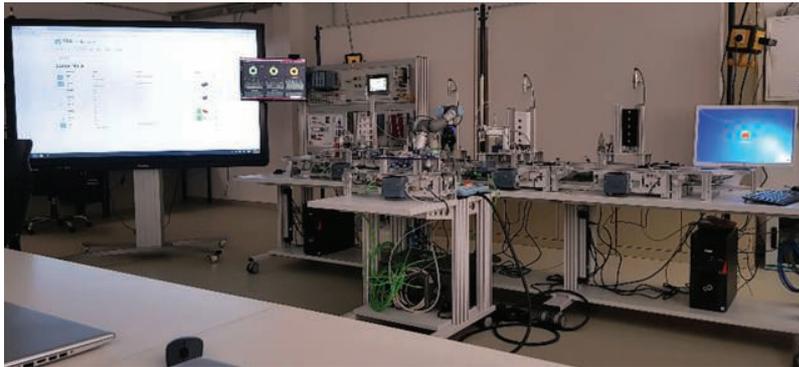


Abb. 2: Lernkabinett für Automatisierungstechnik an der „dresden chip academy“

Die Maschinen und Anlagen für die hochkomplexen Fertigungsverfahren in der Halbleiterindustrie werden durch Mechatronikerinnen und Mechatroniker gewartet und instandgesetzt. Fachkräfte aus den Bereichen Mikrotechnologie und Mechatronik arbeiten dabei zusammen, um komplexe Probleme zu lösen und gemeinsame Ziele zu erreichen. Hier gilt auch, dass eine effektive Zusammenarbeit die Fähigkeit erfordert, gut zu kommunizieren. Im Bereich Mikrotechnologie und Mechatronik können die beiden Berufsgruppen aufgrund ihrer gemeinsamen Interessen und Kompetenzen eng zusammenarbeiten. So arbeiten sowohl Mechatronikerinnen und Mechatroniker als auch Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen mit Elektronik. Fachkräfte der Mikrotechnologie sind spezialisiert auf die Herstellung von Mikrobau-elementen und -systemen. Mechatronikerinnen und Mechatroniker bauen elektronische Komponenten in Maschinen und Anlagen ein und sind für die Instandhaltung und Wartung verantwortlich. Durch eine enge Zusammenarbeit können sie ihr Fachwissen kombinieren und bessere Lösungen entwickeln. In der „dresden chip academy“ produzieren die Auszubildenden der Mikrotechnologie in einer Projektwoche eine Leiterplatte – vom Design über die Layoutentwicklung bis zur Bestückung. Nach erfolgreichem Funktionstest wird die Leiterplatte den Auszubildenden der Mechatronik übergeben, diese verwenden sie in einem mechatronischen System.

ZUR BERUFSORIENTIERUNG

Die Nachwuchsförderung durch Berufsorientierung ist ein wichtiger Bestandteil der Bildungsarbeit an der „dresden chip academy“. Ziel ist es, junge Menschen bei der Wahl ihrer Berufs- und ihrer Karriereplanung zu unterstützen, indem sie ihre Fähigkeiten, Interessen und Talente identifizieren und die Möglichkeiten kennenlernen, die auf dem Arbeitsmarkt verfügbar sind. Bei der „dresden chip academy“ werden vorrangig technische Berufsrichtungen angesprochen. Die Angebote sind auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler aus den Klassenstufen 8 bis 12

abgestimmt. Die Angebote reichen von einzelnen Berufsorientierungstagen in Zusammenarbeit mit Dresdner Schulen über freiwillige Praktika in den Schulferien bis zum Girls Day.

Beispielsweise wird eine Projektwoche Mikrotechnologie angeboten, in der sich Schülerinnen und Schüler im Bereich der Mikrotechnologie ausprobieren können. Hier besteht eine Kooperation mit den Halbleiterfabriken in Dresden, die während dieser Projektwoche durch einen betrieblichen

Kurzeinsatz mit dazu beitragen, den Schülerinnen und Schülern das spannende Feld der Mikroelektronik und dessen Berufsbilder mit Spannung, Spaß und Herausforderung näher zu bringen. So lernen junge Menschen ihre Stärken und Interessen besser kennen und die Entscheidungen in Bezug auf eine zukünftige Karriere auf eine informierte und fundierte Basis zu stellen. Gleichzeitig profitieren die mit der „dresden chip academy“ kooperierenden Unternehmen von den möglichen Nachwuchskräften, die durch die Berufsorientierung eine bessere Berufswahlentscheidung treffen können. So betrachtet die „dresden chip academy“ die Berufsorientierung als langfristiges Konzept, das regelmäßig evaluiert und angepasst wird, um sicherzustellen, dass die Berufsorientierung auf die aktuellen Bedürfnisse und Anforderungen des Arbeitsmarktes abgestimmt ist. Eine erfolgreiche Nachwuchsförderung durch Berufsorientierung kann somit dazu beitragen, den Fachkräftemangel zu verringern und gleichzeitig die individuellen Potentiale junger Menschen zu fördern.

Zusatzqualifikation „Additive Fertigungsverfahren“

– Beispiele aus der betrieblichen Prüfungspraxis beim Ausbildungsberuf „Mechatroniker/Mechatronikerin“



ASTRID DIRKS

Im Jahr 2018 wurde die Ausbildungsordnung des Ausbildungsberufes „Mechatroniker/-in“ einer Teilnovellierung unterzogen. Vier Zusatzqualifikationen (ZQ) sind eingeführt worden. Im nachstehenden Text wird die betriebliche Einführung der ZQ „Additive Fertigungsverfahren“ an drei Praxisbeispielen nachgezeichnet.

EINLEITUNG

Durch das hohe Maß der Digitalisierung ist das Berufsbild „Mechatroniker/-in“ einem intensiven Veränderungsdruck ausgesetzt. Schnittmengen und Wechselwirkungen von metall-, elektro- und informationstechnischen Aufgaben nehmen zu und die Anforderungen an die Fachkräfte steigen. Daraus ergeben sich entsprechend aktuell neue Qualifizierungsbedarfe (KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2022b, S. 17). Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) führte im Jahr 2018 eine Teilnovellierung der Ausbildungsordnung durch, um die veränderten Anforderungen an die Berufsbildung einzubeziehen (BIBB 2018, S. 6).

Im Zuge dessen wurde die neue Berufsbildposition (BBP) „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ eingeführt, wie auch die BBP „Betriebliche und technische Kommunikation“, „Planen und Steuern von Arbeitsabläufen, Kontrollieren und Beurteilen der Arbeitsergebnisse“ und „Qualitätsmanagement“ angepasst (BIBB 2018, S. 9, 12).

In der Teilnovellierung spiegeln sich die zunehmende Komplexität und die verkürzten Innovationszyklen technischer Entwicklungen und betrieblicher Umsetzungen wider und auch ein Prozess- und Systemverständnis für Arbeitsprojekte wird mit einbezogen (BIBB 2018, S. 6).

Derzeit gilt die Neufassung der Mechatroniker-Ausbildungsverordnung vom 28. Juni 2018 (MECHATRONIKERAUSBV).

ZU DEN ZUSATZQUALIFIKATIONEN

Zusatzqualifikationen (ZQ) sind Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die in der Ausbildung über die regulären Inhalte hinaus erworben werden. Sie werden gesondert geprüft und bescheinigt (§ 49 Berufsbildungsgesetz).¹

Zu dem Zeitpunkt der Teilnovellierung wird das Berufsbild „Mechatroniker/-in“ durch vier Zusatzqualifikationen (ZQ) ergänzt: Programmierung, IT-Sicherheit, Digitale Vernetzung, Additive Fertigungsverfahren (BIBB 2018).

Formal handelt es sich bei diesen ZQ um sogenannte „kodifizierte Zusatzqualifikationen (kZQ)“. Sie unterscheiden sich von allgemein angebotenen ZQ durch die Verankerung in der Ausbildungsordnung, ein strukturiertes Ausbildungsangebot und die Absolvierung im Rahmen der betrieblichen Ausbildungs- und Arbeitszeit (BIBB o.J. a). Im Fortgang des Textes wird hier der Begriff „Zusatzqualifikation, ZQ“ verwendet, da er sich in der betrieblichen Ausbildungspraxis etabliert hat.

ZQ haben für die ausbildenden Betriebe und die Auszubildenden unterschiedliche Vorzüge. Einerseits kann das Angebot einer ZQ ein Pluspunkt für

den Ausbildungsbetrieb bei der Suche nach Auszubildenden sein. Bei Ausbildungsplatzinteressierten, die auch ein Studium in Erwägung ziehen, kann eine ZQ den Ausschlag zu einer betrieblichen Ausbildung geben. Ausbildungsbetrieben bieten die ZQ andererseits die Möglichkeit, ihre Auszubildenden über die Ausbildungsinhalte hinaus punktgenau auszubilden und sich einen technologischen und Wissensvorsprung für den Betrieb zu generieren. Abteilungsübergreifend sind ZQ-Inhalte gefragt, so dass sich bei den Absolvierenden und in den Abteilungen ein Prozess- und Systemverständnis für die Inhalte sowie Synergien entwickeln können (BIBB 2018, S. 18).

Klärungsbedarfe bei ZQ sehen Becker und Windelband (2018, S. 14) bei den Fragen, ob es sich bei diesen ZQ um eine Spezialisierung oder Erweiterung des Lerninhalts handelt und ob ZQ nur ein Angebot für leistungsstarke Auszubildende sind. Daneben ist die Frage zu beantworten, wie klein- und mittelständische Betriebe, die keine eigenständigen ZQ-Aufgabenstellungen anbieten können, ihren Auszubildenden ZQ ermöglichen können (ebd., S. 15).

Die Mechatroniker-Ausbildungsverordnung gibt zur betrieblichen Durchführung der ZQ einen zeitlichen Richtwert von acht Wochen an.

Der betriebliche Ablauf zur Durchführung einer ZQ folgt den handlungsorientierten Stufen im Modell der vollständigen Handlung: Informieren – Planen – Entscheiden – Durchführen – Kontrollieren – Bewerten. Die ZQ soll zum Ende der Ausbildung durchgeführt und im Rahmen der Abschlussprüfung Teil 2 angemeldet werden (BIBB 2018, S. 30–31, 34). Die ZQ-Prüfung durch die IHK findet zeitnah zur Abschlussprüfung Teil 2 als separate Prüfung statt. Das ZQ-Prüfungsergebnis wird gesondert ermittelt und hat keinen Einfluss auf das Ergebnis der Abschlussprüfung 2 (BIBB 2018, S. 37).

Als Format für ZQ bieten sich betriebliche Projekte mit selbstständigem und selbstorganisiertem Lernen an, um die Aufgabe in einen betrieblichen Kontext zu setzen.

Nachstehend wird die ZQ „Additive Fertigungsverfahren“ im Ausbildungsalltag näher betrachtet.

