



Matthias Becker, Ralph Dreher, Martin Frenz,
Lars Windelband (Hg.)

Lern- und Arbeitsprozesse im Wandel

Transformation gewerblich-technischer
Facharbeit und Berufsbildung

Lern- und Arbeitsprozesse im Wandel

Transformation gewerblich-technischer Facharbeit und Berufsbildung

Matthias Becker, Ralph Dreher, Martin Frenz, Lars Windelband (Hg.)

Die Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung zu den Entwicklungen der beruflichen Bildungspraxis. Adressiert werden insbesondere berufliche Bildungs- und Arbeitsprozesse, Übergänge zwischen dem Schul- und Beschäftigungssystem sowie die Qualifizierung des beruflichen Bildungspersonals in schulischen, außerschulischen und betrieblichen Handlungsfeldern.

Hiermit leistet die Reihe einen Beitrag für den wissenschaftlichen und bildungspolitischen Diskurs über aktuelle Entwicklungen und Innovationen. Angesprochen wird ein Fachpublikum aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie aus schulischen und betrieblichen Politik- und Praxisfeldern.

Die Reihe ist gegliedert in die **Hauptreihe** und in die Unterreihe **Dissertationen/Habilitationen**.

Reihenherausgebende:

Prof.in Dr.in habil. Marianne Friese

Justus-Liebig-Universität Gießen

Institut für Erziehungswissenschaften

Professur Berufspädagogik/Arbeitslehre

Prof.in Dr.in Susan Seeber

Georg-August-Universität Göttingen

Professur für Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung

Prof. Dr. Lars Windelband

Professur für Berufliche Metalltechnik

Institut für Berufswissenschaft der Metalltechnik (IBMT)

TUHH Technische Universität Hamburg

Wissenschaftlicher Beirat

- Prof. Dr. Matthias Becker, Hannover
- Prof.in Dr.in Karin Büchter, Hamburg
- Prof. Dr. Frank Bünning, Magdeburg
- Prof. Dr. Hans-Liudger Dienel, Berlin
- Prof. Dr. Uwe Faßhauer, Schwäbisch-Gmünd
- Prof. Dr. Karl-Heinz Gerholz, Bamberg
- Prof. Dr. Philipp Gonon, Zürich
- Prof. Dr. Dietmar Heisler, Paderborn
- Prof. Dr. Torben Karges, Flensburg
- Prof. Dr. Franz Ferdinand Mersch, Hamburg
- Prof.in Dr.in Manuela Niethammer, Dresden
- Prof.in Dr.in Karin Reiber, Esslingen
- Prof. Dr. Thomas Schröder, Dortmund
- Prof.in Dr.in Michaela Stock, Graz
- Prof. Dr. Tade Tramm, Hamburg
- Prof.in Dr.in Ursula Walkenhorst, Osnabrück

Weitere Informationen finden
Sie unter wbv.de/bai

**Matthias Becker, Ralph Dreher, Martin Frenz,
Lars Windelband (Hg.)**

Lern- und Arbeitsprozesse im Wandel

**Transformation gewerblich-technischer
Facharbeit und Berufsbildung**

wbv

Berufsbildung, Arbeit und Innovation –
Hauptreihe, Band 87

2025 wbv Publikation
ein Geschäftsbereich der
wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld

Gesamtherstellung:
wbv Media GmbH & Co. KG
Auf dem Esch 4, 33619 Bielefeld,
service@wbv.de
wbv.de

Umschlagmotiv: 1expert, 123rf
Bestellnummer: I78090
ISBN (Print): 978-3-7639-7809-0
ISBN (E-Book): 978-3-7639-7811-3
DOI: 10.3278/9783763978113

Printed in Germany

Diese Publikation ist frei verfügbar zum Download unter
wbv-open-access.de

Diese Publikation mit Ausnahme des Coverotos ist unter
folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:
creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de



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

Der Verlag behält sich das Text- und Data-Mining nach § 44b UrhG vor, was hiermit Dritten ohne Zustimmung des Verlages untersagt ist.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Die freie Verfügbarkeit der E-Book-Ausgabe dieser Publikation wurde ermöglicht durch ein Netzwerk wissenschaftlicher Bibliotheken und Institutionen zur Förderung von Open Access in den Sozial- und Geisteswissenschaften im Rahmen der *wbv OpenLibrary 2025*.

Die Publikation beachtet unsere Qualitätsstandards für Open-Access-Publikationen, die an folgender Stelle nachzulesen sind:

https://www.wbv.de/fileadmin/importiert/wbv/PDF_Website/Qualitaetsstandards_wbvOpenAccess.pdf

Großer Dank gebührt den Förderern der *wbv OpenLibrary 2025* im Fachbereich *Berufs- und Wirtschaftspädagogik*:

Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB, Bonn) | Carl von Ossietzky Universität Oldenburg | Eidgenössische Hochschule für Berufsbildung (Hauptsitz Bern) | Fachhochschule Münster | Fernuniversität Hagen | Georg-August-Universität Göttingen | Goethe-Universität Frankfurt am Main | Hochschule der Bundesagentur für Arbeit (Mannheim) | Humboldt-Universität zu Berlin | Justus-Liebig-Universität Gießen | Landesbibliothek Oldenburg | Otto-Friedrich-Universität Bamberg | Pädagogische Hochschule Freiburg | Staats- und Universitätsbibliothek Bremen | TIB Hannover | Universitäts- und Landesbibliothek Darmstadt | Universitäts- und Landesbibliothek Münster | Universitäts- und Stadtbibliothek Köln | Universitätsbibliothek Kassel | Universitätsbibliothek Kiel | Universitätsbibliothek St. Gallen | Zentralbibliothek Zürich

Inhalt

Vorwort	11
Berufsgestaltung und Qualifizierungsansätze	15
<i>Matthias Becker; Thomas Felkl; Axel Kaufmann; Georg Spöttl; Lars Windelband; Florian Winkler</i>	
Beruf und Beruflichkeit – Phänomene der Vergangenheit oder Garanten zukunftsicher Facharbeit	17
<i>Matthias Becker; Tim Richter-Honsbrok</i>	
Kfz Master Professional – Potenziale und Herausforderungen der Einführung eines Fortbildungsprofils auf der dritten Fortbildungsstufe	57
<i>Torsten Grantz; Tim Richter-Honsbrok</i>	
Strukturierte Störungsdiagnose als Markenkern – Geprüfte/-r Systemtechniker/-in für Land- und Baumaschinentechnik	75
<i>Berivan Isik; Claudia Kalisch; Tamara Riehle</i>	
Aus- und Weiterbildungsbedarfe von Institutionen der Mikro- und Nanotechnologie und Wege der Fachkräftequalifizierung	87
<i>Henning Klaffke; Marius Herzog</i>	
Die Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung	103
Nachhaltigkeit und Energiewende	115
<i>Stefan Nagel</i>	
Zirkuläre Arbeitswelten – Aufarbeitung als Handlungsfeld und Gegenstand einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung	117
<i>Andreas Zopff; Mario Reich</i>	
Gewerkeübergreifende Qualifizierung vor dem Hintergrund der Energiewende .	139
<i>Eike Zimpelmann</i>	
Alles nichts Neues(?) – „Wiederentdeckung“ der gestaltungsorientierten Berufsbildung im Rahmen von BNE und Future Skills	151

<i>Matthias Haack; Thomas Jambor</i>	
Verankerung von Nachhaltigkeit in aktuellen curricularen Vorgaben – Erste Annäherung	163
<i>Sören Schütt-Sayed</i>	
Qualifikationsanforderungen: Die Rolle der beruflichen Bildung in der Batteriezellproduktion	177
<i>Anna Kathrin Gerhardus; Jule Marie Dreßen; Soeren Roesges; Martin Frenz</i>	
Arbeitsprozesse in der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien: Modellierung für die Entwicklung kompetenzorientierter Qualifikationen	191
<i>Jule Marie Dreßen; Soeren Roesges; Mattia Lisa Müller; Martin Frenz</i>	
Qualifizierungen im Ökosystem von Lithium-Ionen-Batterien: Evaluation des Lerntransfers in unterschiedlichen Qualifizierungskonzepten	201
<i>Lina Castillo; Eike Permi; Lisa Gunnemann; Leonie Potthoff</i>	
Escape Rooms als Werkzeug zur Vermittlung von Nachhaltigkeitszielen in gewerblich-technischen Berufen	211
Digitale Transformation	221
<i>Eike Permin</i>	
Digitale Transformation als Dauerzustand – Wie integrieren wir zukunftssicher Digitalisierung in Lehre und Ausbildung?	223
<i>Viktoria Bergmann; Lars Windelband</i>	
Effektiver Einsatz von schulischen Lernfabriken in der beruflichen Weiterbildung: Herausforderungen und Lösungsansätze	233
<i>Anne Pursche; Martin Frenz</i>	
Augmented-Reality-basierte Schulungssysteme in der Schweißtechnik – Konzeption einer videobasierten Fragebogenstudie für Lehrkräfte an berufsbildenden Schulen	243
<i>Jan Breuer</i>	
Vermittlung als pädagogisch professionelle Herausforderung im Kontext von Digitalisierung	257
<i>Estella Landau; Ludger Schmidt</i>	
Entwicklung und Erprobung eines Qualifizierungskonzepts zur Förderung digitaler Kompetenzen von Beschäftigten aus der Produktion	273

<i>Eva Hanau</i>	
Anforderungen an KI-Projektmanager im produzierenden Gewerbe – erfahrungsbasierte Fallbeispiele aus dem Projekt WIRksam	287
Bildungspersonal	299
<i>Jule Marie Drefßen; Martin Frenz</i>	
Konflikte in der betrieblichen Berufsausbildung: Eine systematische Literaturanalyse zu Konfliktursachen, -verläufen und -folgen	301
<i>Marc Krüger; Nils Stallmeier; Celina Khongklad; Jeanne Lengersdorf</i>	
EduAR Workbook: Methodisch-didaktische Unterstützung für Ausbilder:innen beim Design von AR-Lernanwendungen für technische Berufe	315
<i>Natali Becker</i>	
Bildungskonzepte für gewerblich-technische Lehramtsstudiengänge im Kontext von Industrie 4.0	327
Autorenverzeichnis	337
Siegener Erklärung 2024	341

Vorwort

Dieser Band dokumentiert die 23. gtw-Herbstkonferenz der Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw), die vom 10.–11. Oktober 2024 an der Universität Siegen stattgefunden hat. Das Leitthema der Konferenz und der Buchtitel „Lern- und Arbeitsprozesse für die Transformation gewerblich-technischer Facharbeit“ fokussiert den Wandel der gewerblich-technischen Facharbeit, der Berufsbildung und Lehrerbildung für berufsbildende Schulen unter dem Einfluss vielfältiger Transformationsprozesse. Als wesentliche Treiber und damit als Megatrends dieser Transformation erweisen sich neben der Digitalisierung zunehmend die Dringlichkeit einer nachhaltigen Entwicklung in allen drei Dimensionen (ökologisch, ökonomisch und sozial) sowie der Einfluss der künstlichen Intelligenz auf das Arbeiten in Betrieben und Berufsbildungseinrichtungen.

Als Resultat der noch nicht abgeschlossenen Transformation erfahren Arbeitsprozesse eine teilweise fundamentale Veränderung und Neuausrichtung. Infolgedessen stellt sich die Frage, wie sich gewerblich-technische Berufe gestalten lassen, um den veränderten Kompetenzanforderungen gerecht zu werden, und wie Lernprozesse zu gestalten sind, sodass die Lernenden diese Transformation mitgestalten können. Der vorliegende Sammelband enthält über 20 Beiträge, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen und dabei grundlegende Aspekte der Berufsgestaltung sowie praktische Qualifizierungsansätze für die Erstausbildung, Fortbildung und Lehrerbildung erörtern. In der gewerblich-technischen Berufsbildung werden inzwischen innovative Bildungsansätze erprobt und untersucht, um insbesondere

- die Transformation von Produktionsprozessen als Herausforderung u. a. für den Mittelstand zu gestalten;
- die gewerblich-technischen Berufe für die Energiewende neu aufzustellen;
- die berufliche Arbeit digital und KI-gestützt bewältigen zu können;
- die Aus-, Fort- und Weiterbildung für gewerblich-technische Berufsfelder zukunfts-fest auszurichten und
- die Qualifizierung des Bildungspersonals für die Transformation sicherzustellen.

Am Konferenzstandort 2024 in Siegen wird am Campus Buschhütten exemplarisch deutlich, dass eine große Stärke der industriellen Produktion aus dem Ideenreichtum der miteinander vernetzten Forschenden, Lehrenden und Lernenden erwächst. Sie wirken zusammen als Transformatoren der gewerblich-technischen Facharbeit im Kontext von Industrie-4.0-Umgebungen. Im Rahmen der gtw-Tagung in Siegen wurden innovative Lernkonzepte präsentiert und diskutiert. Diese Konzepte zielen darauf ab, eine flexible und zukunftsorientierte Ausbildung in gewerblich-technischen Berufsfeldern zu ermöglichen.

Das Themenspektrum der Beiträge haben die Herausgeber dieses Bandes in vier Bereiche gegliedert:

1. Berufsgestaltung und Qualifizierungsansätze
2. Nachhaltigkeit und Energiewende
3. Digitale Transformation
4. Bildungspersonal

Im Mittelpunkt des ersten Blocks zur Berufsgestaltung und zu den Qualifizierungsansätzen steht die Diskussion über den Beitrag des Berufsbildungssystems zur Bewältigung der Transformation, über die Aspekte der Ordnung der Berufsbildung, die zu mehr Flexibilität und Passfähigkeit auf die neuen Anforderungen führen, sowie über die Maßnahmen zur Ermöglichung durchgängiger, beruflich geprägter Laufbahnen. Der erste Beitrag ist das Resultat eines Symposiums auf der Konferenz und vereint verschiedene Perspektiven aus der Ordnungsarbeit des BIBB und aus der Forschung zu gewerblich-technischer Facharbeit in der Industrie. Es wird deutlich, dass die gewerblich-technischen Berufe bereits einige wirksame Veränderungen in der Vergangenheit erfahren haben, jedoch in der Zukunft noch flexibler an die neuen Anforderungen angepasst werden müssen. Darüber hinaus werden in weiteren Beiträgen neue Qualifizierungsfelder der Mikro- und Nanotechnologien sowie die neue Fortbildungsstufe Master Professional, durchgängige Fortbildungskonzepte und die Verzahnung von Berufsbildung und Hochschulbildung behandelt.

Im zweiten Block werden innovative Ansätze in der Berufsbildung für die nachhaltige Entwicklung (BBNE) und die Energiewende diskutiert. Schon länger werden in der Berufsbildung Aspekte der gewerkeübergreifenden Arbeit oder des Umweltschutzes aufgegriffen. Insbesondere aber die Anforderungen an eine BBNE, die nicht nur auf der Ebene von Präambeln oder allgemeinen curricularen Verankerungen stehen bleiben, benötigen Forschung zur Identifizierung von Nachhaltigkeitspotenzialen, die in der Facharbeit und den Berufsbildungsprozessen selbst liegen. Im Rahmen der vorliegenden Beiträge werden entsprechende Ansätze vorgestellt und diskutiert. Ein Beispiel ist die Batteriezellenproduktion, in der neue und veränderte Arbeitsplätze entstehen, die qualifiziertes Personal benötigen. Darüber hinaus widmen sich einige Beiträge der konkreten Verankerung von Nachhaltigkeitszielen in den Berufsbildungsprozessen und im Studium.

Der dritte Block der Beiträge diskutiert Ansätze für die Bewältigung der digitalen Transformation. Es wird deutlich, dass diese nicht mehr nur thematisch und punktuell in der Ausbildung und im Studium aufgegriffen werden darf, sondern systematisch in bestehende Bildungsprogramme zu integrieren ist. Schließlich werden mediendidaktische und organisatorische Konzepte benötigt, um ein neues digitales Arbeiten etwa unter dem Einfluss von KI oder Augmented Reality zu befördern oder die Digitalisierung konsequent für die Gestaltung von Lernprozessen zu nutzen.

Die Beiträge des dritten Blocks bilden die thematische Brücke zum vierten Block, in dem das Bildungspersonal als treibende Kraft der Transformation in den Fokus rückt. Hier tauchen Konflikte auf, die teils aus veränderten Vorstellungen zur Berufs-

ausbildung resultieren und durch die digitale Welt geprägt werden. Ausbilder/-innen und Lehrkräfte benötigen schließlich erweiterte didaktische Fähigkeiten, um Anwendungen wie das virtuelle Schweißen und Ähnliches systematisch in die Berufsbildungsprogramme zu integrieren und unter den Bildungsinstitutionen abzustimmen. Die durch die Digitalisierung geprägten neuen Anforderungen sind auch im gewerblich-technischen Lehramtsstudium zu verankern. Dies erfordert neben konzeptionellen Überlegungen auch einen erheblichen Ressourcenbedarf und interdisziplinär ausgerichtete Lehrkompetenzen.

Beim Lesen dieses Bandes wünschen wir viel Spaß und zahlreiche Anregungen für die Diskussion und Gestaltung der eigenen Forschung und Berufsbildungspraxis.

Die Herausgeber

Matthias Becker, Ralph Dreher, Martin Frenz und Lars Windelband

Berufsgestaltung und Qualifizierungsansätze

Beruf und Beruflichkeit – Phänomene der Vergangenheit oder Garanten zukunftsicher Facharbeit

MATTHIAS BECKER; THOMAS FELKL; AXEL KAUFMANN; GEORG SPÖTTL;
LARS WINDELBAND; FLORIAN WINKLER

Zusammenfassung

Die mit der Digitalisierung einhergehende hohe Innovationsdynamik führt zu einem Trend der Höherqualifizierung und stellt die Bedeutung gewerblich-technischer Berufe in Frage. Empirisch kann allerdings gezeigt werden, dass gewerblich-technische Berufe einen Beitrag leisten, den Digitalisierungsprozess zu unterstützen. Träger von Berufen verfügen über breit gefächerte Handlungskompetenzen, die die Flexibilität auf dem Arbeitsmarkt deutlich erhöhen. Das Berufskonzept ist allerdings nur stabil, wenn es die Veränderungen selbst mit aufnimmt und Antworten auf veränderte Anforderungen durch das Individuum, die Unternehmen und die Gesellschaft geben kann. Im Beitrag werden die Veränderungen mit ihren Wirkungen auf gewerblich-technische Berufe und Kriterien für eine moderne, innovationsfördernde Beruflichkeit diskutiert. Es werden Thesen für ein zukunftsstabiles duales System formuliert, die gewerblich-technische Berufe hervorbringen.

Abstract

The high innovation dynamics associated with digitalization are leading to a trend towards higher qualifications and calling into question the importance of industrial-technical professions. Empirically, however, it can be shown that industrial-technical occupations contribute to supporting the digitalization process. Holders of occupations have a wide range of skills, which results in a high degree of flexibility for employees on the labour market. However, the occupational concept is only stable if it is able to absorb the changes themselves and provide answers to the changing requirements of the individual, society and companies. The article discusses the changes and their effects on industrial-technical occupations and criteria for a modern, innovation-promoting occupation. Theses are formulated for a future-proof dual system that produces such professions.

Schlagworte: Beruflichkeit, Beruf, Ordnungsarbeit, Neuordnung, Kernberufe, Flexibilität

1 Einleitung

Die Diskussion um den Beruf und dessen Bedeutung für Subjekte und Gesellschaft hat eine lange Tradition. Bereits in frühchristlicher Zeit wurden Menschen, die ihr ganzes Leben in den Dienst des Glaubens gestellt hatten, als Träger eines Berufes begriffen (Geistliche, Mönche, Nonnen) (vgl. Grüner, 1981, S. 8). Berufe gelten seither als verlässliche Signale für die erforderlichen Qualifikationen und Kompetenzen in bestimmten Tätigkeitsfeldern und Aufgabengebieten, sodass Arbeitsplatz- und Unternehmenswechsel nur mit geringem Anlernaufwand verbunden sind. Veränderungen – vor allem, wenn diese häufig und mit hoher Veränderungsdynamik auftreten – stellen die gesellschaftliche Funktion des Berufs wiederholt in Frage. Gleichzeitig lässt sich feststellen, dass sich immer wieder der Beruf als Garant für die Bewältigung neuer Herausforderungen herausstellt und bewährt. Unstrittig ist dabei, dass die Kompetenzanforderungen angesichts veränderter Arbeit und Technik stetig modifiziert werden und somit der Beruf als Qualifikationsbündel ebenfalls diese Veränderungen aufnehmen muss.

Nachstehend wird dieser Komplex diskutiert und es wird geklärt, welche Rolle Beruf und Beruflichkeit bei der hohen Veränderungsdynamik in der Industriearbeit und Gesellschaft noch spielen kann. Geklärt wird auch, ob der Beruf und die Beruflichkeit noch die stabilisierenden Bezugsgrößen für Subjekte und Berufsbildung so wie in der Vergangenheit sein können. Für gewerblich-technische Berufe werden notwendige Veränderungen des Berufskonzepts aufgezeigt, damit diese zukunftsicher werden.

Vor rund 60 Jahren stellte Schelsky noch fest: Der Beruf ist „eine der großen sozialen Sicherheiten, die der Mensch in der modernen Gesellschaft ... noch besitzt“ (Schelsky, 1965, S. 238). Demgegenüber wird aktuell die Frage diskutiert, ob angesichts weitgehender Modernisierung und Veränderungsprozesse in Industrie und Handwerk das feudalistische Konzept der Berufsformigkeit der Arbeit für heute und in der Zukunft noch tragfähig ist. Gefordert werden Flexibilität im Beruf und Mobilität von Tätigkeit zu Tätigkeit – Aspekte, denen die Berufsform auf den ersten Blick eher zu widersprechen scheint. Beruflichkeit bietet traditionell die Möglichkeit der Identitätskonstitution und der sozialen Absicherung durch klare Arbeitsmarktstrukturen. Das duale System der Berufsbildung ist besonders dadurch herausgefordert, dass das Berufsbildungs- und das Beschäftigungssystem zusehends schwieriger aufeinander abgestimmt werden können. Dies gilt hinsichtlich der zeitlichen Konstanz und Stabilität der Qualifikationen wie mit Blick auf die Entwicklung von Kompetenzen für spezialisierte Aufgabenstrukturen.

Für und wider den Beruf sind zahlreiche Argumentationsrichtungen auszumachen, die die Wechselbeziehungen zwischen Beruf, arbeitsplatzgebundenen Anforderungen und personengebundenen Kompetenzen im Blickfeld haben. Die Tatsache, dass sich Investitionen in Humanressourcen vielfach erst auf mittlere Sicht auszahlen, stärkt tendenziell die Fraktion, die den Beruf für die heutige gesellschaftliche und industrielle Entwicklung infrage stellt. So beschreibt der amerikanische Soziologe Sennett einen Menschen, der ohne soziale Bindungen durch das Leben driftet, der zwar Arbeit, aber keinen festen Arbeitsplatz und damit keine Sicherheit mehr hat. Verpflichtung ist für den neuen Mitarbeiter nur noch eine abstrakte Tugend (vgl. Sennett, 1998).

Entgegen zahlreicher Beteuerungen zugunsten flacher Hierarchien sieht Sennett die Systeme zentralistisch angelegt. Es werden Teams geschaffen, die untereinander konkurrieren. Das Gewinnerteam wird hoch belohnt, die Verlierer scheiden aus. Soziale Bindungen und Vertrauen sollen bewusst nicht aufgebaut werden. Teamkonzepte, den Einsatz von Moderatoren und andere Dezentralisierungsmaßnahmen interpretiert Sennett dahingehend, dass es sich um ein ausgefeiltes Kontroll- und Machtssystem handelt, mit einer Verlagerung der funktionellen Leistungsfähigkeit. Verlierer sind auch bei dieser Interpretation die „Mittelschichtler“, die an ihren beruflichen Werten hängen, welche immer weniger Bedeutung haben. Diese Position – die Diskussion um die „schlanke“ Produktion vor rund 35 Jahren verbunden mit der heimlichen Message, dass es auch ohne Beruf geht, aber auch die Tatsache, dass es den Beruf im deutschen Verständnis in nur wenigen Ländern gibt – stellte die weit über Deutschland hinaus verbreitete positive Einschätzung zum Standortfaktor duales Berufsbildungssystem zunehmend in Frage. In den 1990er-Jahren wurde mit Bezug auf schlanke Produktions- und Managementsysteme von Unternehmen und Soziologen festgestellt, dass staatlich verordnete, festgefügte Berufsbilder bei Facharbeitern die Flexibilität bei eigenständiger Aufgabenstellung, vor allem auch bei der kompetenten, tiefen Zusammenarbeit von direkt produktiven Gruppen und Spezialteams (vgl. Kern & Sabel, 1994) hinderlich sind. Diese Diskussion und die damit verbundenen Positionen zur Berufsbildung sind immer noch aktuell (Becker et al., 2023; Kutscha, 2022), finden jedoch zunehmend Widerspruch durch Studien, die sich intensiver mit der Implementierung von Industrie 4.0 im Zusammenhang mit der Digitalisierung auseinandersetzen (Becker et al., 2024; EVA-M+E-Studie, 2022; Pfeiffer, 2015, 2017; Zinke, 2019).

Schelsky nahm 30 Jahre früher eine andere Position ein und sah im Beruf nicht nur eine Kombination von erlernten Qualifikationen und erworbenen Arbeitserfahrungen, sondern er sah auch jene komplexe Kategorie der sozialen Integration des Individuums, als welche der Beruf in die deutsche Berufs- und Industriesoziologie eingegangen ist, nämlich als „Medium sozialer Verortung, als Raum für wesentliche Sozialkontakte und als zentrale Instanz für ‚Umweltsensibilisierung‘ und ‚Innenstabilisierung der Person‘“ (Baethge & Baethge-Kinsky, 1998, S. 461). Damals und in der aktuellen Diskussion fand und findet die Notwendigkeit der funktionalen Qualifikation bei Fachkräften breite Zustimmung. Dagegen wurde dem Beruf mit seiner sozial absichernden Verortung schon damals sehr viel Kritik entgegengebracht und diese Funktion gar als konservative Beschwörungsrhetorik benannt (ebd.). Der Beruf enthält aber noch eine bislang zu wenig in Augenschein genommene Funktion: die Funktion des Selbstanspruchs an kompetente Facharbeit als Selbstverwirklichung der eigenen Fähigkeiten (Baumhauer & Meyer, 2023, S. 388).

2 Fragen zur Bedeutung des Berufes im Zeitalter der Digitalisierung

Angesichts der Digitalisierung und Automatisierung industrieller und handwerklicher Arbeitsprozesse verstärkt sich die wiederholt diskutierte Frage, ob der Beruf noch eine zukunftsähnliche Referenzgröße und Ordnungskategorie für Wirtschaft, Gesellschaft, Individuum und Bildungssystem darstellt. Wir analysieren dazu zunächst, zu welchen Erkenntnissen die Forschung der letzten Jahrzehnte gekommen ist und welche Fragen hieraus erwachsen.

Mehrere Autoren (Baethge & Baethge-Kinsky, 1998; Becker et al., 2023; Meyer, 2019, 2022) sprechen von einer Erosion von Berufen und fragen danach, ob sich diese Entwicklungen in der digitalen Transformation bestätigen. Schon aus der Arbeitsmarktforschung heraus zeigt sich, „dass es nur äußerst wenige Indizien gibt, die auf eine generelle Entberuflichung der Arbeit oder der Arbeitsmarktallokation in Deutschland“ (Matthes, 2019, S. 34) hinweisen. Was wissen wir dahingehend über gewerblich-technische Berufe und wie müssen diese aufgestellt sein, damit sie zukunftsicher sind? Das wollen wir nachstehend aus verschiedenen Perspektiven in den Blick nehmen.

Sehr konkret stellt sich die Frage, ob der Beruf noch ein „Medium sozialer Verantwortung“ im Sinne von Schelsky sein kann oder ob die bereits brüchig gewordene Kontinuität im Sinne von „Lebensberufen“ Berufe als lebenslangen Orientierungsrahmen hinfällig werden lässt. Noch konkreter muss gefragt werden, ob der Beruf, ob das Berufsprinzip noch als ökonomisches und soziales Organisationsprinzip (Deißinger, 1998) fungiert und welche Konsequenzen für die Berufsausbildung zu erwarten sind, falls dieses nicht mehr zutreffend sein sollte.

Besondere Beachtung verdient auch die Frage, ob es zutreffend ist, dass individuelle Berufsbiografien erodieren, wenn die Arbeitswelt – wie von der IG Metall (2007) beschrieben – zunehmend prozessorientiert organisiert wird, es also nicht mehr um klar umrissene Einzelaufgaben geht, sondern um die Sicherstellung eines reibungslos funktionierenden, vernetzten Produktionsprozesses. Kommt in diesem Falle nicht eher oder gar vorrangig das Berufsprinzip zum Tragen, weil diese Organisationsform der vielbeschworenen Disruption und damit dem im angloamerikanischen Raum favorisierten Job-Requirement-Approach¹ entgegenläuft? Soll in diesem Zusammenhang mit einer Berufsausbildung für Berufe qualifiziert werden, so wie das in Deutschland der Fall ist, dann steht dahinter auch ein Bildungskonzept (vgl. BBIG, 2020), das auf nachstehende berufliche Dimensionen zielt:

- auf Persönlichkeitsentwicklung,
- auf Gestaltungskompetenz,
- auf zukunftsgerichtete Qualifizierung,

¹ Ein Job-Requirement-Approach ist eine methodische Vorgehensweise zur Analyse und Bewertung von Anforderungen an Arbeitsplätzen, die darauf abzielt, die spezifischen Fähigkeiten, Kenntnisse und Qualifikationen zu identifizieren, die für die erfolgreiche Ausführung einer bestimmten beruflichen Tätigkeit erforderlich sind. Diese Herangehensweise wird genutzt, um präzise Kriterien zu formulieren, die bei der Auswahl, Entwicklung und Evaluierung von Arbeitskräften relevant sind (vgl. Korres et al., 2012).

- auf Identität,
- auf reflexive Handlungskompetenz.

Inwieweit diese Ansprüche eines Bildungskonzepts bei heutigen Arbeits- und Produktionsstrukturen noch eingelöst werden, ist zu prüfen.

Der in der Einleitung genannte Fragekomplex und die hier benannten spezifischeren Fragen werden in den nachstehenden Kapiteln mittels einer iterativen Diskussion so weit wie möglich geklärt und beantwortet. Die iterative Diskussion wird mit Erkenntnissen aus der Empirie einerseits unterlegt und andererseits aus einer sich verändernden Berufstheorie gespeist. Dieses Verfahren wird gewählt, weil sich der größere Teil der Fragen nicht allein empirisch beantworten lässt.

3 Wissenschaftlicher Stand der Diskussion zur Beruflichkeit

Vor dem Hintergrund des Einflusses der Automatisierung und Digitalisierung der letzten zwei Jahrzehnte, aber auch längerfristig unter verschiedenen Einflüssen, wird dem Berufskonzept² vielfach eine Auflösungstendenz unterstellt (Dostal et al., 1998; Rosen-dahl & Wahle, 2017). Zugleich wird als Ergebnis von Analysen und empirischen Studien immer wieder herausgearbeitet, dass der Beruf einen individuellen, systemischen und gesellschaftlichen Wert hat, der sich kaum durch andere Konzepte ersetzen lässt. Je-doch verschiebt sich der unter Druck stehende Ausbildungsmarkt hin zu mehr akademischer Bildung, z. B. durch ein duales Studium. Ein Trend zur Höherqualifizierung ist abzulesen (vgl. Abbildung 1). Der Beruf im herkömmlichen Sinne, der sich vor allem auf die Facharbeiterebene bezieht und nicht auf die professionelle Ebene der akademischen Berufe, erfährt durch diese Entwicklung eine gewisse Abwertung.

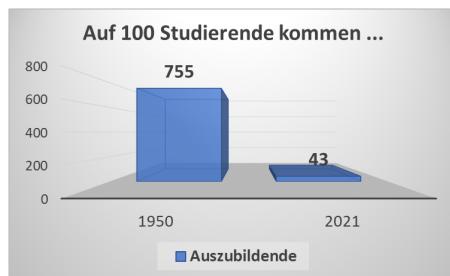


Abbildung 1: Entwicklung des Verhältnisses von Studierenden und Auszubildenden (Datenquelle: Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes Nr. N036 vom 15. Juni 2023)

2 Der Beruf wird dabei verstanden als gesellschaftlich akzeptierte Qualifikation und persönlichkeitsbildende Kompetenz, die in bestimmten Tätigkeitsfeldern und Aufgabengebieten eine dauerhafte Beschäftigung und Verwirklichung der eigenen Fähigkeiten sicherstellt. Ein Beruf stattet dafür aus, Arbeitsplatz- und Unternehmenswechsel mit nur geringem Anlaufaufwand vornehmen zu können. Veränderungen – vor allem, wenn diese häufig und mit hoher Veränderungsdynamik auftreten – stellen die gesellschaftliche Funktion des Berufes immer wieder in Frage.

Deshalb muss der Stellenwert von „Facharbeit“ im beruflichen und gesellschaftlichen Kontext einer sich wandelnden Gesellschaft neu bewertet werden. Bleibt also eine Beruflichkeit als rudimentäre und formale Form der Arbeitsteilung bestehen, verliert sie ihre vielfältigen Funktionen und Wirkungen (vgl. Beck, 2018) oder verändert sie sich in ihrem Wesen und erscheint wiederbelebt als eine erweiterte moderne Beruflichkeit (IG Metall, 2014)? Diese Fragestellung verweist auf das breite Spektrum, in welchem das Beruflichkeitsverständnis heute diskutiert werden muss. Relevante Beruflichkeitsentwicklungen sollen im Folgenden näher betrachtet und gegenübergestellt werden.

In der wissenschaftlichen Diskussion und in Forschungsdisziplinen wie der Arbeitssoziologie, der Industriesoziologie und der sozialwissenschaftlichen Forschung besteht Konsens, dass sich zwar das Berufskonzept abhängig von historischen Kontexten verändert, jedoch weniger die modernen Formen der Beruflichkeit. Die strukturierende Wirkung der Beruflichkeit sowohl für den Arbeitsmarkt als auch für das Berufsbildungssystem ist umstritten. Eine der Argumentationslinien verweist darauf, dass ein Infragestellen von Berufen die Bedeutung erfahrungsbasierter, informeller Fähigkeiten und einer nicht formalisierbaren Könnerschaft (Böhle, 2017) negiert. Zugleich wird auf die Bedeutung erheblich veränderter Qualifikationsprofile im Vergleich zur Arbeitsgestaltung vor dem Zeitalter einer disruptiven Wirtschaft 4.0 eingegangen (Neumer et al., 2022; Pfeiffer, 2015, S. 40 ff.). Was macht in diesem Zusammenhang also die Beruflichkeit aus? In der Wissenschaft wird dahingehend stets eine bestimmte Struktur herangezogen, mit der Bedeutungen und Wirkungen erklärt werden sollen.

3.1 Strukturmerkmale des Konzepts „Beruflichkeit“

Der Begriff Beruf ist jeweils spezifisch gefasst und im Konsens der Sozialpartner beschrieben. Soweit es um die berufliche Erstausbildung geht, manifestiert sich das Ergebnis in den Ausbildungsordnungen. Die insgesamt wesentlich umfangreicheren Funktionen, die ein Beruf erfüllt, sind aussagekräftig zusammengefasst in Seifried et al. (2019, S. 10) und zeigen ein breites Bündel an Kompetenzen auf, das über das Verständnis des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) hinausgeht. Der Begriff der Beruflichkeit ist noch weiter zu fassen als der des Berufs und kann nach heutigem Verständnis durch folgende Merkmale beschrieben werden (Becker et al., 2023, S. 4):

- Es besteht ein Bezug zu Bildungsprozessen und zur Arbeitsgestaltung,
- es gelten Qualitätsmaßstäbe für Lernen und Arbeiten,
- es erfolgt eine Orientierung an Berufsfeldern und Arbeits- und Geschäftsprozessen,
- es gilt die Entwicklung einer reflexiven Handlungskompetenz,
- es geht um die Klärung des Verhältnisses von Wissenschafts- und Erfahrungsorientierung,
- es geht darum, die Interessen der Lernenden und Arbeitenden zu berücksichtigen,
- es geht um eine breit angelegte Grundbildung und um spezifische fachliche Kenntnisse und Fähigkeiten,
- es geht um den Erwerb von Berufserfahrung,
- es geht um soziale Absicherung der Individuen.

Die hier genannten Merkmale von Beruflichkeit gehen über ausschließliche Anforderungen der Arbeitsmärkte hinaus und umfassen neben dem Individuum mit seinen beruflichen Erfahrungen das Erwerbssystem, das Aus- und Weiterbildungssystem und das Gesellschaftssystem (Beck, 2018, S. 26 ff.).

Nach Deißinger (2001) erfolgt die Eingrenzung zentraler Aspekte von Beruflichkeit auf den Ordnungscharakter des Ausbildungswesens und macht eine Orientierung an den ausbildenden Institutionen nach einem „organisierenden Prinzip“ notwendig. Damit entfaltet sich (Deißinger, 2001, S. 4) die Deutung von Beruflichkeit nach den gesellschaftsbedeutsamen Strukturen des Berufs und nicht aus „Sachlogiken“. Es dominieren die „Soziallogiken des Handelns“ (Harney, 1993, S. 75). Die Rolle der ausbildenden Betriebe ist demnach sehr entscheidend dafür, ob die berufliche Erstausbildung ausschließlich oder vorrangig nach deren eigenen Reproduktionsbedingungen organisiert ist.

Eine Betrachtung der Beruflichkeit in subjektiver Perspektive steht immer in Verbindung mit einer Veränderung: „Neues erwerben und in berufliches Handeln integrieren, Erfahrungen machen und sich mit diesen auseinandersetzen sowie ethische oder berufsbiografische Fragen im sozial-interaktiven respektive organisationalen Rahmen reflektieren“ (Kraus, 2022, S. 56). In diesem Sinne kann Beruflichkeit als ein „biografische(r) Prozess“ (Ahrrens & Spöttl, 2012) verstanden werden.

Bei der Frage, wie sich Beruflichkeit verändern muss, setzt Kutscha (1992) vor allem auf die Eigenständigkeit. Fachkräfte sollen zum selbstständigen Problemlösen befähigt werden und damit fähig sein, auf eine mit Ungewissheit versehene differenzierte Entwicklung im Beschäftigungssystem flexibel zu reagieren. Dies bezeichnet er mit einer „neuen Beruflichkeit“. Kutscha stellt fest, dass der Beruf „bisher immer primär Fachberuf“ (Kutscha, 2017, S. 38) war, sich dieses jedoch im Zeitalter der Digitalisierung ändern könnte. „Hierbei geht es nicht um das ‚Ende‘ von Beruflichkeit, wie es vielfach vermutet oder behauptet wurde, sondern das nuancenreiche Auslaufen eines historischen Modells von Beruf, genauer: um die Überwindung des Berufs als einer starren und dauerhaft standardisierten Sozialform“ (ebd.). Greinert (2004) sieht zunächst den Beruf durch das vermittelnde Moment des Berufsbildungssystems gefestigt. Er stellt fest, dass „Berufe erwartetes Handeln strukturieren, das in Betrieben, Familien, Schulen, der politischen Öffentlichkeit allerdings nicht identisch sein muss, aber doch über die Berufe sinnhaft vermittelt wird“ (Greinert, 2004, S. 18).

Baethge & Baethge-Kinsky (1998) votieren wegen der prinzipiellen Leistungsfähigkeit und fehlender Alternativkonzepte für eine Beibehaltung des Berufskonzepts als Kern zur Strukturierung des dualen Ausbildungssystems. Sie merken allerdings an, dass es sich hierbei „um eine verdünnte Kategorie von Beruf handelt, die in Bezug auf spätere Arbeitsrealität, gesellschaftliche Statuszuweisung und soziale Integration immer weniger Realitätsgehalt aufweist und somit als [betriebliche, arbeitsmarktspezifische und gesellschaftliche] Orientierungskategorie gebrochen ist“ (ebd., S. 470).

Es sind also Strukturmerkmale identifizierbar, die Funktionen für das Individuum, die Wirtschaft/den Arbeitsmarkt sowie für die Gesellschaft und schließlich das

duale Berufsbildungssystem selbst erfüllen. Gemeinsames Merkmal ist, dass die Funktionen einen langfristigen Bestand haben, zugleich aber durch Berufe und Beruflichkeit flexibel und stets zeitgemäß umzusetzen sind.

3.2 Zum Verhältnis von Beruf und Beruflichkeit

Wie dargelegt, wird zwar in der Berufs- und Wirtschaftspädagogik nicht bezweifelt, dass „Elemente des Berufs einer Erosion unterliegen“ (Meyer, 2022, S. 42), jedoch – so die Bewertung – wird damit nicht zugleich das Prinzip der Beruflichkeit infrage gestellt. Und auch Berufe sind weiterhin existent, werden erlernt (Ausbildungsberuf) und ausgeübt (Erwerbsberuf). Ist das weiter gefasste Konzept der Beruflichkeit also stabiler als das eher enge Konzept des Berufs mit seiner Bindung an Bildungs-, Gesellschafts- und Arbeitssystem?

Meyer (2018) betont einerseits das Berufsprinzip als eine enge Kopplung von Individuum, Organisation und Gesellschaft und ordnet dabei dem Beruf eine Schlüssel-funktion in der Ausdifferenzierung moderner Gesellschaften zu. Der Beruf verbindet danach unterschiedliche soziale Systeme – Wirtschaft, Erziehung, Person, Sozialsystem – miteinander. Wenn das „Scharnier“ nicht funktioniert, entstehen Strukturprobleme, die zur Exklusion aus den Teilsystemen der Gesellschaft führen (ebd., S. 43). Diesen Mangel sieht Bosch (2017) durch das Prinzip der Beruflichkeit als kompensierbar an, weil dadurch eine Kopplung zwischen Ausbildungssystem und Arbeitsmarkt stattfindet, mit der Konsequenz, dass Arbeitsmärkte berufsfachlich organisiert sind und Beruflichkeit auch eine Schnittstelle zwischen Gesellschaft, Organisation (Unternehmen) und Individuum (die Beschäftigten) bildet. Die berufsförmige Organisation der Arbeit sichert einen Qualifikationsüberschuss, der eine Selbststeuerung und Selbstkontrolle ermöglicht, was den Unternehmen eine flexible Einsetzbarkeit von Personal bietet (ebd.). Diese Argumentationslinie weist in die Richtung, dass das Verständnis von Beruflichkeit breiter und umfassender angelegt ist, als das beim Beruf der Fall ist. Inwiefern solche Überlegungen bei der Diskussion um den Beruf eine Rolle spielen, wird im weiteren Verlauf diskutiert.

Der Begriff der Beruflichkeit ist nicht auf eine bestimmte Form des Berufes – zum Beispiel auf den Ausbildungsberuf – eingeengt. „Vielmehr sind damit Qualitätsmaßstäbe gemeint, denen berufliche Lehr- und Lernprozesse bei aller Unterschiedlichkeit der Bildungsgänge und Lernenden genügen sollen“ (Kutschä, 2016, S. 5). Beruflichkeit zielt damit auf übergreifende Qualitätsprinzipien, auf Bildungsprozesse und Arbeitsgestaltung ab (Kafsebaum, 2017, S. 195 ff.) und schließt eine Orientierung an Berufsfeldern und ein an Geschäfts- und Arbeitsprozessen ausgerichtetes Konzept der umfassenden und reflexiven beruflichen Handlungskompetenz ein. Elemente von Beruflichkeit sind demnach gekennzeichnet durch

1. Qualitätskriterien unterliegende Berufsbildungsprozesse sowie
2. das daraus resultierende Arbeitsvermögen im Sinne der Mitgestaltung von Arbeit und vor allem Verwirklichung und Umsetzung individuell entwickelter beruflicher Kompetenz, die eine gesellschaftliche Nachfrage erfährt.

Die hier benannten Elemente von Beruflichkeit weisen deutlich über traditionelle Berufsstrukturen hinaus und scheinen durchaus erosionsresistent zu sein, weil vor allem die transsektorische Funktion einen dynamischen Entwicklungsfaktor darstellt, „der sowohl Konzept und Strukturen betrifft, als auch die Ebene individueller Entwicklung“ (ebd.). Der Zusammenhalt der benannten Kriterien ist die daraus resultierende Verantwortung und Könnerschaft im Zusammenhang mit lebensbedeutsamen Aufgaben. Lebensbedeutsam bedeutet einerseits, dass entsprechend der Beruflichkeitskriterien Ansprüche der Persönlichkeit eingelöst werden, andererseits aber ebenso die gesellschaftlichen Anforderungen an das hochtechnisierte Leben erfüllt werden. Ein diese Kriterien erfüllendes Konstrukt, welches von Individuen, Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen getragen wird, kann auch heute und weiterhin mit dem Begriff „Beruf“³ umschrieben werden.

Die Ausführungen machen deutlich, dass bei den Antworten zur zukünftigen Bedeutung des Berufes bei der sich dynamisch verändernden Gesellschaft Zweifel am Stellenwert der bisherigen Berufe bestehen. Mehr oder weniger alle Forschungsdisziplinen kommen zu dem Ergebnis, dass zumindest ausgewählte Elemente des Berufes heutigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden, um bspw. mehr Flexibilisierung oder Mobilität zu erreichen (vgl. Kapitel 4.2). Konsequenz ist allerdings bislang nicht, dass deshalb über gründliche Reformprozesse des Berufes im Zusammenhang mit dem Berufsbildungssystem nachgedacht wird; Ausbildungsberufe werden eher nach tradierten Mustern modernisiert. Das Vehikel „Beruflichkeit“ wird bemüht, um durch die Nutzung von vielfältigen Merkmalen diese so zu „definieren“, dass eine berufsbezogene Qualifizierung, die sich in einer geordneten Berufsausbildung sowie darauffolgenden Fort- und Weiterbildungen vollzieht, stattfinden kann. Aus- und Weiterbildung – vor allem im dualen System – soll diese Beruflichkeitsansprüche einlösen.

4 Beziehungen zwischen Beruf und Beruflichkeit aus der Ordnungsperspektive

4.1 Die ordnungspolitische Sicht auf das Verhältnis von Beruf und Beruflichkeit

Bei der vielfältigen Verwendung der beiden hier zentralen Begrifflichkeiten Beruf und Beruflichkeit fällt es zunächst schwer, eine einheitliche Definition zu finden. Es kann aber zunächst festgehalten werden, dass im Kontext der Ordnungsarbeit Ansprüche an Beruflichkeit über die Schaffung und Modernisierung von Ausbildungsberufen eingelöst werden sollen.

Ordnungspolitisch wird das Konstrukt Beruf auf ein klar definiertes Tätigkeitsfeld als eine spezifische und gesellschaftlich akzeptierte Form der Arbeitsteilung ausgerichtet. Er ist eng mit Ausbildungsordnungen, Arbeitsmarktanforderungen und formalen

3 Dabei umfasst „Beruf“ mehrere Dimensionen von Funktionen, Aufgaben und Tätigkeiten bis hin zu gesellschaftlichen Zuweisungen und Verantwortungsübernahmen (vgl. Dostal, 2005, S. 106 und zusammenfassend Büchter, 2021).

Qualifikationen verbunden. Der Beruf fungiert als konkrete Einheit, die Tätigkeiten, Status und Kompetenzen systematisch zusammenführt (Laur-Ernst, 2000, S. 89; Rosendahl & Wahle, 2016, S. 1). Betrachtet man das Verhältnis zwischen Beruf und Beruflichkeit aus der Ordnungsperspektive des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB), wird deutlich, dass der Begriff des Berufes in diesem Zusammenhang eng mit dem Konzept des Ausbildungsberufs verbunden ist. Ausbildungsberufe sind dabei weit mehr als bloße Tätigkeitsbezeichnungen – sie sind sorgfältig konstruierte Schnittstellen zwischen Bildungs- und Beschäftigungssystem (Schwarz & Bretschneider, 2014, S. 181). Sie ermöglichen nicht nur den Aufbau von spezifischen Kompetenzen, sondern erfüllen auch zentrale gesellschaftliche und wirtschaftliche Funktionen. Im deutschen Berufsbildungssystem bildet der Ausbildungsberuf das Rückgrat des sogenannten Berufsprinzips, das Bildung und Arbeit strukturiert. Das Berufsprinzip wird als systematische Verbindung von Arbeits- und Bildungswelt verstanden, das klare Berufsbilder und Qualifikationsstandards schafft, um eine langfristige berufliche Perspektive zu gewährleisten. Es fungiert als zentrale Kategorie der Berufsbildung und verbindet technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Anforderungen an der Nahtstelle zwischen Bildungs- und Beschäftigungssystem (Laur-Ernst, 2000, S. 661; Schwarz & Bretschneider, 2014, S. 181; Wahle & Walter, 2013, S. 2). Der Beruf schafft Orientierung für junge Menschen (Identitätsbildung, Strukturierung der Bildungs- und Berufswelten) und Betriebe (Allokationsfunktion), indem er klare Anforderungen definiert und Qualifikationen systematisiert (Laur-Ernst, 2000, S. 89). Gleichzeitig verbindet der Ausbildungsberuf die Anforderungen der Arbeitswelt mit bildungspolitischen Zielen und setzt diese in Ausbildungsordnungen um, die im Konsens von Sozialpartnern und Staat entwickelt werden (Bundesausschuss für Berufsbildung, 1974, S. 1).

Beruflichkeit hingegen ist ein abstrakteres Konzept, das die Prinzipien und Werte beschreibt, die berufliches Handeln sowie die Organisation von Arbeit strukturieren und prägen. Im Unterschied zum Beruf, der spezifische Tätigkeitsfelder und Qualifikationsanforderungen umfasst, bildet Beruflichkeit eine übergeordnete Kategorie. Sie beschreibt die kulturellen, sozialen und individuellen Dimensionen, die berufliche Tätigkeiten tragen, und bietet einen Rahmen, um Arbeit und Bildung im gesellschaftlichen Kontext zu verorten (Baethge & Baethge-Kinsky, 1998, S. 28; Becker et al., 2023, S. 14). Ein zentrales Merkmal der Beruflichkeit ist ihre Anpassungsfähigkeit. Als dynamisches Konstrukt ist sie nicht statisch, sondern reagiert auf gesellschaftliche, technologische und wirtschaftliche Veränderungen. So hat sich das Verständnis von Beruflichkeit über die Jahrzehnte gewandelt: von der traditionellen Bindung an klar definierte Berufsbilder hin zu einem flexiblen Prinzip, das die Anforderungen der globalisierten und digitalisierten Arbeitswelt integriert (Büchter, 2021, S. 187; Rosendahl & Wahle, 2016, S. 2). Beruflichkeit fungiert in ihrer aktuellen Ausprägung als Bindeglied zwischen individuellen Fähigkeiten und gesellschaftlichen Anforderungen und bietet einen Reflexionsrahmen für die Gestaltung beruflicher Identität und die Bewertung von Qualifikationen. Ihre Flexibilität erlaubt es, auf den Wandel in der Arbeitswelt zu reagieren und gleichzeitig ihre Rolle als Strukturprinzip für Bildung und Arbeit zu bewahren. Dadurch bleibt Beruflichkeit auch in einer sich ständig verändernden Welt relevant und

trägt zur Entwicklung von Berufen und beruflichen Systemen bei, indem sie den Rahmen für neue Anforderungen an die verschiedenen Systeme schafft (Laur-Ernst, 2000).

Das Verhältnis von Beruf und Beruflichkeit kann in diesem Zusammenhang als dynamische Wechselbeziehung beschrieben werden. Während der Beruf als konkretes Konstrukt spezifische Tätigkeitsfelder, Qualifikationen und gesellschaftlich geregelte Standards umfasst, stellt Beruflichkeit die übergeordnete Dimension dar, die allgemeine Prinzipien und Werte beruflicher Arbeit prägt. Die Beruflichkeit schafft die normative Grundlage, auf der Berufe entwickelt und organisiert werden können. Umgekehrt konkretisiert der Beruf die abstrakten Prinzipien der Beruflichkeit durch institutionalisierte Strukturen und klare Regelungen. Diese Kopplung ermöglicht es, individuelle Qualifikationen mit gesellschaftlicher Integration und der Organisation der Arbeitswelt zu verbinden. Beruf und Beruflichkeit stehen dabei nicht in Konkurrenz, sondern ergänzen sich: Der Beruf bietet die stabilen institutionellen Strukturen, während die Beruflichkeit als flexibles und reflexives Konzept Anpassungsfähigkeit gewährleistet. Zusammen tragen sie zur Bewältigung des Wandels in der Arbeitswelt bei und sichern die Relevanz beruflicher Bildung und Arbeit in einer zunehmend komplexen und dynamischen Gesellschaft. Folgt man der Feststellung von Becker et al. (2023, S. 17), wonach „mehr oder weniger alle Forschungsdisziplinen [...] zu dem Ergebnis [kommen], dass zumindest ausgewählte Elemente des Berufs heutigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden“, kann die Beruflichkeit als „Vehikel“ gesehen werden, um die Gestaltung bzw. Modernisierung der Aus- und Weiterbildung – vor allem im dualen System – voranzutreiben.

4.2 Was führte zur Krise des Berufs?

Debatten über die Krise oder gar die Erosion von Beruf und Beruflichkeit sind in den letzten Jahrzehnten immer wieder intensiv geführt worden. Es entsteht der Eindruck, dass solche Krisen eher die Regel als die Ausnahme darstellen und somit beinahe als Normalzustand gelten könnten. Diese Beobachtung wird pointiert von Rosendahl & Wahle (2016) als „*A Never Ending Story?*“ aufgegriffen und bietet einen prägnanten Ausgangspunkt für die Analyse der Entwicklungen der letzten 40 Jahre.

Die Diskussionen um die Erosion des Berufs als zentrale Kategorie in Bildungs- und Beschäftigungssystemen haben sich in den letzten Jahrzehnten in verschiedenen gesellschaftlichen und ökonomischen Kontexten entwickelt. Bereits in den 1970er- und 1980er-Jahren wurde die Stabilität des Berufs als Ordnungsmedium infrage gestellt. In dieser Phase dominierten Forderungen nach Flexibilisierung und Mobilität, die auf eine Entspezialisierung und Entberuflichung des Bildungssystems abzielten. Dies wurde vor allem mit der fortschreitenden Technisierung der Arbeitswelt und der zunehmenden Pluralisierung von Lebens- und Erwerbskarrieren begründet (ebd.). Obwohl der Beruf weiterhin als zentrales Ordnungsmuster des Berufsbildungssystems politisch und pädagogisch verankert blieb, wurden zunehmend Reformansätze entwickelt, die eine stärkere Berücksichtigung von nichtfachlichen Schlüsselqualifikationen in Bildungs- und Ausbildungscurrícula sowie eine größere Flexibilisierung des Berufsausbildungssystems zum Ziel hatten. Zu diesen Ansätzen zählen etwa Konzepte wie die Grund- bzw. Stufenausbildung, Basisberufe, Modularisierung und das lebenslange

Lernen, die teils bis heute diskutiert werden (ebd., S. 17). Ein Beispiel hierfür ist die Neuordnung der industriellen Elektroberufe im Jahr 1987. Dabei vereinbarten die IG Metall und der ZVEI (Verband der Elektro- und Digitalindustrie) folgende Ziele: eine „berufsfeldbreite Grundbildung“ von einem Jahr, die Befähigung für ein breites Einsatzspektrum, die Möglichkeit zur Aneignung fehlender Fähigkeiten, die Fähigkeit, sich flexibel auf neue Gegebenheiten im Tätigkeitsfeld einzustellen, um die berufliche Qualifikation zu erhalten, sowie die Teilnahme an Weiterbildungs-, Fortbildungs- und Umschulungsmaßnahmen (Borch & Deutsch, 1986, S. 1).

In den 1990er-Jahren verlagerte sich der Fokus auf die veränderte betriebliche Arbeitsorganisation. Hierbei wurden Forderungen laut, berufliche Qualifikationen zu verbreitern, um auf die neuen Anforderungen flexibler Arbeitsstrukturen reagieren zu können. Dies führte zu einer intensiven Auseinandersetzung mit der Rolle des Berufs als überbetriebliches Orientierungs- und Ordnungselement (ebd.). Die Krise des Berufs in den 1990er-Jahren führte zu umfassenden Reformen und Anpassungen im Bildungssystem, insbesondere im Bereich der beruflichen Ausbildung. Die Einführung kompetenzorientierter Ansätze zielte darauf ab, individuelle Fähigkeiten und selbstorganisiertes Lernen zu fördern, um den gestiegenen Anforderungen an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit gerecht zu werden. Auch die Einführung des Lernfeldkonzeptes war eine Konsequenz hieraus. Zudem wurden Ausbildungsordnungen modernisiert und neue Berufsbilder entwickelt, die durch offene Formulierungen und hybride Strukturen⁴ gekennzeichnet sind. Um der wachsenden Vielfalt betrieblicher Anforderungen gerecht zu werden, setzte man auf eine stärkere Differenzierung und Flexibilisierung der Ausbildung, wie etwa durch die Schaffung der Möglichkeit von Pflicht- und Wahlpflichtbestandteilen oder der Schaffung gemeinsamer Kernqualifikationen verwandter Berufe im Sinne eines Kernberufeansatzes (Schwarz & Bretschneider, 2014). Ansätze in Richtung Kernberuflichkeit, dort umgesetzt als berufsfeldbreite Kernqualifikationen, finden sich in den Neuordnungsergebnissen der Metall- und Elektroberufe (M+E) 2003/2004 und bei den IT-Berufen von 1998. Im Rahmen berufswissenschaftlicher Untersuchungen wurden charakteristische Arbeitsaufgaben analysiert (Rauner, 2023), um Berufe zu definieren, die als „Allroundberufe“ eine höhere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bieten. Diese neuen Berufe wurden als Antwort auf den zunehmenden Wandel in der Arbeitsorganisation und Technologisierung entwickelt. Ziel war es, Berufsbilder zu schaffen, die weniger rasch entwertet werden und durch eine breitere Ausrichtung eine langfristige Relevanz sicherstellen. Solche Berufe konzentrieren sich auf grundlegende Fähigkeiten, die für verschiedene Arbeitsprozesse anwendbar sind (ebd., S. 85) und sollten zur Stabilität und Modernisierung der dualen Ausbildung beitragen. Ziel war es, die duale Ausbildung als tragfähige Grundlage für den Zugang zu qualifizierter Erwerbsarbeit zu erhalten und weiterzuentwickeln.

Beruf und Beruflichkeit werden trotz zahlreicher Kritik (wie in Kapitel 3 dargestellt) vielfach als alternativlos für die Strukturierung von Bildung und Arbeit betrach-

4 Hybride Strukturen führen u. a. zu einer Verschmelzung von Berufsfeldern. Hybride Berufe vereinen Kompetenzen aus verschiedenen beruflichen Fachdisziplinen, wie E-Commerce-Kaufleute: Kombination aus kaufmännischem Wissen und digitalen Marketing- sowie IT-Kompetenzen oder Mechatroniker/-innen für eine Verbindung von Mechanik, Elektronik und Informatik.

tet. Baethge & Baethge-Kinsky (1998) argumentieren, dass es zwar zahlreiche Herausforderungen und Veränderungen im Zusammenhang mit der beruflichen Ordnung gibt, aber keine adäquate Alternative, die die vielfältigen Funktionen des Berufs als Orientierungs- und Strukturierungskategorie gleichwertig übernehmen könnte. Sie betonen, dass der Beruf weiterhin eine entscheidende Rolle spielt, auch wenn die Bedeutung der traditionellen Berufsform abnimmt und sich dafür erweiterte Beruflichkeitsprinzipien durchsetzen.

4.3 Bislang erfolgte Erweiterungen des Beruflichkeitsprinzips

Die Diskussion um Beruflichkeit hat sich in den letzten Jahrzehnten durch gesellschaftliche, technologische und ökonomische Veränderungen erheblich weiterentwickelt. Drei Entwicklungsstufen verdeutlichen diesen Wandel:

1. Traditionelle Beruflichkeit

Beruflichkeit war ursprünglich an zeitlich feste Berufsbilder und stabile Karrierewege geknüpft. Sie beruhte auf klaren Qualifikationsprofilen und handwerklichen Standards, die Bildungs- und Arbeitswelt strukturierten. Dieses Verständnis verband berufliche Identität mit langfristiger Stabilität und entsprach dem Ideal der „Normalarbeiterbiografie“ (vgl. Laur-Ernst, 2000; Wahle & Walter, 2013).

2. Moderne Beruflichkeit

Mit der zunehmenden Flexibilisierung und Technologisierung der Arbeitswelt verlagerte sich der Fokus von starren Berufsbildern hin zu einem dynamischeren Verständnis von Beruflichkeit. Diese moderne Beruflichkeit zeichnet sich durch die Betonung von Anpassungsfähigkeit, lebenslangem Lernen und überfachlichen Kompetenzen aus. Sie ermöglicht es, auf die Anforderungen einer globalisierten und digitalisierten Arbeitswelt zu reagieren, indem sie klassische Berufskategorien aufbricht und individuelle Entwicklungswege fördert (vgl. Meyer, 2022; Rosendahl & Wahle, 2016).

3. Erweiterte moderne Beruflichkeit

Die erweiterte moderne Beruflichkeit unterscheidet sich von der modernen Beruflichkeit dadurch, dass sie nicht nur auf die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität der beruflichen Handlungskompetenzen setzt, sondern darüber hinaus die ganzheitliche Entwicklung des Individuums stärker in den Mittelpunkt stellt und neben der beruflich-betrieblichen auch die akademische Berufsbildung einbezieht (Kuda et al., 2012). Im Gegensatz zur modernen Beruflichkeit, die vor allem auf überfachliche Kompetenzen und lebenslanges Lernen abzielt, integriert die erweiterte moderne Beruflichkeit gezielt Aspekte wie Persönlichkeitsbildung, gesellschaftliche Verantwortung und Werteorientierung. Dieses Konzept legt besonderen Wert auf die Reflexion und bewusste Gestaltung beruflicher Identität und gesellschaftlicher Rollen, um auf die Entgrenzung von Arbeits- und Lebenswelt sowie auf komplexere Anforderungen moderner Gesellschaften umfassend zu reagieren (IG-Metall Vorstand, 2014).

Der Wandel der Beruflichkeit zeigt eine Entwicklung von festen, berufsbezogenen Strukturen hin zu flexibleren und übergreifenden Ansätzen. Beruflichkeit wird dabei als dynamisches Prinzip verstanden, das die Verbindung von Bildung und Arbeit nicht nur ermöglicht, sondern auch deren gegenseitige Anpassung an neue gesellschaftliche und wirtschaftliche Anforderungen fördert. Sie bietet Orientierung in einer Arbeitswelt, die zunehmend komplexer und vielfältiger wird, und unterstützt gleichzeitig individuelle Möglichkeiten zur beruflichen und persönlichen Weiterentwicklung (Büchter, 2021, S. 187; Meyer, 2022, S. 43).

Rückblickend auf die hier skizzierten Entwicklungen von Beruf und Beruflichkeit sowie die damit verbundenen Krisen erscheint es sinnvoll, die grundlegenden Konzepte von Beruf und Beruflichkeit nicht grundsätzlich in Frage zu stellen. Vielmehr können diese Konzepte als Medien verstanden werden, die in einer sich ständig wandelnden Gesellschaft unterschiedlichste Funktionen erfüllen. Krisen lassen sich hierbei als natürlicher Modus der Anpassung an veränderte Verhältnisse interpretieren, während der Wandel von Beruf und Beruflichkeit die erfolgreiche Entwicklung neuer Routinen darstellt, um besser auf neue Herausforderungen reagieren zu können.

Insbesondere die fortwährende Forderung nach einer höheren Flexibilität der Berufe und der damit einhergehenden Anpassung der Beruflichkeit – wie sie beispielhaft in der Neuordnung der Metall- und Elektroberufe von 2003/2004 erfolgreich umgesetzt wurde – verdeutlicht, dass die Krisen von Beruf und Beruflichkeit produktiv genutzt werden konnten. Sie dienten dazu, die Anpassungsfähigkeit an neue und sich wandelnde Anforderungen am Arbeitsplatz nachhaltig zu verbessern.

4.4 Herausforderung für die Ordnungsarbeit

Die Ordnungsarbeit steht ständig vor der Herausforderung, Beruf und Beruflichkeit im Spannungsfeld wirtschaftlicher, technologischer und gesellschaftlicher Veränderungen in Einklang zu bringen. Ziel ist es, Ausbildungsordnungen so zu gestalten, dass sie sowohl Flexibilität als auch Stabilität durch Standardisierung bieten. Durch die Doppelfunktion des BIBB als Forschungsinstitution und als Moderator bei der Gestaltung von Ordnungsmitteln liegt es auch in dessen Verantwortung, empirische Erkenntnisse (Ertl & Weiß, 2022, S. 18) mit normativen Zielsetzungen, die aus den Ansprüchen an eine zukunftsfähige Beruflichkeit abgeleitet werden, zu verknüpfen. Ansätze wie Kernqualifikationen und Zusatzqualifikationen, etwa in den industriellen Metall- und Elektroberufen, dienen als Beispiel dafür, wie Berufe an aktuelle Anforderungen angepasst werden können (Kaufmann et al., 2022). Ordnungsprozesse erfordern jedoch eine enge Zusammenarbeit und damit eine Verzahnung in bewährter Tradition mit den Sozialpartnern, wissenschaftlichen Akteuren und der Praxis, um langfristig tragfähige Lösungen zu entwickeln und die Relevanz des dualen Systems zu sichern. Dabei ist der Ordnungsprozess selbst ein dynamisches Prinzip, ebenso wie die Beruflichkeit. Es erfordert kontinuierliche Anpassung und Weiterentwicklung, um Stabilität und Flexibilität in Einklang zu bringen und den Ansprüchen einer zukunftsfähigen Berufsbildung gerecht zu werden.

5 Erkenntnisse aus der Forschung zur Weiterentwicklung der gewerblich-technischen Berufe

5.1 Indikatoren der Akademisierung und Disziplinorientierung

Es gibt eine Zunahme akademischer und eine Abnahme beruflicher Abschlüsse (siehe Kapitel 3). Überlagert wird diese Tendenz durch den demografischen und strukturellen Wandel, der zu einer stetig sinkenden Zahl an Auszubildenden – gerade im gewerblich-technischen Bereich im Vergleich zu Dienstleistungsberufen (Maier et al., 2024, S. 9) – führt (Becker et al., 2025). Ebenso kann nicht verkannt werden, dass Konzepte wie Lean Production bis hin zu Cloud-Working eine reduzierte Formalisierung der Arbeit nach sich ziehen – mit erweiterten Zuständigkeiten und flacheren Hierarchien usw. Solche Entwicklungen stärken zunächst Argumentationen gegen das „Beständige“ im Konstrukt Beruf. Die Weiterentwicklungen und Innovationen in allen Lebensbereichen führen allerdings zu steigenden Qualitätsansprüchen in allen Berufen, die strukturell steigende Bildungsniveaus (OECD, 2024) notwendig machen. Deutschland belegt hier im Ländervergleich Platz 16 beim Bildungsniveau⁵, erreicht aber zusammen mit Japan und Israel mit ca. 6 % weltweit die niedrigste Jugendarbeitslosigkeit⁶, was wiederholt der Leistungsfähigkeit des Dualen Systems zugesprochen wird.

Der Ordnungsprozess der Ausbildungsberufe scheint aus dieser Perspektive der Anforderung einer hohen Innovationsdynamik gerecht zu werden. Jedenfalls ist ein hohes Bildungsniveau im akademischen Sinne kein direkter Lösungsansatz für die genannten Herausforderungen. In empirischen Studien wird zudem von Unternehmen betont, dass akademische Abschlüsse und Ausbildungsformen wie das duale Studium eher wenig in Konkurrenz zum dualen System stehen. Von Absolventen dualer Studiengänge werden eher Zukunftsthemen wie Intelligent Systems Engineering, Embedded Systems oder Künstliche Intelligenz abgedeckt (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 41). In Fallstudien ließ sich eine andere Tendenz ausmachen: Der Einfluss der Digitalisierung führt in der Produktion zur Notwendigkeit des Einsatzes von unmittelbar produktionsbezogenen Berufen aus dem Bereich der Metall- und Elektroindustrie. Eine exemplarische Aussage eines Experten für Produktionsautomatisierung macht dies deutlich:

„Noch notwendige ehemalige White-Collar-Aufgaben werden nach der Digitalisierung nicht mehr von White-Collar-Personen bewältigt, sondern von Blue-Collar-Werkern. Diese werden die Aufgaben zu großen Teilen mit dem iPad oder anderen digitalen Instrumenten erledigen. Ergebnis dieses Prozesses ist, dass Office-Floor und Shopfloor zunehmend verschmelzen. Die lange Informationskette, wie sie in der vertikalen Fertigungspyramide dokumentiert ist, wird voraussichtlich nicht mehr nötig sein. Die Hierarchien in den Betrieben werden sich auflösen und die Pyramide durch ein flaches Netzwerk ersetzt werden. Erwartet werden davon massive Effizienzsteigerungen. ... Ganz wesentliches Merkmal dieser flachen Struktur ist, dass Aufträge direkt auf dem Shopfloor aufschlagen und Werker direkt Produktionsänderungen vornehmen können“ (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 80).

5 vgl. <https://www.oecdbetterlifeindex.org/de/topics/education-de/>

6 vgl. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/youth-unemployment-rate.html>

Die in den Fallstudien angetroffenen Blue-Collar-Werker waren insbesondere Industriemechaniker/-innen, Mechatroniker/-innen sowie Elektroniker/-innen für Betriebs-technik und für Automatisierungstechnik, die an ähnlichen Arbeitsplätzen relevante Arbeitsbereiche in der Produktion und Instandhaltung abdecken konnten. Diese Arbeitsbereiche sind dadurch gekennzeichnet, dass sie keinerlei ausschließliche Bindung an Disziplinen wie Metalltechnik/Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informationstechnik ausweisen, sondern berufliche Qualifikationen an hybride Aufgabenstrukturen binden. Zudem werden diese Aufgaben sämtlich mit digitalisierten Werkzeugen, Methoden und Betriebsmitteln bewältigt, die oftmals die Aufgaben sogar vereinfachen und nicht komplexer machen. Im Bereich der Erwerbsberufe verschwimmen so die disziplinären Grenzen und empirisch fassbare Berufe lassen sich kaum mehr Disziplinen/Berufsfeldern zuordnen. Bei der Aufgabenbewältigung zeigt sich in vielen Fällen, dass auch dabei sowohl vertikal als auch horizontal keine starren Disziplingrenzen mehr auszumachen sind (Becker et al., 2024).

Der beschriebene Trend schlägt sich über die letzten 30 Jahre bereits in einer veränderten Ordnung der Berufelandschaft nieder. Neben dem Ausbildungsberuf Mechatroniker/-in, dessen Beliebtheit von 2004 mit 21.429 Auszubildenden bis zum Jahr 2023 mit 26.988 in 20 Jahren um fast 26 % zugenommen hat⁷ werden fachbezogene, disziplinübergreifende Qualifikationen von Individuen wie von der Wirtschaft verstärkt nachgefragt. Demgegenüber haben disziplinorientierte Berufe in der Metall- und Elektroindustrie teils dramatische Einbrüche bei den Auszubildenden erfahren⁸.

5.2 Automatisierung und Digitalisierung als Ausbildungsherausforderung

Die vor allem durch die Digitalisierung veränderten Aufgabenstrukturen in der Industrie führen zu „mechatronisch“ geprägten Kompetenzanforderungen in den Bereichen

- *Produktion:* Aus- und Umbauen, Montieren und Inbetriebnehmen von Produktionsanlagen, Produktion umsetzen;
- *Fertigung:* Zerspanen und additiv Fertigen mit vernetzten Fertigungseinrichtungen sowie Anfertigen von Werkzeugen;
- *Konstruktion:* Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen sowie Anlagen und Apparaten;
- *Instandhaltung:* Warten, Betreiben, Instandhalten und Instandsetzen von Produktionsanlagen.

Diese bahnten sich bereits zu Beginn der „Industrie 4.0-Epoche“ in Form von generischen Handlungsfeldern Industrie 4.0 an (bayme vbm, 2016, S. 126 ff.). Daraus leitet sich für die M+E-Berufe ab (Becker et al., 2023, S. 25), dass eine Abkehr von der disziplingebundenen Berufsausbildung in den Berufsfeldern Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik und eine Hinwendung zu hybriden – mechatronisch geprägten – Berufszuschnitten und vor allem Ausbildungsstrukturen sinnvoll ist.

7 Quelle: Dazubi-Datenbank: <https://www.bibb.de/dienst/dazubi/de/2235.php> (jeweils Bestand am 31.12.)

8 Die Zahl der Neuabschlüsse bei Werkzeugmechaniker/-innen ist in den letzten 20 Jahren um knapp 54 % gesunken (vgl. Becker et al., 2025).

Die in den Betrieben vorgefundene Ausbildung ist eher disziplinorientiert ausgerichtet – vor allem im Bereich der Grundbildung (Becker et al., 2024). Dort werden zentrale Ausbildungseinheiten in Kombination mit betrieblichen Versetzungen praktiziert, bei denen eine zunehmende Differenz zwischen der betrieblichen Arbeitspraxis und der disziplinorientierten Ausbildungstradition auszumachen ist. Betriebe bilden für die Grundfertigkeiten in Metall-Lehrgängen und Elektro-Lehrgängen sowie Programmierlehrgängen aus und ergänzen die Ausbildung um Zusatzqualifikationen – selten auch in kodifizierten Zusatzqualifikationen (kZQ) wie der Additiven Fertigung oder der Digitalen Vernetzung und überhaupt nicht in den besonders wichtigen Bereichen der System- und Prozessintegration (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 43; Kaufmann et al., 2021, S. 16; Kaufmann et al., 2022b; Zinke, 2019, S. 81). Dadurch werden die durch die industrielle Digitalisierung eingeführten Erweiterungen und Herausforderungen auch als solche – additiv – in die Ausbildung integriert. Realisieren können oder wollen das jedoch nicht alle ausbildenden Unternehmen. Die bisher praktizierte und auf Ergänzungen ausgerichtete Ausbildungstradition führt zu einer Ausbildungsüberfrachtung (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 101). Da die Berufsschulen nicht systematisch – also über die Ordnungsmittel getrieben – in der Ausbildung für „Industrie 4.0-Themen“ gefordert sind und für die betriebliche Ausbildung der Weg der optionalen Qualifizierung gegangen wurde, fehlt es hier an einer strukturellen Veränderung von M+E-Berufen, welche ihre Stärke im Sinne eines dynamischen Prinzips (vgl. Abschnitt 4.3) entfalten könnte. Nur vereinzelt finden sich in Unternehmen bereits vollkommen umgestellte Ausbildungskonzepte⁹, die von Beginn der Ausbildung an auf die hybrider (mechatronischer) gewordenen Arbeitsanforderungen ausgerichtet sind. Beinahe flächendeckend ist in Deutschland im Bereich der industriellen Produktion allenfalls die Ausbildung als Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten auch für Metallberufe und informationstechnische Berufe erkennbar. Eine Ausbildung unmittelbar in cyber-physicalen Produktionsumgebungen (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 101) und damit eine systemisch veränderte Ausbildung (EVA-M+E-Studie, 2022, S. 99) wird kaum praktiziert. Dadurch wird die Kluft zwischen einer empirisch identifizierbaren Beruflichkeit im Erwerbsberuf und einer der Innovationsdynamik nicht mehr gerecht werdenden Ausbildungstradition deutlich.