ZUR ZQ „ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN“

Die Additive Fertigung (engl. Additive Manufacturing, AM) ist ein gut entwickeltes und innovatives Fertigungsverfahren. Bei der Fertigung wird ein Produktionswerkstoff, beispielsweise Kunststoff, von einem Drucker schichtweise aufgebracht, so dass ein „gedrucktes“ Bauteil entsteht (FRAUNHOFER IGCV 2022). Zu den wichtigsten Anwendungsgebieten der Additiven Fertigung zählen das Rapid Prototyping

(RP), bei welchem sich ein gedrucktes Modell schnell auf seine Funktionalität testen lässt sowie das Rapid Tooling (RT). Diese Methode wird zum Druck von Maschinen- oder Fertigungswerkzeugen angewendet (RIEMANN 2021).

Mit dem neuartigen Verfahren des schichtweisen Aufbringens eines Werkstoffs zur Produktion unterscheidet sich die Additive Fertigung grundlegend vom Verfahren des Herausarbeitens aus einem Rohstoff wie beispielsweise bei den spanabhebenden Arbeitsschritten der Metallverarbeitung unter Nutzung von Maschinen und in Handarbeit. Der Einsatz von additiven Fertigungsverfahren löst einen grundlegenden Wandel der Rahmenbedingungen in der Produktion (Paradigmenwechsel) aus.

Der Zugang der additiven Fertigungsverfahren als ZQ ins Berufsbild „Mechatroniker/-in“ trägt diesem Paradigmenwechsel in der Ausbildung Rechnung und macht es zukunftsfit.

Im ZQ-Bearbeitungszeitraum sind die Bauteile zu modellieren, die additive Fertigung vorzubereiten und das Produkt zu drucken.

In der ZQ-Prüfung sind folgende Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten nachzuweisen:

- Parametrische 3D-Datensätze erstellen und anwenden,
- additive Fertigungsanlagen einrichten und betreiben,
- die Qualität der Produkte prüfen und sichern (BIBB 2018, S. 39).

Es ist ein Projektbericht anzufertigen und es erfolgt ein fallbezogenes Fachgespräch, das eine Dauer von 20 Minuten hat.

Zusätzlich zur Abschlussprüfung im Winter 2021/22 absolvierten 58 Auszubildende bundesweit Zusatzqualifikationen. Nach der Erhebung des Deutschen Industrie- und Handelskammertags ist die ZQ „Additive Fertigungsverfahren“ in den letzten drei Prüfungsdurchgängen die am häufigsten gewählte ZQ. Es zeichnet sich ein leichter Trend zum Anstieg der ZQ-Prüfungszahlen bei dem Winter-Prüftermin ab (SCHWARZ 2022). Diese ausgesprochen niedrigen Absolvierendenzahlen sind dennoch kein Hinweis auf einen Zuspruch der Betriebe zu den ZQ.

ZUSATZQUALIFIKATION IN DER AUSBILDUNG: DREI AUSZUBILDENDE, DREI PROJEKTE UND EIN ULTIMAKER-DRUCKER

Zum Prüfungstermin im Winter 2021/22 legten drei zukünftige Mechatronikerinnen bzw. Mechatroniker der Maschinenfabrik Bernard Krone im emslän-

dischen Spelle in Niedersachsen die ZQ-Prüfung „Additive Fertigungsverfahren“ vor der zuständigen Industrie- und Handelskammer (IHK) ab. Die Firma produziert große Landmaschinen für die Grundfütternte in verschiedenen Ausführungen und für unterschiedliche Bedarfe. Es sind die ersten ZQ-Prüfungen für die Firma und die prüfende IHK.

In der Ausbildungswerkstatt steht ein Ultimaker-Drucker zur Verfügung, der regelmäßig von einem Ausbilder genutzt wird. Dieser Druckertyp verwendet schmelzfähige Kunststoffe, die zu langen Fäden (Filament) gepresst auf einer Spule als Druckmaterial zugeführt werden. Das Druckverfahren wird Fused-Filament-Fabrication (FFF) genannt und ist ein 3D-Druckverfahren (RIEMANN 2021). Es wird gemeinsprachlich oftmals mit den additiven Fertigungsverfahren gleichgesetzt. Daher wird in den nachstehenden Projektbeschreibungen der Begriff des 3D-Drucks verwendet.

Zu Beginn des letzten Ausbildungsjahrs werden die Auszubildenden auf die Möglichkeit einer ZQ hingewiesen und ermutigt, selbstständig Projekte zu suchen und zu entwickeln. Die Auszubildenden haben zu diesem Zeitpunkt keine Erfahrung mit dem 3D-Druckverfahren. Im Laufe der nächsten Wochen werden ihnen Themen und Projektinhalte angeboten und auch von ihnen gesucht (siehe Tab. 1). Diese werden vom Ausbildungspersonal betreut und haben einen klaren betrieblichen Bezug.

Im Rahmen eines betrieblichen Projekts hat **A** ein Tablet zur Datenerfassung und -überprüfung zur Verfügung gestellt bekommen. Um das Tablet in der Arbeitssituation zu nutzen, muss es an eine Halterung montiert werden. **A** befürchtet, dass die dort vorhandenen Befestigungsmaterialien aus Metall das Tablet beschädigen. Daher entwickelt und druckt sie eine Kunststoffschiene, die mit der Halterung verschraubt einen sicheren Halt und gute Zugänglichkeit des Tablets ermöglicht. Es stellt sich die Frage, über welches

Gewinde die Schiene verschraubt werden kann und welche Belastung das Material aushält.

Das ZQ-Vorhaben von **B** geht aus dem Abschlussprojekt der Entwicklung eines Prüfstands für rechts- und linksdrehende Rutschkupplungen hervor. In der Firma gibt es bis zu dem Zeitpunkt rechtsdrehende Kupplungsprüfstände. Ein Modell ist zu entwickeln. Die ZQ wird im Format des Rapid Prototyping aufgesetzt.

C bringt ein Problem aus der Abteilung Konstruktion und Entwicklung als ZQ-Projekt ein. In der Abteilung kann ein Vakuumiergerät bald nicht mehr genutzt werden, da ein verschleißanfälliges Bauteil als Ersatzteil nicht (mehr) lieferbar ist. Daraufhin bietet **C** den 3D-Druck des Bauteils an. Die Facharbeiterinnen und Facharbeiter in der Abteilung stimmen seiner Idee zu.

Verlauf nach dem Modell der vollständigen Handlung:

Informieren: Den drei Auszubildenden wird eine Lerneinheit zum Thema „Additive Fertigung“ im betrieblichen E-Learning-Programm freigeschaltet. Sie kennen das Programm und dessen Aufbau aus der Ausbildung und haben durch die Lerneinheit einen schnellen Zugang zur Arbeit im ZQ-Projekt. Darüber hinaus führen sie selbstständig Internetrecherchen durch und organisieren die aufgefundenen Informationen.

Planen: Das Leistungsspektrum des Ultimaker-Druckers ist maßgebend für die Gestaltung von ZQ-Projekten. Daher entfallen Planungen für andere Druckverfahren und -prozesse. **B** plant Lernzeit für CAD-Software ein.

Entscheiden: Der Ultimaker-Drucker kann keine Gewinde drucken. **A** entscheidet sich daher einerseits das Gewinde selbst in das Bauteil zu schneiden und andererseits eine Mutter einzudrucken. Geplant sind Gewinde in den Größen M4 und M6.

Thema	Inhalt
Alternativen der Gewindeherstellung und deren mögliche Belastung (Auszubildende A , nachstehend: A .)	Die Aufgabe ist es, Alternativen der Gewindeherstellung und deren mögliche Belastung zu untersuchen. Betrachtet werden hierbei ein selbst hergestellter Gewindegang und eine eingedruckte Mutter, im Fall einer Belastung als Alternative zu einem gedruckten Gewinde.
Rapid Prototyping der Drehrichtungsänderung vom Überlastkupplungsprüfstand mithilfe des additiven Fertigungsverfahrens 3D-Druck (Auszubildender B , nachstehend: B .)	Es wird ein Überlastungsprüfstand für Drehrichtungsänderungen im Format Rapid Prototyping mittels additivem Fertigungsverfahren gedruckt.
Vergleich zwischen dem Verschleiß vom Kunststoff Originalteil und 3D-Druck-Teil mit eingedruckter Kupferhülse (Auszubildender C , nachstehend: C .)	Planung, Erstellung von Zeichnungen und Vergleich mit Verschleiß von Originalteil aus Kunststoff und 3D-Druck-Teil mit eingedruckter Kupferhülse

Tab. 1: ZQ-Themen und Inhalte aus der Prüfungsanmeldung bei der IHK (nach Freigabe durch die Auszubildenden und die Auszubildenden der Firma).

C druckt eine integrierte Kupferhülse in das Bauteil und verspricht sich davon die Erhöhung der Standzeit beim Vakuumiergerät.

Durchführen: Die Bauteile werden mit der CAD-Software Catia gezeichnet und im STL-Dateiformat abgespeichert. Daraufhin wird die STL-Datei mit einer Slicing-Software bearbeitet. Slicing-Software (kurz: Slicer) wandelt das gezeichnete 3D-Modell in Druckanweisungen für den 3D-Drucker unter Anwendung von Parametern wie beispielsweise Drucktemperatur oder Wandstärke des Bauteils. Der Slicer für den Ultimaker-Drucker heißt Cura. Der Drucker wird mit Filament bestückt und gestartet.

Kontrollieren: Der Druckvorgang wird überwacht und das fertige Bauteil überprüft. Das erste Druckergebnis von B ist mangelhaft, das Bauteil ist porös und brüchig. In der Parametereinstellung werden die Wandstärke erhöht und das Filament gewechselt. Es wird von veraltetem Filament ausgegangen. Das Ergebnis des zweiten Drucks ist einwandfrei. Eine Nacharbeit der Bauteile ist nicht notwendig.

Bewerten: Die Verläufe und Ergebnisse werden bewertet, dokumentiert und im betrieblichen Informationssystem hinterlegt.

An dieser Stelle endet das Modell der vollständigen Handlung, denn die Bauteile sind gedruckt. Der Produktionsvorgang, ein Bauteil im 3D-Druck zu erstellen, ist durchgeführt.

Das ZQ-Projekt ist in der Praxis jedoch noch nicht beendet.

Offen ist bis jetzt, ob das gedruckte Bauteil seinen Zweck und das ZQ-Projektziel erfüllt. Die ZQ-Projekte können erst beendet sein, wenn das Tablet sicher an die Halterung montiert ist (bei A), das Modell der Rutschkupplung rechts- und auch linksdrehend existiert (bei B) und der Vakuumierer wieder einwandfrei arbeitet (bei C).