Die Ausbilder, Lehrkräfte und auch die Auszubildenden erkennen die veränderten Anforderungen durchaus und setzen innovative Lernkonzepte um, wie beispielsweise in Lernfabriken. Es werden im Zusammenhang mit der Digitalisierung vor allem Ausbildungsinhalte und -konzepte eingesetzt, die sich kaum mehr aus den Ordnungsmitteln ableiten. Die Organisation beruflichen Lernens obliegt immer weniger der Steuerung durch das organisierende Prinzip der dualen Berufsausbildung. Positiv ließe sich formulieren, dass die offenen Formulierungen des Ausbildungrahmenplans und der Lernfelder die notwendigen Spielräume hergeben, tradierte Ausbildungspfade zu verlassen.

Zu bedenken ist auch, dass gerade das Know-how zu neu aufkommenden Digitalisierungstechnologien inzwischen oftmals außerhalb der traditionellen Ausbildungs-

⁹ vgl. dazu exemplarisch Fall 5 in EVA-M+E-Studie, 2022, S. 95.

orte Betrieb und Berufsschule durch die Nutzung von Erklärvideos, Firmenschriften, Wikis, Online-Foren und weiteren internetbasierten Informationsquellen und im besten Fall direkt in der arbeitsprozessorientierten Auseinandersetzung mit den Werkzeugen, Maschinen und Produktionssystemen erschlossen wird. Zumindest ist die „duale“ Ausbildungstradition noch nicht systematisch auf ein verändertes Lernverhalten einerseits und auf die Vielfalt der für das Lernen nutzbaren Informationsquellen und -orte bis hin zur KI ausgerichtet.

5.3 Betriebliche und berufliche Identität – Bedeutungsverschiebungen

In Fallstudien (EVA-Studie, 2022) zeigte sich wiederholt, dass sich Fachkräfte mit ihren Rollen als „Instandhalter“, „Zerspaner“, „Produktionsfacharbeiter“ etc. stark identifizieren und hieraus ihre berufliche Identität ableiten. Jedoch erfolgt diese Identitätsfindung immer weniger über den „erlernten“ Ausbildungsberuf. Auch Unternehmen setzen insbesondere bei der Umsetzung von Automatisierungslösungen auf beruflich ausgebildete Fachkräfte und „formen“ diese entsprechend den betrieblichen Erfordernissen per Weiterbildung und Erfahrung. Es ließe sich hier argumentieren, dass dies immer schon so gewesen ist und insofern die bestehenden Ausbildungsberufe ihre Funktion weiterhin erfüllen, jedoch wird zusehends sichtbar, dass die Formung in den Unternehmen durch Anstrengungen und Angebote realisiert wird, die immer weniger im durch Ordnungsmittel geplanten Rahmen stattfinden. Insofern ist erkennbar, dass sich die betrieblichen Ausbildungsabteilungen und auch die Berufsschulen in einem Dilemma befinden: Sie kommen mit den jetzigen Ausbildungsstrukturen und entstehenden Berufen mehr oder weniger „zurecht“. Das duale Ausbildungssystem verliert dabei aber immer mehr seine identitätsgebende Funktion und es sind immer mehr Ausbildungsaktivitäten außerhalb des Regelsystems „Duale Berufsausbildung“ identifizierbar – etwa durch die Übernahme von Ausbildung für Digitalisierungstechnologien durch Bildungsdienstleister, Zertifikatslehrgänge der Firmen etc. (Kaufmann et al., 2021, S. 12; EVA-M+E-Studie, 2022, S. 108), um die berufliche Identität herzustellen. Ursache ist vor allem der fehlende Freiraum der Ausbildungsbetriebe und Berufsschulen, sich mit neuen (technologischen) Entwicklungen und Innovationen auseinanderzusetzen zu können.

6 Aspekte zur Beruflichkeit für eine zukunftsähige Berufsbildung

6.1 Kennzeichen moderner Berufe

Die bestehenden Metall- und Elektroberufe, einschließlich des Berufs Mechatroniker/-in, sind bereits das Ergebnis von Modernisierungen, die seit den 1980er-Jahren unter dem Einfluss von Digitalisierung und Automatisierung erfolgen. Exemplarisch lassen sich hierfür der Beruf Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik (EAT), der Beruf Mechatroniker/-in sowie die neue Fachrichtung „Digitale Vernetzung“ im Beruf Fachinformatiker/-in nennen. Die genannten Berufe erfreuen sich teilweise großer Beliebt-

heit und die Auszubildendenzahlen dieser Berufe laufen der sonst insgesamt absteigenden Tendenz bei den dualen Ausbildungsberufen entgegen. Die IT-Berufe und auch der Beruf Mechatroniker/-in sind gar als direkte Reaktion des Berufsausbildungssystems auf die Informatisierung und Digitalisierung zu verstehen. Berufe wie der Fachinformatiker/die Fachinformatikerin mit 17.715 und Mechatroniker/Mechatronikerinnen mit 8.988 neu abgeschlossenen Ausbildungsvorverträgen im Jahr 2024 gehören zu den am stärksten besetzten industriellen Ausbildungsberufen¹⁰. Das heißt, dass *veränderte Berufszuschnitte* und die *Schaffung neuer Berufe* einen wesentlichen Beitrag zur Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der Beruflichkeit leisten (siehe Abbildung 3). Maßnahmen wie die Schaffung der neuen Standardberufsbildposition „Digitalisierte Arbeitswelt“ ergänzen dies.

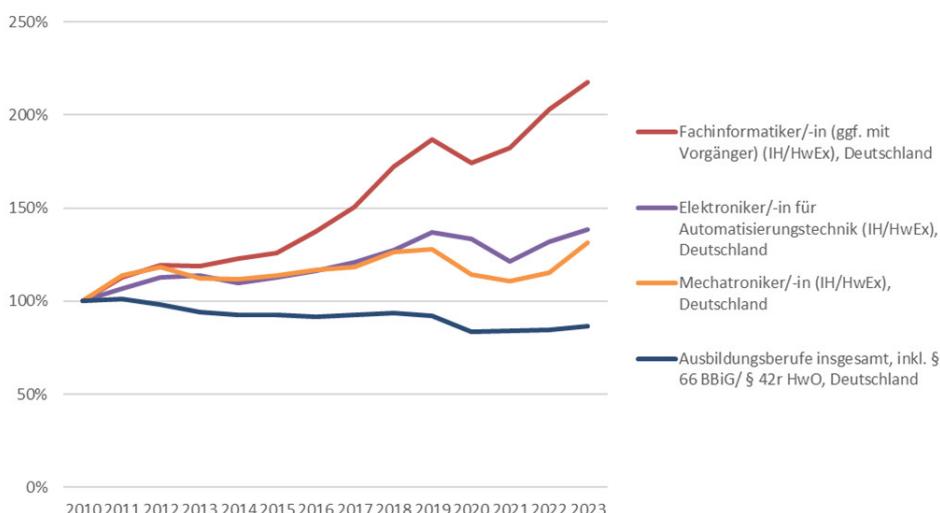


Abbildung 2: Vergleich der relativen Entwicklung der Neuabschlüsse bei mehreren Berufen im Zeitraum von 2010 bis 2023. (Datenquelle: DAZUBI)

Als Untermauerung bei modernen Berufen stehen allerdings noch Reaktionen aus, die auf die zunehmend hybriden Arbeitsanforderungen (vgl. Abbildung 3) eine Antwort geben. Becker et al. (2022) schlagen einen neuen Ausbildungsberuf Industriemechatroniker/Industriemechatronikerin vor, in dem die industriellen Metallberufe, Mechatroniker und Elektroniker für Betriebstechnik sowie Elektroniker für Automatisierungs-technik aufgehen, d.h. die Zahl der Ausbildungsberufe soll damit reduziert und zu einem gemeinsamen Kernberuf zusammengeführt werden. Dieser Vorschlag zielt auf Kernberufe ab, die auf die in Abschnitt 5.2 genannten relevanten Beruflichen Handlungsfelder in der Metall- und Elektroindustrie vorbereiten, indem sie ebendiese als neues Strukturmodell nutzen.

10 Quelle: Bundesinstitut für Berufsbildung, Erhebung zum 30. September, Stand 06.12.2024

Merkmale eines neuen Strukturmodells mit Beruflichen Handlungsfeldern¹¹ (BHF) wären

- gemeinsame, mechatronisch geprägte Kernqualifikationen über die gesamte Ausbildungszeit,
- handlungsfeldbezogene, mechatronisch geprägte Fachqualifikationen über die gesamte Ausbildungszeit,
- Differenzierung des Berufes entlang der Handlungsfelder im Umfang von 1½ Jahren (78 Wochen), gestreckt über die gesamte Ausbildungszeit. Die Differenzierung erlaubt eine Vertiefung der beruflichen Kompetenzen im gewählten Handlungsfeld *Konstruktionen erstellen, Produzieren, Fertigen oder Instandhalten*.
- gemeinsame Fachqualifikationen für alle beruflichen Handlungsfelder im ersten Jahr.
- Das prüfungsrelevante Handlungsfeld wird erst im Ausbildungsverlauf nach dem ersten Ausbildungsjahr festgelegt.



Abbildung 3: Berufsbezogene Entwicklungen als Antwort auf eine zunehmende Digitalisierung (eigene Abbildung)

11 Das hier vorgeschlagene Strukturmodell des „Beruflichen Handlungsfeldes“ wurde bisher noch nicht bei der Neuordnung eines Ausbildungsbereichs realisiert und ist nicht gleichzusetzen mit dem gleichlautenden Konzept, das die KMK (2021, S. 31) als Grundlage für die Entwicklung von Lernfeldern heranzieht. Die Hauptausschussempfehlung Nr. 160 sieht Handlungsfelder als Berufsbildpositionen (§ 4 (1), Abs. 2) und eine hierauf bezogene Beschreibung der beruflichen Handlungsfähigkeit im Ausbildungrahmenplan vor.

Auf solche strukturverändernden Modernisierungen können sich die Sozialpartner aktuell noch nicht einlassen, weil damit die traditionelle Gliederung der Berufe in Berufsfelder und die damit verbundene disziplinorientierte Ausbildungstradition aufgegeben werden müsste. Hybride Berufe wie bspw. der Beruf Mechatroniker/-in sind in der Vergangenheit nur vereinzelt realisiert worden. Diese gewinnen jedoch im Kontext des zuvor aufgezeigten Wandels an Bedeutung.

Im folgenden Abschnitt stellen wir einen Referenzrahmen vor, der sich nicht allein auf die Schaffung neuer Berufe und Neuordnungsverfahren innerhalb der Ordnungstradition beschränkt. Um eine Zukunftsfestigkeit der gewerblich-technischen Berufe sicherzustellen, sind Berufe in einem erweiterten Rahmen zu denken und zu ordnen.

Zukunftsfest sind Berufe dann, wenn sie sich den Entwicklungen gut anpassen können und die beruflichen Kompetenzen nicht durch diese Entwicklungen „entwertet“ werden. Für die Zukunftsfestigkeit hat es sich bewährt, anstatt schnelllebiger technologischer Schwerpunktsetzungen langfristig beständige Aufgabengebiete auszuweisen. Daraüber hinaus wird eine Zukunftsfestigkeit dann sichergestellt, wenn Berufe die Anforderungen an die Dimensionen einer modernen Beruflichkeit entsprechend des nachfolgenden Modells erfüllen.

6.2 Referenzrahmen für eine moderne Beruflichkeit

Beruf und Beruflichkeit sind – das haben die zurückliegenden Modernisierungen gezeigt – prinzipiell geeignet, ihre Funktionen für Individuum, Arbeitsmarkt und Gesellschaft zu erfüllen, wenn sie die von den Beteiligten eingeforderten Flexibilisierungsanforderungen und veränderten Ansprüche erfüllen. Um diese Anforderungen zu beschreiben, kann ein Referenzrahmen für eine moderne Beruflichkeit hilfreich sein, wie er von Becker et al. (2023) vorgeschlagen wird (siehe Abbildung 4).

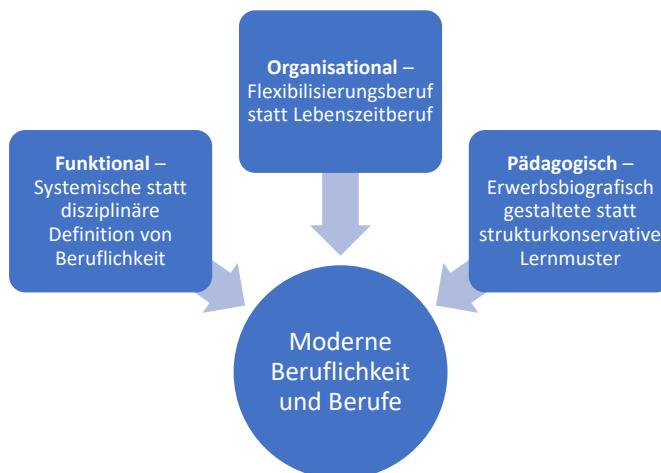


Abbildung 4: Referenzrahmen für eine moderne Beruflichkeit (Becker et al., 2023, S. 19)

Der Referenzrahmen weist drei wesentliche Dimensionen auf und kann wie nachstehend dargelegt skizziert werden.

Die **funktionale Dimension** von Beruflichkeit ist durch ein traditionelles Beruflichkeitsmuster geprägt, welches sich allerdings nicht mehr über alte disziplinäre Zugänge definiert, sondern eher über systemische Anforderungen an die Individuen. Diese wirken weiterhin berufsförmig prägend, weil umfassende berufliche Kompetenzen entwickelt und erforderlich sind. Das heißt, dass zum Beispiel bei den M+E-Berufen kaum mehr eine „Metalltechnik“ oder „Elektrotechnik“ für die neue Beruflichkeit prägend ist, sondern eine systemisch und auf die Arbeit zu beziehende Mechatronik, die disziplinorientierte funktionale Bindungen grundsätzlich sprengt.

Beispiel aus der Feldforschung: Waren früher Teilezurichter (Metaller) für das Entgraten von Pumpengehäusen zuständig, so erfolgt dies heute durch Roboter. Der Entgratingsprozess wird (im Vergleich zu Teilezurichtern) von höher qualifizierten Konstruktionsmechaniker/-innen und Industriemechaniker/-innen betreut, welche die Programmierung am Objekt sowie die Einrichtung und Justierung der Roboter übernehmen. Das „Entgraten“ als berufliche Aufgabe von Konstruktionsmechaniker/-innen oder Industriemechaniker/-innen bleibt erhalten und würde zukünftig von Industriemechatroniker/-innen im BHF Konstruktion oder BHF Fertigung übernommen.

Die organisierende oder auch **organisationale Dimension** einer modernen Beruflichkeit nimmt Bezug auf den Beruf als zusammenhängendes Aufgabenbündel, für das Verantwortung übernommen wird, ohne jedoch die Anforderungen und Aufgaben als zeitliche Konstante zu verstehen. Vielmehr ist das neue organisierende Prinzip die Flexibilität selbst, die Personen im Sinne eines Flexibilisierungsberufes annehmen und in ihre Beruflichkeit integrieren. An die Stelle des Lebenszeitberufes tritt der Beruf als Potenzial, stets neue berufliche Anforderungen zu meistern und dazu Erfahrungen kontinuierlich weiterzuentwickeln und berufsbiografisch auszubauen.

Beispiel aus der Feldforschung: Bei der Umstellung einer Kugellager-Produktionslinie auf CPS wurde ein interdisziplinäres Team aufgestellt, welches aus „klassischen Metallern“ besteht und punktuell durch Spezialisten aus den Bereichen Elektronik und IT unterstützt wird. Industriemechaniker/-innen modernisieren die Produktionslinie und die Generik des Kugellager Produzierens bleibt erhalten.

Die Arbeit selbst ist jedoch wesentlich projekthafter geworden. Dem Beruflichkeitsmodell folgend sollten solche Aufgabenstrukturen durch Industriemechatroniker/-innen im BHF Produktion übernommen werden, die sich langfristig den stets veränderlichen Anforderungsstrukturen in der Produktion anpassen und diese mitgestalten können.

Die **pädagogische Dimension** einer neuen Beruflichkeit schließlich nimmt das berufliche Lernen als an Aufgaben und Problemstellungen in Betrieben gebundenen Prozess lebensbegleitenden Lernens ohne feste Bindung an bestimmte Lernorte wie Betrieb und Schule sowie Strukturen und festgelegte Quellen wie das Buch, die Lehrkraft und formale Lernprozesse auf. Das berufliche Lernen erfolgt allerdings nicht strukturlos, sondern ordnet sich berufsbiografisch in der Entfaltung einer sich stei-

gernden beruflichen Könnerschaft und Expertise, über die sich der sich stets erneuernde Beruf definiert.

Beispiel aus der Feldforschung: In einem Unternehmen, das Anlagenteile für die Verfahrenstechnik produziert, werden Maschinenteile in Fertigungsinseln gefertigt. Zur Nutzung der Maschinendaten der miteinander vernetzten Fertigungsmaschinen werden Fertigungsspezialisten benötigt, die um die Bedeutung der Zerspanungsparameter wissen. Der dort tätige Fertigungsfachmann ist gelernter Zerspanungsmechaniker, der zunächst als Zerspaner, dann als Mehrmaschinenbediener, dann als CPS¹²-Integrator und schließlich als Maschinendaten/Betriebsdatenerfassung-Spezialist (MDE/BDE) tätig ist. Zukünftig würde diese Rolle dem Modell folgend durch ausgebildete Industriemechatroniker/-innen im BHF Fertigung ausgefüllt, die ihre Kompetenzen in der Ausbildung sowie der anschließenden Fortbildung für eine Spezialisierung erlangt haben (vgl. 7.4).

7 Gestaltung moderner gewerblich-technischer Berufe

7.1 Übergeordnete Kriterien für moderne gewerblich-technische Berufe

Am Anfang des Prozesses der Gestaltung von modernen gewerblich-technischen Berufen stellt sich die Frage, welchen Kriterien die Berufe im Ergebnis genügen sollen. Zentral ist dabei die Feststellung, dass ein Beruf immer das Ergebnis eines Zusammenspiels bildungspolitischer, wirtschafts- und arbeitsmarktpolitischer, berufspädagogischer sowie gesellschaftlicher Anforderungen ist, die in seiner Gestaltung berücksichtigt werden. Die sich stetig wandelnden Anforderungen bringen es mit sich, dass moderne gewerblich-technische Berufe eine große Flexibilität aufweisen müssen, die sicherstellt, dass die Berufe anpassungsfähig sind und lange zukunftsfähig bleiben. Flexibilität ist somit ein zentrales Kriterium für moderne gewerblich-technische Berufe.

Weitere Kriterien, die nichts an ihrer Relevanz eingebüßt haben, wurden in der Empfehlung des Bundesausschusses für Berufsbildung von 1974 beschrieben. Ein wesentlicher Anspruch an Berufe ist ein hinreichender Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften mit entsprechenden Qualifikationen, die unabhängig von Einzelbetrieben und zeitlichen Beschränkungen sind. Dauerhafte Relevanz und Anpassungsfähigkeit erwirbt der Beruf durch die Anlage auf dauerhafte, vom Lebensalter unabhängige berufliche Tätigkeiten. Im Zentrum steht also eine breit angelegte berufliche Grundbildung und eine Ausbildung, die Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt und eigenverantwortliches sowie qualifiziertes Arbeiten auf einem breiten Tätigkeitsfeld ermöglicht.

Darüber hinaus ist es essenziell, dass Berufe so strukturiert sind, dass ein klar definierter Ausbildungsgang, auch mit Blick auf die Schulung und eine Ausbildungsdauer von zwei bis drei bzw. dreieinhalb Jahren, gewährleistet wird. Eine präzise Abgrenzung von anderen Berufsbildern ist unerlässlich, um die Übersichtlichkeit und

12 CPS: Cyber-Physische Systeme

Verständlichkeit der Berufsbilder zu fördern, Überschneidungen zu vermeiden und den Auszubildenden eine klare berufliche Identität zu bieten. Gleichzeitig sollten Berufe nicht nur den Einstieg in die Arbeitswelt ermöglichen, sondern auch Wege für Fortbildung und beruflichen Aufstieg eröffnen. Die Fort- und Weiterbildungen sollten so gestaltet sein, dass ein Einstieg aus verschiedenen Ausbildungsberufen möglich ist.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die Attraktivität der Berufe für alle Betroffenen. Das sind nicht nur die Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler, die sich mit der beruflichen Zukunft auseinandersetzen, sondern auch die (Mit-)Entscheider bei der Berufswahl, die Eltern bzw. Familie und auch alle relevanten Akteure – von Ministerien über Arbeitgeber bis hin zu Arbeitnehmern. Das kooperative Prinzip, das auf der engen Zusammenarbeit zwischen Bund, Ländern, Arbeitgebern und Arbeitnehmern basiert und sich seit über 50 Jahren bewährt hat, spielt hierbei eine Schlüsselrolle. Es gewährleistet, dass die Berufsgestaltung multiperspektivisch erfolgt und somit auch (sich kontinuierlich ändernde) Anforderungen der Bildungs-, Wirtschafts- und Arbeitsmarktpolitik sowie der berufspädagogischen Ansprüche erfüllt. Durch die gemeinsame Konsensfindung wird eine breite Akzeptanz sichergestellt.

In Kombination mit bewährten Verfahren (BIBB, 2023) und etablierten Kriterien bleibt so sichergestellt, dass moderne gewerblich-technische Berufe sowohl die aktuellen Bedürfnisse als auch die Herausforderungen der Zukunft erfolgreich meistern.

7.2 Beruflichkeit und Kernberuflichkeit als Ordnungsprinzipien der Berufekonstruktion

Neben diesen übergeordneten Kriterien kann Beruflichkeit als ein Orientierungsrahmen und Ausgangspunkt für die Gestaltung von Berufsprofilen herangezogen werden. Wenn Beruflichkeit dabei gesellschaftliche, soziale, technologische und wirtschaftliche Veränderungen entsprechend des Referenzrahmens mitberücksichtigt, ermöglicht sie die Gestaltung von Berufsprofilen, die die Veränderungsdynamik mit abbildet, die Herausforderungen jeweiliger Domänen erfasst und damit gewährleistet, dass Berufe nicht erodieren. Beruflichkeit wird zudem so zu einem Strukturprinzip, das Bildung und Arbeit koppelt. In diesem Verständnis ist Beruflichkeit als ein Vehikel zu verstehen, um die Gestaltung und Modernisierung von Berufen voranzutreiben (siehe Kapitel 3).

Die Kernberuflichkeit ist dabei ein zentrales und weiterführendes Konzept, das die Zukunftsähigkeit moderner gewerblich-technischer Berufe zusätzlich stärkt. Dabei stellen weiterhin Ausbildungsberufe das zentrale Element des Berufsbildungssystems dar, jedoch sollen diese als breit angelegte Kernberufe zu einer hohen Flexibilität und Einsatzfähigkeit führen, eine relativ zeitbeständige Grundqualifikation liefern und den Startpunkt für eine Vielzahl individueller Karrierepfade bieten. Andererseits wird in diesem Konzept auch kontextbezogene Fachkompetenz entwickelt, um fachlichen „Tiefgang“ in beruflichen Handlungsfeldern zu sichern. Fachwissen, Können, eine ausgeprägte interaktive und soziale Kompetenz sind Grundpfeiler für erfolgreiches berufliches Handeln. Damit eine solche Kernberuflichkeit besteht, genügt es

nicht, sich auf Grundfertigkeiten und -kenntnisse zu beschränken. Diese Grundqualifikation muss umfassende berufliche Kompetenzen, die sich auf relevante Arbeitsprozesse beziehen, enthalten.

7.3 Umfassende, ganzheitlich ausgerichtete Beruflichkeit als Leitgedanke der Berufsbildung

Für die Weiterentwicklung der beruflichen Bildung braucht es ebenfalls eine Neuaustrichtung der Standards, die weit über die Förderung fachlicher Kompetenzen hinausgeht und verstärkt die Fähigkeit zur selbstständigen Problemlösung, kritischen Reflexion sowie die ganzheitliche Entwicklung des Individuums in den Fokus rückt. In Ansätzen ist dies im BBiG in § 14, Absatz 1, Nummer 5 mit der Verpflichtung der Ausbildenden zur „charakterlichen“ Förderung von Auszubildenden angelegt (Hackel, 2024, S. 26). Wie bereits festgestellt, ist es essenziell, berufliche Bildung als kontinuierlichen Anpassungsprozess zu gestalten, um den dynamischen technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen gerecht zu werden. Der Leitgedanke der modernen Beruflichkeit integriert gezielt Aspekte wie Persönlichkeitsbildung, gesellschaftliche Verantwortung und Wertorientierung. Insbesondere im Bereich der gewerblich-technischen Berufe kann eine mehrdimensionale Betrachtung von Technik und Arbeit im Sinne von Gestaltungsorientierung (Vollmer, 2024, S. 505 ff.) den Ausbildungsgegenstand erweitern und dadurch neue Bildungsräume eröffnen. Diese Perspektive fördert die Reflexion und bewusste Gestaltung beruflicher Identität sowie gesellschaftlicher Rollen, um den Anforderungen moderner Gesellschaften, wie der Entgrenzung von Arbeits- und Lebenswelt, Stärkung der Demokratiebildung und Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Demokratische Gesellschaften sind wiederum auf Bürger/-innen angewiesen, die in diesem Sinne gebildet sind, um als Vertreter/-innen ihres beruflichen Feldes ihre ganzheitlich reflektierte Perspektive aktiv in demokratische Diskurse einzubringen. Eine kohärente und zukunftsorientierte Berufsbildungsstrategie erfordert daher die enge Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen, Unternehmen und politischen Akteurinnen und Akteuren.

7.4 Generalisierung und Spezialisierung

Eine weitere Fragestellung bei der Gestaltung von Berufen betrifft die Frage nach der Generalisierung oder Spezialisierung in der Berufsbildung (vgl. Abschnitt 4.2): Wohin führt der Weg? Die Diskussion um Generalisierung und Spezialisierung in Ausbildungsberufen steht seit jeher im Mittelpunkt von Bildungsdebatten. Diese Thematik wird nicht nur durch die Digitalisierung, sondern auch durch veränderte gesellschaftliche und wirtschaftliche Anforderungen – wirtschaftliche und ökologische Transformationen – vorangetrieben. Dabei ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen einer breiten, generalistischen Ausbildung und der gezielten, spezialisierten Qualifizierung.

Trends und Entwicklungen: Erosion von Berufen oder Chancen zur Neugestaltung?
Ein zentraler Punkt in der Debatte ist die Annahme, dass traditionelle Berufsstrukturen nicht mehr ausreichen, um den Herausforderungen des modernen Arbeitsmarktes

gerecht zu werden. Kritiker argumentieren, dass Absolventen herkömmlicher Ausbildungen nicht flexibel genug sind, um in digitalisierten Produktionsstrukturen eingesetzt zu werden. Diese Bedenken werden durch die fortschreitende Digitalisierung, Virtualisierung der Arbeitswelt sowie die zunehmende Pluralisierung von Lebens- und Erwerbskarrieren untermauert. Gleichzeitig wird über die Erosion von Berufen gesprochen, die eine Spezialisierung der beruflichen Ausbildung impliziert. Dies wird häufig als notwendige Anpassung an die sich wandelnden Anforderungen des Arbeitsmarktes dargestellt. Dabei wird jedoch oft übersehen, dass Berufsprofile durch Sozialpartner aktiv gestaltet und an neue Herausforderungen angepasst werden können. Diese Gestaltbarkeit bietet die Chance, spezifische Spezialisierungen kontextbezogen in Berufsprofile einzubetten und *gleichzeitig* eine generalistische Grundlage zu bewahren. Wichtig scheint dabei, Grundlagen nicht allein auf basale Grundfähigkeiten (Lesen, Schreiben, Rechnen, Grundfertigkeiten im Handlungsfeld), sondern als Grundlagen für das Beherrschende berufliche Aufgabenstellungen zu verstehen.

Lösungsansätze

In der öffentlichen Diskussion wird zur Überwindung des scheinbaren Widerspruchs zwischen Generalisierung und Spezialisierung oft die Modularisierung der Berufsbildung¹³ gesehen. Dabei können Lernende zunächst eine generalistische Basis erwerben und diese durch spezialisierte Module ergänzen, was sich mit dem Konzept der Kernberuflichkeit¹⁴ verbinden lässt. Die generalistische Basis bezieht sich bei Kernberufen allerdings unmittelbar auf berufliche Arbeit und Arbeitsprozesse und stellt „Kompetenzkerne“ für diese sicher und nicht nur „Grundlagen“ als Basiskompetenzen. Berufliche Handlungsfelder bündeln relevante Arbeitsaufgaben und -prozesse in diesem Sinne und stellen als neues Strukturmödell einen Lösungsansatz dar. Von Beginn der Ausbildung an sollten entsprechende berufliche Aufgabenstellungen das Zentrum für die Berufsbildung bilden, mit deren Auseinandersetzung sich die umfassenden Kompetenzen entfalten können. Spezialisierte Module könnten als Brücke zwischen Aus- und Weiterbildung dienen und so den Übergang zu neuen Karrierewegen erleichtern. Wichtig dabei ist, die Beruflichkeit nicht aus dem Blickwinkel zu verlieren, d. h. eine Flexibilisierung muss in jedem Fall den Kern der Beruflichkeit aufrechterhalten.

Perspektiven für die Zukunft

Die Zukunft der Berufsbildung liegt in einem ausgewogenen Zusammenspiel von Generalisierung und Spezialisierung. Die flexible Anpassung von Berufsprofilen durch Sozialpartner zeigt, dass die Berufswelt nicht statisch, sondern dynamisch gestaltbar ist. Dies bietet die Möglichkeit, sowohl spezifische Spezialisierungen als auch die notwendige Breite der Kompetenzen zu integrieren. Die Konzentration auf Aufgaben und Prozesse stellt dabei sicher, dass eine thematische Überfrachtung mit Ausbildungsinhalten vermieden wird.

13 Dazu gibt es vielfältige Gegenpositionen, die hier nicht aufgegriffen werden können.

14 Der Begriff „Kernberuflichkeit“ an dieser Stelle weicht im Verständnis von dem oben dargestellten Begriff ab. Im Zusammenhang mit der Modularisierungsdiskussion steht der Begriff vor allem für organisatorische Maßnahmen. Weiter oben wird der Begriff als inhaltliche Gestaltungshilfe gesehen.

Eine moderne Berufsbildung muss nicht nur kurzfristige Anforderungen des Arbeitsmarktes berücksichtigen, sondern auch langfristige Perspektiven für eine nachhaltige berufliche Entwicklung schaffen. Dies erfordert innovative Ansätze für eine stärkere Verzahnung von Aus- und Weiterbildung, um den Anforderungen einer vielfältigen und digitalisierten Arbeitswelt – im Wandel der Transformation – gerecht zu werden.

7.5 Verzahnung von Aus- und Weiterbildung und innovative höherqualifizierende Berufsbildung

Ein zentrales Element moderner Beruflichkeit ist eine enge Verbindung von Aus- und Weiterbildung (Arbeitsgruppe 9 + 1, 2022, S. 39). Bereits in der im Jahr 1972 veröffentlichten Hauptausschussempfehlung des BIBB (BIBB-Hauptausschuss-Empfehlung 27, 1972, S. 2) wurde als wesentliches Kriterium für die Anerkennung von Ausbildungsberufen festgelegt, dass sie die Grundlage für Fortbildung und beruflichen Aufstieg darstellen sollen (siehe Kapitel 7.1). Moderne Beruflichkeit erfordert lebenslanges Lernen und ein flexibles Bildungssystem. In diesem Kontext gewinnt die Verbindung von Aus- und Weiterbildung an Bedeutung. Die zentrale Frage lautet: Wie kann eine sinnvolle Verbindung von Aus- und Weiterbildung gelingen? Neben non-formalen und informellen Weiterbildungskonzepten rückt hier insbesondere die formale Fortbildung in den Fokus (Becker & Windelband, 2021, S. 21).

Das BBiG bietet die Möglichkeit, bundesweit einheitliche Fortbildungsprofile mit hohen Qualitätsstandards zu schaffen. Die Konzeptionierung solcher Profile ist Gegenstand der Ordnungsarbeit und unterliegt ähnlichen Prozessen wie die Erstellung von Ausbildungsordnungen (BIBB, 2023). Aufgrund neuer gesetzlicher Rahmenbedingungen und sich wandelnder Anforderungen sind innovative Konzepte gefragt, um passgenau, am betrieblichen Bedarf sowie an den individuellen Weiterbildungsbedarfnissen ausgerichtete Angebote zu ermöglichen.

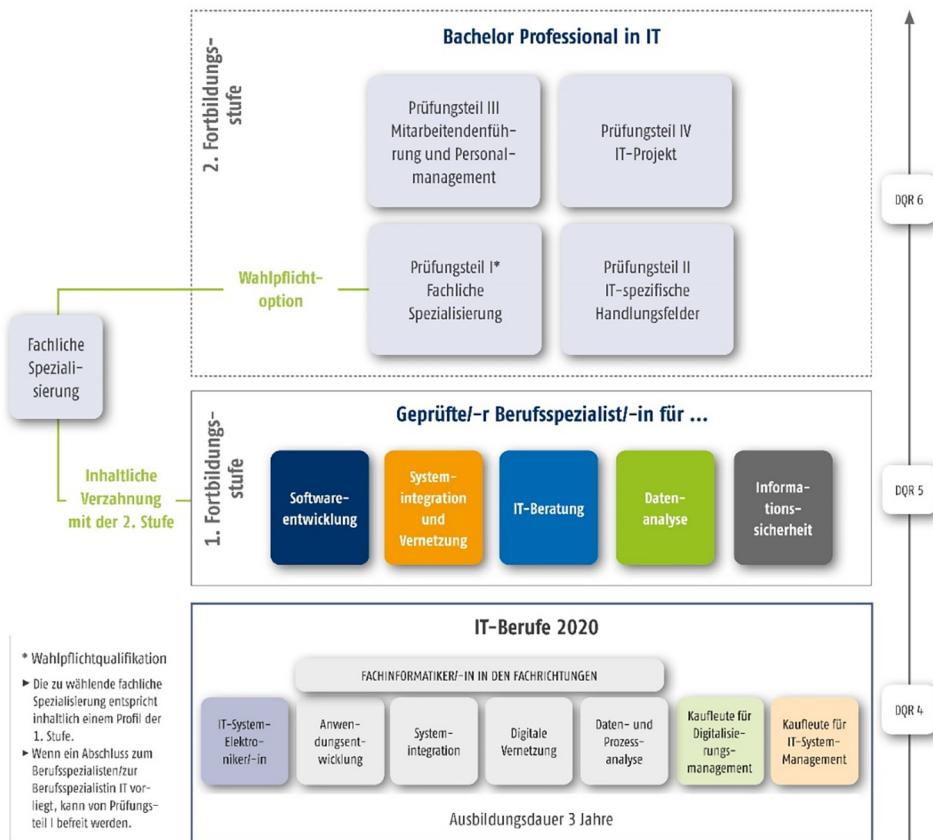
Ein Beispiel hierfür ist das in vielerlei Hinsicht als innovativ zu bezeichnende Modell des IT-Weiterbildungssystems (IT-WBS), das auch auf andere Bereiche wie Metalltechnik und Elektrotechnik übertragen werden könnte. Hintergrund der Neuordnung des IT-Weiterbildungssystems¹⁵ im Jahr 2024 waren u. a. die Anpassung der IT-Berufe im Rahmen der 2020er-Novellierung sowie geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen, die mit der BBiG-Novelle im Jahr 2020 einhergingen.

Die in der Gesetzesnovelle verrechtlichte Stufe der Berufsspezialisten, die Einführung der neuen Abschlussbezeichnungen Bachelor Professional sowie Master Professional¹⁶ bilden hier wichtige Strukturelemente. Mit der Einführung von Abschlüssen auf DQR-Stufe 5 (geprüfte/-r Berufsspezialist/-in, mit einem vorgegebenen Lernumfang von mindestens 400 Stunden) schafft der Gesetzgeber die Möglichkeit, die im Rah-

¹⁵ Es lässt sich die These vertreten, dass das IT-Weiterbildungssystem seit seiner Entstehung im Jahr 2002 bereits als hoch innovativ anzusehen war, es aber aus verschiedenen Gründen nie eine Trägkraft erlangte, wie beispielsweise die traditionelle Meisterausbildung in Industrie und Handwerk. Mehr Informationen zur Genese des IT-Weiterbildungssystems und zu den Hintergründen der Neuordnung finden sich bei Winkler et al. (2023).

¹⁶ Abschlüsse auf der Stufe „Master Professional“ wurden im Rahmen der Novellierung des IT-WBS nicht verordnet. Die Sozialpartner haben dafür plädiert, zunächst die Implementierung der neuen Profile zu evaluieren, um dann den Bedarf für Fortbildungen auf der DQR-Stufe 7 zu eruieren. Eine Voruntersuchung zu dieser Thematik durch das BIBB ist geplant.

men der Berufsausbildung erworbene berufliche Handlungsfähigkeit zu vertiefen oder zu ergänzen (BIBB, 2023, S. 10). Auf der Grundlage mehrerer Voruntersuchungen des BIBB (Schwarz et al., 2018; Winkler et al., 2021) zur Bedarfslage für Abschlüsse auf den neu geschaffenen Fortbildungsstufen wurde das IT-WBS ab 2022 novelliert. Ergebnis des Neuordnungsverfahrens ist ein abgestimmtes und verzahntes Bildungskonzept in der Informationstechnik (Abbildung 5).



Den Ausgangspunkt als Regelzugang für die neuen Weiterbildungsoptionen bilden die vier großen dualen IT-Ausbildungsberufe mit gemeinsamen Kernqualifikationen und berufs- bzw. fachrichtungsspezifischen Profilierungen. Als fach- bzw. berufsaffine Spezialisierungsoptionen stehen auf der ersten Fortbildungsstufe fünf Berufsspezialistenprofile zur Auswahl. Die zweite Stufe, mit dem Abschluss Bachelor Professional in IT, ist inhaltlich verzahnt mit der ersten Fortbildungsstufe. Das heißt, die in den Berufsspezialisten verordnete domänen spezifische Profilierung bildet als Wahlpflichtoption die

fachliche Spezialisierung des Bachelor Professional in IT. In der Gesamtschau ergeben sich:

- Attraktive Karrierewege für Fachkräfte mit IT-Ausbildung oder Seiten- und Quereinsteigende: Aufstieg in zwei Stufen für spezialisierte und leitende Positionen im IT-Bereich mit staatlich geprüften Fortbildungsschlüssen.
- Bedarfsgerechte Profile: Fünf neue Berufsspezialistenprofile vertiefen und ergänzen die berufliche Handlungsfähigkeit in verschiedenen IT-Domänen. Der Bachelor Professional in IT qualifiziert für anspruchsvolle Fach- und Führungspositionen. Die Profile sind an betrieblichen Bedarfslagen ausgerichtet und sollen mit ihrer Schneidung auch individuelle Weiterbildungsaspirationen bedienen (Winkler, 2021, S. 31f.).
- Flexible und durchlässige Struktur: Die Verzahnung der Fortbildungsstufen ist ein zentrales und innovatives Merkmal des neuen Systems. Die Berufsspezialistenstufe kann als Einstieg dienen und auf den Bachelor Professional in IT angerechnet werden. Dies schafft eine flexible und durchlässige Struktur, die es IT-Fachkräften ermöglicht, sich entsprechend ihrer Karriereambitionen weiterzuentwickeln. Aber auch ein Direkteinstieg in den Bachelor ist möglich.
- Innovative Prüfungsinstrumente: Praxisnahe, handlungsorientierte Prüfungsinstrumente mit realitätsnahen Aufgaben gewährleisten die Nachweise beruflicher Kompetenzen. Schriftliche Prüfungen simulieren reale IT-Szenarien, während projektbezogene Prüfungen komplexe Aufgaben in einem praxisnahen Kontext, der eng mit realen Arbeitsprozessen verknüpft ist, bearbeiten lassen. Diese Kombination fördert gezielt die berufliche Handlungskompetenz und orientiert sich an realen Arbeitsanforderungen.

Dieses zukunftsorientierte System verbindet Aus- und Weiterbildung im Sinne eines beruflichen Laufbahnkonzeptes. Es berücksichtigt technologische Trends, betrieblichen Bedarf und schafft attraktive Karrierewege. Dadurch entstehen für Absolventinnen und Absolventen einer dualen Ausbildung im IT-Bereich attraktive und transparente Entwicklungswwege.¹⁷

Das Beispiel soll zeigen, dass auch hier aus der Ordnungsperspektive auf veränderte Rahmenbedingungen reagiert wurde. Mit der Schaffung der neuen Fortbildungsstufen hat der Gesetzgeber die Möglichkeit geschaffen, Spezialisierungen zwischen der Stufe der dualen Erstausbildung und der klassischen Fortbildungsstufe auf Ebene der Techniker-, Meister- sowie Fachwirtabschlüsse zu implementieren.

Spiegelt man die Ergebnisse des Neuordnungsverfahrens mit den Empfehlungen der Arbeitsgruppe 9 + 1 (2022), die mit mehreren Thesen für eine bessere Berufsbildung deren Zukunftsfähigkeit sicherstellen will, lässt sich erkennen, dass mit der Novellierung bereits einige Schritte vollzogen wurden und einige der Handlungsempfehlungen (Arbeitsgruppe 9 + 1, 2022, S. 37) zur Weiterentwicklung der formalen Weiterbildung im IT-WBS konkret Gestalt angenommen haben:

¹⁷ Im Rahmen dieses Beitrags kann nicht tiefergehend auf die neu ausgerichteten Fortbildungsregelungen eingegangen werden. Für weitere Informationen zum neugeordneten IT-Weiterbildungssystem, siehe <https://www.bibb.de/de/189508.php>.

Tabelle 1: Handlungsempfehlungen IT-Weiterbildungssystem

Handlungsempfehlungen	Umsetzung im IT-Weiterbildungssystem
1. Eigenständige berufliche Bildungswege durch Ausbau der höherqualifizierenden Berufsbildung stärken und weiterentwickeln	Mit der Einführung der neuen Fortbildungsstufen hat der Gesetzgeber die Grundlage geschaffen, die höherqualifizierende berufliche Bildung als transparente, zur akademischen Bildung gleichwertige und attraktive Karriereoption auszubauen. Mit den neuen, miteinander verbundenen und auf die IT-Berufe aufbauenden neuen IT-Fortbildungsabschlüssen wurde auf dieser Grundlage erstmals ein ganzes Weiterbildungssystem im Sinne eines umfassenden Berufslaufbahnkonzepts geschaffen.
2. Berufliche Ausbildung und Weiterbildung stärker verknüpfen	IT-Ausbildungsberufe und IT-Fortbildung sind inhaltlich miteinander verknüpft. Die Fortbildungsprofile bauen auf den grundständigen IT-Berufen auf und ermöglichen somit eine kompetenzorientierte berufliche Weiterbildung mit Aufstiegsoptionen – auch im Sinne des lebenslangen Lernens.
3. Niederschwellige Einstiege in die Weiterbildung durch Modularisierung unter Wahrung des Berufsprinzips ermöglichen	Mit der Verzahnung der ersten beiden Stufen ist ein erster Schritt in Richtung Modularisierung getan. Die auf den Bachelor Professional in IT anrechenbaren Berufsspezialisteninhalte stellen für Absolvent*innen der IT-Berufe, aber auch für Quereinstiege, niedrigschwellige Einstiege in die IT-Weiterbildung dar. Das Berufsprinzip wird durch die Verzahnung nicht nur gewahrt, sondern – gestützt durch handlungsorientierte Prüfungsregelungen – sogar gestärkt.
4. Duales System als Qualitätsmarke für die formale Weiterbildung ergänzend entwickeln	Bei diesen beiden Punkten gibt es auch im IT-WBS noch Entwicklungspotenzial. Beide Punkte sind eng miteinander verbunden. Im Kern sollen die Vorteile der „Dualität“, wie sie in der beruflichen Erstausbildung gegeben sind, auch auf die formale Weiterbildung übertragen werden. Für die Umsetzung dieser Empfehlungen sind weitere berufsbildungspolitische Weichenstellungen nötig.
5. Berufsschulen als Anbieter beruflicher Fortbildung stärken	

Die Verzahnung von Aus- und Weiterbildung, wie sie im IT-Weiterbildungssystem umgesetzt wurde, kann eine Blaupause für andere Berufsfelder darstellen. Die Impulse aus der Reform des IT-WBS sollten genutzt und weiterentwickelt werden. Gerade die inhaltliche Verzahnung von Aus- und Weiterbildungsinhalten ließe sich verordnungstechnisch noch konsequenter vorantreiben. Wahlqualifikationen oder kodifizierte Zusatzqualifikationen, wie sie etwa bei den industriellen Metall- und Elektroberufen verordnet wurden, könnten als Wahlmodule für leistungsstarke Auszubildende Brücken in die höherqualifizierende Berufsbildung schlagen. Hierdurch wäre die Möglichkeit gegeben, die Ordnungsmittel „zu entschlacken“ und Wahl-Inhalte auf verschiedene Systemstufen zu verteilen. Der aus der betrieblichen Praxis häufig geäußerten Kritik, wonach die Ausbildungsordnungen teilweise stark überfrachtet seien (Kaufmann et al., 2022a, S. 27), könnte somit entgegengewirkt werden.

In Kombination mit einem Kernberufskonzept wird so die nötige Flexibilität für betriebsnahe Qualifizierung(sbedarfe) und individuelle Karriereaspirationen gelegt, die auch den Ansprüchen moderner Beruflichkeit gerecht werden. Die Autoren des Beitrages plädieren in diesem Zusammenhang dafür, bei der Neuordnung von Berufen sowohl die Aus- als auch die Fortbildungsberufe in den Novellierungsprozess einzubeziehen. Eine enge Verzahnung von Aus- und Weiterbildung setzt ein kohärentes

Gesamtsystem voraus. Insbesondere auch Ansätze von interdisziplinären bzw. berufs(feld)übergreifenden Angeboten und Architekturen in der Fortbildungslandschaft müssen weiterverfolgt werden. Ebenso wie eine bessere Verbindung mit dem akademischen System.

7.6 Standards und deren Umsetzung: Die Flexibilität auf die Straße bringen

Die Flexibilität von Ausbildungsordnungen darf nicht allein auf der konzeptionellen Ebene und Steuerungsebene stehen bleiben. Sie muss auch auf der Umsetzungsebene, insbesondere auch bei KMU, ihren Niederschlag finden – sinnbildlich dort „auf die Straße gebracht“ werden. Dies erfordert ein hohes Maß an Engagement der Beteiligten und innovative Ansätze, um die Flexibilität nicht nur zu betonen, sondern sie auch praktisch nutzbar zu machen.

Ein vielversprechender Ansatz zur Visualisierung und Nutzung dieser Flexibilität – auch berufs- und berufsfeldübergreifend – ist der Einsatz curricularer Einheiten (CE). Diese dienen als Konstruktionsprinzip und als Bündel von Kompetenzbeschreibungen, die integrale Bestandteile der Ordnungsmittel abbilden. Sie ermöglichen die Umsetzung der Offenheit und Flexibilität von Ausbildungsordnungen in konkrete und anwendbare Lerneinheiten mit dem Ziel der (externen) Abschluss- oder Gesellenprüfung bzw. von Fortbildungsprüfungen.

Curriculare Einheiten: Definition und Rolle

Curriculare Einheiten sind standardisierte, in sich geschlossene didaktische Einheiten, die innerhalb einer curricularen Gesamtstruktur eines Berufs oder einer Berufsfamilie angesiedelt sind. Sie sind Teil eines Spiralcurriculums, das die Lernenden Schritt für Schritt aufeinander aufbauende Kompetenzen entwickeln lässt.

Die BIBB-Initiative Transformation – Flexible und innovative Karrierepfade für die Klimawende (TriKK) hat diese curricularen Einheiten zum Gegenstand ihrer Erprobung gemacht. Hierbei wird ihre genaue Beschaffenheit definiert, beispielsweise bezüglich ihrer Dauer, didaktischen Form oder Integration in verschiedene Ausbildungsstufen. Erste Annahmen gehen von einer Größenordnung aus, die etwa einer Lernsituation entspricht, also rund 40 Stunden (eine Woche).

Gestaltungsprinzipien der Curricularen Einheiten

Die curricularen Einheiten orientieren sich an den folgenden Gestaltungsprinzipien:

- Kompetenz- und handlungsorientiert: Sie fördern konkrete berufliche Handlungskompetenzen.
- Situationsbezogen: Sie sind an realen Arbeitsprozessen und beruflichen Anforderungen ausgerichtet.
- Exemplarisch: Sie wählen relevante Inhalte aus, die auf verschiedene Kontexte übertragbar sind.

Diese Prinzipien erlauben eine bedarfsgerechte berufs- und berufsfeldübergreifende Ausbildung, ohne dass Anpassungen auf der Ordnungsebene vollzogen werden, und tragen dazu bei, offene Formulierungen in den Ausbildungsordnungen sinnvoll zu operationalisieren.

Flexible Karriereleitern und Qualifikationsprodukte

Ein zentrales Merkmal der curricularen Einheiten ist ihre Anwendbarkeit auf verschiedene Karrierepfade. Sie bilden eine Art Baukastensystem, in dem Qualifikationen aus den Bereichen der Aus- und Fortbildung flexibel kombiniert und angepasst werden können. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für:

- Einstiege in die berufliche Bildung,
- Umstiege zwischen Berufen und Berufsfeldern,
- Aufstiegsfortbildungen innerhalb eines Gewerks oder von einem Gewerk in ein anderes,
- die Ansprache von Zielgruppen wie Studienabbrechern.

Die Umsetzung erfolgt dabei flexibel und modular: Alle Qualifikationen eines Berufs oder einer Berufsfamilie können als „Bausteine“ aufbereitet und als Pfade für verschiedene Zwecke, also mit dem Ziel – etwa Prüfungen, Weiterbildungen oder Externenprüfungen – genutzt werden.

Zukunftsperspektive: Flexibilität für den Arbeitsmarkt

Die Flexibilität curricularer Einheiten liegt nicht nur in ihrer Anpassungsfähigkeit an verschiedene Berufe und Berufsgruppen, sondern auch in ihrer Fähigkeit, auf veränderte Arbeitsmarktanforderungen zu reagieren. Mit kleinen Anpassungen können sie für affine Bereiche erweitert und als Qualifizierungsprodukte (u. a. Fort- und Weiterbildungsprogramme) für unterschiedliche berufliche Kontexte genutzt werden.

Dieses Baukastensystem schafft die Grundlage für lebenslanges Lernen und bietet Perspektiven für individuelle Karrierewege, die sowohl die berufliche als auch die akademische Bildung berücksichtigen. Damit leisten die curricularen Einheiten einen entscheidenden Beitrag zur modernen Berufsbildung und ihrer Anpassung an die Herausforderungen von Transformationsprozessen wie der Klimawende.

Curriculare Einheiten sind ein Schlüsselinstrument, um die Flexibilität von Ausbildungsordnungen auf die Straße zu bringen. Sie verbinden Offenheit mit Struktur und eröffnen berufs- und berufsfeldübergreifende Entwicklungsmöglichkeiten. Durch ihren modularen Aufbau und ihre situationsorientierte Ausrichtung bieten sie sowohl für Auszubildende als auch für Betriebe einen hohen praktischen Nutzen. Damit werden sie zu einem zentralen Baustein für eine zukunftssichere und flexible Berufsbildung.

8 Fazit

Die in Kapitel 7 diskutierten Gestaltungsansätze gehören zu einer Neuausrichtung bei der Berufekonstruktion, die notwendige Innovation der Beruflichkeit und der Berufe selbst notwendig erscheinen lässt. Innovativ meint, dass Berufe so aufgestellt werden, dass diese weiterhin als gesellschaftlich akzeptierte Qualifikationsbündel von Individuen und dem Arbeitsmarkt angenommen werden können. Das Innovative besteht also darin, dass die aufkommenden Ausbildungsprobleme und Akzeptanzprobleme überwunden werden. Das Kernberufekonzept ist dabei der Ansatz für die Innovation; die Aufgabe der disziplinorientierten Ausbildung und die Ausrichtung auf klar umrissene Aufgabenstellungen in beruflichen Handlungsfeldern sowie durchgängige und bedarfsgerecht ausgerichtete Laufbahnkonzepte machen die inhaltliche Innovation aus.

Die Gestaltung moderner gewerblich-technischer Berufe muss gesellschaftliche, wirtschaftliche und bildungspolitische Anforderungen berücksichtigen. Technologische Entwicklungen und eine zunehmende Flexibilisierung der Arbeitswelt erfordern kontinuierliche Anpassung der Berufsprofile. Hierbei gilt es, Strukturen zu schaffen, die den Widerspruch zwischen Generalisierung und Spezialisierung aufzulösen vermögen, um sowohl eine breite berufliche Grundbildung als auch spezifische Qualifikationen sicherzustellen.

Das Konzept der Kernberuflichkeit ermöglicht eine strukturierte, aber dennoch flexible Ausbildung mit langfristiger Relevanz und individuellen Karrierewegen. Durch die enge Verzahnung von Aus- und Weiterbildung können Karrierepfade transparenter gestaltet werden. Innovative Weiterbildungssysteme, wie das IT-Weiterbildungssystem, zeigen beispielhaft, wie moderne Qualifizierungsstrategien umgesetzt werden können.

Ein weiterer Schlüsselfaktor für die Zukunftsfähigkeit der beruflichen Bildung ist die Umsetzung von Ausbildungsordnungen. Hier muss Flexibilitätsanforderungen von Auszubildenden wie Betrieben strukturell Rechnung getragen werden, indem individualisierte Lernwege hin zu einer beruflichen Handlungsfähigkeit in relevanten Handlungsfeldern möglich werden; etwa durch die Festlegung auf ein Berufsziel, aber erst im Ausbildungsverlauf eine Festlegung auf ein bestimmtes Handlungsfeld. In der Umsetzung bieten dann curriculare Einheiten ein innovatives Modell, das die Flexibilität von Ausbildungsstrukturen erhöht und zugleich eine anwendungsorientierte Qualifikation sicherstellt. Sie ermöglichen eine modulare und berufsübergreifende Gestaltung, die den Anforderungen des Arbeitsmarktes gerecht wird. Wichtig wird hierbei sein, trotz notwendiger Flexibilisierungsstrategien die Beruflichkeit nicht aus dem Blick zu verlieren.

Die Ordnungsarbeit muss Beruflichkeit im Spannungsfeld wirtschaftlicher, technologischer und gesellschaftlicher Veränderungen ausbalancieren. Ziel ist es, Ausbildungsordnungen so zu gestalten, dass sie sowohl Flexibilität als auch Stabilität durch Standardisierung bieten. Hier spielt die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Sozialpartnern und Praxis eine essenzielle Rolle. Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) nimmt hierbei eine zentrale Funktion als Moderator und Forschungsinstitution ein. Darüber hinaus wird jedoch auch eine berufswissenschaftliche Forschung

unabhängig vom BIBB benötigt, um die Veränderungen in der Arbeitswelt und deren Konsequenzen für die berufliche Bildung kontinuierlich zu beobachten und zu erfassen. Ansätze wie Kernberufe, insbesondere in den industriellen Metall- und Elektroberufen, zeigen, wie Anpassungen an aktuelle Herausforderungen mit einer Aufrechterhaltung oder sogar Stärkung der Beruflichkeit möglich sind.

Literatur

- Ahrens, D., & Spöttl, G. (2012). Beruflichkeit als biografischer Prozess. Neue Herausforderungen für die Berufspädagogik am Beispiel des Übergangssystems. In A. Bolder, R. Dobischat, G.
- Arbeitsgruppe 9 + 1 (2022). *Zukunftsfähig bleiben! 9 + 1 Thesen für eine bessere Berufsbildung*. Bonn: BIBB, Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Nr. 235.
- Kutscha, & G. Reutter (Hrsg.), *Beruflichkeit zwischen institutionellem Wandel und biografischem Projekt* (S. 87–105). Springer VS.
- Baethge, M., & Baethge-Kinsky, V. (1998). Jenseits von Beruf und Beruflichkeit? Neue Formen von Arbeitsorganisation und Beschäftigung und ihre Bedeutung für eine zentrale Kategorie gesellschaftlicher Integration. *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 31(3), 461–472.
- Baumhauer, M., & Meyer, R. (2023). Digitalisierung und Qualifizierung: ein (un)bestimmtes Verhältnis. *WSI Mitteilungen*, 76(5), 383–391.
- bayme vbm (2016). Spöttl, G., Gorlitz, C., Windelband, L. et al.: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie. Hrsg. vom Bayerischen Unternehmensverband Metall- und Elektro e. V. (bayme). Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V. (vbm), München. https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf (abgerufen am 20.12.2024).
- Beck, K. (2018). „Beruflichkeit“ als wirtschaftspädagogisches Konzept: Ein Vorschlag zur Begriffsbestimmung. In J. Schlicht & U. Moschner (Hrsg.), *Berufliche Bildung an der Grenze zwischen Wirtschaft und Pädagogik: Reflexionen aus Theorie und Praxis* (S. 19–36). Springer VS.
- Becker, M., Spöttl, G., & Windelband, L. (2025). Aktuelle Entwicklungen in der Metall- und Elektroindustrie – Konsequenzen für eine Neugestaltung der M+E-Berufe. *lernen und lehren*, 40(157) (im Druck).
- Becker, M., Spöttl, G., Werner, D., & Windelband, L. (2024). Wandel der industriellen Facharbeit: Konsequenzen für die Berufsausbildung in der M+E-Industrie. In A. Grimm, V. Herkner, T. Karges, & R. Schlausch (Hrsg.), *Dekarbonisierung, Digitalisierung, Demografie: Gestaltungsanspruch für gewerblich-technische Facharbeit und Berufsbildung* (S. 37–82). Peter Lang.
- Becker, M., Spöttl, G., & Windelband, L. (2023). Beruflichkeit – nur ein Mythos? *bwp@Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe 45, 1–35. https://www.bwp@de/ausgabe45/becker_etal_bwp@45.pdf (18.12.2024).

- Becker, M., Spöttl, G. & Windelband, L. (2022). Flexible Kernberufsstrukturen für die digitalisierte Facharbeit. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, 51(3), 22–26.
- Becker, M. & Windelband, L. (2021). Weiterbildung zwischen Tradition und Moderne – Weiterbildung 4.0 noch Utopie? In S. Baron, P.-M. Dick & R. Zitzelsberger (Hrsg.), *weiterbilden#weiterdenken. Den Strukturwandel in der Metall- und Elektroindustrie durch berufliche Weiterbildung gestalten* (S. 19–44). W. Bertelsmann Verlag.
- Bundesministerium der Justiz (2020). Berufsbildungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. Mai 2020 (BGBl. I S. 920). Zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 19. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 246) geändert.
- Böhle, F. (Hrsg.) (2017). *Arbeit als Subjektivierendes Handeln. Handlungsfähigkeit bei Unwägbarkeiten und Ungewissheit*. Springer VS.
- Borch, H. & Deutsch, G. (1986). Neuordnung der Elektroberufe. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis BWP*, bwp-1986-h1-01.
- Büchter, K. (2021). Beruf und Beruflichkeit – Historische (Dis-) Kontinuität von Diskursen, Funktionen und Sichtweisen. In L. Bellmann, K. Büchter, I. Frank, E. M. Krekel, & G. Walden (Hrsg.), *Schlüsselthemen der beruflichen Bildung in Deutschland: Ein historischer Überblick zu wichtigen Debatten und zentralen Forschungsfeldern* (S. 185–199). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
- Bundesausschuss für Berufsbildung. (1974). *Empfehlung betr. Kriterien und Verfahren für die Anerkennung und Aufhebung von Ausbildungsberufen*. Abrufbar unter <https://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA028.pdf> (03.02.2025).
- BIBB (Bundesinstitut für Berufsbildung) (Hrsg.). (2023). *Ausbildungsordnungen und wie sie entstehen* (9. Aufl.).
- BIBB (Bundesinstitut für Berufsbildung) (Hrsg.). (2023). *Fortbildungsordnungen und wie sie entstehen*. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/19197>. (Zuletzt geprüft am 21.01.2025.).
- DAZUBI. *Datensystem Auszubildende*. Abrufbar unter <https://www.bibb.de/dazubi>.
- Deißinger, T. (1998). *Beruflichkeit als „organisierendes Prinzip“ der deutschen Berufsausbildung*. Eusl-Verlagsgesellschaft.
- Deißinger, T. (2001). Zur Frage nach der Bedeutung des Berufsprinzips als „organisierendes Prinzip“ der deutschen Berufsausbildung im europäischen Kontext: Eine deutsch-französische Vergleichskritze. *Tertium comparationis*, 7(1), 1–18. URN: urn:nbn:de:0111-opus-29045, DOI: 10.25656/01:2904.
- Dostal, W. (2005). *Berufsforschung: Beruf als Forschungsgebiet des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) von 1967 bis 2003*. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 296.
- Dostal, W., Stooß, F., Troll, L. (1998). Beruf – Auflösungstendenzen und erneute Konsolidierung. *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 31(3), 438–460.
- Ertl, H. & Weiß, R. (2022). Berufsbildungsforschung des BIBB: Auftrag, Anspruch, Perspektiven. In G. Cramer, St. F. Dietl, H. Schmidt & W. Wittwer (Hrsg.), *Ausbilderhandbuch* (Erg.-Lfg., S. 248). Deutscher Wirtschaftsdienst.

- Becker, M., Flake, R., Heuer, C., Koneberg, F., Meinhard, D., Metzler, C., Richter, T., Schöpp, M., Seyda, S., Spöttl, G., Werner, D., & Windelband, L. (2022). *EVA-M+E-Studie – Evaluation der modernisierten M+E-Berufe – Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung*. DOI:10.15488/11927.
- Greinert, W. (2004). Die europäischen Berufsausbildungs„systeme“ – Überlegungen zum theoretischen Rahmen der Darstellung ihrer historischen Entwicklung. *Berufsbildung – Europäische Zeitschrift*, 32, 18–26.
- Grüner, G. (1981). *Berufspädagogik V. Stichwortartige Zusammenfassung der Vorlesung*. Studentwerk.
- Hackel, M. (2022). Flexibilisierungsoptionen im Rahmen des BBiG und ihre Umsetzung. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, 51(3), S. 13–16. URL: <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/17956>
- Harney, K. (1993). Zwischen Normalität und Systemfindung: Steuerungs- und Interventionsprobleme in der beruflichen Bildung. Verband der Lehrer an berufsbildenden Schulen und Kollegschen in Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): *Kompetenz ist Lebensperspektive. Weiterentwicklung berufsbildender Schulen und Kollegschen* (73–90).
- IG Metall (Hrsg.). (2007). *Neue Leitbilder – Neue Praxisprojekte. Prozessorientierung in der Berufsbildung*. https://www.igmetall.de/download/0187230_Prozessorientierung_ed5c4101d04cf3c1c43f653b98d51cab02313d82.pdf (Zugriff 25.02.2025)
- IG Metall (Hrsg.). (2014). *Erweiterte moderne Beruflichkeit. Ein gemeinsames Leitbild für die betrieblich-duale und die hochschulische Berufsbildung*. Diskussionspapier.
- Kaßbaum, B. (2017). Beruflichkeit und wissenschaftliche Weiterbildung. In B. Hörr & W. Jütte (Hrsg.), *Weiterbildung an Hochschulen: Der Beitrag der DGWF zur Förderung wissenschaftlicher Weiterbildung* (S. 195–210).
- Kaufmann, A., Zinke, G., & Winkler, F. (2021). *Evaluation der Zusatzqualifikationen und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metall- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/in: Entwicklungsprojekt 2.2.322*, Zwischenbericht. BIBB.
- Kaufmann, A., Zinke, G., & Winkler, F. (2022). *Evaluation der Zusatzqualifikationen und der neuen integrativen Berufsbildposition der industriellen Metall- und Elektroberufe sowie des Berufs Mechatroniker/in: Entwicklungsprojekt 2.2.322*, Abschlussbericht. BIBB.
- Kaufmann, A., Winkler, F., & Zinke, G. (2022). Flexibilisierung in den industriellen Metall- und Elektroberufen. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, 51(3), 17–21. <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/veroeffentlichungen/de/bwp.php/de/publication/download/17959>, (zuletzt geprüft am 21.01.2025).
- Kern, H., & Sabel, C. S. (1994). Verblaßte Tugenden: Zur Krise des deutschen Produktionsmodells. In N. Beckenbach & W. van Treeck (Hrsg.), *Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit: Bd. 9*. (S. 605–624). Soziale Welt.
- KMK (Sekretariat der Kultusminister Konferenz). (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*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf (zuletzt geprüft am 24.01.2025)

- Korres, G. M., Tsamadias, C., Liargovas, P., Tsobanoglou, G. O., & Kokkinou, A. (2013). A new methodological approach of job requirement assessment. In E. Carayannis & G. Korres (Hrsg.), *European Socio-Economic Integration: Innovation, Technology and Knowledge Management* (Vol. 28) (S. 13–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5254-6_13.
- Kraus, K. (2022). Die Entwicklung von Beruflichkeit über iterative Lern- und Bildungsprozesse: Zur theoretischen Verortung beruflicher Weiterbildung. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 45(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s40955-022-00208-8> (10.01.2024).
- Kuda, E., Strauß, J., Spöttl, G. & Kaßebaum, B. (Hrsg.). (2012). *Akademisierung der Arbeitswelt? Zur Zukunft der beruflichen Bildung*. VSA.
- Kutscha, G. (1992). „Entberuflichung“ und „Neue Beruflichkeit“ – Thesen und Aspekte zur Modernisierung der Berufsbildung und ihrer Theorie. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 88(7), 535–548.
- Kutscha, G. (2016). Vielfalt – Selektion – erweiterte Beruflichkeit. Thesen zur Jahrestagung Extra: „Vielfalt in der Ausbildung“. Beauftragter für Integration und Migration des Berliner Senats und der Arbeitsgemeinschaft Weinheimer Initiativen. 14./15. Dezember.
- Kutscha, G. (2017). Berufsbildungstheorie auf dem Weg von der Hochindustrialisierung zum Zeitalter der Digitalisierung. In B. Bonz, H. Schanz & J. Seifried (Hrsg.), *Berufsbildung vor neuen Herausforderungen: Wandel von Arbeit und Wirtschaft* (S. 17–47).
- Kutscha, G. (2022). *Moderne Beruflichkeit und berufliche Bildung im Zeitalter der Digitalisierung*. BAG-Tagung.
- Laur-Ernst, U. (2000). Das Berufskonzept: umstritten, widersprüchlich, aber zukunftsfähig – auch für Jugendliche mit schlechten Startchancen. In *ibv-Tagungsdokumentation. Bedeutung des Berufs* (8), 661–670.
- Maier, T., Kalinowski, M., Schur, A., Zika, G., Schneemann, C., Mönnig, A. & Wolter, M.-I. (2024). Weniger Arbeitskraft, weniger Wachstum. In BiBB (Hrsg.), *BiBB Report*, 18(1/2024), (S. 1–20).
- Matthes, B. (2019). Digitalisierung und die Entberuflichung der Arbeit: ein Missverständnis? In J. Lange & G. Wegner (Hrsg.), *Beruf 4.0* (S. 19–36). Nomos.
- Meyer, R. (2018). „Beruflichkeit 4.0“ – Qualifizierung für die Arbeit heute und morgen: Herausforderungen und Handlungssysteme. In B. Kohlrausch & C. Schildmann (Hrsg.), *Industrie 4.0 und Digitalisierung von Arbeit: Neue Arbeit – neue Ungleichheiten?* (S. 142–163). Beltz Juventa.
- Meyer, R. (2019). Erosionen und Entgrenzungen – Herausforderungen der digitalen Transformation für Berufsbildung und Berufskonzept. In J. Lange & G. Wegner (Hrsg.), *Beruf 4.0* (S. 105–124). Nomos.
- Meyer, R. (2022). Der Beruf ist tot; es lebe die Beruflichkeit! In *berufsbildung*, 76(3), 42–45. DOI: 10.3278/BB2201W042
- Neumer, J.; Nies, S.; Ritter, T.; Pfeiffer, S. (2022): Beruflichkeit und Kollaboration in der digitalisierten Arbeitswelt: Wechselseitige Bedingungen und Wirkungsweisen. Düsseldorf, Online: <https://www.econstor.eu/handle/10419/251735> (08.08.2023).

- OECD. (2024). *Bildung auf einen Blick 2024: OECD-Indikatoren*. wbv Media, <https://doi.org/10.1787/e7565ada-de>.
- Pfeiffer, S. (2015). Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. In Institut für Technologiefolgen-Abschätzung (Hrsg.), *ITA-manu:script* (Nr.: ITA-15-03).
- Pfeiffer, S. (2017). Work 4.0 – new challenges for participation and qualification. In F. Kai-ser & S. Grugmann (Hrsg.), *Social Dimension and Participation in Vocational Education and Training: Proceedings of the 2nd conference „Crossing Boundaries in VET“* (S. 30–34). University of Rostock.
- Rauner, F. (2023). *Grundlagen der modernen beruflichen Bildung: Mitgestalten der Arbeitswelt* (1st ed.). wbv Media GmbH & Co. KG. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7415326>.
- Rosendahl, A. & Wahle, M. (2016). Debatten zur Krise von Beruf und Beruflichkeit: A Never Ending Story? *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe 29, 1–23. http://www.bwpat.de/ausgabe29/rosendahl_wahle_bwpat29.pdf (16.03.2016).
- Schelsky, H. (1965). Die Bedeutung des Berufs in der modernen Gesellschaft. In H. Schelsky (Hrsg.), *Auf der Suche nach der Wirklichkeit*.
- Schwarz, H. & Bretschneider, M. (2014). Strukturmödelle als Ansatz zur Flexibilisierung anerkannter Ausbildungsberufe im dualen System. In E. Severing & R. Weiß (Hrsg.), *Weiterentwicklung von Berufen – Herausforderungen für die Berufsbildungsforschung* (S. 14–27). Bertelsmann. Online verfügbar unter https://www.agbfn.de/dokumente/pdf/agbfn_14_schwarz_bretschneider.pdf (Volltext).
- Schwarz, H., Schneider, V., Conein, S., Isenmann, M., Schmickler, A. & Valerius, M. (2018). *Voruntersuchung zur Novellierung der IT-Fortbildungsverordnung: Abschlussbericht zu Entwicklungsprojekt 4.2.580*. https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/eb_42580.pdf (zuletzt geprüft am 15.05.2024).
- Seifried, J., Beck, K., Ertel, B.-J. & Frey, A. (2019). *Beruf, Beruflichkeit, Employability*. wbv.
- Sennet, R. (1998). *Der flexible Mensch: Die Kultur des neuen Kapitalismus*. Berlin Verlag.
- Vollmer, T. (2024). Gestaltungsorientierte Berufsbildung. In G. Spöttl & M. Tärre (Hrsg.), *Didaktiken der beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildung* (S. 505–514). Springer Gabler.
- Wahle, M. & Walter, M. (2013). Beruf, Beruflichkeit, Berufsbildung. In *bwp@* (Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Workshop 23). http://www.bwpat.de/ht2013/ws23/wahle_walter_ws23-ht2013.pdf
- Winkler, F., Schneider, V., Schwarz, H., Isenmann, M., Schmickler, A. & Eckstein, U. (2021). Voruntersuchung der ersten Fortbildungsebene des IT-Fortbildungssystems im Rahmen der Vorbereitung zur Novellierung der Verordnung über die berufliche Fortbildung im Bereich der Informations- und Telekommunikationstechnik: Abschlussbericht zur Voruntersuchung IT-Fortbildungsverordnung (Teil 2; 2.2.349; Laufzeit II-20 bis II-21) (zuletzt geprüft am 15.05.2024).

- Winkler, F. (2023). Zur Novellierung der IT-Fortbildungsverordnung: Entwicklungen und Rahmenbedingungen aus Ordnungsperspektive. In A. Grimm, B. Mahrin & U. Neustock (Hrsg.), *Digitalisierung und Nachhaltigkeit gestalten lernen: Beiträge der BAG-Tagung „All Days For Future – Energievielfalt in der gewerblich-technischen Berufsbildung* (S. 337–354). wbv.
- Zinke, G. (2019). *Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen: Branchen- und Berufescreening: Vergleichende Gesamtstudie*; Hrsg. Bundesinstitut für Berufsbildung; Reihe Wissenschaftliche Diskussionspapiere (Heft-Nr. 213).

Kfz Master Professional – Potenziale und Herausforderungen der Einführung eines Fortbildungsprofils auf der dritten Fortbildungsstufe

MATTHIAS BECKER; TIM RICHTER-HONSBROK

Zusammenfassung

Das im Jahre 2020 novellierte Berufsbildungsgesetz (BBiG) sieht eine dritte Fortbildungsstufe „Master Professional“ vor. Für diese Fortbildungsstufe wird im Kraftfahrzeuggewerbe ein neues Fortbildungsprofil entwickelt, welches auf dem Profil Kfz-Technikermeister/-in (Bachelor Professional) aufbaut. Dieser Beitrag befasst sich mit der Evaluation der Entwicklung des „Kfz Master Professional“ und betrachtet dabei formale und strukturelle Aspekte der Etablierung, die Abgrenzung zu akademischen Qualifizierungen, die Attraktivität für die Zielgruppe und vor allem die inhaltliche Ausrichtung des Fortbildungskonzepts.

Abstract

The Vocational Training Act (BBiG), which was amended in 2020, provides for a third advanced training level, ‚Master Professional‘. A new advanced training profile is being developed for this advanced training level in the motor vehicle trade, which builds on the profile of the master craftsman automotive technician (Bachelor Professional). This article deals with the evaluation of the development of the ‚Automotive Master Professional‘ and looks at formal and structural aspects of the establishment, the differentiation from academic qualifications, the attractiveness for the target group and, above all, the content orientation of the further training concept.