Auszubildende A schneidet zwei Gewinde in Bauteile. In andere Bauteile wurden zwei Gewindemuttern eingedruckt. Es wird überprüft, welche Gewindegröße in welcher Konfiguration (selbst geschnitten oder eingedruckt) die höhere Stabilität aufweist. Dazu erfolgt ein Belastungstest, wieweit Schrauben eingedreht werden können, ohne dass das Bauteil reißt. Unter Verwendung eines Drehmomentschlüssels mit Messuhr und Schleppzeiger werden Schrauben in die Gewinde gedreht. Es wird in der Einheit Newtonmeter gemessen, ab welchem Wert es zu einer plastischen Verformung des Bauteils, also einem Bruch, kommt. Die Messergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgezeigt.

Gewindeart	Gewindegröße	Plastische Verformung
Gewinde geschnitten	M4	1,5 Nm
	M6	2 Nm
Mutter gedruckt	M4	3,5 Nm
	M6	7,8 Nm

Tab. 2: Ergebnis des Belastungstests. Quelle: Auszubildende A.

Das Ergebnis dieses Projekts ist die Entwicklung einer im 3D-Druck gefertigten Schiene als Tablet-Halterung und die Erkenntnis, dass eingedruckte Muttern in den getesteten Gewindegrößen eine deutlich höhere Stabilität haben als geschnittene Gewinde.

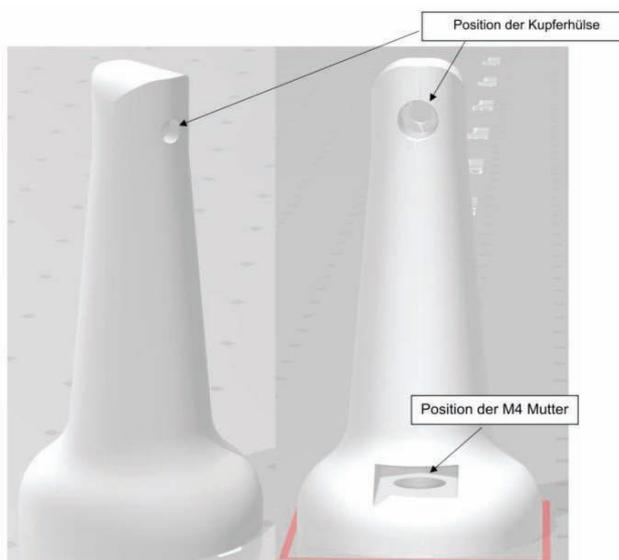


Abb. 1: links Zeichnung STL-Datei Kunststoffgewinde, rechts Zeichnung STL mit M4-Mutter

Auszubildender B testet die gedruckten Bauteile und steckt sie zusammen. Dabei ist festzustellen, dass der Achsabstand der Wellen falsch berechnet ist und die Stirnräder zu stark aufeinanderdrücken, so dass Spannungen entstehen. In der Zeichnung kann der Abstand der Bohrungen im Lagerbock schnell verändert werden. Ein erneuter Druck des Bauteils Lagerbock mit einem veränderten Achsabstand bringt das gewünschte Ergebnis. Der Antriebsstrang wird final in Originalgröße gefertigt.

Auszubildender C führt einen Belastungstest beim Vakuumierer mit einem vorhandenen Originalteil und dem 3D-Druckteil mit integrierter Kupferhülse durch. Dabei soll der Vakuumierer für 30 Minuten unter voller Belastung laufen. Bei dem Dauertest reißt das Originalteil nach 23 Minuten aus und ist vollständig defekt. Bei den Belastungstest mit dem 3D-gedruckten Bauteil sind nach 30 Minuten weder Abriebspuren sichtbar, noch treten Beschädigungen

durch Hitze auf. Der Abteilung wird der Einsatz des gedruckten Bauteils empfohlen. Ein Gerät mit einem Anschaffungspreis von 300 Euro braucht nun nicht wegen des Fehlens eines Ersatzteils für einen Centbetrag außer Dienst gestellt zu werden.

Die Projektziele sind erreicht, die Nützlichkeit der gedruckten Bauteile beweist sich im Praxistest.

Die Planung der ZQ-Projekte erfolgt parallel zu anderen Aufgaben im Betrieb. Die Arbeitszeit wird von den Auszubildenden mit ein bis zwei Wochen angegeben. Auszubildende und Auszubildende sprechen von einem zeitlichen Mehraufwand und einer höheren Arbeitsbelastung.

ZUSATZQUALIFIKATIONEN – „EINFACH MACHEN“

Peter Kottmann ist der Leiter der Ausbildungswerkstatt für Mechatronikerinnen und Mechatroniker bei der Firma Krone sowie Vorsitzender des Prüfungsausschusses bei der IHK in Osnabrück. Seit der Einführung der ZQ im Jahr 2018 haben er und sein Team sich ausführlich auf die Umsetzung vorbereitet. Auf Ausbildungskongressen und in Gesprächen mit Multiplikatoren erhielt er stets die Aufforderung „Einfach machen“, denn es gab keine Blaupause zur erfolgreichen betrieblichen Umsetzung. Kottmann berichtet von einer anfänglichen Verunsicherung in den Betrieben und auch bei den IHK. Jedoch war es aufgrund des technologischen Wandels und der Nachfrage nach additiven Fertigungsverfahren geboten, sich damit auseinanderzusetzen, um den Auszubildenden die bestmöglichen Angebote für zusätzliche Qualifizierungen zu machen (KOTTMANN 2022).

Zu Beginn des dritten Ausbildungsjahres wird den Auszubildenden das Angebot vorgestellt, eine ZQ zu absolvieren und interessierte Auszubildende werden ermutigt, betriebliche Projekte zu entwickeln, die in den Fachabteilungen zum Einsatz kommen können.

Die Auszubildenden planen, zeichnen und drucken das Bauteil größtenteils selbstständig. Sie werden von den Auszubildenden betreut.

Mittlerweile haben bei der Firma Krone acht Auszubildende die ZQ „Additive Fertigungsverfahren“ erfolgreich absolviert. Die Nachfrage nach ZQ-Inhalten steigt bei den Auszubildenden und in den Fachabteilungen. Kottmann erklärt in einem persönlichen Gespräch, dass die Zusatzqualifikationen nach den erfolgreichen ZQ-Projekten mittlerweile von den Auszubildenden direkt nachgefragt werden. Die Akzeptanz der ZQ „Additive Fertigungsverfahren“ ist bei Fachabteilungsleitungen durch die direkte Verwertbarkeit der 3D-gedruckten Bauteile im betrieblichen Ablauf gestiegen, vergleichbare Projekte werden in der Ausbildungswerkstatt nachgefragt.

PETER KOTTMANN ermutigt alle Betriebe, sich mit den additiven Fertigungsverfahren auseinanderzusetzen und auch ZQ anzubieten. „Einfach machen“, sagt er, denn um dieses Fertigungsverfahren kommt kein Ausbildungsbetrieb zukünftig herum (KOTTMANN 2022).

FAZIT & AUSBLICK

Die Umsetzung der Zusatzqualifikation „Additive Fertigungsverfahren“ in den Betrieben verläuft schleppend, obwohl die ZQ-Lerninhalte mehr innerbetrieblichen Zuspruch verdient hätten und obendrein zu einem Mehrwert für die Auszubildenden und Unternehmen führen können, wie die drei vorgestellten Praxisbeispiele zeigen.

Die bundesweiten Zahlen der absolvierten ZQ sind so niedrig, dass weder von einem Erfolg noch von einer Akzeptanz gesprochen werden kann. Einer Evaluation des Bundesinstituts für Berufsbildung zufolge wird den ZQ von Seiten der Betriebe ein mangelnder Bedarf, ein zu großer Aufwand und als Folge die nicht ausreichende betriebliche Bereitschaft bei der Umsetzung zugeschrieben (KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2022a, S. 14).

Daher können die hier aufgezeigten betrieblichen Abläufe einer ZQ auch nur einen exemplarischen Einblick geben und wohlmöglich interessierte Betriebe, Auszubildende sowie Entscheidende bei ihrer Planung und Umsetzung anregen. Ihnen ist zu raten, sich in

Betriebliche Voraussetzungen	Drucker vorhanden, Ausbildungspersonal muss anleiten können. Die Auszubildenden im dritten Ausbildungsjahr sind mit CAD vertraut.
Rolle der IHK	IHK nimmt die ZQ-Prüfung ab und stellt die Zertifikate aus.
Prüfungssituation	Fallbezogenes Fachgespräch, Projekt vorstellen, Dokumentation vorlegen.
Kosten	Ca. 250 Euro pro zu prüfender Person.
Zeit	Acht Wochen, um das Projekt im Betrieb zu entwickeln, umzusetzen und zu dokumentieren.
Machbarkeit	Es ist möglich, die Projekte in den Ausbildungs- und Arbeitsalltag zu integrieren. Betrieblicher Mehrwert zahlt sich aus.

Tab. 3: Die Zusatzqualifikation – Infokasten (eigene Darstellung)

Lernortkooperationen zu organisieren (KAUFMANN, ZINKE & WINKLER 2021, S. 28) und so an die ZQ-Inhalte heranzugehen.

Auf den technologischen Wandel hin zu additiven Fertigungsverfahren zu verzichten, kann sich als betrieblicher Nachteil gegenüber Kundinnen und Kunden, Lieferantinnen und Lieferanten, Belegschaft sowie zukünftigen Bewerberinnen und Bewerbern erweisen. Die Umsetzung der ZQ-Lerninhalte bietet eine gute Gelegenheit, zeitgemäßes Know-How in betrieblichen Abläufen einzugliedern. Ob das „Instrument Zusatzqualifikation – auch aufgrund der niedrigen Absolvierendenzahlen – an dieser Stelle richtig ist, bleibt abzuwarten.

Aus betrieblicher Sicht wäre es zudem wichtig, ZQ-Inhalte auch für Facharbeiterinnen und Facharbeiter nutzbar zu machen und ZQ dementsprechend in die Weiterbildung zu integrieren (KAUFMANN, WINKLER & ZINKE 2022b, S. 20). Unter dem Weiterbildungsdruck und dem Aspekt der betrieblichen Verwertbarkeit darf dieses Potenzial nicht ungenutzt bleiben.

Anmerkung

1) Darüber hinaus gibt es Zusatzqualifikationen außerhalb der Ausbildungsverordnung, die nicht unter das BBiG fallen und deren Inhalte nicht Bestandteil der Ausbildungsordnungen sind (BIBB o.J. b). Bei diesen ZQ handelt es sich dann eher um themenbezogene Ergänzungen oder Spezialisierungen als um eine Erweiterung eines Qualifikationsprofils im Rahmen des Berufsbildes (BECKER & WINDELBAND 2018, S. 13).