Schlagworte: Master Professional, Berufslaufbahnkonzept, Fahrzeugtechnik, Karrieren, Fortbildungsprofil, DQR-Niveau 7, Evaluation

1 Ausgangslage, Problem und Zielsetzung

Mit der Novellierung des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) zum 01.01.2020 und der damit verbundenen Änderung der Handwerksordnung (HwO) vom 14.02.2020 sind drei Fortbildungsstufen eingeführt worden. Das Kraftfahrzeuggewerbe besetzt bislang die ersten beiden Niveaus (DQR 5 und 6, siehe Abbildung 2) und schafft dadurch Möglichkeiten für Berufslaufbahnkonzepte im Handwerk.

Für die Fortbildungsstufe 3 – Master Professional – nach § 42d der HwO sowie § 53d des BBiG existieren Zuordnungen, die bislang jedoch den (technischen) Betriebswirten und dem geprüften Berufspädagogen vorbehalten sind. Dabei handelt es sich um etablierte Fortbildungsmöglichkeiten, die vordergründig den unternehmerischen Entwicklungsstrang mit kaufmännischem Profil bedienen. Diese Profilierung dominiert auch bei zugleich rückläufigen Fortbildungsprüfungen (Datenreport, 2022, S. 382 ff.). Dagegen sind wirklich neu gestaltete, den Ideen der Novellierung entsprechende Fortbildungsprofile noch kaum etabliert. Die Idee der dritten Fortbildungsstufe ist einerseits dadurch gekennzeichnet, dass analog zum Masterstudium im akademischen Bereich eine Qualifizierung für Führungsaufgaben im betrieblichen Kontext geschaffen wird, andererseits ist es die Absicht, eben für jene Qualifikationsebene (DQR 7) eine konsekutiv gedachte domänenbezogene Qualifizierungsmöglichkeit zu schaffen, die sich von Entsprechungen und reinen Zuordnungen abhebt.

Entsprechen Fortbildungsprofile dem Qualifikationsniveau 7 des Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR), so lassen sie sich über den DQR der Abschlussbezeichnung Master Professional „zuordnen“ (DQR, 2022, S. 4, S. 85 ff.).

Derzeit ist die Einführung eines neuen Fortbildungsprofils auf der Fortbildungsstufe 3 mit der Bezeichnung „Kfz Master Professional“ unter der Federführung des Landesverbandes des Kfz-Gewerbes NRW und der Akademie der Handwerkskammer Düsseldorf geplant. Diese Fortbildung soll für das Kraftfahrzeugtechniker-Handwerk erstmalig eine Qualifizierungsmöglichkeit auf dem Niveau der Fortbildungsstufe 3 für den gewerblich-technischen Zweig ermöglichen.

Dieser Beitrag beschreibt die Untersuchungen des Instituts für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) der Leibniz Universität Hannover zur Entwicklung des Fortbildungsprofils bzw. zur Entwicklung eines Fortbildungsangebots für den Kfz Master Professional und der hierauf bezogenen Evaluation. Dabei sollen Potenziale und Herausforderungen des Profils herausgearbeitet werden. Zugleich soll die Evaluation die bereits unternommenen Entwicklungsetappen und inhaltlichen Ausrichtungen hinsichtlich der oben beschriebenen Zielsetzung der Eigenständigkeit bewerten und Empfehlungen geben, die auch über dieses Fortbildungsprofil hinausreichen. Diese betreffen die mit dem Ansatz in Verbindung stehenden Überlegungen zur Etablierung einer modularen Fortbildungsstruktur, die sich des Europäischen Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) bedient und auch Transferleistungen zwischen akademischen und beruflich-betrieblichen Karrierewegen mitbetrachtet.

2 Fragestellung

Das Konzept zum „Kfz Master Professional“ soll hinsichtlich der konzeptionellen Ausrichtung sowie der Relevanz und Eignung der Fortbildungsangebote für eine Kompetenzentwicklung und Karriereentwicklung im Kraftfahrzeugtechniker-Handwerk evaluiert werden. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, ob mit dem Fortbildungsangebot

und Prüfungskonzept ein formal passendes und geeignetes Fortbildungsprofil geschaffen wird, welches

1. sich von bestehenden Angeboten auf der Fortbildungsebene 3 (Master Professional) abgrenzt (insbesondere vom Betriebswirt/-in des Handwerks);
2. die Zielgruppe der Meister/-innen im Kraftfahrzeugtechniker-Handwerk und insbesondere der Personen mit technisch ausgeprägtem Qualifikationsprofil anspricht und an die bestehende Qualifikation anknüpft sowie diesbezügliche Bedarfe befriedigt;
3. auf die praktischen und technischen Kompetenzen für Führungspositionen in den Betrieben im Gegensatz zu Angeboten im akademischen Bereich ausgerichtet ist.

Als übergeordnete Fragestellung wird die Übertragbarkeit des Konzeptes auf die Entwicklung und Etablierung weiterer Fortbildungsprofile auf der Fortbildungsstufe 3 in den Blick genommen. Kann also ein modularer Ansatz mit Modulbeschreibungen und mit Creditpunkten versehene Module, in Anlehnung an das Hochschulsystem, die Zielsetzungen der Mobilität, Anrechnung und Qualitätssicherung für beruflich-betrieblich orientierte Fortbildungsangebote einlösen? Bislang sind Empfehlungen für solche Fortbildungsprüfungen allenfalls in Planung und sollen bei hinreichendem Bedarf vom Berufsbildungsausschuss des Deutschen Handwerkskammertages (DHKT) ausgesprochen werden. Bislang sind über den quantitativen (Lernumfang) und qualitativen Vorgaben des BBiG und der HwO hinaus nur Empfehlungen (Nr. 127, 159 und 173) des BiBB-Hauptausschusses (BiBB-HA, 2014, 2020, 2022) dazu herausgegeben worden. Eine erste Prüfungsregelung auf dem Niveau Master Professional ist im Jahr 2020 für den „geprüften Restaurator im Handwerk“ erarbeitet worden (BGBl, 2020).

3 Untersuchungs- und Evaluationskonzept und methodische Umsetzung

Die Evaluation setzt auf etablierte formative und summative Evaluationsmethoden, die die Besonderheiten der Domäne des Kraftfahrzeughandwerks berücksichtigen. Der Prozess der Konzipierung wie auch Etablierung des Kfz-Master Professional wird durch die Durchführung einer Studie begleitet, die

- Rahmenbedingungen,
- das geplante und bestehende Fortbildungsangebot im Kfz-Sektor,
- Daten zum Bedarf und zur Nachfrage nach Fortbildung auf dem Niveau Master Professional

analysiert (abgeschlossen). Zudem ist die Befragung potenzieller Kandidatinnen und Kandidaten zu ihren Absichten, Motivationen und Voraussetzungen geplant. Insbesondere die oben aufgeführten Punkte bedürfen einer berufswissenschaftlichen Sektoranalyse (Becker & Spöttl, 2015, S.75 ff.), da rein statistische Auswertungen keine Aussagekraft besitzen. Die Datenlage ist daher mithilfe domänenbezogenen Wissens

einzuschätzen, auch weil es sich um eine neu zu schaffende Qualifizierung handelt, zu der es allenfalls Sekundärdaten gibt. Für die Analyse der inhaltlichen Ausrichtung ist eine Betrachtung der Branchenstruktur, der Geschäftsfelder, Innovationsfelder wie auch Beschäftigungsentwicklungen im Kfz-Handwerk notwendig, um Bedarfe abschätzen zu können.

Die Analyse des Fortbildungsangebotes erfolgt durch das Heranziehen sektoraler Daten, welche in der Domäne verfügbar sind und über Studien verfügbar gemacht werden können. Es wird also eine Sektoranalyse angewendet, die methodisch über die Auswertung von Sekundäranalysen umgesetzt wird. Für die Auswertung wird Literatur zu Entwicklungen im Kfz-Handwerk einerseits wie zur Situation der Fort- und Weiterbildung hinzugezogen. Zur Sektoranalyse gehört ebenso eine Analyse der Karrierewege im Kfz-Handwerk, die ausgehend von theoretischen Modellen mit einer Exemplarik unterlegt wird. Die herangezogenen Daten sind hier berufstypische Qualifizierungs-topologien, die nicht über eine Analyse quantitativer Daten verfügbar gemacht werden können. Vielmehr werden Branchenentwicklungen und individuelle Qualifizierungs-muster betrachtet und zur Abschätzung von Bedarf und Nachfrage für eine Qualifizie-rung auf dem Niveau 7 des Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR 7) herangezogen. Der Untersuchungsansatz ist so als berufswissenschaftlicher Mixed-Method-Ansatz zu verstehen.

Die Modulkonzeptionen des Fortbildungskonzeptes selbst werden anhand formaler Vorgaben aus dem BBiG/der HwO und in Anlehnung an Akkreditierungskriterien, die auch für Studiengänge zur Anwendung kommen, analysiert. Hier stehen jedoch vor allem die für den beruflich-betrieblichen Qualifizierungsweg gedachten Deskriptoren im Mittelpunkt. Es wird der Frage nachgegangen, ob die Modulbeschreibungen dem angestrebten Kompetenzniveau entsprechen. Für das Konzept wird im Wesentlichen untersucht, ob die Module auf diejenigen Innovationsfelder ausgerichtet sind, die sich zuvor aus der Sektoranalyse heraus als bedeutsam identifizieren ließen.

Da die vorliegende Studie Teil einer formativ angelegten Evaluation ist, wird das methodische Vorgehen mit Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Fortbildungskonzeptes versehen, die sich aus den zuvor durchgeföhrten Analysen ableSEN lassen. Die Widerspiegelung der bereits bei der Planung berücksichtigten Kriterien sowie die Anreicherung mit Erkenntnissen aus Analysen soll einen beratenden Effekt entspre-chend einem PDCA-Zyklus entfalten (Abbildung 1).

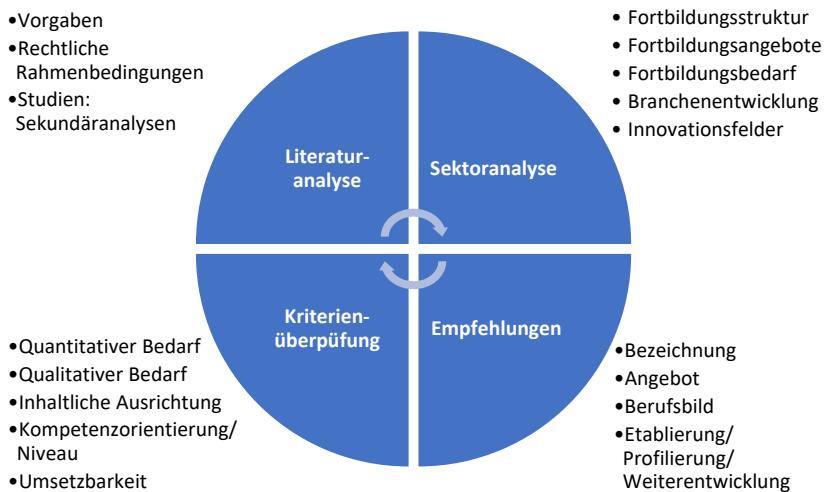


Abbildung 1: Methodischer Ansatz der Evaluation des Kfz Master Professional

Basis für die Analyse des Fortbildungskonzeptes sind Dokumente, die der Landesverband des Kfz-Gewerbes NRW und die Akademie des Handwerks in Düsseldorf zur Verfügung gestellt haben. Im Kern sind dies die Darstellung des Fortbildungskonzeptes sowie Entwürfe der Modulbeschreibungen.

4 Evaluation des Fortbildungskonzeptes zum Kfz-Master Professional

Basis der Evaluation ist ein Entwurf des Fortbildungskonzeptes, welches die Akademie des Handwerks in Düsseldorf in Abstimmung mit dem Landesverband des Kfz-Gewerbes NRW erarbeitet hat. Der Entwurf des Fortbildungskonzeptes sieht eine Modulstruktur vor, die Qualifizierungsangebote im Umfang von 1600 Stunden beinhaltet, die vier Kompetenzfeldern zugeordnet sind (Tabelle 1).

Die Kompetenzfelder „Human Resources und Recht“ sowie „Unternehmensführung“ sind an die Kompetenzen für technische Betriebswirte angelehnt, während die Kompetenzfelder „Technik“ und „Innovation“ explizit domänenbezogene Profilierungen beabsichtigen, aus denen sich die Eigenständigkeit des Fortbildungsprofils ableitet. Letztere werden daher hier eingehender analysiert.

Die einzelnen Module haben einen Umfang von 50 bis 210 Stunden und entsprechen teilweise schon bestehenden Lehrgängen und auch neu geschaffenen Angeboten, die von Expertinnen und Experten des Handwerks, der Automobilindustrie und auch aus Hochschulen erarbeitet wurden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht der Kompetenzfelder und Module des Fortbildungskonzepts

Kompetenz-feld	Modul		Umfang [h]	Selbststudium/ Präsenz
Technik	1.1	Sachverständige Schadensdiagnose	75	35/40
	1.2	HV-Fachkunde 3S	50	25/25
	1.3	Nachhaltige Instandsetzung von Bauteilen	50	25/25
	1.4	Spezialistenwissen Karosserie-, Komfort- und Fahrerassistenzsysteme und Potenziale der Zukunft	100	50/50
	1.5	Pkw-Karosserieinstandsetzung mit Brief und Siegel	75	21/54
	1.6	Hoheitliche technische Aufgaben	50	25/25
	Summe:		400	181/219
Innovation	2.1	Data Analytics und künstliche Intelligenz	125	61/64
	2.2	Cyber Security	50	25/25
	2.3	Car-to-X-Communication	80	40/40
	2.4	Smart Parts 4.0	75	45/30
	2.5	Zukünftige Diagnosekonzepte	50	25/25
	Summe:		380	196/184
HR & Recht	3.1	Personalmanagement	210	100/110
	3.2	Rechtliche Rahmenbedingungen	180	90/90
	Summe:		390	190/200
Unternehmens-führung	4.1	Unternehmensführung 4.0	160	80/80
	4.2	Controlling	190	95/95
	4.3	Kfz-Spezifika	50	25/25
	4.4	Innovationsmanagement, Abschlussarbeit	50	25/25
	Summe:		450	225/225
Gesamtsumme:			1.620	792/828

4.1 Analyse des Kompetenzfeldes „Technik“

Die sechs Module im Kompetenzfeld „Technik“ befassen sich mit relevanten technologischen Entwicklungen, die Einfluss auf das betriebliche Handeln im Kfz-Service haben. Auffallend ist, dass das Modul 1.4 eher Inhalte für das Kompetenzfeld „Innovation“ anspricht. Zudem fehlt dort der Aspekt des autonomen Fahrens bzw. der „x-by-wire“-Technologien, der zukünftig für Kfz-Werkstätten neue Herausforderungen bereithalten

wird; dies insbesondere, weil höhere Autonomielevel besondere Beachtung der gegenseitigen Wirkung einzelner Fahrassistentenzsysteme und vernetzter Funktionen erfordern.

Das Modulangebot scheint recht ausgewogen zu sein, wie eine Zuordnung zu den fünf relevanten beruflichen Handlungsfeldern im Kfz-Service (Becker, 2018, S. 245 ff.) zeigt:

- Serviceaufgaben: Modul 1.6: Hoheitliche technische Aufgaben
- Diagnoseaufgaben: Modul 1.2: HV-Fachkunde 3S
- Reparaturaufgaben: Modul 1.3: Nachhaltige Instandsetzung von Bauteilen
- Aus-, Um- und Nachrüstaufgaben, Installationen, Konfigurationen: kein explizites Angebot
- Karosserieaufgaben/Schadensdiagnose: Modul 1.1: Sachverständige Schadensdiagnose/Modul 1.4: Spezialistenwissen Karosserie-, Komfort- und Fahrerassistenzsysteme und Potenziale der Zukunft/Modul 1.5: Pkw-Karosserieinstandsetzung mit Brief und Siegel

Die Struktur der Modulbeschreibungen lehnt sich eng an typische Modulbeschreibungen im Hochschulbereich an und weist auch Leistungspunkte aus, die allerdings bislang nicht mit den Kriterien an die Vergabe von ECTS-Leistungspunkten abgeglichen sind. So wird derzeit noch von einer Workload von eher 40–50 Stunden für einen Leistungspunkt ausgegangen.

Die Karosserieaufgaben sind entsprechend der ökonomischen Bedeutung für Kfz-Servicebetriebe am umfassendsten mit Modulen für das Fortbildungsangebot besetzt.

Tabelle 2: Struktur der Modulangebote zum Kfz-Master Professional – Auszug aus „Hoheitliche technische Aufgaben“

Kompetenzfeld Technik	
Modultitel	Hoheitliche technische Aufgaben
Kürzel/Modulnummer	1.6
Kompetenzfeld	Technik
Modulverantwortliche(r)	
Dozent/in	
Modultyp	Pflichtmodul
Dauer	
Häufigkeit des Angebots	
Zielgruppe(n)	Kfz-Meister/-innen, BA Professional

(Fortsetzung Tabelle 2)

Kompetenzfeld Technik	
Angestrebte Lernergebnisse/ Learning outcomes	Mit erfolgreichem Abschluss des Kurses werden die Teilnehmenden in der Lage sein: 1. Rechtliche Grundlagen der Abgasuntersuchung zu bewerten 2. Technik der neueren Entwicklungen bei Fahrzeugen erläutern, Abweichungen erkennen und Instandsetzungsverfahren empfehlen 3. Den Zusammenhang zwischen StVZO und der DIN ISO/ IEC 17020 herzustellen. 4. Die rechtlichen Anforderungen an den Kfz-Betrieb im Rahmen der Anerkennung (Anlage VIIIc StVZO) zur Durchführung hoheitlicher Fahrzeuguntersuchungen zu bewerten und einzuschätzen. 5. Die Qualitätsanforderungen an den Kfz-Betrieb im Rahmen des QM-Systems nach DIN ISO/IEC 17020 umzusetzen und einzuhalten.
Inhalte	...
Lehrformen	
Unterrichtssprache	Deutsch
Teilnahmevoraussetzungen	
Abschluss	
Prüfungsleistung(en)	
Leistungspunkte	1 ECTS
Workload/Arbeitsaufwand	25 h + 17 h
Kontaktzeit/Selbststudium	24 h/17 h
Geplante Gruppengröße	max. 20 TN
Verwendbarkeit des Moduls	
Literatur	

Erkennbar ist, dass im Bereich „Aus-, Um- und Nachrüstaufgaben, Installationen, Konfigurationen“ eine Lücke zu verzeichnen ist. Langfristig könnte also für dieses Feld ebenso ein Angebot geschaffen werden, etwa im Zusammenhang mit dem softwaredefinierten Fahrzeug. Zukünftige Plattformkonzepte wie etwa bei Volkswagen mit der Scalable Systems Platform (SSP) setzen auf High Power Computer (HPC), über die bestimmte Arbeitsverfahren neu definiert werden. So werden zukünftige Diagnoseverfahren mithilfe von Service Oriented Vehicle Diagnostics (SOVD) Diagnoseaufgaben in die Cloud verlagern. Ebenso werden zukünftig verstärkt Funktionalitäten der HPC und damit Ausrüstungen via cloudbasierter Software und Services definiert und sind als solche im After Sales zu betreuen. Das Fahrzeug wird via Software skalierbar gestaltet. Das bedeutet, dass Werkstätten die Prozesse betreuen können müssen, mit denen dem Fahrzeug Funktionalitäten zugewiesen werden.

Das Modul für das berufliche Handlungsfeld „Reparaturaufgaben“ legt einen Schwerpunkt auf die Elektronikreparatur und hier auf die Reparatur von Steuergeräten. Als Ergebnis aus Branchenanalysen lässt sich feststellen, dass hier relevante Geschäftsfelder identifizierbar sind. Daher ist bei Modulen wie „Nachhaltige Instandsetzung von Bauteilen“ eine Erweiterung über Aspekte der Steuergerätereparatur hinaus zu empfehlen.

Es sollte daher sogar geprüft werden, ob für das berufliche Handlungsfeld „Reparatur“ ein erweitertes oder zusätzliches Modul etabliert werden kann, welches sich mit der Erhöhung der Reparaturtiefe von Aggregaten und Systemen als Geschäftsfeld befasst.

4.2 Analyse des Kompetenzfeldes „Innovation“

Die Module im Kompetenzfeld „Innovation“ besetzen Themenstellungen, die gerade im Zeitalter der Digitalisierung der Serviceprozesse eine hohe Relevanz besitzen. Datensicherheit, die Handhabung großer Datenmengen, die zukünftigen Kommunikationsstrukturen zwischen Werkstatt, Zulieferern und Herstellern wie auch zwischen Fahrzeugen selbst sind durch entsprechende Module abgedeckt (Module Data Analytics und künstliche Intelligenz, Cyber Security und Car-to-X-Communication).

Ebenso wird mit „Smart Parts“ ein innovatives Geschäftsfeld adressiert. Allerdings widmet sich das vorliegende Modul allein dem 3D-Druck. Demgegenüber ist im Kfz-Service ein umfassendes Teilemanagement notwendig, mit dem die hohen Qualitätsanforderungen an Ersatzteile einerseits und ökonomisch und ökologisch attraktive Angebotsstrukturen andererseits eingelöst werden können. Auch vom Anspruchsniveau erscheint dieses Modul noch ausbaufähig.

Das Modul „Zukünftige Diagnosekonzepte“ ist von äußerst großem Interesse für Kfz-Werkstätten, um auch zukünftig Fahrzeuge im Feld diagnose- und reparaturfähig zu halten. Die zur Zeit der Planung des Moduls verankerten Inhalte adressieren relevante aktuelle und Zukunftsthemen, sind jedoch etwas stark an einer forcierten Initiative SERMA¹ ausgerichtet. Hier ist zu empfehlen, die Diagnosethematik entsprechend dem Modultitel nicht zu eingeschränkt auf ein Thema auszurichten.

Aus dem Analyseansatz selbst lässt sich gut erkennen, dass wissenschaftssystematische Analysen wie hier zum Beispiel der Zuordnung zu beruflichen Handlungsfeldern und Spiegelungen an Ergebnissen aus Sektoranalysen auch zur Entdeckung von notwendigen Ergänzungen und Modifikationen sowie zur Optimierung von Qualifizierungskonzepten beitragen können.

¹ <https://www.serma.eu/>. SERMA steht für „security related repair and maintenance authorisation/Standardisierter Zugang zu diebstahl- und sicherheitsrelevanten Reparatur- und Wartungsinformationen“ und regelt den Zugriff auf die diebstahl- und sicherheitsrelevanten Fahrzeug-OBD-Funktionen sowie Reparatur- und Wartungsinformationen (RMI) in den Fahrzeugherstellerportalen und über die Hersteller-Diagnosegeräte.

5 Ergebnisse der Sektoranalyse zu Ausrichtung und Bedarf

5.1 Einordnung in das Berufslaufbahnkonzept und Abgrenzung zu akademischen Karrierewegen

Ein Fortbildungsangebot, das sich insbesondere bzw. auch an das technische Personal richtet und primär auf die Erweiterung der beruflichen Handlungsfähigkeit der Teilnehmenden mit dem Ziel des beruflichen Aufstiegs ausgelegt ist, beinhaltet die Chance, qualifizierte und motivierte Fachkräfte an die Unternehmen zu binden, indem (lineare) Karrierewege in der höherqualifizierenden Berufsbildung beschritten werden können und damit eine langfristige berufliche Entwicklung planbar wird. Durch den neu einzuführenden Abschluss wird darüber hinaus die Gleichwertigkeit von Abschlüssen, die durch berufliche Fortbildung erworben werden, und solchen Abschlüssen, für die ein Studium vorausgesetzt ist, unterstrichen. So wird es technikaffinen Fachkräften in der Kfz-Branche ohne hinreichenden allgemeinbildenden Schulabschluss für akademische Laufbahnen ermöglicht, das DQR-Level 7 zu erreichen. Dieser konsekutiv strukturierte Karriereweg wird durch die Abbildung 2 verdeutlicht.

Die in der Domäne identifizierbaren Rollen, die heute Führungspersonal in Werkstätten und Autohäusern wahrnehmen, geben Aufschluss über passende Aufgabenzuschritte, auf die eine Fortbildung auf der dritten Fortbildungsstufe vorbereiten sollte. Es konkurrieren insbesondere bei der Bewerbung um Führungspositionen in Unternehmen der Kfz-Branche technikaffine Fachkräfte mit einer Karriere im Kfz-Handwerk mit Bewerber/-innen mit einem akademischen Abschluss.

Bislang können erstgenannte Personen maximal den Titel Meister/-in im Kraftfahrzeugtechniker-Handwerk (Kfz-Technikermeister/-in) sowie ggf. langjährige berufliche Erfahrung durch die Tätigkeit in Kfz-Betrieben vorweisen. Demgegenüber können die Bewerberinnen und Bewerber, die über einen akademischen Abschluss auf dem Niveau eines Masters verfügen, einen Abschluss nachweisen, der auf dem DQR-Level 7 einzuordnen ist. Insofern fehlt es an einer Möglichkeit der Aufstiegsfortbildung, durch die die Teilnehmenden mit dem Titel Kfz-Technikermeister/-in die Berechtigung erhalten, höhere Positionen mit erweiterten Aufgaben zu übernehmen. Im Kfz-Handwerk und auch in der Branchenstruktur, die durch die Automobilhersteller geprägt und vorgegeben werden, lässt sich ein Bedarf an Werkstatt- und Serviceleitungen im Sinne eines Profils „Kfz-Technik Master Professional“ erkennen, die auch jetzt schon von erfahrenen Kfz-Technikmeister/-innen abgedeckt werden.

Primäre Zielgruppen des Fortbildungsangebots sind demnach Kfz-Technikermeister/-innen, die bereits über berufliche Erfahrungen in entsprechenden Positionen in Kfz-Betrieben verfügen, sowie Teilnehmende aktueller Meister-Vorbereitungskurse, die im unmittelbaren Anschluss an die bestandene Prüfung eine ergänzende Fortbildung anstreben.

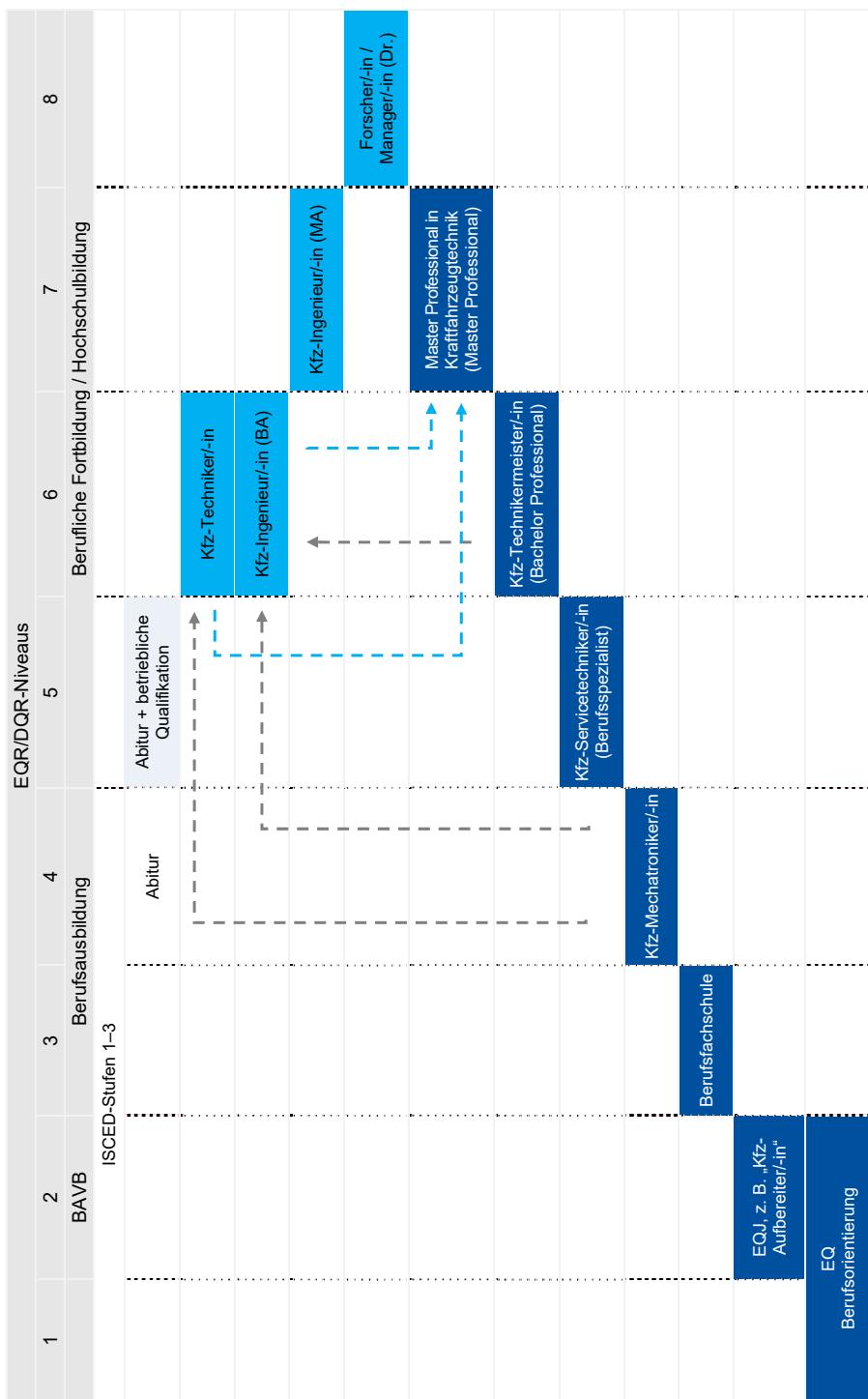


Abbildung 2: Berufsaufbauskonzept für fahrzeugtechnische Karrieren

Bei genauerer Betrachtung der unterschiedlichen „fahrzeugtechnischen“ Karrierewege (vgl. Abbildung 2) erweitert sich die Zielgruppe deutlich. So ist es ebenso denkbar, dass sich staatlich geprüfte Techniker/-innen der Fachrichtung Kraftfahrzeugtechnik für das Fortbildungsangebot zum „Kfz-Master Professional“ interessieren, um die zuvor erworbenen Kompetenzen sowohl im technischen Bereich als auch im Bereich der Unternehmensführung zu erweitern. Ebenso könnten Teilnehmende aus der Gruppe der Fachbachelor (Bachelor of Science oder Bachelor of Engineering) gewonnen werden.

Rollen eines Kfz-Master Professional

In Kfz-Betrieben lassen sich neben der klassischen Rolle der Geschäftsführung im technischen Segment die folgenden vier Rollen identifizieren, die eine Person mit Kfz-Master-Professional-Qualifikation einnehmen kann. Die Beschreibungen benennen bewusst die auf das Profil ausgerichteten Aufgabenteile, die durch die kaufmännischen und auf den Vertrieb bezogenen Aufgaben ergänzt werden.

Diagnosespezialist/-in: Expertinnen und Experten der Diagnose sind in der Lage, die komplexen Prozesse der Analyse von Fehlerbildern, der Dokumentation von Fehlern, die Sicherstellung der Diagnostizierbarkeit von Fahrzeugen bis hin zur Umsetzung und Etablierung von Diagnosestandards in der Werkstatt zu managen. Werkstattausstattung, Arbeitsorganisationsformen, Qualifikationen und Diagnosemethoden sind dazu auf die Werkstattabläufe und -struktur abzustimmen. Dazu gehört auch, herstellerbezogene oder durch die Gesetzgebung definierte Diagnoseprozesse werkstattgerecht umzusetzen und zu betreuen. Dazu wiederum sind Personalführungsauflagen auf sehr hohem Niveau notwendig, um zielgerichtete Lösungen unter Beteiligung von Werkstattpersonal, Zulieferern, Dienstleistern und Automobilherstellern zu entwickeln (etwa für Freischaltungen, Codierungen, Remote-Diagnose und zukünftig softwarebasierte Funktionserweiterungen und -nutzung etc.) sowie diesbezügliche Kommunikationsprozesse zu steuern.

Werkstattleiter/-in: Neben klassischen Leitungsaufgaben in einer Werkstatt wie die Disposition, Terminplanung, die Kundenbetreuung und die Arbeitsablaufsteuerung sind Werkstattleiter/-innen stärker gefordert, die Rahmenbedingungen für die Diagnostizierbarkeit und Reparierbarkeit von Fahrzeugen herzustellen und abzusichern. Ausstattung, Spezialwerkzeuge, die Bestimmung von Fremd- und Eigenleistungen (je nach Unternehmenstyp) und der Umgang mit Kundinnen und Kunden, einer Vielzahl an zu beteiligenden Personen aus unterschiedlichen Betriebseinheiten bei komplexen Werkstattaufträgen und Weiteres mehr bis hin zur Organisation technischer Lösungen bei sehr komplexen Diagnosefällen sind hier die Herausforderungen, die mittlerweile weit über die Aufgabenstellungen hinausgehen, die üblicherweise an Kfz-Technikermeister/-innen gestellt werden. Es sind etwa auch neue Reparaturverfahren zu entwickeln und umzusetzen, wenn, wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, bei Modulen die Reparaturtiefe erhöht oder eine Reparaturfähigkeit überhaupt hergestellt wird.

Serviceleiter/-in: Serviceleiter/-innen sind die Kümmerer dafür, dass die operativen Abläufe entsprechend der im Betrieb geltenden Servicephilosophie „laufen“. Sie müssen daher das Werkstattpersonal führen, Aufgaben- und Qualifikationsstrukturen für

die Werkstatt festlegen und strategisch planen, Arbeitsplatzkonzepte entwickeln (z. B. Team- oder Einzelarbeitsplätze), das Ersatzteilmanagement übernehmen, Arbeits- und Kostenanalysen durchführen sowie Renditeziele festlegen und verfolgen, Kundengewinnungs- und Kundenbetreuungskonzepte entwickeln, Controllingaufgaben übernehmen, Nachhaltigkeitskonzepte und Qualitätsmanagementkonzepte einführen und entwickeln, die Aus- und Weiterbildungsstrategie festlegen und Weiteres mehr. Zudem ist die Entwicklung von Servicekonzepten und die Erweiterung und Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle und Geschäftsfelder Aufgabe von Serviceleitungen.

Spartenleiter/-in Service (Gesamtserviceleitung): Vor allem in größeren Unternehmen mit mehreren Filialen, aber auch in sehr großen Betriebseinheiten (u. a. auch Mehrmarkenbetreuung/Mega- und Multi-Dealer) sind über die Serviceleitung hinaus Managementaufgaben und Controllingaufgaben zu übernehmen, die oft mit entsprechenden Vorgaben und Vorstellungen von Automobilherstellern verzahnt sind. Es erfolgt daher eine Auseinandersetzung mit Analysen des After-Sales sowie mit Servicekonzepten, die in vielfältiger Weise in den Werkstätten strategisch zu positionieren sind. Dies schließt auf der technischen Seite auch Technikanalysen ein, die sich auf Kfz-Betriebe auswirken oder genutzt werden können, um neue Geschäftsfelder zu erschließen.

5.2 Berufsbild Kfz-Technik-Master Professional

Ausgehend von den in der Praxis identifizierbaren Rollen, die entsprechend qualifizierte Personen in der Gegenwart und später mit einem Abschluss als Kfz-Master Professional wahrnehmen, lässt sich das folgende Berufsbild beschreiben.

Berufsbild Kfz Master Professional/Master Professional in Fahrzeugtechnik

Kfz Master Professionals analysieren Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik, im Kfz-Service und Trends in der Automobilindustrie, untersuchen Auswirkungen auf die Prozesse in der Werkstatt und weiteren Geschäftsbereichen von Kfz-Betrieben. Darauf aufbauend definieren sie ökonomische, ökologische und soziale Ziele, konkretisieren diese in Form von organisatorischen, technischen und qualifikatorischen Lösungen (wie z. B. innovative Service- und Werkstattkonzepte). Darüber hinaus entwickeln sie Strategien zur erfolgreichen Veränderung bestehender Strukturen in den Geschäftsbereichen Kundendienst, Werkstatt und Teiledienst. Dies beinhaltet die Identifikation neuer Geschäftsfelder sowie die Entwicklung und Implementierung dazu passender Geschäfts- und Arbeitsprozesse sowie von Personalentwicklungsmaßnahmen.

6 Erkenntnisse und offene Fragestellungen zum Bedarf und zur Struktur

6.1 Konzept- und Bedarfsabschätzung

Das identifizierte Berufsbild kann im Zuge der Verordnung einer Fortbildungs-Prüfungsordnung in einem *Masterprüfungsberufsbild* operationalisiert werden. So ließen sich verschiedene Fortbildungsangebote definieren und entwickeln, die mit unterschiedlichen Angeboten – ähnlich wie im Hochschulbereich – dennoch ein einheitliches Fortbildungsniveau gewährleisten.

Zur Etablierung des Konzeptes sind neben der konkreten Fortbildungs-Prüfungsregelung noch einige formale Kriterien zu erfüllen, die sich aus den Vorgaben des BBiG/der HwO ergeben. Auch die Bedarfsfrage ist in quantitativer wie qualitativer Hinsicht (insb. Abgrenzung zu akademischen Profilen) nicht abschließend geklärt. Wird die Anzahl der Prüfungen als Restaurator/-in zum Vergleich herangezogen (ca. 40 Prüfungen im Jahr), die ja aus insgesamt 19 Gewerken stammen, ist eher nicht mit einer hohen Zahl an Interessierten zu rechnen (maximal dreistellig).

Eine solche Abschätzung lässt sich auch aus der Aufstellung aller Prüfungen aus dem beruflich-betrieblichen Zweig des Berufslaufbahnkonzeptes ableiten. Im eher betriebswirtschaftlich ausgerichteten „Betriebswirt/-in des Kraftfahrzeuggewerbes“ gibt es derzeit rund 98 Absolvent/-innen pro Jahr bei einem Potenzial von ca. 3100 Kfz-Technikermeister/-innen (vgl. Abbildung 3).

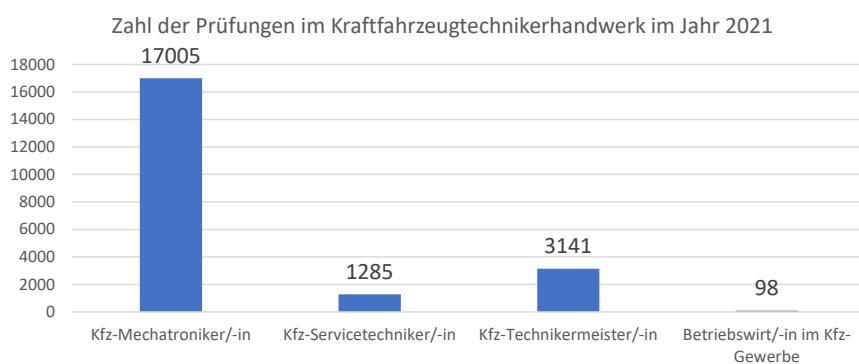


Abbildung 3: Vergleich von Abschlüssen auf den DQR-Niveaus 4–7 zur Abschätzung des Bedarfs an Personen mit dem Qualifikationsniveau des Kfz-Master Professional

6.2 Formale Aspekte der Fortbildung

6.2.1 Bezeichnung

Die Bezeichnung der Fortbildungsregelung sollte einerseits für die Zielgruppe ausdrucksstark und attraktiv sein und andererseits den Vorgaben der HwO und Empfehlungen des BBiG entsprechen.

lungen der Wirtschaftsministerkonferenz entsprechen, also mit „Geprüfter Master Professional in“ beginnen. Entsprechend der geplanten Profilierung im gewerblich-technischen Bereich sollte die Bezeichnung lauten

Geprüfter Master Professional in Fahrzeugtechnik

wobei ein Klammerzusatz Sinn machen dürfte, um eine praxisgerechte und handhabbare Bezeichnung in der Gesellschaft zu verbreiten. Für diese schlagen die Autoren die Bezeichnung **Kfz-Technik-Master Professional** vor.

6.2.2 Modulstruktur und Organisation der Qualifizierung

Noch ist zu klären, ob und welche Module, die in sich geschlossene Lerneinheiten bilden, parallel von den Teilnehmenden absolviert werden können. Sofern es sich nicht um eine konsekutive Struktur handelt, ist es denkbar, dass die Teilnehmenden verschiedene Module eines Kompetenzfeldes und/oder Module unterschiedlicher Kompetenzfelder parallel beginnen und auch die Fortbildungsprüfung erst nach einer längeren Zeit der Berufstätigkeit absolvieren. Es ist zu erwarten, dass die Qualifikation der Fortbildung kaum durch die durchgehende und ausschließliche Qualifizierung in einer Bildungsinstitution erreicht werden wird.

6.2.3 Prüfung und Zertifikatsvergabe

Da sowohl die Module als auch die Kompetenzbereiche eigenständige Einheiten darstellen, sollte geprüft werden, ob die entsprechenden Kompetenzen separat geprüft werden können, sodass den Teilnehmenden ein entsprechender Abschlussnachweis zur Bestätigung ausgehändigt werden kann. Teilnehmende, die nicht den Abschluss der Fortbildungsmaßnahme erreichen, verfügen dann zumindest über Bescheinigungen, ihre Kompetenzen in den entsprechenden Kompetenzfeldern erweitert zu haben. Insofern ist darüber hinaus zu klären, wie diese Kompetenzüberprüfungen zu gestalten und in welcher Form entsprechende Bescheinigungen auszustellen sind. Insbesondere ist noch zu klären, ob eine Kumulation von Modulprüfungen die Fortbildungsprüfung (gestreckte Prüfung) ausmachen kann.

6.2.4 Reziproke Durchlässigkeit

Bislang ungeklärt sind Fragen zur Gestaltung der Durchlässigkeit von der Aufstiegsfortbildung zum Kfz Master Professional in die akademische Bildung und umgekehrt. Konkret ist zu klären, in welchem Umfang Leistungen, die Studienaussteigende in einem Masterstudium (Master of Science oder Master of Engineering) erbracht haben, ange rechnet werden können, sodass die Dauer der Aufstiegsfortbildung zum Kfz Master Professional verkürzt werden kann. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass Masterstudiengänge oft Wahlmöglichkeiten oder Möglichkeiten zum Studium Generale für Studierende beinhalten. Insofern ist es bspw. denkbar, dass eine Studienaussteigende oder ein Studienaussteiger nicht nur Kompetenzen im Bereich Technik, sondern auch in Rechtswissenschaften entwickelt hat und die Anrechnung der erbrachten Leistungen

beantragt. Vor dem Hintergrund der Bildungsgerechtigkeit stellen sich umgekehrt Fragen in Bezug auf den Übergang von Personen, die die Aufstiegsfortbildung zum Kfz Master Professional nicht abgeschlossen haben, ein Masterstudium (Master of Science oder Master of Engineering) beginnen und einen Antrag auf die Anrechnung von Leistungen stellen, die durch die Bescheinigungen der abgeschlossenen Module der Aufstiegsfortbildung belegt werden. Die Beantwortung dieser Fragen kann die Attraktivität der geplanten Aufstiegsfortbildung steigern und ist als Aufforderung zur gemeinsamen Abstimmung zu verstehen. Diese ist sowohl an die Akteurinnen und Akteure der Verbände und Handwerkskammern als auch der Hochschulen gerichtet.

7 Fazit und Ausblick

Der aktuelle Entwicklungsstand des Aufstiegsfortbildungsprofils „Kfz Master Professional“ zeigt, dass für technikaffine Fachkräfte im Kraftfahrzeugtechniker-Handwerk eine Möglichkeit geschaffen werden kann, sich auf einem hohen Qualifikationsniveau weiterzubilden, um u. a. ihre Chancen auf Führungspositionen in Kfz-Unternehmen zu verbessern, ohne einen akademischen Abschluss zu besitzen. Das innovative Konzept stellt zudem eine Alternative zu akademischen Laufbahnen dar und unterstreicht die Gleichwertigkeit von beruflichen und akademischen Abschlüssen, da es einen Abschluss auf DQR-Level 7 ermöglicht. Ein wesentlicher Faktor für die Umsetzung und Etablierung des „Kfz Master Professional“ wird die Lösung der noch offenen Fragen sein, insbesondere in Bezug auf die formalen Strukturen der Qualifizierung, die modularen Prüfungsansätze und die reziproke Durchlässigkeit zwischen beruflichen und akademischen Bildungswegen.

Auch wenn derzeit nur wenige Angebote zur Fortbildung zum Master Professional verfügbar sind, zeigen die vorliegenden Evaluationsergebnisse, dass es trotz der etablierten Fortbildungsprofile im Kfz-Gewerbe möglich ist, ein neues und sich von diesem abgrenzenden Profil zu entwickeln, das eine weitere Alternative zur akademischen Laufbahn darstellen kann und inhaltlich auf aktuelle sowie zukünftige Marktbedarfe zugeschnitten sein sollte.

Aus Sicht der Berufsbildungspolitik ist die allgemeine Bedeutung domänen spezifischer Fortbildungsprofile auf der dritten Fortbildungsstufe als Alternative zu akademischen Karrierewegen noch völlig ungeklärt. Zukünftig ist hinsichtlich solcher Profile zu klären, welche Konsequenzen sich daraus für das Berufsbildungssystem und auch das Hochschulsystem ergeben.

Literatur

- Becker, M., & Spöttl, G. (2015). Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Peter Lang.
- Becker, M. (2018). Berufswissenschaftliche Forschung in der beruflichen Fachrichtung Fahrzeugtechnik. In F. Rauner & Ph. Grollmann (Hrsg.), Handbuch Berufsbildungsforschung (3. Aufl., S. 241–254). wbv; utb.
- BIBB HA. (2014). Empfehlung des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung vom 12. März 2014 für Eckpunkte zur Struktur und Qualitätssicherung der beruflichen Fortbildung nach Berufsbildungsgesetz (BBiG) und Handwerksordnung (HwO). BAnz AT, 07.04.2014.
- BIBB HA. (2020). Empfehlung des Hauptausschusses vom 17. November 2020 zur Auslegung des nach den §§ 53b ff. des Berufsbildungsgesetzes/§§ 42b ff. der Handwerksordnung vorgesehenen Lernumfangs für den Erwerb von Kompetenzen auf den drei Fortbildungsstufen der höherqualifizierenden Berufsbildung und zur Darlegung gegenüber der zur Prüfung zulassenden Stelle. BAnz AT, 21.12.2020, S. 1.
- BIBB HA. (2022). Richtlinie des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung vom 29. August 2022: Musterprüfungsordnung für Fortbildungsprüfungen gemäß § 42 h Absatz 1 in Verbindung mit § 38 der Handwerksordnung (MPO-F-HwO). BAnz AT, 13.09.2022, S. 3.
- BGBL. (2020). Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Fortbildungsabschluss Geprüfter Restaurator im Handwerk oder Geprüfte Restauratorin im Handwerk – Master Professional für Restaurierung im Handwerk (Restaurator-Master Professional Restaurierung-Prüfungsverordnung – RestMAProRestPrV) vom 15. Dezember 2020. Bonn: BGBL I, Nr. 63, S. 2934–2944.
- Datenreport. (2022). Datenreport zum Berufsbildungsbericht. BiBB (Hrsg.). Online verfügbar unter https://www.bibb.de/dokumente/pdf/Datenreport%202022_201020_22_online.pdf (zuletzt geprüft am 04.04.2023).
- DQR. (2022). Liste der zugeordneten Qualifikationen. Aktualisierter Stand: 21. Juli 2022. Bund-Länder-Koordinierungsstelle (Hrsg.) für den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR). Bearbeitungsstand: 21.07.2022.

Strukturierte Störungsdiagnose als Markenkern – Geprüfte/-r Systemtechniker/-in für Land- und Baumaschinentechnik

TORSTEN GRANTZ; TIM RICHTER-HONSBROK

Zusammenfassung

Im InnoVET-Projekt „LBT Forward¹“ wurde ein neues Laufbahnkonzept für Land- und Baumaschinenmechatroniker/-innen entwickelt. Das neue Fortbildungsprofil „Geprüfte/-r Systemtechniker/-in für Land- und Baumaschinentechnik“ soll u. a. die Entwicklung spezifischer Kompetenzen für die Störungsdiagnose an technisch komplexen Maschinen und Geräten ermöglichen und hat zum Ziel, Fachkräfte noch besser in die Lage zu versetzen, anspruchsvolle Diagnosefälle eigenständig zu bewältigen. Die Entwicklung entsprechender Lehr-/Lernarrangements setzt die Beantwortung didaktischer und methodischer Fragen voraus. Entsprechende Antworten konnten durch die Entwicklung eines Phasenmodells der systematischen Störungsdiagnose an Land- und Baumaschinen ermittelt werden. Das im Beitrag beschriebene Modell stellt ein Ergebnis empirischer Untersuchungen dar.

Abstract

In the InnoVET project „LBT Forward“ a new career pathway concept for agricultural and construction machinery mechatronics technicians was developed. The new training profile „Certified system technician for agricultural and construction machinery technology“ is intended, among other things, to enable the development of specific skills for diagnosing faults in technically complex machines and equipment and aims to put specialists in an even better position to deal with challenging diagnostic cases independently. The development of corresponding teaching/learning arrangements requires answers to didactic and methodological questions. Corresponding answers could be determined by developing a phase model of systematic fault diagnosis on agricultural and construction machinery. The model described in this article is the result of empirical studies.

Schlagworte: Land- und Baumaschinenmechatroniker/-in, Systemtechniker/-in, Fortbildungsprofil, Arbeitsprozessorientierung, Lehr-/Lernarrangement

1 Das InnoVET-Projekt LBT Forward (FKZ 21IV004) wurde vom BMBF gefördert. Die Projektpartner waren LandBauTechnik Bundesverband e. V., Handwerkskammer Braunschweig-Lüneburg-Stade, Handwerkskammer Freiburg, Verband der Agrar-gewerblichen Wirtschaft e. V., Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik, Forschungsinstitut für Berufsbildung im Handwerk an der Universität zu Köln.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Im InnoVET-Projekt „LBT Forward“ wurde ein neues Laufbahnkonzept für Land- und Baumaschinenmechatroniker/-innen entwickelt, das die Qualifikationsstufen des Deutschen Qualifikationsrahmens (DQR) 4 bis 7 abdeckt und auf die Bedürfnisse von Beschäftigten und Betrieben abgestimmt ist. Ein wesentliches Element der Neugestaltung ist die Ersetzung des Fortbildungsprofils Servicetechniker/-in durch Geprüfte/-r Systemtechniker/-in (Geprüfte/-r Berufsspezialist/-in). Ein wichtiger Impuls für diese Veränderungen war die (auch weiterhin) zunehmende technische Komplexität der Maschinen und Geräte der Land- und Baumaschinentechnik, durch die effizienteres, ressourcenschonenderes und emissionsarmes Arbeiten ermöglicht wird. Diese Situation wurde und wird durch die hohe Entwicklungsdynamik verschärft (vgl. Schläglmann & Ramm, 2023). Hiervon ausgehend zeichnet sich das neue Fortbildungsprofil u. a. durch eine technische Schwerpunktsetzung aus und ermöglicht es Fachkräften, sich zu technischen Spezialistinnen und Spezialisten für die Störungsdiagnose an modernen und technisch komplexen Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik fortzubilden.

Für den Ausbildungsberuf Land- und Baumaschinenmechatroniker und Land- und Baumaschinenmechatronikerin besteht durch die berufliche Genese eine Verwandtschaft zu metalltechnischen Berufen bzw. zum Metallhandwerk. Ebenso bestehen Gemeinsamkeiten mit fahrzeugtechnischen Berufen (Karges & Richter-Honsbrok, 2024, S. 221 ff.). Insofern können Prozesse im Bereich der technischen Problemlösung im Bereich der Land- und Baumaschinentechnik vor dem Hintergrund des Wissens um die Entwicklung der Kfz-Diagnosearbeit in den letzten drei Jahrzehnten angepasst und transferiert werden: Eine wesentliche Erkenntnis, die sich nutzen lässt, bezieht sich auf den Einsatz von Expertensystemen zur Störungsdiagnose. Solche Systeme haben bei der Bearbeitung von Diagnosefällen eine unterstützende Funktion, deren Effektivität von der technischen Komplexität und Variantenvielfalt der Fahrzeuge abhängt. Empirische Studien zur Kfz-Diagnosearbeit (Becker, 2003; Richter, 2020; Richter-Honsbrok, 2021, S. 203 ff.) zeigen, dass insbesondere die erfolgreiche Bearbeitung solcher Fälle, in denen unterstützende fallrelevante Informationen (wie bspw. Fehlersuchprogramme oder dokumentierte Diagnosefälle) fehlen und die Gestaltung der Diagnoseprozesse allein auf dem Wissen und Können der Fachkräfte beruht, eine wesentliche Herausforderung darstellt.

Land- und Baumaschinenmechatroniker/-innen, die bei der Störungsdiagnose an technisch komplexen Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik ähnliche Expertensysteme nutzen, stehen vor vergleichbaren Herausforderungen. Insofern stellt gerade für diese Fachkräfte die Entwicklung von Kompetenzen zur Anwendung einer systematischen Diagnosestrategie mit allen zur Verfügung stehenden Arbeitsmitteln eine grundlegende Voraussetzung für das kompetente Handeln an Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik dar. Eine systematische Diagnosestrategie umfasst das gezielte Eingrenzen des Suchraums sowie die Identifikation der Störungsursache und des Grundes für ihr Auftreten, ausgehend von einer er-

kannten Funktionsstörung des gegebenen Systems. Dabei kann eine Fachkraft bei der Entwicklung eines viablen Kausalverständnisses der fallspezifischen Gegebenheiten nicht auf ihren berufsspezifischen Erfahrungsschatz zurückgreifen oder Unterstützungssysteme nutzen, durch die sie von bewussten kognitiven Anstrengungen zur Entwicklung von Vermutungen zur Störungsursache entlastet wird (Richter, 2020, S. 195 ff.).

Insofern besteht eine wesentliche Herausforderung der Gestaltung eines passgenauen Fortbildungsangebots darin, es den angehenden Systemtechniker/-innen für Land- und Baumaschinentechnik durch geeignete Lehr-/Lernarrangements zu ermöglichen, ihre Kompetenzen dahingehend zu entwickeln, bei der Bearbeitung von Diagnosefällen eine systematische Diagnosestrategie zielführend anzuwenden.

2 Fragestellung

Die Entwicklung entsprechender Lehr-/Lernarrangements setzt voraus, dass grundlegende didaktische Fragen beantwortet werden. Es gilt u. a. zu ermitteln, welchen Anforderungen Fachkräfte im Land- und Baumaschinenmechatroniker-Handwerk bei der Diagnose von Störungen begegnen und welche Arbeitsmittel (z. B. Prüf- und Informationsmittel) eingesetzt werden, um Fehler in technischen Systemen zu identifizieren. Für die Entwicklung entsprechender Lehr-/Lernarrangements für angehende Systemtechniker/-innen ergeben sich so zwei wesentliche Fragestellungen:

- Wie sollten Land- und Baumaschinenmechatroniker/-innen bei der Störungsdiagnose an Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik vorgehen, wenn sie ohne fallspezifische Erfahrungen und Hilfestellungen, wie Prüfpläne oder dokumentierte Diagnosefälle, ausschließlich auf ihr Wissen und Können angewiesen sind?
- Welche Arbeits- und Informationsmittel kommen in diesen Fällen im Diagnoseprozess zum Einsatz?

Ziel ist die Entwicklung eines Modells, das die „Bestandteile“ des Diagnoseprozesses umfasst, sofern solche definiert werden können. Mit „Bestandteilen“ sind die Phasen des Diagnoseprozesses gemeint, die sich durch spezifische Anforderungen kennzeichnen und ein entsprechendes Denken und Handeln der Fachkraft erfordern. Diese Annahme orientiert sich an dem Modell der Handlungsorganisation von Dörner (2014, S. 67ff.), das darauf abzielt, notwendige Schritte zur Beurteilung komplexer Probleme zu identifizieren. Die Diagnose technisch komplexer Maschinen und Geräte ähnelt der Lösung komplexer Probleme, da zu Beginn nicht (mit absoluter Sicherheit) die Ursache eines beanstandeten Systemverhaltens angegeben werden kann, selbst wenn es sich um einen häufig auftretenden Diagnosefall handelt und die zuständige Fachkraft über einen großen Erfahrungsschatz verfügt.

3 Methodische Konzeption

Die Facharbeit von Kfz-Mechatroniker/-innen ist relativ gut erforscht, wobei sich die Untersuchungen vorwiegend auf die Kfz-Diagnosearbeit beziehen (u. a. Becker, 2003; Karges, 2017; Richter, 2020). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sowie auf den Ergebnissen der wissenschaftlichen Begleitung (Schlöglmann, 2022; Schröglmann & Ramm, 2023) wurde in einem ersten Schritt eine erste Version eines Phasenmodells entwickelt. In einem zweiten Schritt wurden Dokumente von Herstellern von Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik, die diese an Teilnehmende ihrer Schulungen mit dem Schwerpunkt Störungsdiagnose ausgeben, analysiert, um das ursprüngliche Modell zu evaluieren und ggf. anzupassen. Im Anschluss wurden sieben Expertengespräche mit fünf Personen² durchgeführt, die über ein hohes Kompetenzniveau bezüglich der Störungsdiagnose an Land- und Baumaschinen verfügen. Es handelt sich um Personen, die ein ingenieurwissenschaftliches Studium absolviert haben und als technische Trainer bei einem Hersteller von Land- und Baumaschinen tätig sind oder um Personen, die eine Fortbildung zum Land- und Baumaschinenmeister absolviert haben und Schulungen für Servicetechniker/-innen für Land- und Baumaschinen sowie Land- und Baumaschinenmechatronikermeister/-innen gestalten und durchführen. Mit zwei Personen wurden mehrere Gespräche geführt. Diese Expertengespräche hatten den Charakter von Mikro-Experten-Facharbeiter-Workshops (Nagel, 2023, S. 170) und dienten zur kommunikativen Validierung im Sinne der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung des Status quo des Phasenmodells. Nach jedem Expertengespräch wurde das Modell entsprechend den gewonnenen Erkenntnissen angepasst. Dieses Vorgehen wurde auch im weiteren Verlauf der Entwicklung des Lehrgangskonzepts beibehalten, wie die gestrichelten Pfeile in der Abbildung 1 verdeutlichen.

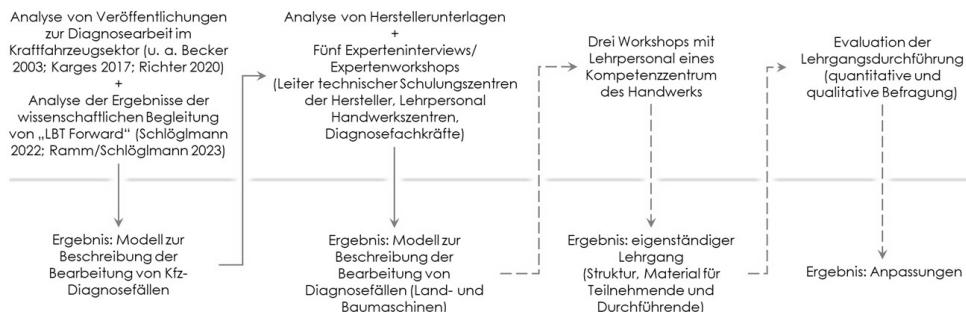


Abbildung 1: Methodische Konzeption zur Entwicklung von Lehr-/Lernarrangements für angehende Systemtechniker/-innen für Land- und Baumaschinentechnik

2 Es wurden ausschließlich männliche Personen befragt. Im Land- und Baumaschinenmechatroniker-Handwerk sind mehrheitlich männliche Personen beruflich tätig. Dies spiegelt sich z. B. in den neu abgeschlossenen Ausbildungsverhältnissen der vergangenen Jahre wider: Seit dem Jahr 2021 liegt der Frauenanteil im gesamten Bundesgebiet unter den Auszubildenden zwischen 2,9 und 4,0 Prozent (vgl. Datensystem Auszubildende, Stand 11.09.2024).

4 Phasen des Diagnoseprozesses

Die Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der einzelnen Phasen (mittlere Spalte), die bei einer systematischen Diagnose durchlaufen werden, die herzustellenden (Teil-)Ergebnisse (linke Spalte) sowie die jeweils zum Einsatz kommenden Arbeitsmittel (rechte Spalte). In der mittleren Spalte sind in sequentieller Folge die identifizierten Phasen abgebildet. Jede Phase zeichnet sich durch spezifische Anforderungen aus, die an das Denken und Handeln der Fachkraft gestellt werden. Die Zuschneidung, die Bezeichnungen der Phasen sowie die angedeutete Trichter-Form des Modells gehören zu den Ergebnissen der durchgeföhrten Untersuchungen. Die zulaufende Form verdeutlicht, dass ausgehend von einer Beanstandung eine Vielzahl von möglichen Ursachen zu berücksichtigen ist – bis hin zur Möglichkeit, dass keine systembedingte Funktionsstörung vorliegt und damit auch kein Fehler zu finden ist – und diese Anzahl im Fortgang der Diagnose zielführend durch Ausschließen zu reduzieren ist.³ Jede Phase dient dazu, den Suchraum einzuzgrenzen, um den Fehlerort und die Ursache der Entstehung des Fehlers zu identifizieren sowie schließlich geeignete Reparaturmaßnahmen zu definieren, durch die eine gegebene Funktionsstörung nachhaltig abgestellt werden kann.

Die Phasen „Beanstandung erfassen“ und „Feststellung aus der Sicht der Technikerin/des Technikers“ bilden den Abschnitt „Situationsuntersuchung und -beurteilung“. Das Denken und Handeln der Fachkraft ist darauf gerichtet, das Ziel des Diagnoseprozesses zu konkretisieren. Bis zu diesem Zeitpunkt hat sich die Fachkraft mit dem Zustand und dem Verhalten der Maschine soweit befasst, dass sie

- erklären kann, ob tatsächlich eine Funktionsstörung vorliegt oder bspw. eine Fehlbedienung durch die Maschinenbedienerin oder den Maschinenbediener,
- eine Reparatur sofort erfolgen muss oder die Maschine zunächst weiter eingesetzt werden kann, ohne eine Gefahr für Mensch und Umwelt darzustellen und ohne kostenintensive Folgeschäden an der Maschine zu riskieren.

Die Phasen „Vorabdiagnose (Grobdiagnose)“ und „Grundlegende Ursachenanalyse“ bilden den Abschnitt „Ursachenanalyse“. Es geht darum,

- die Störungsursache (den Fehler) zu finden,
- die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge des vorliegenden Falls zu verstehen und
- zu klären, warum der Fehler aufgetreten ist.

³ Aus diesem Grund wird hier der Begriff „Störungsdiagnose“ verwendet. Nach DIN EN 13306:2017 sind die Begriffe Störung und Fehler voneinander zu unterscheiden. Demnach ist ein Fehler der „Zustand eines Objekts, in dem es unfähig ist, eine geforderte Funktion zu erfüllen“. Im Gegensatz dazu ist eine Störung ein „Zustand eines Objekts, bei dem eine geforderte Funktion aus irgendeinem Grund nicht erfüllt werden kann“. Der Begriff „Störung“ ist folglich weiter gefasst. Es kann sein, dass eine geforderte Funktion nicht erfüllt wird, weil sich das Objekt in einem nicht funktionsfähigen Zustand befindet – es liegt also ein Fehler vor. Es sind jedoch auch andere Gründe denkbar. So kann sich das betrachtete Objekt in einem funktionsfähigen Zustand befinden, während die Gründe, warum eine geforderte Funktion nicht erfüllt wird, außerhalb des Systems liegen – zum Beispiel, wenn ein Anwender oder eine Anwenderin aufgrund von Unwissenheit nicht in der Lage ist, eine Maschine im vollen Umfang zu bedienen. Somit wird durch den Begriff „Störungsdiagnose“ betont, dass von einer Beanstandung ausgehend nicht zwangsläufig ein Fehler im technischen System vorliegen muss.

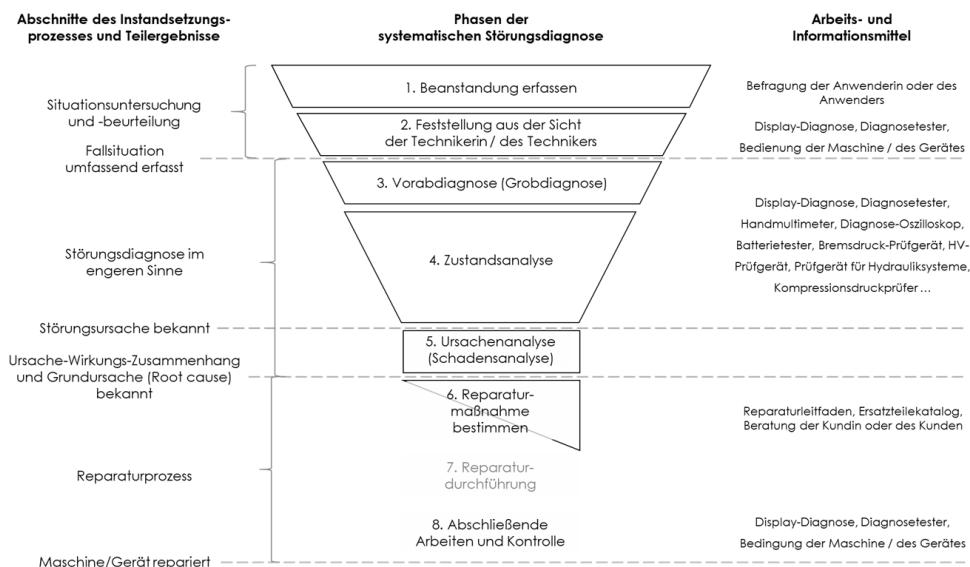


Abbildung 2: Phase der systematischen Störungsdiagnose an Maschinen und Geräten der Land- und Baumaschinentechnik

Der Abschnitt „Reparatur“ wird durch die Phasen „Reparaturmaßnahme bestimmen“, „Reparaturdurchführung“ und „Kontrolle“ gebildet. Nach der Reparatur wird nicht nur kontrolliert, ob die Reparatur fachgerecht durchgeführt wurde. Das Systemverhalten nach dem Reparaturprozess gibt auch Auskunft über die Qualität des vorangegangenen Diagnoseprozesses. Die einzelnen Phasen werden durch die folgenden Abschnitte detaillierter beschrieben.

Phase 1: Beanstandung erfassen

Die grundlegende Informationsquelle bei der Analyse von Diagnosefällen stellen zunächst die Anwendenden dar. Dabei kann es sich um die Kundin bzw. den Kunden oder um die Bedienerin bzw. den Bediener der Maschine handeln, die oder der z. B. im Auftrag eines Lohnunternehmens diese einsetzt. Sie oder er hat die von der Maschine gezeigte Abweichung vom Sollverhalten bemerkt oder hat eine abweichende Erwartungshaltung und kennt spezifische Merkmale dieser Abweichung, bspw. in welcher Form und unter welchen Bedingungen sich die Funktionsstörung zeigt. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Anwendenden möglicherweise bereits erfolglose Maßnahmen zur Behebung der Funktionsstörung unternommen haben. Diese Informationen sind von Bedeutung, da eventuell Arbeiten an der Maschine vorgenommen wurden, die den weiteren Diagnoseprozess sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Allerdings, so die befragten Experten, sind die Anwendenden nicht immer in der Lage oder bereit, Informationen bereitwillig mitzuteilen; in aller Regel werden nur Informationen mitgeteilt, nach denen gefragt wurde. Entsprechend betonen die Experten die Bedeutung, grundlegende Kommunikationsprinzipien zu beherr-

schen. Hierzu gehört die zielgerichtete Befragung, um möglichst fallrelevante Informationen zu erhalten sowie aus der Sicht der Fachkraft mögliche Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ereignissen zu identifizieren. Im Rahmen einer Fehlersuchstrategie ist es entscheidend, dass sich die diagnostizierende Person nicht voreilig auf eine konkrete Hypothese festlegt. Dies verhindert einerseits, dass durch gezielt angepasste Fragestellungen eine vermeintlich bekannte Störungsursache immer weiter bestätigt wird, und stellt andererseits sicher, dass man für neue, abweichende Erklärungen der fallspezifischen Gegebenheiten offenbleibt. Auch muss die Fachkraft in der Lage sein, mit herausfordernden Situationen umzugehen, da Kundinnen und Kunden sich aufgrund der Gesamtsituation in einem emotional erregten Zustand befinden können (z. B. wenn der Ernteprozess aufgrund einer ungünstigen Wettervorhersage dringend fortgesetzt oder eine Terminbaustelle fertiggestellt werden muss, aber eine Funktionsstörung der Ernte- oder Baumaschine dies verhindert.)

Phase 2: Feststellung aus der Sicht der Technikerin/des Technikers

Diese Phase dient dazu, weitere Informationen über das Gerät oder die Maschine zu sammeln. Im Gegensatz zur vorherigen Phase erfolgt dies nicht durch die Kommunikation mit den Anwendenden, sondern durch das Arbeiten mit der Maschine oder dem Gerät. Hierbei kommen oftmals auch ein in der zu diagnostizierende Land- oder Baumaschine integriertes Terminal und/oder ein Diagnosetester zum Einsatz. Das Terminal ermöglicht der Fachkraft nicht nur die Bedienung der Maschine und eine Möglichkeit zur Beurteilung der vom Anwendenden vorgenommenen Einstellungen und Betriebszustände, sondern auch die Nutzung von Funktionen, die denen eines Diagnosetesters entsprechen, wie z. B. das Auslesen von Fehlerspeichern oder die Abfrage von Ist-Werten. Das Sammeln von Informationen mithilfe dieser Funktionen bezeichnen die befragten Personen auch als „Display-Diagnose“. Diese Phase des Diagnoseprozesses wird damit begründet, dass eine Fachkraft auf andere Merkmale des Verhaltens oder des Zustands einer Maschine als die Anwendenden achtet. Auch gibt es Eigenschaften der Maschine, die wahrgenommen, aber mit Worten nicht oder nicht explizit mitgeteilt werden können (z. B. Beanstandungen wie ein „ratterndes Geräusch“ beim Drehen des Oberwagens eines Kettenbaggers).

Die Feststellung aus der Sicht der Technikerin/des Technikers ist das Ergebnis eines Kommunikationsprozesses mit den Anwendenden über die Art und das Auftreten der beobachtbaren Symptome sowie des Nachvollziehens, der Reproduktion und Analyse der wahrgenommenen Symptome und Fehlerspeichereinträge. Nach den befragten Experten sind die Erkenntnisse, die abschließend mit dieser Phase gewonnen werden, entscheidend für das weitere Vorgehen:

- Wenn es sich um eine Funktionsstörung handelt, muss im weiteren Diagnoseprozess die Ursache gefunden werden.
- Handelt es sich um den Stand der Technik oder um eine Fehlbedienung, ist die Kundin bzw. der Kunde aufzuklären.

Phase 3: Vorabdiagnose (Grobdiagnose)

Diese Phase ist durch die Interpretation und Verdichtung der gewonnenen Erkenntnisse über das Verhalten und den Zustand der Maschine oder des Gerätes geprägt. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Phasen, in denen im Vordergrund stand, Symptome des Diagnosefalls zu analysieren, geht es nun darum, durch synthetisches Schließen die gewonnenen Erkenntnisse zu verknüpfen und zu neuen, noch zu belegenden Aussagen über den Zustand der zu diagnostizierenden Maschine bzw. des zu diagnostizierenden Gerätes zu gelangen. Das Ziel ist es, ein vorläufiges Fallverständnis zu entwickeln, um einen handhabbaren Suchraum festzulegen, durch den eine „Richtung“ bzw. ein Suchbereich für die weitere Fehlersuche definiert wird.

Phase 4: Zustandsanalyse

Das Resultat der Vorabdiagnose liefert noch keine ausreichende Grundlage für die Bestimmung adäquater Reparaturmaßnahmen; relevante Merkmale des Zustands der Maschine oder des Gerätes sind nicht bekannt. Ziel des fortgesetzten Fehleranalyseprozesses ist es daher, bisher unbekannte Merkmale der defekten Maschine zu identifizieren. Der methodische Ansatz dieser detaillierten Ursache-Wirkungs-Analyse ist in Abbildung 3 dargestellt. Experten auf diesem Gebiet beschreiben den Ansatz als schrittweisen Prozess, bei dem kognitive Prozesse des Verstehens sowie Handeln an der betroffenen Maschine oder dem betroffenen Gerät eng miteinander verwoben sind. Es handelt sich um einen Prozess schlussfolgernden Denkens, um von bereits vorliegenden Erkenntnissen über den Zustand und das Verhalten der Maschine oder des Gerätes zu etwas Neuem, einer hypothetischen Annahme über ein Merkmal des technischen Systems, zu gelangen. Die befragten Experten verweisen hierzu auf die Notwendigkeit der wiederholten Auseinandersetzung mit der Frage, warum Abweichungen vom erwarteten Funktionieren oder Zustand der Maschine auftreten. Die Beantwortung einer solchen Frage stellt einen induktiven Schluss dar und ermöglicht es, Kausalzusammenhänge zu erkennen. Durch einen deduktiven Schluss ist diese Vermutung auf die Beschaffenheit der gegebenen Maschine oder des Gerätes zu beziehen. Das Ergebnis liefert eine Arbeitshypothese und ist die Grundlage für die Auswahl geeigneter Prüfmaßnahmen. Diese sollte so gestaltet werden, dass es möglich ist, die aufgestellten Hypothesen entweder zu verifizieren oder zu falsifizieren. Durch jeden iterativen Schritt der Hypothesenformulierung und -prüfung werden zusätzliche Erkenntnisse gewonnen, die in den nachfolgenden Phasen der Hypothesenbildung einfließen und somit zu einem verfeinerten Verständnis des Falles führen. Es ergibt sich ein iterativer Prozess, der ein immer tieferes Verständnis der fallspezifischen Gegebenheiten ermöglicht, wobei in der Realität nicht von einem linearen Prozess der Annäherung an ein viables Fallverständnis, das den gewünschten Durchgliederungsgrad aufweist, auszugehen ist. Vielmehr ist dieser Prozess durch Umbrüche und erforderliche Rückschritte geprägt. Dieses Vorgehen lässt sich laut einem Experten mit dem Fahren auf einer Straße mit zahlreichen Abzweigungen vergleichen: „Im Prinzip ist das so, du fährst auf einer Straße und willst ein Ziel erreichen. Die Straße hat viele Abzweigungen – also hast

du unterschiedliche Möglichkeiten. Jedes Mal musst du entscheiden, welche Abzweigung du nimmst. Das kann richtig oder falsch sein. Also musst du manchmal umkehren, damit du weiter auf dem richtigen Weg zum Ziel bleibst.“

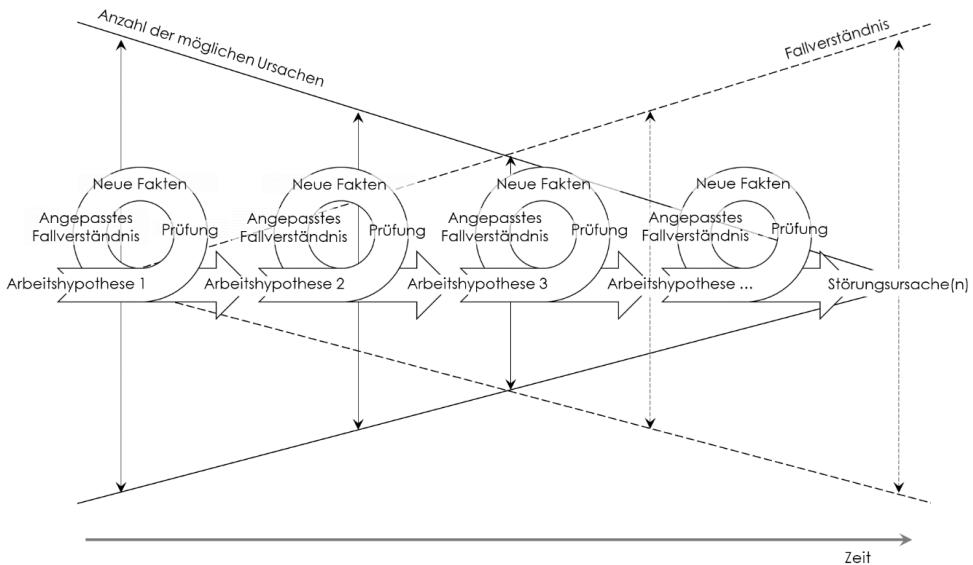


Abbildung 3: Prinzipielles Vorgehen bei der detaillierten Ursache-Wirkungs-Analyse als Verknüpfung von kognitiven Prozessen und nach außen gerichteten Handlungen zur Entwicklung eines viablen Fallverständnisses

Phase 5: Ursachenanalyse (Schadensanalyse)

Diese Phase bildet den Abschluss der Störungsdiagnose im engeren Sinne. Es handelt sich um die Suche nach der originären Ursache, durch die das Auftreten des identifizierten Fehlers im System begründet werden kann. Gemeint ist also eine grundlegende Ursachenanalyse bzw. Schadensdiagnose. Das Ziel ist es, zu verstehen, warum es zum Ausfall oder zur Störung gekommen ist, um Reparaturmaßnahmen bestimmen zu können, durch die die beanstandete Funktionsstörung nachhaltig abgestellt werden kann. Bei der Störungsdiagnose an Land- und Baumaschinen sind laut den befragten Experten folgende Grundursachen in Betracht zu ziehen: Verschleiß, Montagefehler, Konstruktionsfehler, Fehlbedienung, Reparaturfehler oder Sabotage. Welche Grundursache zutrifft, muss abhängig von den Merkmalen der Maschine und ggf. durch die Befragung der Anwendenden geklärt werden. Es ist den Fachkräften nicht in allen Fällen möglich, die „Wurzel der Funktionsstörung“ zu erfassen. Ein typisches Beispiel hierfür sind Funktionsstörungen, die auf einen Softwarefehler zurückzuführen sind. Dann bleibt nur die Erkenntnis, dass eine fehlerhafte Software die Funktionsstörung verursacht hat.