Literaturverzeichnis

- BECKER, M.; WINDELBAND, L. (2018): Zusatzqualifikationen – Herausforderungen von Industrie 4.0 damit meisterbar? In: lernen & lehren (129), S. 11–17.
- BIBB (o. J. a): Kodifizierte Zusatzqualifikationen. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/dienst/abp/de/35953.php>, zuletzt geprüft am 18.12.2022.
- BIBB (o. J. b): Rund um das Thema Zusatzqualifikationen. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/ausbildungplus/de/34710.php>, zuletzt geprüft am 25.04.2023.
- BIBB (2018): Industrielle Elektroberufe Mechatroniker/ Mechatronikerin. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB).
- FRAUNHOFER IGCV (2022): Additive Fertigung | Additive Manufacturing (AM). Online verfügbar unter https://www.igcv.fraunhofer.de/de/forschung/kompetenzen/additive_fertigung_am.html, zuletzt geprüft am 13.02.2022.
- KAUFMANN, A.; WINKLER, F.; ZINKE, G. (2022a): Evaluation der industriellen Metall- und Elektroberufe 2018. In: lernen & lehren (145), S. 8–15.
- KAUFMANN, A.; WINKLER, F.; ZINKE, G. (2022b): Flexibilisierung in den industriellen Metall- und Elektroberufen. In: BWP (3), S. 17–21.
- KAUFMANN, A.; ZINKE, G.; WINKLER, F. (2021): Evaluation der Zusatzqualifikation und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metall- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/-in. Entwicklungsprojekt: Zwischenbericht. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB).
- KOTTMANN, P. (2022): Additive Fertigung in der Praxis bei der Maschinenfabrik Bernhard KRONE. Hg. v. Netzwerk Q4.0. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=OyKwhZXDRbA&t=272s>, zuletzt geprüft am 16.12.2022.
- MECHATRONIKERAUSBV (Mechatroniker-Ausbildungsverordnung): Bekanntmachung der Neufassung der Mechatroniker-Ausbildungsverordnung. Online verfügbar unter https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/regulation/neufassung_mechatroniker_2018.pdf, zuletzt geprüft am 29.05.2022.
- RIEMANN, J. (2021): Was ist Additive Fertigung? Definitionen, Anwendungen & Potenziale. Online verfügbar unter <https://www.industry-of-things.de/was-ist-additive-fertigung-definitionen-anwendungen-potenziale-a-1068381/>, zuletzt aktualisiert am 19.11.2021, zuletzt geprüft am 29.05.2022.
- SCHWARZ, A. (2022): DIHK-Umfrage bei den IHKs zur Durchführung von ZQ-Prüfungen M & E, Winterprüfung 2021/22. Berlin, 06.05.2022.

Interview am Oberstufenzentrum TIEM (Technische Informatik, Industrieelektronik, Energiemanagement) in Berlin

zu den Herausforderungen bei der Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern

Interviewdurchführung:

AXEL GRIMM (AG),

Hochschullehrer Europa-Universität Flensburg

Das Interview wird geführt von Axel Grimm, der an diesem Oberstufenzentrum insgesamt sechs Jahre als Studienreferendar und Studienrat gearbeitet hat und nun am Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik der Europa-Universität Flensburg Berufsschullehrkräfte in den Bereichen Elektrotechnik und Informationstechnik ausbildet.



Abb. 1: Im Gespräch am OSZ TIEM (v. l. n. r. Arne W. Wahnfried, Axel Grimm, Arne Kirmis) (Bild: Grimm)

Interviewte:

ARNE W. WAHNFRIED (AW),

StD, Abteilungsleiter OSZ TIEM

Arne W. Wahnfried hat nach dem Besuch einer berufsbildenden Schule mit dem Schwerpunkt Elektrotechnik/Energietechnik in Berlin, einem grundständigen Lehramtsstudium mit der Fächerkombination Elektrotechnik und Wirtschaft/Politik, seinem Referendariat, einem Zusatzstudium der Informatik und einer Fachleitertätigkeit im Bereich der technischen Kommunikation nun seit dem Jahr 2011 die Abteilungsleitung der Abteilung 1 am Oberstufenzentrum TIEM inne. Die Abteilung 1 ist zuständig für die Berufsschule, die integrierte Berufsausbildungsvorbereitung und die Berufsqualifizierung.

ARNE KIRMIS (AK),

Fachbereichsleiter OSZ TIEM

Nach einer Ausbildung zum Industriemechaniker hat Arne Kirmis zunächst Maschinenbau an der Technischen Fachhochschule Berlin und anschließend an der Technischen Universität Berlin studiert. Aufgrund von Nebentätigkeiten im Bildungs- und Ausbildungsbereich während des Studiums ist er über den Quereinstieg und ein berufsbegleitendes Referendariat in den Schuldienst eingetreten und unterrichtet seit 2012 im Berufsfeld Mechatronik am Oberstufenzentrum TIEM. Derzeit hat er in Vertretung den Vorsitz der Fachkonferenz Mechatronik und Antriebsmaschinen.

AG: Die Zeitschrift *lernen & lehren* nimmt das 25-jährige Jubiläum des Ausbildungsberufes „Mechatroniker/-in“ zum Anlass, eine gesamte Ausgabe diesem Ausbildungsberuf zu widmen. Mit diesem Hybridberuf sollten im Jahr 1998 die industriellen Anforderungen aus den Bereichen der Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik in einem Ausbildungsberuf vereint werden und dies dann noch unter den damals neuen Vorgaben der lernfeldorientierten Curricula. Können Sie sich noch an Ihre ersten Berührungspunkte mit diesem Ausbildungsberuf erinnern?

AW: Als ich im Jahre 1999 mein Referendariat begann, gab es den Beruf „Mechatroniker/-in“ bereits. Heute würde ich sagen, dass ich die konkrete Einführung des Berufs nicht bewusst wahrgenommen hatte. Zur damaligen Zeit kannte ich, nicht zuletzt aus dem Studium, die grobe Unterscheidung zwischen elektrotechnischen und metalltechnischen Berufen und Studienrichtungen.

Dieser Unterscheidung bzw. Logik folgend, waren für die verschiedenen Bereiche bzw. Berufsfelder in Berlin unterschiedliche Oberstufenzentren (OSZ) zuständig. Diese verfügten über die jeweils notwendige Ausstattung mit Fachlehrkräften und Fachräumen sowie Laboren. Die Aufteilung war für mich als Elektrotechniker damals gut nachvollziehbar.

Mit dem Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ bestand plötzlich für die Berufsschule die Herausforderung, beide Bereiche inhaltlich abzudecken, zu verbinden und zudem lernfeldorientiert zu unterrichten. Es wurden viele Diskussionen über den Sinn und Unsinn des lernfeldorientierten Ansatzes geführt. Alle versuchten überhaupt zu verstehen, was mit „Lernfeld“ eigentlich genau gemeint sein sollte. Es gab ja kaum weiterführende Hinweise für den Lernfeldunterricht. Zunächst wurde einfach versucht, bewährte Unterrichtskonzepte und Aufgaben weiterzuführen.

AK: Ich selbst habe 1997 meine Berufsausbildung zum Industriemechaniker begonnen. Damals war die Trennung der Ausbildungsberufe „Industriemechaniker/-in“, „Energieelektroniker/-in“ und „Kommunikationselektroniker/-in“ relativ strikt. Meinen ersten Kontakt mit dem Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ selbst hatte ich erst hier am OSZ.

AG: Insbesondere in den ersten Jahren hörte man noch verstärkt Meinungen, die da lauteten, dass Mechatronikerinnen und Mechatroniker beides – und hier war damals Metalltechnik und Elektrotechnik gemeint – nicht richtig beherrschten und die Idee einer „universalistischen Problemlöserin für die Industrie“ nicht umgesetzt werden konn-

te. Wie schätzen Sie die Entwicklung der letzten zweieinhalb Jahrzehnte zu diesem Berufsbild aus schulischer Sicht ein?

AW: Industriebetriebe schaffen sich sicher mit der Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern eine sehr gute Basis von Fachkräften, die durchaus universell einsetzbar sind. Auf dieser Basis sind unternehmensspezifische Personalentwicklungen gut möglich. Die frühe Annahme oder Sorge, Mechatronikerinnen und Mechatroniker hätten von vielem gehört, beherrschten aber wenig richtig, erscheint heute unbegründet. Sie entstand aus der Vorstellung, zwei vollständige 3,5-jährige Ausbildungen aus den Bereichen Elektrotechnik und Metalltechnik zu einer 3,5-jährigen Ausbildung zu vereinen. Aus heutiger Sicht gelingt es recht gut, die Kompetenzanforderungen der Industrie innerhalb der Ausbildung zu entwickeln. Immer größere Bedeutung gewannen im Laufe der Jahre Aspekte der Digitalisierung. Die Novellierung der Elektroberufe im Jahre 2018 reagierte ja genau auf diese zusätzlichen Anforderungen in den Bereichen „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“. Am OSZ TIEM beginnen jährlich etwa 200 Auszubildende die Ausbildung als Mechatronikerin oder Mechatroniker. Diese Zahl ist seit weit über zehn Jahren stabil. Nicht zuletzt daran wird deutlich, welchen Stellenwert Mechatronik-Fachkräfte für die Ausbildungsbetriebe haben.

AK: Man darf an dieser Stelle nicht vergessen, dass ein Zusammenschluss beider Berufsbereiche auch bedeutet, dass am Anfang das ausbildende Personal diesen Beruf selbst nicht erlernt hat. Da fühlten sich die Personen aus den unterschiedlichen Disziplinen natürlich der Mechatronikerin bzw. dem Mechatroniker in ihrer eigenen Disziplin überlegen.

In den letzten Jahren hat man davon nicht mehr viel gehört. Der Beruf hat sich etabliert. Die digitalen Anforderungen im technischen Bereich nehmen stetig zu. Der Grundgedanke von Industrie 4.0 wird in immer mehr Prozessen umgesetzt. Dadurch wird der Bedarf an digital und technisch geschultem Personal zunehmen. Hier sehe ich die Mechatronikerinnen und Mechatroniker mittel- und langfristig im Vorteil und zukunftsfähig.

AG: Berlin ist ja zunächst einen – aus heutiger Sicht – besonderen Weg der Ausgestaltung der Beschulung gegangen. Wie wurden die ersten Jahre ausgestaltet?

AW: Wie bereits erwähnt, waren in Berlin verschiedene Oberstufenzentren für elektrotechnische und metalltechnische Berufe zuständig.

Bereits bei der Einführung des Berufes „Mechatroniker/-in“ musste die Frage geklärt werden, an welchem Oberstufenzentrum die Azubis beschult werden können. Alle Vertreterinnen und Vertreter der ausbildenden Firmen, der Oberstufenzentren und des damaligen Landesschulamtes waren der Meinung, dass sich eine Beschulung an einem Standort als optimale Lösung anbieten würde.

Da die erforderlichen finanziellen Mittel für notwendige Umbauten und Fachraumausstattungen zu dem damaligen Zeitpunkt nicht zur Verfügung standen, wurde entschieden, dass die Auszubildenden im Beruf „Mechatroniker/-in“ ihren Berufsschulunterricht am OSZ Energietechnik I (heute OSZ TIEM) und am OSZ MFT (heute Georg-Schlesinger-Schule) erhalten sollten.

Alle erforderlichen Entscheidungen, die eine Beschulung an zwei Standorten mit sich brachte, wurden zwischen beiden Oberstufenzentren auf einer vertrauensvollen Basis gefällt.

In den ersten Jahren wurden verschiedene Beschulungsmodelle gewählt – von ein Teil der Berufsschulwoche findet an dem einen und der andere Teil an dem anderen Oberstufenzentrum statt, bis hin zu verschiedenen Ausbildungshalbjahren finden an dem einen oder anderen Oberstufenzentrum statt.

In diesen Jahren bestand daher ein enormer schulorganisatorischer Aufwand, der z. B. den Transport von Schülerpersonalakten oder deren doppelte Führung sowie die Durchführung von Übergabekonferenzen erforderte.



Auszubildende der Mechatronik am OSZ TIEM (Bild: Grimm)

AG: Wann kam es dann zu der Neuausrichtung der Ausbildung hier am OSZ TIEM und wie wurde diese personell und institutionell vorgenommen?

AW: Die Senatsschulverwaltung hatte beschlossen, dass ab dem Schuljahr 2008/2009 der Berufsschulunterricht für den Beruf „Mechatroniker/-in“ nur

noch am OSZ TIEM erfolgen sollte. Die Auszubildenden, die bereits ihre Ausbildung begonnen hatten, erhielten nach dem bisherigen Muster ihren Berufsschulunterricht. Die endgültige Umstellung wurde am Ende des Schuljahres 2009/2010 abgeschlossen.

Im Zuge dieser Umstellungen mussten umfangreiche Planungen, z. B. zur Einrichtung neuer Metalltechnik-Fachräume, durchgeführt werden. Dafür wurde eine Arbeitsgruppe aus Lehrkräften des OSZ TIEM mit Unterstützung von Metalltechnik-Lehrkräften gebildet. Zur konkreten Umsetzung und Finanzierung wurden Mittel der Europäischen Union und des Landes Berlin beantragt und bewilligt. Da nun auch die metalltechnischen Inhalte am OSZ TIEM vermittelt werden sollten, war die Umsetzung von Metalltechnik-Lehrkräften erforderlich.

AK: Dieser Prozess lag vor meiner Zeit. In Gesprächen mit ehemaligen Auszubildenden der Mechatronik aus der Anfangszeit wurde aber immer wieder davon berichtet, dass die Verzahnung der unterschiedlichen Disziplinen nicht optimal vermittelt werden konnte. Natürlich mussten die „Metall-Kolleginnen und -Kollegen“ der ersten Stunde sich hier auf ein neues Umfeld einstellen, aber die Entwicklung seither ist auch von beidseitiger Befruchtung geprägt. Es ist doch immer wieder schön mit anzuhören, wenn ein „Metalltechniker“ einem „Elektrotechniker“ das Passungssystem erklärt und im Gegenzug über den Unterschied von Blind- und Scheinleistung gesprochen wird.

AG: Um mal einen Vergleich herstellen zu können, ist es interessant, wie viele Auszubildende am OSZ TIEM insgesamt ausgebildet werden und wie viele im Bereich der Mechatronik.

AW: Am OSZ TIEM gibt es insgesamt etwa 1.500 Auszubildende. Davon machen etwa 900 eine Ausbildung in einem industriellen Elektroberuf. Hier die verschiedenen Berufe im Überblick:

Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	91
Elektroniker/-in für Betriebstechnik	491
Industrieelektriker/-in Fachrichtung Betriebstechnik	122
Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktursysteme	53
Elektroniker/-in für Geräte und Systeme	136
Industrieelektriker/-in Fachrichtung Geräte u. Systeme	3

Aktuell befinden sich im Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ etwa 600 Auszubildende:

1. Ausbildungsjahr	193	8 Klassen
2. Ausbildungsjahr	166	8 Klassen
3. Ausbildungsjahr	148	8 Klassen
4. Ausbildungsjahr	89	5 Klassen

Der Unterricht in der Berufsschule findet in ABC-Wochen, also im Blockunterricht, statt.

AG: Die Lehrkräftebildung unterscheidet ja die beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik, Metalltechnik und Informationstechnik. Welche Erfahrungen konnten bisher mit einer passenden Lehrkräfterekrutierung speziell für den Bereich „Mechatronik“ gesammelt werden?

AW: Der überwiegende Teil der Lehrkräfte stammt weiterhin aus den Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik. „Mechatronik“ ist kein Unterrichtsfach der Berliner Schule, somit gibt es auch formal keine Mechatronik-Lehrkräfte an unserer Schule. Die Durchführung von anspruchsvollem Unterricht gelingt, wie in vielen anderen Bereichen auch, durch die Bereitschaft der Lehrkräfte, sich in die jeweiligen Bereiche einzuarbeiten und gemeinsam im Team geeignete Lernsituationen zu entwickeln.

Sehr wertvoll für die Schule sind insbesondere die beruflichen Erfahrungen aus Industriebetrieben, die Quer- und Seiteneinsteigerinnen und -einsteiger mitbringen.

AK: Die große Herausforderung besteht darin, junge Menschen überhaupt für ein technisches Lehramtsstudium zu begeistern. Wie Herr Wahnfried eben bereits erwähnte, wird in Berlin Mechatronik als Lehramtsstudium nicht angeboten. Daher können wir nur aus dem Pool von Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik schöpfen. Die Anzahl der Absolvierenden ist dabei recht gering. Bei jungen Lehrkräften spielt zudem die Situation um die Verbeamtung eine Rolle. Viele Lehrkräfte ziehen eine Verbeamtung in Brandenburg oder einem anderen Bundesland vor. Seit kurzem wird den neuen Lehrkräften aber in Berlin wieder die Verbeamtung angeboten.

In den letzten Jahren sind die meisten Lehrkräfte über den Weg des Quereinstiegs in den Schuldienst gelangt. Hierfür haben sich die Zugangsvoraussetzungen in Berlin mehrfach geändert. Gemeinsam war jedoch für alle, dass sie einen berufsbegleitenden Vorbereitungsdienst absolvieren mussten bzw. immer noch absolvieren müssen.

AG: Welche Erwartungen stellen sich aus der Schulpraxis an die zukünftige Lehrkräftebildung, um speziell den Bedarf an Lehrkräften im Bereich „Mechatronik“ sicher stellen zu können?

AW: Von zukünftigen Lehrkräften wünschen wir uns, dass sie gute Pädagoginnen und Pädagogen sind, die sich auf heterogene Lerngruppen einstellen können und wollen. Darüber hinaus sollen sie Fachleute sein, die teamfähig sind, Innovationen einbringen, mit unseren betrieblichen Partnern im Austausch stehen und immer im Blick haben, welche Relevanz ihr Tun und Handeln für den konkreten Bildungserfolg der Auszubildenden hat. Außerdem sollten sie bereit sein, sich regelmäßig fort- bzw. weiterzubil-

den. Gerne dürfen sie selbst den Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ erlernt haben.

AG: An dieser Schule werden alle industriellen Ausbildungsberufe des Berufsbereiches Elektrotechnik unterrichtet. Curricular gibt es Überschneidungen bspw. zu Lernbereichen des Ausbildungsberufes „Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik“. Lassen sich dadurch Synergien erzeugen?

AW: Synergien lassen sich gut durch gemeinsame Lehrkräfteteams erzeugen. Hier kommt es auf kurzem Wege zu fachlichem Austausch zwischen Lehrkräften und Laborpersonal. Die bereits zuvor erwähnten modularen Anlagen sind selbstverständlich über die verschiedenen Berufe hinweg nutzbar. Dadurch können Anschaffungen budgetschonend erfolgen und dabei zusätzlich ein breiteres Spektrum abdecken. Unterrichtsprojekte können mit differenzierter Schwerpunktsetzung in verschiedenen Berufsgruppen durchgeführt werden.

AG: Welche Erfahrungen wurden am OSZ TIEM mit Laborausstattungen speziell für die Ausbildung im Bereich „Mechatronik“ gesammelt?

AW: Gleich zu Beginn der Ausbildung wird der Blick auf mechatronische Systeme gerichtet. Das sind zunächst kleinere überschaubare Systeme. Am OSZ TIEM ist beispielsweise ein Akkuschauber Unterrichtsgegenstand. Im weiteren Verlauf erlernen die Auszubildenden in entsprechenden Laborumgebungen die Grundlagen der Pneumatik bzw. Elektropneumatik. Verschiedene Labore für Grundlagen der Elektrotechnik, elektrische Installationstechnik und elektrische Antriebe unterstützen den Lehr- und Lernprozess. Des Weiteren finden z. B. Montage- und Demontageübungen an Getrieben statt.

Die Schule verfügt außerdem über diverse Labore mit SPS-Systemen. Diese lassen sich, dank Feldbustechnik und Profinet, leicht mit verschiedenen kleineren und größeren Anlagen verbinden. Die verwendeten Anlagen und Modelle sind inzwischen weitgehend mobil und dadurch sehr flexibel einsetzbar. Hier ist unsere Erfahrung eindeutig, dass mobile Anlagen, die für sich allein funktionieren, aber auch zu größeren Anlagen verbunden werden können, großen statischen Anlagen, die eventuell ganze Räume einnehmen, vorzuziehen sind.

AK: Die verschiedenen Disziplinen der Mechatronik bringen einen erhöhten Bedarf an verschiedenen Laborausstattungen mit. Dies bindet neben dem räumlichen auch einen hohen Bedarf an finanziellen Mitteln. PC-Arbeitsplätze, Lizenzen für Anwendungssoftware und die verwendeten Peripherien müssen auf dem Stand der Technik

gehalten werden. Wir sind hier auf einem guten Weg. Die zuständigen Fachschaften sind dafür gut mit Industriepartnern vernetzt.

Gerade in der zweiten Ausbildungshälfte sind die Klassen vermehrt in Laboren im Unterricht. Das führt dazu, dass der Unterricht oft auch Projektcharakter hat und die Schülerinnen und Schüler zu einer selbstverantwortlichen Arbeitsweise geführt werden. Dies stärkt die Kompetenzentwicklung auf allen Ebenen.

AG: Wenn aus schulischer Sicht an eine Neuordnung des Ausbildungsberufes gedacht wird, welchen Veränderungsbedarf sehen sie?