Phase 6: Reparaturmaßnahme bestimmen

Das Ergebnis der Störungsdiagnose – also die gefundene Störungsursache sowie der Grund für das Auftreten – ist eine Grundlage zur Bestimmung von geeigneten Reparaturmaßnahmen. Durch die Reparatur wird die Maschine in einen funktionstüchtigen Zustand versetzt. Bei den Überlegungen zu notwendigen Reparaturen sind stets auch die Interessen der Kundin oder des Kunden (z. B. die aktuelle Einsatzsituation oder zeitwertgerechte Reparatur), rechtliche Aspekte oder mögliche Folgen für die Natur zu bedenken.

In aller Regel bestehen unterschiedliche Möglichkeiten, um eine Reparatur durchzuführen. Für jede Reparaturmaßnahme gibt es Vor- und Nachteile. Daher ist es wichtig, die Geschäftspartner zu beraten und mit einzubeziehen, um eine Entscheidung zu treffen – schließlich fallen durch eine Reparatur Kosten an, die die Kundin oder der Kunde zu tragen hat.

Phase 7: Reparatur durchführen

Bei der Durchführung der Reparatur werden die zuvor bestimmten Reparaturmaßnahmen umgesetzt. Das heißt, dass der Zustand der Maschine nach diesen Vorgaben verändert wird. Die Reparatur muss nicht zwingend von der Fachkraft ausgeführt werden, die zuvor die Störungsdiagnose durchgeführt und die Reparaturmaßnahmen bestimmt hat. Ob eine solche Arbeitsteilung erfolgt, hängt davon ab, wie die betriebspezifische Arbeitsorganisation gestaltet ist.

Phase 8: Abschließende Arbeiten und Kontrolle

Nach der Reparaturdurchführung ist zu kontrollieren, ob die Reparatur fachgerecht erfolgt ist, und das Ergebnis sowie der Verlauf sind schlüssig zu dokumentieren. Zudem ist bei dieser Qualitätskontrolle zu prüfen, ob die grundlegende Störungsursache gefunden und die Funktionsstörung dauerhaft behoben wurde. Hierzu sind die Bedingungen des Auftretens der Funktionsstörung, die in der Phase „Feststellung aus der Sicht der Technikerin/des Technikers“ ermittelt wurden, herzustellen. Sofern die Reparatur von einer anderen Person durchgeführt wurde, sollte sich die Diagnosefachkraft erkunden, ob die Reparatur zum gewünschten Erfolg geführt hat. Zudem kann es – so die befragten Experten – erforderlich sein, abschließende Arbeiten (zum Beispiel Aktoren anlernen oder Fehlerspeicher löschen) durchzuführen und/oder das Resultat der durchgeführten Reparatur zu kontrollieren. So können unter Umständen noch vorhandene Mängel erkannt und behoben werden, um eine einsatzbereite Maschine zu übergeben.

5 Fazit

Ausgehend von den Erkenntnissen, die durch die Experteninterviews gewonnen werden konnten, handelt es sich bei dem Prozess der systematischen Störungsdiagnose an Land- und Baumaschinen um einen iterativ bzw. spiralförmig verlaufenden Prozess der schrittweisen Entwicklung eines adäquaten Fallverständnisses, der einen zentralen

methodischen Bezugspunkt für die Entwicklung der Fortbildungsmaßnahme darstellt. Dieser dynamische Verstehensprozess ist durch die Befragung der Anwendenden, Beobachtung, Analyse, Synthese, Deduktion, Induktion, Hypothesenbildung, Hypothesentest bestimmt. Ein Fallverständnis ist angemessen, wenn unter Berücksichtigung der Gesamtsituation eine adäquate Reparaturmaßnahme bestimmt werden kann. Es ist anzunehmen, dass in der Realität die trennscharfe Unterscheidung und die lineare Abfolge der Phasen nicht immer zu beobachten sind. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für Entscheidungen bezüglich der Ziele, der Inhalte sowie des Methoden- und Medieneinsatzes bei der Gestaltung von Lehr-/Lernarrangements für angehende Systemtechniker/-innen in der Land- und Baumaschinentechnik.

Literatur

- Becker, M. (2003). Diagnosearbeit im Kfz-Handwerk als Mensch-Maschine-Problem. Konsequenzen des Einsatzes rechnergestützter Diagnosesysteme für die Facharbeit. wbv.
- Bund-Länder-Koordinierungsstelle für den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR) (2022). Liste der zugeordneten Qualifikationen. Aktualisierter Stand: 1. August 2024. Online verfügbar: https://www.dqr.de/dqr/shareddocs/downloads/media/content/2024_dqr_liste_zugeordnete_qualifik_01082024.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 15.04.2025).
- Dörner, D. (2014). Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt.
- Grantz, T., & Karges, T. (2013). Kollaborative Diagnose im Kfz-Service und Lernen am Arbeitsplatz im Web 2.0. In M. Becker, A. Grimm, A. W. Petersen, & R. Schlauscher (Hrsg.), Kompetenzorientierung und Strukturen gewerblich-technischer Berufsbildung (S. 184–203). LIT.
- Karges, T. (2017). Wissensmanagement und Kommunikationsprozesse im Kfz-Service. Bedeutung und Perspektiven für die Facharbeit in Kfz-Werkstätten. wbv.
- Karges, T., & Richter-Honsbrok, T. (2024). Didaktik der Fahrzeugtechnik – Reichweite und Abgrenzung. In G. Spöttl & M. Tärre (Hrsg.), Didaktiken der beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildung – Rückblick, Bestandsaufnahme und Perspektiven. Springer Nature.
- Krieger, O. (2011). Wahrscheinlichkeitsbasierte Fahrzeugdiagnose mit individueller Prüfstrategie. Online verfügbar: https://leopard.tu-braunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbbs_derivate_00022554/diss_krieger.pdf (Zugriff am: 15.06.2024).
- Nagel, S. (2023). Nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit in industriellen Metallberufen. Empirische Exploration, Kompetenzmodellierung und Perspektiven für die berufliche Bildung. wbv.
- Richter, T. (2020). Fahrzeugdiagnose und Erfahrung. Ein Kompetenzmodell zur Aufklärung beruflichen Diagnosehandelns. Peter Lang.

Richter-Honsbrok, T. (2021). Fahrzeugdiagnose und Erfahrung – Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung des Handelns von Kfz-Diagnoseexperten. In S. Anselmann, U. Faßhauer, H. H. Nepper & L. Windelband (Hrsg.), Berufliche Arbeit und Berufsbildung zwischen Kontinuität und Innovation (S. 203–216). wbv.

Schlöglmann, A. (2022). Tätigkeitsprofile und Qualifizierungsbedarf in der LandBauTechnik-Branche. Analyse von Arbeits- und Geschäftsprozessen und Ableitung von Tätigkeitsprofilen und Qualifizierungsbedarfen im InnoVET-Projekt LBT Forward – erster Ergebnisbericht. Online verfügbar: https://fbh.uni-koeln.de/wp-content/uploads/2024/02/A54_Taetigkeitsprofile-und-Qualifizierungsbedarfe-in-der-LandBauTechnik-Branche_-Erster-Ergebnisbericht_LBT-Forward.pdf (Zugriff am: 06.03.2025).

Schlöglmann, A., & Ramm, M. (2023). Die Zukunft der LandBauTechnik-Branche: Aktuelle Entwicklungen und ihre Auswirkungen auf die Facharbeit und die berufliche Bildung. Eine Zusammenführung der Analyseergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des InnoVET-Projektes LBT Forward. Online verfügbar: https://datapool-bibb.bibb.de/pdfs/Schloeglmann_Ramm_Zukunft_der_LandBauTechnik_Branche.pdf (Zugriff am 15.06.2024).

Aus- und Weiterbildungsbedarfe von Institutionen der Mikro- und Nanotechnologie und Wege der Fachkräftequalifizierung

BERIVAN ISIK; CLAUDIA KALISCH; TAMARA RIEHLE

Zusammenfassung

Die rasante Entwicklung von Mikro- und Nanotechnologien (MNT) erfordert innovative Ansätze in der Fachkräfteicherung. Das BMBF-geförderte Projekt BM = x³ (2020–2024) forcierte die Etablierung einer überregionalen Berufsbildungssakademie (Microtec Academy), um den spezifischen Bildungsbedarfen von MNT-Unternehmen und Forschungseinrichtungen gerecht zu werden. Auf der Basis umfassender Bedarfserhebungen wurde ein flexibles Angebot an Aus-, Fort- und Weiterbildungen entwickelt, das auf den spezifischen Qualifikationsbedarf der Branche zugeschnitten ist. Die Microtec Academy kombiniert praxisorientierte, analoge und digitale Lernformate und beinhaltet u. a. ein virtuelles Technologielabor. Der Beitrag diskutiert die Herausforderungen der MNT-Fachkräftequalifizierung, die sich aus der Bedarfsanalyse ergaben, und zeigt einen Weg, die Qualifizierung von Fachkräften innovativ, zeitgemäß und bedarfsgerecht zu ermöglichen.

Abstract

The rapid development of micro- and nanotechnologies (MNT) necessitates innovative approaches to workforce development. The BMBF-funded project BM = x³ (2020–2024) aimed to establish a regional vocational training academy (Microtec Academy) to address the specific educational needs of MNT companies and research institutions. Based on comprehensive needs assessments, a flexible range of initial training, continuing education, and professional development programs was developed, tailored to the qualification requirements of the sector. The Microtec Academy combines practice-oriented, analog, and digital learning formats, including a virtual technology laboratory. This paper discusses the challenges of MNT workforce qualification and presents a model for enabling innovative, contemporary, and demand-oriented qualification of professionals.

Schlagworte: berufliche Aus-, Fort- und Weiterbildung; DQR; überregionale Berufsbildungssakademie; Mikro- und Nanotechnologien

1 Die Entwicklung der Chiptechnologien in Europa und Deutschland und ihre Bedeutung für die nationale Berufsbildung

Das moderne Leben stützt sich in zahlreichen Bereichen auf unverzichtbare Technik, die den Ausbau von Wohlstand, Komfort und Sicherheit fördern. Diese modernen Technologien werden durch den Einbau von mikro- bzw. nanotechnologischen Komponenten ermöglicht, welche sich in nahezu allen elektronischen Geräten und technischen Anlagen des alltäglichen Gebrauchs wiederfinden. Mikro- und Nanotechnologien (MNT) rücken durch den rasanten technologischen Fortschritt als Schlüssel- und Querschnittstechnologie in den weltweiten Fokus. Ein enormer Wachstumsschub, der weitreichende Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft verzeichnen wird, wird prognostiziert (Quednau et al., 2024, S. 16). Damit steigt auch die Nachfrage nach Produkten der Mikro- und Nanotechnologie kontinuierlich, wobei der europäische Anteil am Halbleitermarkt im Jahr 2023 bei ca. 10 % lag und um 2 % zum Vorjahr gestiegen ist (Statista, 2024a, S. 10). Während für den deutschen Halbleitermarkt der Umsatz im Jahr 2024 bei 13,41 Milliarden Euro lag, wird im Jahr 2025 ein Umsatz von 14,92 Milliarden Euro prognostiziert (Statista, 2023, 2024b). Bis 2030 wird mit einer Verdopplung der Nachfrage nach Mikrochips gerechnet, was sowohl durch den Ausbau digitaler Infrastrukturen als auch durch technologische Trends wie Künstliche Intelligenz, Elektromobilität und das Internet der Dinge (IoT) befeuert wird. Der vergleichsweise geringe Anteil Europas am globalen Halbleitermarkt impliziert eine Abhängigkeit von u. a. asiatischen Herstellern. Um diese zu verringern und die eigene Souveränität zu stärken, wurde das Europäische Chip-Gesetz initiiert. Dieses Gesetz hat das Ziel, den europäischen Anteil am globalen Mikrochip-Markt von derzeit 10 % auf 20 % zu erhöhen und Europa zu einem führenden Standort der Halbleiterproduktion zu machen (Europäische Kommission, 2023). In diesem Kontext stehen auch die aktuellen wirtschaftspolitischen Diskussionen in Deutschland, die den Ausbau zentraler Halbleiterstandorte wie Magdeburg (Intel), Dresden (TSMC, Bosch, Infineon), Reutlingen (Bosch) und das Saarland (Wolfspeed) vorantreiben sollen (Quednau et al., 2024).

In Deutschland gibt es eine Vielzahl von Klein- und Mittelständischen Unternehmen (KMU), die sich neben den Firmen der Halbleiterindustrie auf das Feld der Mikrosystemtechnik bzw. der Aufbau- und Verbindungstechnik spezialisiert haben und u. a. Komponenten für die Fahrzeug-, Labor-, Medizin-, Prüf-, Umwelt- oder Werkstofftechnik produzieren und ausbauen wollen. Charakteristisch für diese Firmen sind jeweils komplexe Fertigungstechniken, kostenintensive Prozessanlagen sowie spezifische Prozessumgebungen (Reinräume, Inspektions- und Analyseequipment u. ä.) – und die Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften, die in der Lage sind, die jeweiligen Prozesse zu steuern und zu begleiten (ebd.).

Auch in dieser Branche zeigt sich, dass der Auf- und Ausbau von Technologiefeldern und -standorten maßgeblich von der Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte abhängt. Laut dem Institut der deutschen Wirtschaft steigt der Fachkräftebedarf stetig. Im Jahr 2021/22 blieben 62.000 Stellen unbesetzt und im Jahr 2022/23 stieg der Bedarf

weiter auf 82.000 Stellen an (Köhne-Finster et al., 2023, S.4ff.; Köhne-Finster, 2023, S. 1). Allein Sachsen erwartet bis 2030 einen Bedarf von 50.000 neuen Fachkräften in der Halbleiterindustrie (Silicon Saxony, 2023). Vor dem Hintergrund des geplanten Auf- und Ausbaus der Halbleiterstandorte wird sich zunehmend mit der Frage nach qualifizierten Fachkräften und der Gewinnung von Nachwuchskräften beschäftigt. Im Jahr 2023 befanden sich insgesamt 387 Menschen in Ausbildung, während im selben Jahr 114 Auszubildende ihre Berufsausbildung in der Mikro- und Nanotechnologie erfolgreich absolvierten (BIBB, 2023, S. 1). Der prognostizierte Bedarf kann mit den derzeitigen Absolvent:innenzahlen nicht gedeckt werden. Daher gewinnt die Weiterqualifizierung von Fachkräften zunehmend an Bedeutung. Um den spezifischen Anforderungen dieser Hightech-Branche gerecht zu werden, sind entsprechende Fort- und Weiterbildungsangebote, die sich insbesondere an neue technologische Entwicklungen ausrichten, essenziell. Eine systematische Erfassung von vorhandenen Bildungsangeboten sowie eine Identifikation von Qualifikationsbedarfen lag bislang nicht vor.

2 BM = x³ legt das Fundament für einen innovativen Ansatz der Fachkräftesicherung in den MNT

Vor dem Hintergrund, dass der Auf- und Ausbau der Halbleiterstandorte in Deutschland Innovationen in der Fachkräftegewinnung und -qualifizierung und somit ebenfalls in der Aus-, Fort- und Weiterbildungslandschaft erfordert, verfolgte das Konsortium des vom BMBF geförderten InnoVET-Projekts BM = x³¹ in der Projektlaufzeit von 2020 bis 2024 drei zentrale Zielstellungen:

1. Konzeption und Aufbau einer überregionalen Berufsbildungsakademie für die MNT (Microtec Academy),
2. Entwicklung und Erprobung spezifischer Aus-, Fort- und Weiterbildungsmodule für Unternehmen und Forschungseinrichtungen der MNT,
3. Verbesserung der Sichtbarkeit und Attraktivität von Berufen der MNT.

Aus diesen Zielsetzungen ließen sich drei zentrale Handlungsfelder ableiten, die in Abbildung 1 skizziert sind. Im Mittelpunkt des Projekts stand die Sicherung der beruflichen Aus-, Fort- und Weiterbildung von Fachkräften im Bereich der MNT, die mit der Entwicklung, Erprobung und Beschreibung eines Konzepts gewährleistet werden sollte. Herausfordernd war dabei, dass MNT-Unternehmen und -Institute über das gesamte Bundesgebiet verteilt sind und ein systematischer Überblick über die Fachkräfte situation sowie über die gesamte Bildungslandschaft vorher nicht vorlagen und somit grundlegende Qualifizierungs- und Fachkräftebedarfe unbekannt blieben.

¹ BM = x³ steht für attraktive berufliche Bildung in Mikro- und Nanotechnologie durch exzellente Berufe, exzellente Lernorte und exzellente Kooperationen. Weitere Informationen zu Zielen, Inhalten und Ergebnissen des Projekts unter: www.bmx3.net und www.microtec-academy.de

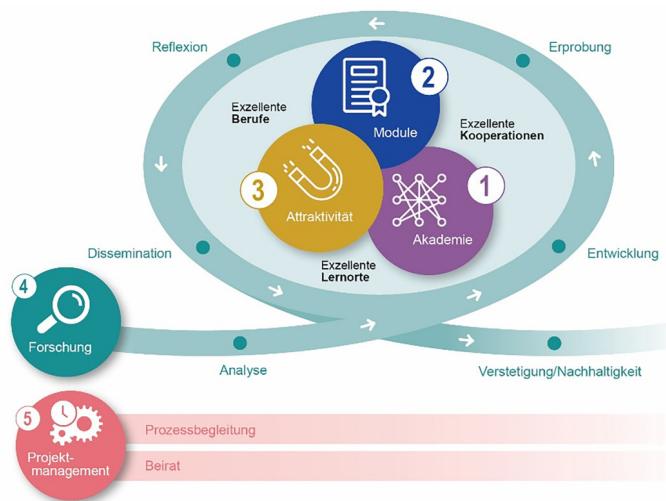


Abbildung 1: Handlungsfelder und Aufgaben im BM = x³-Projekt (Quelle: eigene Darstellung)

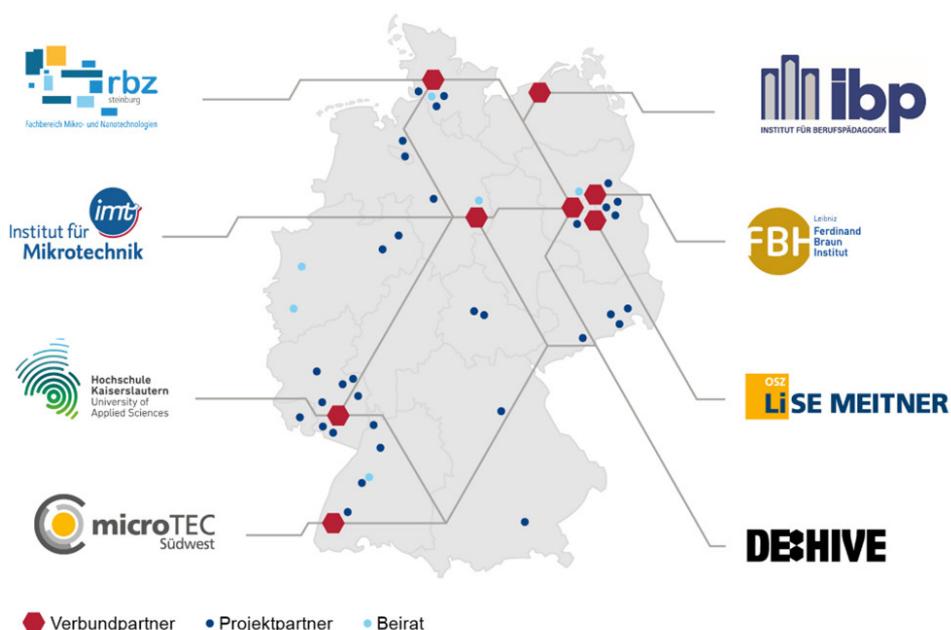


Abbildung 2: BM = x³-Konsortium bestehend aus Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Unternehmen (Quelle: Quednau, Isik, Kunze & Kalisch, 2024, S. 17)

Vor diesem Hintergrund hat sich das Konsortium des Projekts BM = x³ (vgl. Abbildung 2) das Ziel gesetzt, dieses Feld eingehend zu untersuchen, einen Ansatz zu entwickeln und zu erproben, wie die Qualifizierung von Fachkräften langfristig auf einem hohen Niveau gewährleistet werden kann.

Die Konzeptionierung und der Aufbau einer überregionalen Bildungsakademie – der Microtec Academy – war bedeutsamer Aspekt im Projekt. Um die Entwicklung der Microtec Academy bedarfsgerecht zu gestalten, wurde auf die Ergebnisse einer umfangreichen Befragung von zahlreichen Unternehmen und Forschungseinrichtungen zurückgegriffen. Die Ergebnisse dieser Befragung werden im Folgenden ausführlich dargestellt und im Anschluss auf die Microtec Academy als zentrales Ergebnis des Projekts sowie als neuen zentralen Stützpunkt der Fachkräftequalifizierung im Bereich der MNT bezogen.

3 Ergebnisse einer Bestands- und Bedarfserhebung in allen Bereichen der Berufsbildung in den MNT in Deutschland

Im Rahmen des Projekts BM = x³ wurde eine umfassende Bestands- und Bedarfserhebung durchgeführt, um aktuelle Anforderungen im Bereich der Aus-, Fort- und Weiterbildung sowie zentrale Herausforderungen und Bewältigungsstrategien von MNT-Unternehmen und MNT-Forschungseinrichtungen in Deutschland systematisch zu analysieren. Die Erhebung setzte sich aus einer qualitativen Interviewstudie und einer standardisierten Online-Befragung zusammen, die in zwei Erhebungswellen (April 2021 – Mai 2022 sowie September 2022 – Dezember 2022) durchgeführt wurden.

Zentrale Fragestellungen dabei waren:

1. Wie stellt sich die aktuelle Fachkräftesituation im MNT-Bereich dar?
2. In welchem Maße und auf welche Weise werden bestehende Qualifizierungsangebote genutzt? Welche Bedarfe lassen sich daraus ableiten?
3. Welche Faktoren beeinflussen die Nachwuchsgewinnung im MNT-Sektor?
4. Mit welchen Herausforderungen sind MNT-Institutionen und -Betriebe konfrontiert?

Stichprobe

Befragt wurden Geschäftsführer:innen und Personal- und Ausbildungsverantwortliche aus insgesamt 62 Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Ziel war es, einen flächendeckenden Überblick zu erhalten. Die Befragung und Interviews umfassten Teilnehmende aus 13 Bundesländern und berücksichtigten Unternehmen aller Größenklassen – von Kleinstunternehmen mit bis zu 9 Mitarbeitenden bis hin zu Großunternehmen mit mehr als 1000 Mitarbeitenden.

Online-Befragung

Im ersten Erhebungszeitraum wurden 20 Personen aus verschiedenen Institutionen und Betrieben befragt. Der Fragebogen enthielt thematisch strukturierte Fragen unter anderem zu folgenden Bereichen: Unternehmensmerkmale (z. B. Unternehmensgröße, Produktionsprozesse, Branchenzugehörigkeit), Nachwuchsförderung und -gewinnung (z. B. Ausbildung in Schule und Betrieb, Studienangebote) sowie Fort- und Weiterbildung (z. B. Qualifizierungsangebote, Weiterbildungsbedarfe).

Nach der ersten Erhebungswelle wurde der Fragenkatalog überarbeitet und ge- strafft, um den Bearbeitungsaufwand für die Teilnehmenden zu minimieren und die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen. Trotz der Anpassungen blieben die inhaltlichen Schwerpunkte unverändert. Die erhobenen Daten wurden statistisch analysiert, um quantitative Ergänzungen zur Validierung der qualitativen Ergebnisse zu erhalten.

Leitfadengestützte Experteninterviews

Die Interviewstudie basierte auf einem Leitfaden, der auf Erkenntnissen früherer Technologie- und Berufsbildungsstudien aufbaute. Insgesamt wurden 37 leitfadengestützte Experteninterviews mit zufällig ausgewählten Personen aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen durchgeführt, die zuvor an der Online-Befragung teilgenommen hatten. Nach der ersten Erhebungswelle wurde der Leitfaden angepasst, um präzisere Ergebnisse zu erhalten. Die Interviews umfassten folgende Themenblöcke:

a) Fachkräftesituation

Hier wurden Fragen zu der zum Erhebungszeitraum aktuellen Fachkräftelage insgesamt gestellt.

b) Berufliche Ausbildung im MNT-Bereich

Dieser Themenblock beinhaltete u. a. Fragen zur Ausbildungsbereitschaft, bestehenden Barrieren, Kooperationen, Unterstützungsbedarfen sowie Ressourcen.

c) Fort- und Weiterbildung im MNT-Bereich

Zur Fort- und Weiterbildung wurde insbesondere nach Qualifizierungsbedarfen und -interessen, Zugängen, Nutzung von bestehenden Angeboten sowie Herausforderungen gefragt.

d) Themenbereiche der MNT

Hier wurde ermittelt, welche MNT-Bereiche abgedeckt werden sowie welche Bereiche zukünftig relevant werden.

e) Ausblick zur Vereinbarung nächster gemeinsamer Schritte zwischen Interviewpartner:innen und der Microtec Academy.

Die Interviews wurden von zwei Projektmitarbeitenden per Videotelefonie (Zoom) durchgeführt, in den meisten Fällen aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Falls eine Aufzeichnung abgelehnt wurde, erfolgte eine schriftliche Dokumentation mit anschließender kommunikativer Validierung der Antworten. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug 66 Minuten.

Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels qualitativer, inhaltlich-strukturierender Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker (2022). Die Ergebnisse wurden im Kon-

sortium diskutiert und einer umfassenden Analyse unterzogen, um unterschiedliche Perspektiven zu integrieren und eine möglichst valide Interpretation der Daten zu gewährleisten. Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der Befragung und Interviews dargestellt, die konkrete Handlungsbedarfe verdeutlichen und in die Entwicklung der Bildungsangebote der Microtec Academy eingeflossen sind.

3.1 Fachkräfte- und Nachwuchsmangel bei andauerndem Rekrutierungsproblem

„Das Recruiting ist die größte Herausforderung, die wir haben, also an Fachkräfte zu kommen und wir sind jetzt natürlich dabei, zu gucken, welche anderen Wege kann man gehen – auch hinsichtlich dessen, Leute umzuschulen“ (BMX3_39)

Der Großteil aller Interviewpartner:innen sieht sich mit einem Fachkräftemangel konfrontiert und ist nicht in der Lage, Stellen adäquat zu besetzen. Dies hat zur Folge, dass insbesondere in KMU Produktionsverfahren eingestellt werden müssen, was entsprechende wirtschaftliche Folgen nach sich zieht. Daher werden insbesondere qualifizierte Fachkräfte gesucht, welche aufgrund der gesuchten Spezifität in den Unternehmen jedoch sehr schwer zu rekrutieren sind. Um dem vorhandenen Fachkräftebedarf gerecht zu werden, werden Quer:einsteiger:innen – häufig Fachkräfte anderer Bereiche – eingesetzt. Für diese Gruppe werden zum Berufseinstieg effiziente Einarbeitungsprogramme sowie spezifische Bildungsangebote (z. B. Grundlagen der Mikrotechnologie) benötigt. Zusätzlich ist ein erheblicher Fachkräftemangel bei dem Ausbildungspersonal zu verzeichnen. Einige Betriebe sehen sich gezwungen, ihre Ausbildungsplätze zu reduzieren oder gar abzuschaffen, da durch das Fehlen von Personen mit Ausbildungsergebnung eine qualitative Begleitung und Betreuung von Auszubildenden nicht gewährleistet werden kann. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Online-Umfrage: 68 % der befragten Institutionen geben an, dass sie gerne mehr ausbilden würden (vgl. Abbildung 3).



Abbildung 3: Ausbildungsintention

Als Ursache des Rekrutierungsproblems von Auszubildenden werden v. a. der geringe Bekanntheitsgrad einzelner Berufe sowie fehlende regionale Berufsschulstandorte genannt. Es werden daher gezielte Berufsorientierungsmaßnahmen sowie Berufsbera-

tungsangebote an allgemeinbildenden Schulen gewünscht. Ergänzend erachteten die befragten Institutionen die Implementierung von alternativen Qualifizierungswegen/-zugängen (z. B. Umschulung) oder eine Überprüfung der Ausbildungsmöglichkeiten für Menschen mit Beeinträchtigungen und für Zugewanderte mit Sprachbarrieren als sinnvoll. Um dem eigenen Fachkräftemangel entgegenzuwirken, wird überwiegend für den eigenen Bedarf ausgebildet.

3.2 Weiterbildungslandschaft intransparent: Vielfältige Weiterbildungsbedarfe und hohe Anforderungen an Weiterbildungsangebote

Alle Befragten (n = 62) geben an, dass in unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen Qualifizierungsbedarfe bestehen und bekunden insbesondere Interesse an flexiblen Qualifizierungswegen sowie an einer gezielten Bildungsberatung. Die in Abbildung 4 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass von einem wachsenden Qualifizierungsbedarf für alle Zielgruppen ausgegangen wird.

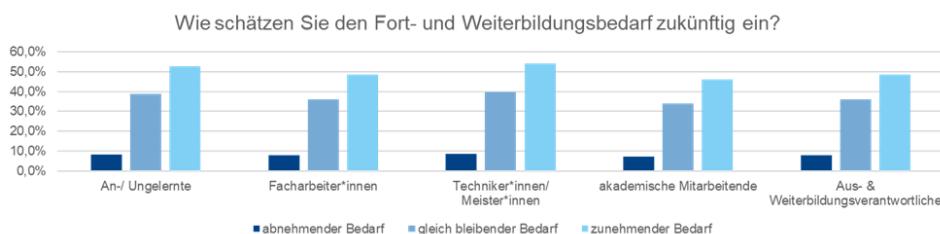


Abbildung 4: Ausblick auf zukünftigen Qualifizierungsbedarf bei unterschiedlichen Zielgruppen

Ein Großteil der Interviewten gab an, dass das tatsächliche Spektrum an Fort- und Weiterbildungsangeboten aufgrund mangelnder Transparenz nicht bekannt ist. Verschiedene Formate werden zur Informationsbeschaffung über die verfügbaren Angebote genutzt (etwa über Mitgliedschaften in Verbänden, Werbung, Internet), jedoch wird festgestellt, dass das aktuelle Angebot die bestehenden Bedarfe nicht vollständig abdeckt. Auch die Ergebnisse der Online-Befragung (n = 62) (vgl. Abbildung 5) zeigen, dass insbesondere die Angebote für die Gruppen der An-/Ungelernten, Fachkräfte und Techniker*innen/Meister*innen nicht ausreichen. Im Vergleich dazu ist für höher qualifizierte Berufsgruppen ein umfassenderes Angebot vorhanden.

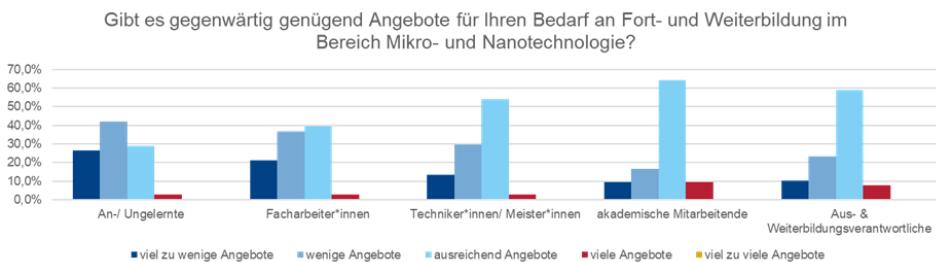


Abbildung 5: Einschätzung des gegenwärtigen Qualifizierungsangebotes bei unterschiedlichen Zielgruppen

Je nach Zielgruppe bestehen unterschiedliche Weiterqualifizierungsbedarfe auf diversen Niveaustufen. Beispielsweise werden für unterschiedlich qualifizierte Novizen Grundlagenkurse nachgefragt, während für erfahrene Fachkräfte Spezialisierungs- oder Vertiefungskurse gewünscht werden. Die inhaltliche Bandbreite erwünschter Qualifizierungsbausteine ist mannigfaltig und reicht von zahlreichen Grundlagenthemen (bspw. Einführungskurse zu technischer Optik, Biotechnologie oder Englisch als Fremdsprache), über Kurse zu spezifischen für die Betriebe individuell bedeutsamen Technologien und Verfahrensweisen sowie Themen wie Nachhaltigkeit bis hin zu (berufs-)pädagogischer Didaktik für Lehrpersonen. Zudem werden Inhalte zu Managementtools und Personalführung nachgefragt. Einen Überblick über die in der Umfrage erfassten MNT-relevanten Themen bietet Abbildung 6.

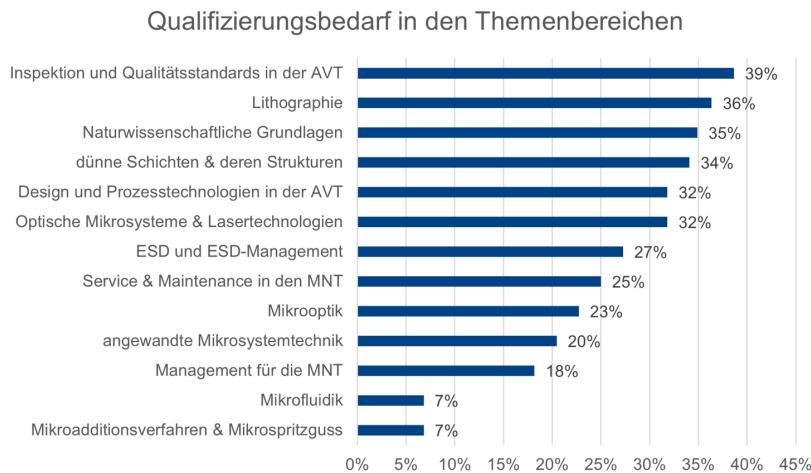


Abbildung 6: MNT-spezifische Qualifizierungsbedarfe

Die Interviewpartner:innen äußern zudem Interesse an der Nutzung von anderen Lernorten sowie an einem Angebot von alternativen und innovativen Lernformaten. Besonders geschätzt werden dabei Online-, Blended-Learning- und Flipped-Classroom-Formate sowie der Einsatz von Virtual Reality. Längere Abwesenheitszeiten im Unter-

nehmen werden aufgrund fehlender lokaler Weiterbildungsmöglichkeiten und grundsätzlich wegen zu hohen Zeitaufwandes als Hürde beschrieben. Die Auswertung der Onlineumfrage hat zudem ergeben, dass digitale Angebote in den Unternehmen derzeit nur selten oder gelegentlich genutzt werden. Häufiger kommen Inhouse-Schulungen oder externe Fortbildungsmaßnahmen zum Einsatz. Der Bedarf an praxisorientierten Angeboten mit fachpraktischen Anteilen in dafür vorgesehenen Lernorten, v. a. im Reinraum oder im Labor, ist ebenfalls hoch.