AK: In einer Neuordnung eines technischen Berufs muss vor allem der Bedarf der Industrie und der technischen Entwicklungen berücksichtigt werden. Hier den Spagat zu notwendigen Grundlagen und neuer Technik hinzubekommen, ist schon immer die Herausforderung der Mechatronik. Viele Themen werden als Grundwissen vorausgesetzt, haben aber in der Praxis eine immer geringer werdende Bedeutung. Der aktuelle Rahmenlehrplan gibt uns dafür einen hinreichenden Handlungsspielraum hinsichtlich der Stoffauswahl. Die Themen- und Technologieauswahl kann entsprechend in einem internen Curriculum angepasst werden.

Seit der Teilnovellierung 2018 werden vier Zusatzqualifikationen für Metall- und Elektroberufe seitens der IHK angeboten. Für die Mechatronik sind das: „Additive Fertigungsverfahren“, „digitale Vernetzung“, „IT-Sicherheit“ und „Programmierung“. Diese Inhalte in das interne Curriculum mit aufzunehmen wäre sehr umfangreich. Teile davon werden bei uns in Ansätzen auch im Unterricht behandelt. Man erkennt aber daran, in welche Richtung sich die Anforderungen an die Kompetenzen in der Mechatronik verschieben.

AG: Digitalisierung ist und bleibt ein großes Thema: Bezogen auf den Unterricht im Bereich der Mechatronik möchte ich noch die abschließende Frage stellen, welche Erfahrungen aus der Corona-bedingten Distanzlehre gemacht wurden und ob es zu Verstärkungen bestimmter Elemente gekommen ist?

AW: Natürlich haben wir in den vergangenen Jahren sehr viel Erfahrung mit Distanzlehre gemacht. Dabei hat sich deutlich gezeigt, dass die Berufsschule in Präsenz nicht zu ersetzen ist. Die speziellen Laborausstattungen unterstützen den Lernfeldunterricht an vielen Stellen in unverzichtbarer Weise. Man muss aber auch feststellen, dass sich z. B. theoretische oder vorbereitende Lerninhalte auch gut im Distanzlernen darstellen lassen. Unabdingbar dafür ist die uneingeschränkte Verfügbarkeit digitaler Kommunikationsmittel. Dazu gehören auch stabil verfügbare

Lernplattformen und Videokonferenzsysteme. Unsere Schule hat inzwischen IServ als Schulserver angeschafft. Hier sind alle am Schulleben Beteiligten automatisch Nutzerinnen und Nutzer und verfügen damit über DSGVO-konforme Kommunikationswege, eine Cloud-basierte Dateiablage, eine Videokonferenzplattform (Big Blue Button) und vieles mehr. Darüber hinaus stellt das Land Berlin allen Schulen den sogenannten „Lernraum Berlin“ zur Verfügung. Dabei handelt es sich um ein moodle-basiertes Lernmanagementsystem.

AK: Der Lernraum Berlin wurde bereits vor Corona implementiert. Durch die Pandemie sind natürlich die Kursseiten und Teilnehmenden explodiert. Nach ein paar Anfangsschwierigkeiten wurde der Unterricht über die Plattform realisiert. Den Distanzunterricht haben wir zum Glück hinter uns gelassen. Der Lernraum ist geblieben. Kurse, die während der Pandemie angelegt wurden, leben weiter.

Heute arbeiten viele Schülerinnen und Schüler im Unterricht mit digitalen Endgeräten. Die Unterrichtskonzepte wurden so angepasst, dass ein papierloser Unterricht möglich wäre. Davon profitieren auch die Auszubildenden, die auf Grund unterschiedlichster Gründe dem Unterricht nicht beiwohnen können. Bei einem Ausfall von Lehrkräften kann der Unterricht ebenfalls weitergeführt werden, da Unterrichtsmaterial bereits im Lernraum zur Verfügung steht. Einzig der Fernzugang zu speziellen Programmen stellt uns noch vor Probleme.

AW: In den Jahren der Pandemie haben sich viele Lehrkräfte intensiv digital fortgebildet und mit dem Mehrwert dieser Systeme auseinandergesetzt. Selbstverständlich hat die Schule entsprechende Fortbildungsangebote unterbreitet. Von besonderem Wert sind diese digitalen Angebote auch, wenn Unterricht, bedingt durch Krankheit, Fortbildungen, IHK Prüfungsausschusstätigkeit, Baumaßnahmen oder anderen Gründen, nicht regulär stattfinden kann. Finanziert durch Mittel des Digitalpaktes und Investitionen der Schule verbessert sich die Ausstattungssituation stetig.

AG: Herr Wahnfried, Herr Kirmes, ich bedanke mich für diese sehr interessanten Einblicke in die Ausbildung im Bereich der Mechatronik an ihrer Schule.

Interview mit einem ehemaligen Auszubildenden der Mechatronik



Interviewdurchführung:

GERT ZINKE (GZ),

Bundesinstitut für Berufsbildung



Interviewer:

FLORIAN WINKLER (FW),

ehem. Auszubildender im Beruf „Mechatroniker/-in“,
heute Bundesinstitut für Berufsbildung

GZ: Was verbindet Sie mit dem Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“?

FW: Im Prinzip sind das zwei Dinge. Bei Siemens startete ich am Standort Amberg im Jahre 1998 meine Ausbildung zum Mechatroniker. Damit war ich sozusagen im neuen Ausbildungsberuf Azubi der ersten Stunde. Später hat es mich zur Berufspädagogik verschlagen. Nach einem Studium der Berufs- und Betriebspädagogik arbeitete ich einige Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an einem ingenieurpädagogischen Lehrstuhl, bevor ich an das Bundesinstitut für Berufsbildung wechselte. Dort bin ich seit 2019 zuständig für die IT-Berufe im Arbeitsbereich 2.4 „Elektro-, IT- und naturwissenschaftliche Berufe“, der auch für den Beruf „Mechatroniker/-in“ verantwortlich ist. Und das ist mein zweiter Bezugspunkt: Seit einigen Jahren beschäftige ich mich aus Ordnungsperspektive mit dem Beruf.

GZ: Wie wurden Sie als Auszubildender im Beruf „Mechatroniker/-in“ in der Berufsschule und im Ausbildungsbetrieb verglichen mit Auszubildenden anderer Metall- und Elektroberufe „eingeeordnet“?

FW: Die ersten beiden Ausbildungsjahre fanden in der Ausbildungswerkstatt statt. Als Mechatroniker haben

wir gefühlt schon die alten Strukturen in der betrieblichen Ausbildung aufgebrochen. Während früher, mit kurzen Ausnahmen in der Grundbildung, eine klare Teilung gegeben war – Metalller in der Metallwerkstatt und Elektroniker in der Elektrowerkstatt – waren wir ‚Wanderer‘ zwischen den Welten. Neu war hier, dass sich Ausbildungsphasen in den ersten beiden Jahren in der Metall- und Elektrowerkstatt abwechselten. Im betrieblichen Durchlauf im letzten Drittel der Ausbildung spielte diese Differenzierung in meiner Wahrnehmung keine so große Rolle mehr. Wir wurden hier von den ausbildenden Fachkräften und Meistern durchaus mit Interesse, teilweise auch mit Skepsis als ‚die Neuen‘ wahrgenommen. Mit der eher skeptischen Lesart verbunden, war das häufig bemühte Idiom der eierlegenden Wollmilchsau, die alles kann, aber nix so richtig ‚gscheid‘. Am Lernort Schule war eine Abgrenzung zu den klassischen Berufen nicht immer eindeutig. Das zeigte sich bei der curricularen Umsetzung, wie auch bei der Unterrichtsgestaltung. Das Lernfeldkonzept war nicht vollständig umgesetzt. Noch war fachsystematischer Unterricht vorherrschend (z. B. Werkstoffkunde, Elektronische Elemente und Baugruppen usw.), handlungsorientierte Konzepte mit authentischen Lernsituationen standen nicht im Vordergrund. Zum großen Teil war das auch bei den betrieblichen Lehrgängen und

Unterweisungen in der jeweiligen Metall- und Elektrogrundbildung so. Allerdings wurden während der betrieblichen Ausbildung an mechatronischen Systemen domänenübergreifende, arbeitsprozessorientierte Ausbildungsprojekte implementiert, die eine übergreifende Kompetenzentwicklung ermöglicht haben.

GZ: Wer den Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ erlernt, soll über fachliche Kompetenzen der Metalltechnik, der Elektrotechnik (Stichwort Elektrofachkraft) und der Informatik verfügen und am Ende mechatronische Systeme „beherrschen“ – Wie sehen Sie das in ihrer Ausbildung erfüllt?

FW: Grundsätzlich sehe ich diesen Anspruch durch meine Ausbildung erfüllt. Am besten lässt sich das exemplarisch an meiner betrieblichen Einsatzphase festmachen: So war ich für mein Abschlussprojekt im Rahmen eines betrieblichen Auftrags im Fertigungsmittelbau tätig. Meine Aufgabe war es, eine automatisierte Laserbeschriftungseinheit für gefertigte Baugruppen als Teilsystem einer Montageline einzubinden. Neben mechanischen Aufgaben, die das Anfertigen eines Gehäuses umfasste, musste auch die Verdrahtung und Implementierung einer mittels SPS-angebundenen Türverriegelung umgesetzt werden. Aktorik, Sensorik und Steuerung waren einbezogen. Der Themenbereich

Informatik war weniger auf konkrete Arbeits- und Geschäftsprozesse ausgerichtet und eher lehrgangsbezogen gestaltet, z. B. durch Montage von PC-Komponenten und der Einrichtung von Netzwerkarbeitsplätzen.

GZ: Können Sie bezogen auf den Ausbildungsberuf „Mechatroniker/-in“ spontan eine Stärke und eine Schwäche benennen?

FW: Eine Stärke ist das breit aufgestellte Berufsbild, das in einem Großunternehmen je nach persönlicher Disposition ein breites Einsatzfeld auf dem innerbetrieblichen Arbeitsmarkt eröffnete. Zudem stand mit erfolgreich abgeschlossener Ausbildung der Weg für eine Spezialisierung in verschiedene Richtungen offen.

In meiner retrospektiven Wahrnehmung fand die berufliche Identitätsentwicklung durch den neuen Beruf zwischen ‚den Welten‘ statt und gelang dementsprechend etwas schwieriger. Ob dies mit der damaligen Neueinführung zusammenhängt und ob mit der Etablierung des Mechatronikers als Massenausbildungsberuf auch ein gesteigertes Identifizierungspotential als Grundlage für die Entwicklung einer berufsspezifischen Identität einhergeht, könnte ein interessantes Forschungsprojekt sein.

GZ: Vielen Dank für das Gespräch!

Liebe Leserinnen und Leser,

bitte beachten Sie auch unseren **Call for Papers** zur **Fachtagung 2024 in Mühlhausen (Thüringen)** zum Thema:

Berufliches Lehren in der Krise?

Verhindern Lernmanagementsysteme, Künstliche Intelligenz und Distance Learning einen produktiven Lehr-Lern-Prozess? – Lösungsansätze aus Ausbildungs- und Unterrichtspraxis sowie der Wissenschaft

Diesen finden Sie auf den Innenumschlagseite.

Regber, Holger: *Der Disrupteur. Von der Macht des Einzelnen im Unternehmen*. Versus Verlag Zürich & Verlag Franz Vahlen München. 2022, 206 S., 24,90 Euro. Versus: ISBN 978-3-03909-316-8 (Print), -801-9 (E-Book); Vahlen: ISBN 978-3-8006-7000-0 (Print); -7001-7 (E-Book).

Der zur Besprechung vorliegende Band benennt sehr klar die anzusprechende Zielgruppe: „...für alle, die ihre Gedanken nicht unter Kontrolle halten und ihre Arme nicht vor der Brust verschränken können. Die, die in Produkten die Schwächen, in Prozessen die Verschwendung und in Geschäftsmodellen die Defizite erkennen.“ Der Autor bringt damit zum Ausdruck, dass die Kritikerinnen und Kritiker, die Querulantinnen und Querulanten, die Störenden und andere gebraucht werden, um Schwachstellen abzustellen und Mankos auszugleichen und um Weiterentwicklungen voranzutreiben.

Das Buch handelt von Disrupteuren, ein im deutschen Sprachgebrauch ungewöhnlicher Begriff. Der Autor stellt fest, dass es den Begriff in der deutschen Sprache nicht zu geben scheint und bestätigt dieses durch Analyse von Duden, Suchprogrammen und Nachschlagewerken. Auch gegendert – „Disruptierende“ – lässt sich der Begriff nicht finden. Im Verständnis des Autors geht es bei Disrupteuren oder Disruptierenden um Personen, die das „Out-of-the-Box-Denken“ gestatten und die täglichen Routinen infrage stellen. Jedenfalls, in Berufsklassifikationen, als Ausbildungsgang oder Studienprogramm sind Disruptierende nicht bekannt.

Besser bekannt ist der Begriff Disruption. „Er beschreibt technologische, wissenschaftliche oder gesellschaftliche Entwicklungen, die unsere bisherige Vorgehensweise komplett infrage stellen“ (S. 8) und zu völlig neuen Lösungen führen.

Die Antwort auf die Frage, wer letztendlich die Disrupteure und Disruptierenden sind, beantwortet der Autor mit: „wir selbst“ (S. 9). Das mag überraschend sein, wird jedoch genauer begründet mit dem Hinweis, dass wir uns selbst unsere „Denkgrenzen“ setzen, also sollten wir in der Lage sein,

diese zu durchbrechen, also das Out-of-the-Box-Denken und -Handeln auch selbst betreiben.

Von dem Disrupteur (der Autor benutzt vorrangig diese Sprachvariante) in uns und dessen Fähigkeiten und Können handelt das Buch. Es setzt sich damit auseinander, wie wir die Entwicklungen in den Unternehmen und Organisationen durch Einmischen verändern und umgestalten und das Überleben des eigenen Unternehmens sichern und dessen Zukunftsfähigkeit gestalten können. Der Person des Disrupteurs und dem „Recht zur Disruption“ kommt deshalb im ersten Teil des Buches eine besondere Bedeutung zu, wobei oft an die jüngere Vergangenheit in Industrie und Gesellschaft angeknüpft wird. Die „Innenansicht“ der Disrupteure macht die Ausführung besonders interessant, weil es damit um die Wirksamkeit dieser Gruppe geht.

In den ersten Kapiteln des Buches geht es um die vielfachen Perspektiven von Disruption bis hin zu „zehn Geboten für den Disrupteur“ in Kapitel vier. Besonders interessant ist Kapitel fünf, das aufzeigt, wie Disruption funktionieren kann. Eindrucksvoll sind die Betrachtung des Verhältnisses von Disruption und Unternehmen und die Folgen des Wirkens von Disrupteuren, wofür Voraussetzung immer die Handlungsspielräume sind, die Disrupteure selbst finden müssen. Wegschauen, Abducken oder schlicht ignorieren ist nicht die Haltung von Disrupteuren.

Machtinstrumente gesteht der Autor den Disrupteuren nicht zu, dafür jedoch zahlreiche informelle Interventionsmöglichkeiten wie Seniorität, Narrentum oder „Führung mittels Fragen“. Das setzt kluges Verhalten von Disrupteuren voraus. D. h., solche Fähigkeiten müssen entwickelt werden. Auch dafür gibt es viele Hinweise, die auch deut-



lich machen, wie zu verhindern ist, das disruptive Renommee zu verspielen.

Das Buch zeichnet sich dadurch aus, dass es durch Cartoons von Ralf Alex Fichtner sehr abwechslungsreich gestaltet ist. Aber damit gibt sich der Autor nicht zufrieden. Er führt drei virtuelle Teammitglieder ein (zwei Frauen und einen Mann), die auf der Basis der Texte des Autors und auf dem eigenen Erfahrungshintergrund die Positionen aus verschiedenen Perspektiven diskutieren oder infrage stellen. Beide Gestaltungselemente helfen, dass das Buch sehr abwechslungsreich ist und

zahlreiche Impulse und Hinweise oder Ideen für die eigene tägliche Arbeit liefert.

Empfehlenswert ist das Buch für Lehrkräfte in der beruflichen Bildung. Für sie und auch für Forschende ist es mehr oder weniger ein Muss, den Band zu lesen. Dies deshalb, weil sehr aufschlussreiche Bezüge zur realen Welt dominieren. Auch für Personen im Management von Unternehmen und Schulen ist das Buch empfehlenswert, weil es ein Augenöffner für verfahrenere Situationen ist. Zudem sind die Ausführungen sehr unterhaltsam.

Georg Spöttl

Barabasch, Antje (Hrsg.): Berufliche Didaktik in der Schweiz. Innovationstransfer der Berufsfelddidaktik. Bern: hep Verlag AG. 2022, 336 Seiten, 38,00 Euro. ISBN: 978-3-0355-2015-6

Ausgehend von dem Leading House für Berufsfelddidaktik (LH BFD), einem Netzwerk von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung, der Universität Zürich sowie der Pädagogischen Hochschulen Luzern, Zürich und St. Gallen, thematisiert dieser Sammelband zum einen grundlegende Ansätze der beruflichen Didaktik und die damit verbundenen Fragen der Professionalisierung des Bildungspersonals. Zum anderen werden die Innovationspotenziale einer Berufsfelddidaktik (in der Schweiz) diskutiert. Die Berufsfelddidaktik wird hier verstanden als „eine Didaktik für verschiedene ‚verwandte‘ Berufe, die in einem Berufsfeld zusammengefasst werden“ (Barabasch 2022, S. 21), um den Besonderheiten des Lehrens und Lernens in einzelnen Berufen gerechter zu werden.

Aus unterschiedlichen (fachdisziplinären) Blickwinkeln zeigen die insgesamt zehn Beiträge, inwiefern „didaktische Bildung sowohl eine inhaltlich-thematische als auch eine organisationale Herausforderung“ (ebd., S. 8) im Kontext des Wandels von Arbeit und Beruf darstellt. Der erste Beitrag befasst sich mit dem Stand der Forschung zur Berufsfelddidaktik in der Schweiz. Unter Rekursnahme auf die Forschungsergebnisse des LH BFD kommt die Herausgeberin zu dem Schluss, dass die gelebte Praxis in der Hochschuldidaktik an den Hochschulen noch kaum der in diesem Band aufgeworfenen Idee einer Berufsfelddidaktik entspricht. Für die Zukunft ergeben sich damit neue Anforderungen, vor allem an die Professionalisierung des hochschulischen Lehrpersonals.



Lena Freidorfer und Philipp Gonon befassen sich mit der Verbreitung berufsdidaktischer Konzepte am Beispiel der Lernfelddidaktik und der beruflichen Handlungsorientierung exemplarisch für Österreich und die Schweiz. Sie reflektieren die Frage der Übertragbarkeit berufsdidaktischer Konzepte und Modelle, um länderübergreifende didaktische Innovationen zu ermöglichen sowie (interdisziplinäre) Wissenschafts-Praxis-Projekte anzustoßen. Silke Fischer und Antje Barabasch greifen die unterschiedlichen Ansätze der Ausbildung von Berufsschullehrpersonen in Deutschland, Österreich und der Schweiz auf. Insbesondere mit Blick auf das Theorie-Praxis-Verhältnis lassen sich Abgrenzungsmerkmale zwischen den DACH-Ländern identifizieren. Weiterführend geht es in dem Beitrag von Janine Gut und Jürg Arpagaus um die Professionsentwicklung von Berufsbildungsverantwortlichen innerhalb des Berufsfelds.

Anna Keller, Roland Stähli und Antje Barabasch zeigen, wie Coaching zur Förderung des selbstständigen Lernens in Unternehmen eingesetzt wird. Mit Blick auf die Frage nach der Eignung des Ansatzes für das Feld der Berufsschule kommen die Autorinnen sowie der Autor zu dem Schluss, dass „Coaching-Wissen die Handlungskompetenz von Lehrpersonen bereichern“ kann. Vor diesem Hintergrund wäre z. B. ein „Einsatz von Coaching als Ergänzung des Unterrichts“ (ebd., S. 151) denkbar. Daniel Degen und Ramona Martins beleuchten das Verhältnis zwischen Innovationstransfer und Berufsfelddidaktik. Im Vordergrund steht die Analyse formaler und informeller

Strategien von Berufsbildungsverantwortlichen, um an Informationen über Innovationen zu gelangen. Darüber hinaus wird die Frage aufgeworfen, wie die identifizierten Strategien in berufsfelddidaktische Elemente eingeordnet werden (können) und welche Konsequenzen sich daraus für die Berufsfelddidaktik ableiten lassen.

Exemplarisch für die beruflichen Grundbildungen „Hotelfachmann/-frau EFZ“ sowie „Informatiker/in EFZ“ wird in einem weiteren Beitrag von Lena Freidorfer und Philipp Gonon untersucht, ob und inwiefern kritisches Denken und Problemlösen auf curricularer Ebene verankert sind und bereits Eingang in die betriebliche Praxis gefunden haben.

Die Förderung von Kreativität in der kaufmännischen Grundbildung ist das Thema des zweiten Beitrags von Silke Fischer und Antje Barabasch. Die Autorinnen ordnen Kreativität – im Sinne kreativer Problemlösefähigkeit – als transversale Kompetenz ein, die von jedem Lernenden entwickelt werden kann. Auf Basis einer Untersuchung von beruflichen Situationen im kaufmännischen Bereich werden divergentes, konvergentes sowie assoziatives Denken und Motivation als wesentliche Facetten von kreativem Potenzial herausgestellt. Eine entsprechende Förderung wäre über die Integration von Kreativitätstechniken im Unterricht vorstellbar.

Markus Maurer, Karin Hauser und Stefanie Dernbach-Stolz bearbeiten die Frage nach der Relevanz einer lernortspezifischen Didaktik und ihrer Umsetzung in der überbetrieblichen Ausbildung. In dem Beitrag wird gezeigt, dass „in der überbetrieblichen Ausbildung sehr vieler Berufe der Fokus auf der Vermittlung berufspraktischer Fertigkeiten liegt [...] und dass Ansätze zu ihrer Förderung durchaus als Kern

einer Didaktik des dritten Lernorts“ (ebd., S. 278) aufgefasst werden können. Der Schlussbeitrag von Claudia Koch, Samuel Krattenmacher und Susan Rosen widmet sich dem Problem der bislang fehlenden Rahmenbedingungen und Gestaltungsprinzipien für lernortübergreifende Aufgaben zur Kompetenzentwicklung in der beruflichen Grundbildung. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der Lernortkooperation als ein wesentliches Element zur Sicherung der Ausbildungsqualität hervorgehoben.

Die Ergebnisse des Sammelbands „Berufliche Didaktik in der Schweiz“ sind Ausdruck einer gut funktionierenden Kooperation im Kontext des LH BFD und unterstreichen die Bedeutung einer internationalen Vernetzung in der Forschung zur Berufsfelddidaktik. Auf diese Weise werden neue Impulse für die Entwicklung der Berufsbildungsforschung gesetzt. Wenn auch der Band die grundsätzliche Frage nach der Relevanz einer Berufsfelddidaktik nicht abschließend beantworten kann, leistet dieser gleichwohl hierzu einen wichtigen Beitrag auf der Basis systematisierender und qualitativ hochwertiger Aufsätze. Bemerkenswert ist die inhaltliche Breite der zusammengestellten Beiträge, wobei die Nachvollziehbarkeit und die Lesefreundlichkeit durch eine klare Gliederung der Einzelbeiträge (z. B. in thematische Abschnitte) hätten gesteigert werden können. Besonders hervorzuheben sind die inhaltlichen Zusammenfassungen, theoretischen Grundlagen und Ergebnisse sowie die weiterführenden Fragestellungen am Ende jedes Einzelbeitrags. Insgesamt bietet der Sammelband einen interessanten und lohnenswerten Überblick für alle, die sich mit der Reform und Modernisierung der Berufsbildung im Zuge der Transformation der Arbeitswelt in Theorie, Praxis und Politik befassen.

Maren Baumhauer

Lipsmeier, Antonius; Münk, Dieter (Hg.): Biografisches Handbuch der Berufs- und Wirtschaftspädagogik sowie des beruflichen Schul-, Aus-, Weiterbildungs- und Verbandswesens, Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2019 (Handbuch): ISBN: 978-3-515-12188-0 (Print) bzw. -12191-0 (E-Book), 653 S.; 72,00 €, 2022 (Ergänzungsband): ISBN: 978-3-515-13120-9 (Print) bzw. -13131-5 (E-Book), 122 S.; 36,00 €

Durch die Herausgeber wird für dieses Vorhaben folgender Anspruch beschrieben: Ein biografisches Handbuch zu erstellen, mit dem die für die Geschichte und Gegenwart bedeutendsten Personen dokumentiert und gewürdigt werden, und „systematische Informationen über diejenigen Personen, welche die lange Entwicklungsgeschichte der beruflichen Bildung geprägt haben“, zu dokumentieren. Neben bekannten Berufs- und Wirtschaftspädagogen werden

Personen aus der beruflichen Aus- und Weiterbildung, der schulischen Berufsbildung und der Lehrkräftebildung, durch die die Geschichte der modernen beruflichen Bildung maßgeblich geprägt worden ist, einbezogen.

Das Ergebnis zeigt sich durch die Aufnahme von Biografien der „Klassiker“ in der historischen Berufsbildungsliteratur, etwa Georg Kerschensteiner und Theodor Litt. Weitere Namen – um nur wenige

zu nennen – wie Dietrich Hering und Gustav Grüner stehen für die Entwicklung der universitären Lehrerbildung in beiden deutschen Staaten, Hans-Joachim Rosenthal für die Entwicklung des damaligen Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung (und heutigen Bundesinstituts für Berufsbildung), dessen erster Präsident er von 1970 bis 1977 war.

Das mit weit über 200 Einträgen hoch anspruchsvolle Vorhaben ist mit Beiträgen von fast 40 Autorinnen und Autoren ausgestaltet, die mit einzelnen oder mehreren Biografien zu diesem Gesamtwerk beigetragen haben. Bereits nach drei Jahren erscheint 2022 der Ergänzungsband mit über 30 weiteren Biografien. Diese betreffen in der überwiegenden Zahl in der Zwischenzeit verstorbene Personen, etwa mit Gottfried Adolph einen Begründer und langjährigen Herausgeber dieser Zeitschrift, jedoch auch einige, die aus dem historischen Kontext zusätzlich aufgenommen worden sind; beginnend mit dem am 6.2.1817 verstorbenen Johann Michael Friedrich Schulz(e) und endend mit dem am 9.10.2020 verstorbenen Josef („Jupp“) Rützel.

Eine Besonderheit liegt in der Anlage des biografischen Handbuchs: In fast allen Biografien wird ein persönlicher Zugang gewählt, der eine Nähe zur jeweiligen persönlichen Entwicklung und ihrem familiären, regionalen, soziologischen und politischen Kontext einnimmt und diesen um die prägnante Darstellung ihrer Positionen, Arbeiten und herausragenden Leistungen ergänzt. Auch die oftmals angesprochenen Querbezüge zwischen den aufgeführten Personen runden das gezeichnete Bild in ihren historischen Kontext ein und erschließen persönliche und fachliche Konstellationen ihrer Entwicklung. Dabei werden die Darstellungen durch Quellenangaben zu den veröffentlichten biografischen Daten, zu den wichtigsten Schriften und zu relevanter Sekundärliteratur ergänzt. Zugänge zu den in alphabetischer Gliederung aufgenommenen Biografien erleichtern ein Sach- und Ortsregister, ein Personenregister (mit Angaben zu den innerhalb der Biografien aufgeführten weiteren Personen), ein Autorenverzeichnis und ein Verzeichnis für die verwendeten Abkürzungen von Zeitschriftentiteln. Besonders wertvoll ist für Recherchen, dass im alphabetischen Inhaltsverzeichnis die Lebensdaten jeder einzelnen Person aufgeführt werden, so dass historische Querbezüge auch zu unbekanntenen Personen leicht herzustellen sind.

Ich habe im biografischen Handbuch und seinem Erweiterungsband hoch interessante – auch persönliche – Informationen über Personen gefunden, durch die die Geschichte der beruflichen Bildung in Deutschland nachhaltig geprägt worden ist, zudem erschließen sich Zusammenhänge, die mir vorher wenig bekannt waren oder nicht aufgefallen sind. Das Handbuch gehört daher nicht nur in die Bibliotheken besonders der Lehrkräftebildenden Hochschulen und Studienseminare. Es ist auch für jeden, der sich mit historischem Interesse der Entwicklung der Berufsbildung nähert, eine hoch interessante Lektüre mit vielen Informationen über oftmals noch wenig bekannte Berufspädagoginnen und Berufspädagogen und ihrer jeweiligen Positionen und Entwicklung. Im Rahmen der Lehrkräfteausbildung wird es eines der Standardwerke für Fragen der historischen Entwicklung der Berufsbildung in Deutschland werden.

Es bleibt zu hoffen, dass es den Herausgebern gelingt, die hohe Aktualität des Werks auch mit den in den kommenden Jahren anstehenden Aktualisierungen beizubehalten.

Klaus Jenewein



Sehr geehrte Lehrkräfte,

im Rahmen des Projekts „TWIND: Technik und Wirtschaft – Integrierte Didaktik“ führen wir eine bis dato einmalige deutschlandweite Erhebung rund um den Einsatz und die Anwendungsgebiete von Lernfabriken durch.

Hierzu brauchen wir Ihre Unterstützung! Ganz gleich, ob Sie aktuell an Ihrer Institution an einer Lernfabrik bzw. Smart Factory tätig sind. Wir sind an Ihren Erfahrungen und an Ihrem professionellen Handeln interessiert. Daher möchten wir Sie bitten, an dieser Studie teilzunehmen. Die Bearbeitungszeit beträgt ca. 15 Minuten. Es gibt kein „richtig“ oder „falsch“. Es gibt nur Ihre Meinung und diese zählt für uns!

Ihre Ansichten und Einschätzungen werden einen bedeutenden Unterschied machen zur effektiven zukünftigen Gestaltung von Lernfabriken.

Link zur anonymen und vollständig DSGVO-konformen Teilnahme:

https://ww2.unipark.de/uc/sanselmann_PH_Schw__bisch_Gm__nd/8f2b/

QR Code zur Umfrage:



Im Namen des Projektteams herzlichen Dank für Ihre Zeit,

Sebastian Anselmann



Verzeichnis der Autorenschaft

BARTELS, DAGMAR

Niederlassungsleiterin SBH Nordost GmbH „dresden chip academy“, Dagmar.Bartels@sbh-nordost.de

BAUMHAUER, MAREN

Prof. Dr., Hochschullehrerin, Institut für Berufliche Bildung und Digitalisierung, Technische Universität Hamburg, maren.baumhauer@tuhh.de

DIRKS, ASTRID

Bildungswissenschaftlerin, Berufsausbildung Steuerfachangestellte, Arbeitsschwerpunkte: Duale Berufsausbildung & Digitalisierung, astridirks@yahoo.de

GRIMM, AXEL

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

JACOB, WINFRIED

Ehemaliger Leiter der Berufsausbildungsstätte Siemens AG in Übigau und der „dresden chip academy“

JÄGER, SVEN

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, Europa-Universität Flensburg, sven.jaeger@uni-flensburg.de

JENEWEIN, KLAUS,

Prof. Dr., Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Arbeitsbereich „Gewerblich-technische Berufsbildung“, jenewein@ovgu.de

KIRMIS, ARNE

Fachbereichsleiter, Oberstufenzentrum TIEM Technische Informatik, Industrieelektronik, Energiemanagement, Berlin

LINK, NICO

Jun.-Prof. Dr., Tenure-Track-Professur für Mechatronik/Berufliche Didaktik an der TU Dresden, nico.link@tu-dresden.de

SPATTA, BASTIAN

OStR, M. Sc. Berufspädagogik/Ingenieurwissenschaften, spatta@fes-es.de

SPÖTTL, GEORG

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

WAHNFRIED, ARNE W.

StD, Abteilungsleiter Oberstufenzentrum TIEM Technische Informatik, Industrieelektronik, Energiemanagement, Berlin

WINKLER, FLORIAN

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn

ZINKE, GERT

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

„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: Axel Grimm/Nico Link

Titelbild: Shutterstock

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