3.3 Wunsch nach Anpassung der Ausbildungsinhalte und -organisation

Auch für den Bereich der beruflichen Ausbildung werden zahlreiche Bedarfe hinsichtlich Organisation, Koordination sowie der inhaltlichen Ausrichtung geäußert. Ein Großteil der Befragten aus KMU gab an, dass im Berufsschulunterricht vor allem auf Themengebiete der Halbleitertechnologie eingegangen würde, wohingegen spezifische Verfahren, Prozesse und Produkte der Mikrosystemtechnik und Aufbau- und Verbindungstechnik deutlich zu kurz kämen. Demzufolge gestalte sich laut den Ausbildungsverantwortlichen der Theorie-Praxis-Transfer herausfordernd. „Die theoretischen Inhalte stimmen mit der Praxis teilweise nicht überein.“ (BMX3_21). Zudem wird von erheblichen inhaltlichen Differenzen innerhalb der Berufsbildung in verschiedenen Bundesländern berichtet, die auf die Möglichkeit einer offenen Gestaltung von Curricula zurückzuführen sei. Diese Erkenntnisse sind nicht neu, sondern bekräftigen ein weiteres Mal die Ergebnisse vorangegangener Projekte und Studien (u. a. Kalisch, 2010; Hübener & Schütze, 2007). Von einigen Befragten wird erneut eine Überarbeitung der Rahmenpläne/Ausbildungsordnungen gewünscht, um neue Technologien, Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu verankern sowie aktualisierte Kompetenzprofile der Nachwuchskräfte zu etablieren.

3.4 Bedarf an Unterstützung und Beratung

Vielen Befragten bleibt jedoch das Angebotsspektrum im Fort- und Weiterbildungsreich der Mikro- und Nanotechnologien unbekannt „*Es gibt sicherlich viele Angebote, von denen man nichts weiß. [...]*“ (BMX3_29). Es wird ein Mangel an regionalen oder digitalen, ortsunabhängigen Angeboten, auf die flexibel zugegriffen werden kann, festgestellt. Demzufolge äußern nur etwa 36 % der befragten Unternehmen in der Onlineumfrage, eher zufrieden mit dem Fort- und Weiterbildungsangebot im MNT-Bereich zu sein.

Der Bedarf an Unterstützung wird zudem deutlich, wenn die befragten Institutionen angeben, dass sie sich für die Umsetzung fehlender Ausbildungsinhalte Kooperationspartner wünschen (45 % der Befragten in der Onlinebefragung) und auf den Mangel an ausreichenden Austauschformaten für Ausbildungsakteure hinweisen.

Es wird der Wunsch nach einer nationalen, standortübergreifenden MNT-Plattform geäußert, die folgende Aufgaben erfüllen soll:

- Koordinierung und Organisation von Verbundausbildungen,
- Überblick über vorhandene Fort- und Weiterbildungsangebote sowie Verweis auf entsprechende Anbieter,
- Aufbau und Pflege eines Netzwerks sowie von Austauschformaten unter den Akteuren der beruflichen Bildung im MNT-Bereich.

Die Ergebnisse der Bestands- und Bedarfsanalyse stützen die Annahmen, die das Projektkonsortium dazu veranlasst haben, die Konzeption und Pilotierung einer überregionalen Berufsbildungsakademie voranzutreiben. Aus den Ergebnissen der Erhebungen ist die Microtec Academy entstanden, die vielfältigen Bedarfe abdecken soll.

4 Microtec Academy – eine Antwort auf die beschriebenen Herausforderungen

Die Microtec Academy ist eine überregionale und überbetriebliche Berufsbildungsakademie mit Spezialisierung auf Mikro- und Nanotechnologien. Sie orientiert sich an den spezifischen Anforderungen dieser Branche und nutzt bzw. verknüpft vorhandene Ressourcen, Kompetenzen und Infrastrukturen, um den Zugang zu Aus-, Fort- und Weiterbildungsangeboten zu optimieren (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Übersicht über Angebot und Funktionen der Microtec Academy (Quelle: eigene Darstellung)

Die Microtec Academy basiert auf einem Netzwerk von Bildungs- und Forschungseinrichtungen, die jeweils über hochspezialisierte Expertisen und spezifische Infrastrukturen verfügen. Diese Ressourcen und Kompetenzen werden im Rahmen von Beratungs- und Bildungsangeboten für eine breitere Zielgruppe zugänglich gemacht. Der Aufbau der Microtec Academy folgt einem iterativen Bottom-up-Ansatz, der praxisnah auf die Bedürfnisse der Branche abgestimmt ist.

Zukünftig soll die Microtec Academy als führender Anbieter für hochwertige berufliche Bildung im Bereich der Mikro- und Nanotechnologien etabliert werden und als zentrale Anlaufstelle (One-Stop-Shop) für die MNT-Community fungieren. Ein zentrales Element ist eine moodle-basierte Informations- und Lernplattform, über die eine Vielzahl an Informations-, Beratungs- und Qualifizierungsangeboten bereitgestellt wird. Durch die Integration von innovativen Lehr-Lern-Formaten und virtuellen Umgebungen wird eine flexible und praxisorientierte Bildung ermöglicht, die auf die spezifischen Anforderungen der Branche eingeht.

MNT-Aus- und Fortbildungsangebote: alles unter einem Dach?!

Das aktuelle Portfolio der Microtec Academy umfasst etwa 60 Bildungsangebote². Diese Angebote richten sich an verschiedene Zielgruppen und decken insgesamt elf Themengebiete auf unterschiedlichen Niveaustufen ab (vgl. Abbildung 8). Zu finden sind Vorbereitungskurse als auch Fach- und Spezialkurse. Da standardisierte „one size fits all“-Ansätze nicht immer den Anforderungen der Branche gerecht werden, sind die Qualifizierungsangebote flexibel gestaltet und orientieren sich gezielt an den spezifischen Bedürfnissen einzelner Unternehmen oder Individuen. Um eine maximale Anpassungsfähigkeit zu gewährleisten, können die Angebote nach dem Baukastenprinzip kombiniert werden. Auf diese Weise wird es den Teilnehmenden ermöglicht, individuelle Bildungswege zu gestalten, die optimal auf ihre Qualifizierungsziele und den jeweiligen beruflichen Kontext zugeschnitten sind.

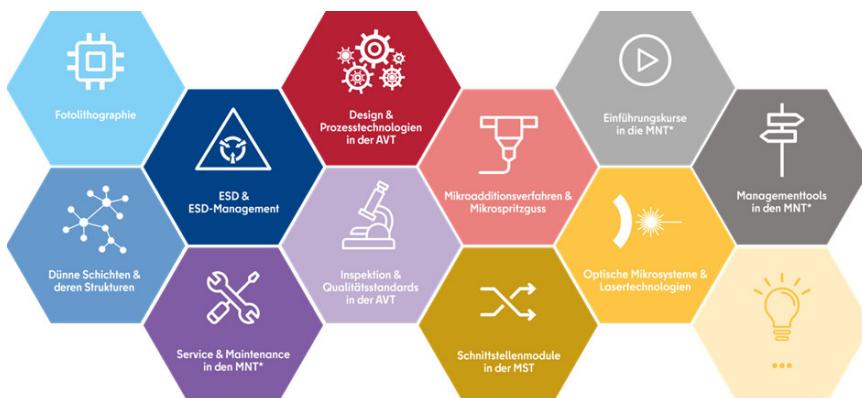


Abbildung 8: Themengebiete der Microtec Academy (Quelle: Quednau, Isik, Kunze & Kalisch, 2024, S. 19)

² Dieses Bildungsangebot soll schrittweise (u. a. durch Kooperationen mit weiteren Institutionen) ausgebaut werden (Stand Dezember 2024).

Derzeit besteht erhöhte Nachfrage nach spezifischen Fachexkursionen für Auszubildende zum Erwerb von Kompetenzen und Fertigkeiten, die so weder im Ausbildungsbetrieb noch in der Berufsschule erlangt werden können. Diese Angebote, die den Ansatz einer überregionalen und überbetrieblichen Verbundausbildung verfolgen, stellen eine wertvolle Ergänzung zum bestehenden Portfolio der Microtec Academy dar.

Lernortvielfalt & innovative, flexible Lernformate der Microtec Academy

Das Qualifizierungsangebot der Microtec Academy umfasst sowohl konventionelle Präsenzveranstaltungen in modernen, gut ausgestatteten Laboren und Reinräumen als auch eine Vielzahl von digitalbasierten Angeboten, die über die Webpräsenz der Microtec Academy genutzt werden können. Dies ermöglicht die Kombination von Präsenzveranstaltungen mit vor- und nachgelagerten individuellen Lernphasen, die zeit- und ortsunabhängig kombiniert werden können.

Ein zentraler Bestandteil der Akademie ist das virtuelle Technologielabor (VTL), das als eine Art „Simulator“ für Mikrotechnologen dient. In diesem Labor werden typische Prozesse und Anlagen der Mikrotechnologie durch interaktive und multimediale Simulationen dargestellt. Lernende haben die Möglichkeit, „anywhere and anytime“ den Umgang mit Anlagen und Prozessen kennenzulernen und die Bedienung von Maschinen einzuüben, um entsprechende Kenntnisse zu Prozessen und Handlungskompetenzen lernortunabhängig zu erlangen. Darüber hinaus können im VTL grundlegende Funktionsprinzipien sowie physikalische Zusammenhänge maschinentypunabhängig durch interaktive Darstellungen nachvollzogen werden. Beispiele aus den aktuellen Entwicklungen des Projekts sind in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 9: Labgame; 3D-simulierter Reinraum (Quelle: eigene Darstellung)

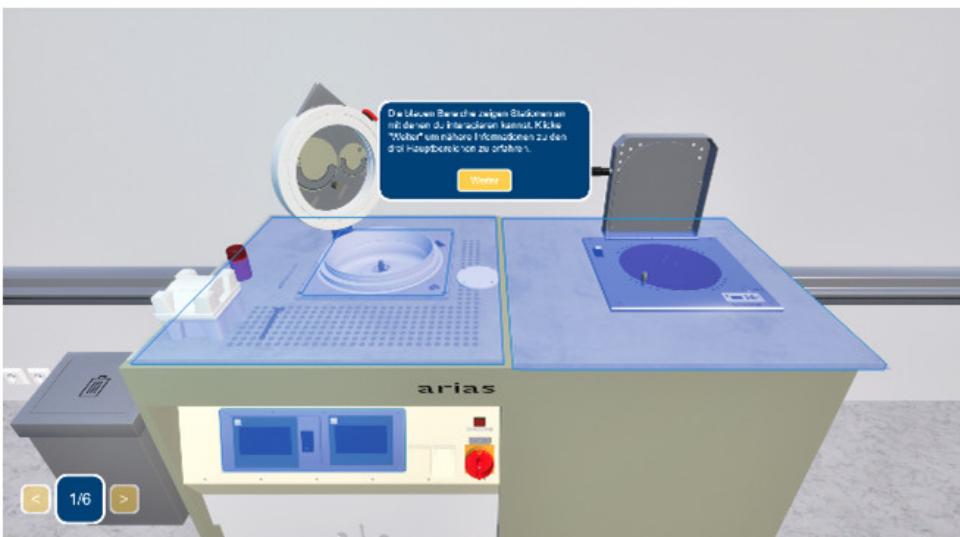


Abbildung 10: Auszug aus der Spin-Coater-Simulation (Quelle: eigene Darstellung)

Diverse Fortbildungsmöglichkeiten auf DQR-Niveau in der Microtec Academy

Neben einzelnen Qualifizierungsbausteinen werden zudem qualifizierte Fortbildungen angeboten. In Planung sind berufsbegleitende Aufstiegsfortbildungen zum/zur Geprüften Berufsspezialisten/-spezialistin (DQR 5) sowie zum Master Professional (DQR 7). Die Fortbildung zum Bachelor Professional (DQR 6) ist bereits etabliert und wird derzeit weiterentwickelt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mikro- und Nanotechnologien (MNT) gehören zu den zentralen Hochtechnologiefeldern, deren Ausbau von den Regierungen vieler europäischer Länder intensiv gefördert wird. Die Bedeutung der MNT wächst stetig rasant. Gleichzeitig stellen die Rekrutierung und Weiterbildung von Fachkräften laufend eine bedeutende Herausforderung dar. Während Qualifizierungsmaßnahmen auf allen Qualifikationsniveaus unzureichend zur Verfügung stehen, werden an zahlreichen Standorten umfangreiche Investitionen in Milliardenhöhe getätigt. Zahlreiche Unternehmen interessieren sich zunehmend für die Ausbildung von Fachkräften in der MNT und benötigen eine umfassende Beratung und Unterstützung. Es besteht ein dringender Bedarf an strategischen und langfristig tragfähigen Konzepten zur Sicherstellung einer adäquaten Aus-, Fort- und Weiterbildung von Fachkräften. Bislang gibt es jedoch im Bereich der MNT weder eine zentrale überbetriebliche Bildungsinstitution (ÜBS) noch eine vergleichbare Institution, die bestehende Qualifizierungsangebote koordiniert bzw. bündelt. Das Projekt-konsortium BM = x³ hat mit der Etablierung der Microtec Academy einen vielverspre-

chenden Ansatz verfolgt, der als Basis für die Entwicklung weiterer Bildungsstrukturen und -angebote dienen kann. Um den Fachkräftemangel nachhaltig zu verringern, sind jedoch weitreichende Anpassungen und zusätzliche Fördermaßnahmen notwendig, mit denen die erfolgreiche Umsetzung des Modells auch langfristig sichergestellt werden kann. Dies soll seit 2024 im Rahmen des vom BMBF geförderten, anknüpfenden Projektes *Fachkräfte für die Mikroelektronik: skills4chips* erfolgen (FBH, 2024). Es ist ange- dacht, die Academy in ein Geschäftsmodell zu übertragen, das sich selbst trägt und somit ein nachhaltiges Wirken gewährleistet werden kann.

Literatur

- BIBB, Bundesinstitut für Berufsbildung. (2023). *Datensystem Auszubildende – Datenblätter (DAZUBI) Mikrotechnologe/-technologin (IH)*. Verfügbar unter <https://www.bibb.de/dienst/dazubi/dazubi/datasheet/download/30-26322010.pdf> (Zugriff am 29.09.2024).
- Europäische Kommission. (2023). *Europäisches Chip-Gesetz*. Verfügbar unter https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_de (Zugriff am 03.04.2024).
- FBH Ferdinand Braun Institut. (2024). *Neue Bildungsoffensive für die deutsche Chipindustrie*. Verfügbar unter <https://www.fbh-berlin.de/media-center/presseinformationen/neue-bildungsoffensive-fuer-die-deutsche-chipindustrie> (Zugriff am 12.11.2024).
- Hübener, N., & Schütze, A. (2007). *Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern. Fachkräftesicherung in Neuen Technologien*. Dokumentation zum Kongress 29.–30.11.2007.
- Kalisch, C. (2010). *Regionale Technologie-Cluster und regionale Ausbildungsschwerpunkte: Analyse von Flexibilisierungsmöglichkeiten im Bereich Mikrotechnologie*. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), 6, 27–31.
- Köhne-Finster, S. (2023). *Berufe in der Halbleiterindustrie. Immer mehr Stellen können nicht besetzt werden*, IW-Kurzbericht, Nr. 90.
- Köhne-Finster, S., Seyda, S. & Werner, D. (2023). *Fachkräftemangel in Berufen der Halbleiterindustrie. Die aktuelle Fachkräftesituation und zukünftige Ersatzbedarfe in den wichtigsten Berufen der Chip-Produktion*, Gutachten im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI) und des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI).
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. (5. Auflage). Beltz Juventa.
- Quednau, A., Isik, B., Kalisch, C., & Kunze, K. (2024). *Mikro- und Nanotechnologie. Handlungsbedarfe & Lösungsansätze für die berufliche Bildung*. berufsbildung. Heft 202, S. 16–20.
- Silicon Saxony. (2023). *Strategiepapier. Silicon Saxony – Fachkräftesicherung 2030*. Verfügbar unter https://silicon-saxony.de/wp-content/uploads/2023/05/Silicon_Saxony_Strategiepapier_Fachkraeftesicherung_2030.pdf (Zugriff am 03.04.2024).
- Statista. (2023). *Halbleiter – Deutschland*. Verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/tmo/halbleiter/deutschland> (Zugriff am 13.03.2024).

Statista. (2024a). *Semiconductors:market data & analysis. Market Insights report.* Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/studie/id/146705/dokument/halbleiter-marktdatenanalyse-und-prognose/> (Zugriff am 25.09.2024).

Statista. (2024b). *Halbleiter – Deutschland.* Verfügbar unter <https://de.statista.com/outline/tmo/halbleiter/deutschland> (Zugriff am 25.09.2024).

Die Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung

HENNING KLAFFKE; MARIUS HERZOG

Zusammenfassung

Die studienintegrierende Ausbildung hat das übergeordnete Ziel, die traditionell getrennten Bildungswege beruflicher und akademischer Bildung zu verzahnen. Dabei kommunizieren, kooperieren und kollaborieren drei Lernorte zusammen: ausbildende Unternehmen, berufsbildende Schulen und Hochschulen. Bei diesem Bildungstyp können zwei berufsqualifizierende Abschlüsse auf einem Bildungsweg erworben werden. In Hamburg wurde im Jahre 2020 eine eigene Hochschule für das Konzept der siA gegründet. In derzeit sechs Studiengängen wird dieses Konzept der Ausbildung, in dem ein Studium integriert ist, durchgeführt. Bei der Entwicklung der siA wurden fünf Qualitätsfelder identifiziert, die in diesem Beitrag fokussiert betrachtet werden. Innerhalb dieser Qualitätsfelder kann das Konzept der siA sich entfalten, weiterentwickeln und qualitativ überprüft werden. Sie eignen sich zudem für den Transfer in andere Bundesländer.

Abstract

The aim of the study-integrated apprenticeship model is to combine the traditionally separate educational paths of vocational and academic education. Three learning venues communicate, cooperate and collaborate with each other: training companies, vocational schools and universities of applied sciences. With this type of education, two vocational qualifications can be acquired in one educational pathway. A dedicated cooperative university of applied sciences for the siA concept was founded in Hamburg in 2020. This concept of training, in which a course of study is integrated, is currently being implemented in 5 courses of study. During the development of siA, 5 quality fields were identified, which are the focus of this article. Within these quality fields, the concept of siA can unfold, develop further and be qualitatively reviewed. They are also suitable for transfer to other federal states of Germany.

Schlagworte: Studienintegrierte Ausbildung, Bildungswege, Qualitätsmanagement, Studiengänge

1 Ausgangslage

Die heutige Hochschullehre richtet sich nach den Bedarfen junger Menschen. Sie ist auf Flexibilität und Individualität ausgerichtet, sie fördert den globalen Austausch, die gesellschaftliche Verantwortung, ist digital unterstützt, fördert kritisches Denken, Problemlösefähigkeit, interkulturelle und nachhaltige Kompetenzen und Future Skills sowie KI-Kompetenzen, also jenen Kompetenzen, die über die digitalen Kompetenzen hinaus den Umgang und ein kritisch reflektiertes Handeln gegenüber den Ergebnissen der Nutzung von generativen künstlichen Intelligenzen fördern. Die Hochschulwelt ist dazu angeregt, eine dynamische, zukunftsfähige Lernumgebung anzubieten. Dabei wird sich der Trend zu individualisierten Bildungswegen verstärken, etwa durch modulare Studiengänge, Teilzeitstudiengänge, Fernstudienangebote oder auch duale Studiengänge. Hochschulen müssen zunehmend personalisierte Lernangebote schaffen, die die unterschiedlichen Lebensrealitäten und beruflichen Anforderungen der Studierenden berücksichtigen.

Zudem stellt sich für junge Menschen nach dem Schulabschluss mit einer Hochschulzugangsberechtigung häufig die Frage nach einem Studium oder einer beruflichen Ausbildung. Die studienintegrierende Ausbildung (siA) setzt in dieser Bildungsdiskussion neue Maßstäbe und ist ein Beispiel für ein flexibles, neues, individualisiertes Format in der Bildungslandschaft.

Mit der siA wird ein neuer Typ hybrider Bildung entwickelt, erprobt und etabliert. Übergeordnetes Ziel ist es, die traditionell getrennten Bildungswege beruflicher und akademischer Bildung zu verzahnen. Dabei kommunizieren, kooperieren und kollabrieren drei Lernorte zusammen: ausbildende Unternehmen, berufsbildende Schulen und Hochschulen. Bei diesem Bildungstyp können zwei berufsqualifizierende Abschlüsse auf einem Bildungsweg erworben werden. Neben der Abschlussprüfung in einem anerkannten Ausbildungsberuf lässt sich so auch der akademische Bachelor-Abschluss erreichen. In Hamburg wurde dazu im Jahre 2020 eine eigene Hochschule gegründet, die dieses Bildungskonzept verfolgt. In derzeit sechs Studiengängen wird dieses Konzept der Ausbildung, in dem ein Studium integriert ist, durchgeführt. Drei BWL-Studiengänge mit unterschiedlichen Schwerpunkten an der BHH sind in die Ausbildung für Industriekaufleute, Bankkaufleute und Marketingkaufleute, ein Studiengang für Informatik ist in die Ausbildung zum Fachinformatiker und zur Fachinformatikerin integriert. Ein Studiengang für die BWL kombiniert auch Ausbildungen für gewerblich-technische Berufe und ist auf das Management von KMU ausgerichtet. Ab dem 01. Januar 2025 wird auch der kombinierte Studiengang „Angewandte Pflegewissenschaften“ mit einer Pflegeausbildung angeboten. Es gibt schon Erfahrungen in der Durchführung und in der Qualität dieser besonderen Ausbildung, die in diesem Beitrag fokussiert betrachtet werden.

Weiterführende Quellen mit Angaben zum Entwicklungsstand und zur Konzeptionsphase der siA finden sich im Sammelband „Studienintegrierende Ausbildung“ (Euler, Meyer-Guckel & Severing, 2019) oder in der Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik „Studienintegrierende Ausbildung – ein neuer Weg zur Verzahnung

von Ausbildung und Studium?“. Hier beschreiben die Autoren das theoretische Konstrukt der siA. Wie diese hybriden Formate aussehen können, wird an unterschiedlichen Beispielen demonstriert, wobei (Garbade & Hartung, 2019) das Modell der siA für den Standort Hamburg darstellen. Weiterführende Literatur zur Gründung der Hochschule und den rechtlichen Grundlagen der in Hamburg gegründeten BHH findet sich in der „Drucksache 21/17964“ (Freie und Hansestadt, 2019).

2 Die Entwicklung der Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung

Im Rahmen der bildungspolitischen Ausgangslage sowie der Begründung eines siA-Modells und der Gründung der Beruflichen Hochschule Hamburg (BHH) wurde das Fördervorhaben „Triales Qualitätsmanagement (tQM)“ konkretisiert. Das Ziel des Vorhabens bestand in der qualitätsgesicherten Begleitung des Aufbaus der siA in Hamburg.

Im Rahmen des Ideenwettbewerbs „Zukunft gestalten – Innovationen für eine exzellente berufliche Bildung (InnoVET)“ wurde das Verbundvorhaben tQM als eines von 17 geförderten Projekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) initiiert. Es wurde vom Hamburger Institut für Berufliche Bildung (HIBB) und der BHH getragen. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt tQM hatte den Auftrag, eine strukturelle Innovation im Berufsbildungssystem abzusichern. Es gliederte sich somit in das übergeordnete Ziel der InnoVET-Förderlinie ein, die Innovationskraft, die Attraktivität und die Qualität der beruflichen Bildung zu steigern.

Aufbauend auf einer Vorprojektphase, in der die Hamburger Stakeholder der beruflichen Bildung zentrale Hypothesen und Vorprodukte für ein triales Qualitätsmanagement entwickelten, konkretisierten sich zwei übergeordnete Ziele für das Vorhaben. Einerseits ging es darum, ein Projekt zur Einführung der siA in Hamburg von Anfang an einem iterativ-zyklischen Qualitätssicherungsprozess zu unterziehen und hierfür entsprechende Qualitätssicherungsinstrumente zu entwickeln und zu erproben. Andererseits lag der Auftrag des Projekts darin, aus den Erfahrungen in Hamburg im Sinne eines bundesweiten Transfers Erkenntnisse für die Qualitätssicherung hybrider Ausbildungsangebote zu generieren.

Aus den Zielsetzungen, die in der Vorprojektphase definiert wurden, leitete sich der Gegenstand des Projekts ab, dass die Qualitätssicherung der siA als ein von drei Lernorten getragenes Berufsbildungsangebot zu verstehen ist.

1. Die Arbeit im Rahmen dieses Projekts hatte zunächst drei Schwerpunkte:Lernortkooperation: Ein zentraler Aspekt der Qualitätssicherung besteht daher in der Initiierung von Lernortkooperationsformaten.
2. Bildungsweg-Coaching: Das Bildungsweg-Coaching stellt ein Strukturelement der siA dar, dessen Funktion in der Eröffnung von Bildungsoptionen für eine heterogene Zielgruppe besteht. Diese Bildungsoptionen werden auf die Ziele, Interessen und Möglichkeiten der Lernenden abgestimmt, wobei eine Exklusion aus dem System vermieden wird.

3. Prüfungen und Monitoring: Prüfungen und Monitoring bilden den dritten Bereich der Qualitätssicherung. Es wird davon ausgegangen, dass sie qualitätssichernde Effekte haben, indem Redundanzen bei Prüfungen vermieden werden.

Das Projekt tQM endete im Dezember 2024 und hat fünf Qualitätsfelder identifiziert. Diese umfassen Coaching und Beratung, Theorie-Praxis-Transfer, Didaktik, Datenerhebung und Kommunikation. Für jedes dieser Qualitätsfelder lassen sich verschiedene Formate und Produkte zuordnen, die während der Projektlaufzeit entwickelt bzw. erprobt wurden. Der Fokus liegt dabei primär auf den Beschreibungen der jeweiligen Entwicklungen und Erfahrungen in Hamburg. Basierend auf diesen Erfahrungen werden Qualitätskriterien bzw. Gelingensbedingungen der einzelnen Elemente beschrieben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese auch auf Hamburgs Besonderheiten basieren (z. B. Stadtstaat „kurze Wege“ zwischen Unternehmen, Hochschule(n), berufsbildenden Schulen sowie einer eigens gegründeten „siA-Hochschule“) und daher nicht direkt auf andere Standorte (wie das Flächenbundesland Nordrhein-Westfalen) übertragen werden können. Dennoch lassen sich die bisher gewonnenen Erkenntnisse immer wieder auf ähnliche Weise bestätigen oder erweitern, wie der Austausch mit anderen siA-Akteuren im Laufe der Projektarbeit gezeigt hat. In der operativen Arbeit, die das Projekt in Hamburg begleiten durfte, konnte bis zuletzt keine einheitliche Bezeichnung für diejenigen gefunden werden, die im Mittelpunkt der studienintegrierenden Ausbildung stehen: die studierenden Auszubildenden.

3 Die fünf Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung

1. Die Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung (siA) umfassen mehrere Dimensionen, deren Ziel die Sicherung und Verbesserung der Qualität der Ausbildung ist. Zu den zentralen Qualitätsfeldern gehören: Theorie und Praxis: Dieses Feld zielt darauf ab, die Qualifikationen und Kompetenzen der Studierenden durch eine synergetische Kombination von akademischer Bildung und beruflicher Praxis zu stärken. Es umfasst verschiedene Formate und Instrumente zur Sicherstellung der Ausbildungsqualität.
2. Coaching und Beratung: Hierbei wird die individuelle Unterstützung der Lernenden betont, um Lernhindernisse zu überwinden und die persönliche Entwicklung zu fördern. Coaching und Beratung sind auf die spezifischen Bedürfnisse der Lernenden zugeschnitten und ermöglichen sowohl Lernunterstützung als auch Berufswahlentscheidungen. Im Gegensatz zu anderen dualen Studiengängen ist es in der siA möglich, bei Bedarf aus dem kombinierten Weg auszusteigen und entweder nur die Ausbildung oder nur das Studium fortzusetzen.
3. Didaktik: Dieses Qualitätsfeld befasst sich mit der Gestaltung und Umsetzung von Lehr- und Lernprozessen, um die Effektivität des Lernens zu maximieren.

4. Datenerhebung: Die systematische Erfassung und Auswertung von Daten zur Qualitätssicherung und -entwicklung ist ein weiterer wichtiger Aspekt.
5. Kommunikation: Die Einbeziehung aller relevanten Stakeholder, einschließlich Lehrender, Lernender und Ausbildender, ist entscheidend für die Qualitätssicherung und -entwicklung.

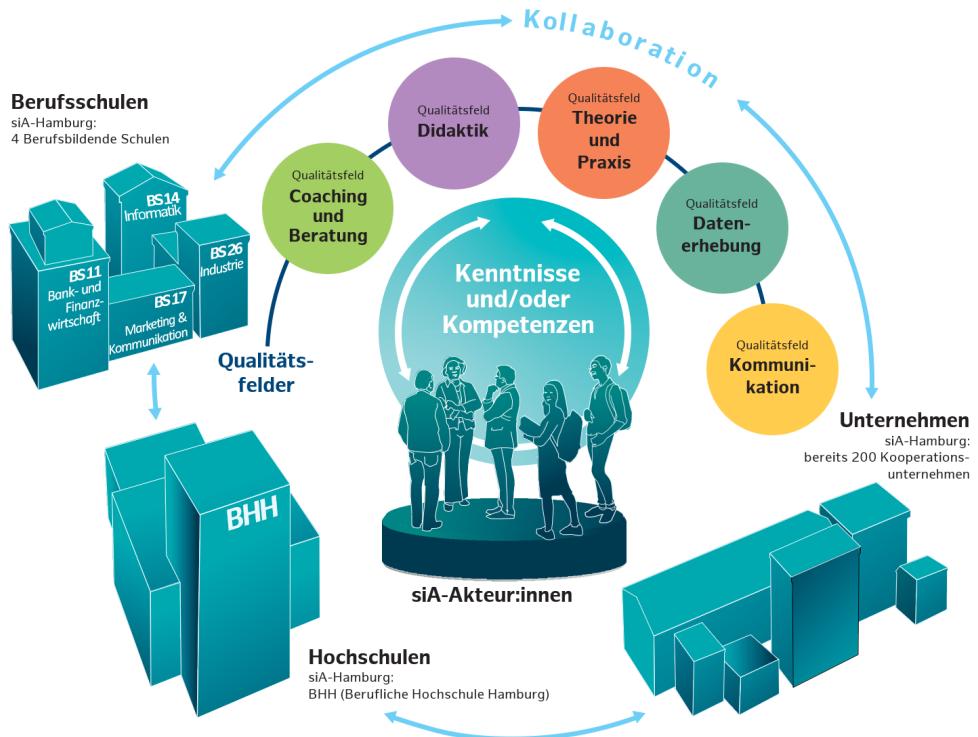


Abbildung 1: Die 5 Qualitätsfelder der studienintegrierenden Ausbildung (siA) (eigene Darstellung)

Die zuvor genannten Qualitätsfelder sind darauf ausgelegt, eine ganzheitliche und systematische Betrachtung der Bildungsqualität der siA zu ermöglichen und tragen zur kontinuierlichen Verbesserung der Bildungsprozesse und -ergebnisse sowie zum Transfer des Konzeptes bei. Sie enthalten unterschiedliche Maßnahmen, Formate und Ansätze für die siA und sind in der Veröffentlichung „siA Einblick: Triales Qualitätsmanagement in der studienintegrierenden Ausbildung (siA). Ein erfahrungsbasiertes Praxishandbuch“ (Herzog, Kleb & Rohloff, 2024) detailliert beschrieben. Im Folgenden werden jedoch die Qualitätsfelder in ihren Merkmalen wie folgt benannt (vgl. Abbildung 1).

3.1 Das Qualitätsfeld Theorie und Praxis

Das Qualitätsfeld Theorie und Praxis in der studienintegrierenden Ausbildung (siA) spielt eine zentrale Rolle bei der Sicherstellung und Verbesserung der Ausbildungs-

qualität. Es umfasst mehrere Aspekte, die darauf abzielen, eine enge Verzahnung von theoretischem Wissen und praktischen Erfahrungen zu gewährleisten. Hier sind die wesentlichen Punkte, die hinter diesem Qualitätsfeld stehen:

1. **Synergetische Kombination:** Das Qualitätsfeld zielt darauf ab, die Qualifikationen und Kompetenzen der Studierenden durch eine Kombination von akademischer Bildung und beruflicher Praxis zu stärken. Diese Verbindung ermöglicht es den Lernenden, theoretische Kenntnisse in realen beruflichen Kontexten anzuwenden und zu vertiefen.
2. **Praxisvalidierungsmodul:** Ein spezifisches Element innerhalb dieses Qualitätsfeldes ist das Praxisvalidierungsmodul, das eine enge Kooperation zwischen Hochschule und Unternehmen fördert. Ein erheblicher Teil der ECTS-Punkte wird durch praktische Tätigkeiten im Unternehmen erworben, was sicherstellt, dass die Aufgaben realitätsnah und anspruchsvoll sind.
3. **Kompetenzerweiterung:** Die Theorie-Praxis-Verknüpfung ermöglicht eine über die beruflichen Ausbildungsinhalte hinausgehende Kompetenzerweiterung. Dies bedeutet, dass die Studierenden **nicht** nur spezifische berufliche Fähigkeiten entwickeln, sondern auch übergreifende Kompetenzen erwerben, die in verschiedenen beruflichen Kontexten anwendbar sind.
4. **Curriculare Entwicklung:** Die Entwicklung der curricularen Inhalte erfolgt in enger Abstimmung mit den Anforderungen der Praxis und der Berufsschule. Dies stellt sicher, dass die vermittelten Inhalte relevant und anwendbar sind, was die Qualität der Ausbildung und des Studiums gleichermaßen erhöht.
5. **Qualitätssicherung:** Um die angestrebte enge Verzahnung von Theorie und Praxis zu gewährleisten, **müssen** verschiedene Anforderungen erfüllt werden. Dazu gehören regelmäßige Evaluierungen, Feedbackschleifen und die Einbeziehung aller relevanten Akteure in den Prozess der Qualitätssicherung.

Insgesamt zielt das Qualitätsfeld „Theorie und Praxis“ darauf ab, eine umfassende und praxisnahe Ausbildung zu gewährleisten, die den Studierenden nicht nur theoretisches Wissen vermittelt, sondern sie auch auf die Herausforderungen des Berufslebens vorbereitet.

3.2 Das Qualitätsfeld Coaching und Beratung

Das Qualitätsfeld Coaching und Beratung in der studienintegrierenden Ausbildung (siA) ist ein wesentlicher Bestandteil, der darauf abzielt, die individuelle Entwicklung der Lernenden zu unterstützen und die Qualität der Ausbildung zu verbessern. Hier sind die zentralen Aspekte, die hinter diesem Qualitätsfeld stehen:

1. **Individuelle Unterstützung:** Coaching und Beratung bieten den Studierenden eine individuelle Begleitung während ihrer Ausbildung. Dies umfasst sowohl fachliche als auch persönliche Unterstützung, um die Lernenden in ihrer Entwicklung zu fördern und auf ihre spezifischen Bedürfnisse einzugehen.

2. **Verzahnung mit dem Curriculum:** Ein wichtiges Ziel ist die enge Abstimmung zwischen Coaching-Angeboten und den curricularen Inhalten. Dies bedeutet, dass die Unterstützung durch Coaches und Berater in den Ausbildungsprozess integriert wird, um eine kohärente Lernumgebung zu schaffen, die sowohl theoretische als auch praktische Aspekte berücksichtigt.
3. **Personelle Verankerung:** Um die Qualität des Coachings und der Beratung sicherzustellen, ist eine personelle Verankerung erforderlich. Dies könnte durch die Schaffung von Funktionsstellen für Coaches und Berater geschehen, die dafür verantwortlich sind, dass Coaching und Beratung als Querschnittsthemen in der siA kontinuierlich berücksichtigt werden.
4. **Synergieeffekte:** Durch die Implementierung von Coaching- und Beratungsangeboten können Synergieeffekte erzeugt werden, die nicht nur der Kompetenzentwicklung der Lernenden zugutekommen, sondern auch dem übergeordneten Ziel der siA, die Studierenden zu verantwortungsvoll handelnden Persönlichkeiten auszubilden.
5. **Feedback und Reflexion:** Coaching und Beratung fördern auch die Reflexion über den eigenen Lernprozess. Regelmäßiges Feedback von Coaches und Beratern hilft den Studierenden, ihre Fortschritte zu erkennen, Herausforderungen zu bewältigen und ihre Ziele klarer zu definieren.

Insgesamt zielt das Qualitätsfeld „Coaching und Beratung“ darauf ab, eine unterstützende und förderliche Lernumgebung zu schaffen, die den Studierenden hilft, ihre Potenziale zu entfalten und die Herausforderungen der studienintegrierenden Ausbildung erfolgreich zu meistern.

3.3 Das Qualitätsfeld Didaktik

Das Qualitätsfeld Didaktik in der studienintegrierenden Ausbildung (siA) ist entscheidend für die Gestaltung und Durchführung von Lehr-Lern-Prozessen. Es umfasst verschiedene Aspekte, die darauf abzielen, die Qualität des Unterrichts und die Effektivität des Lernens zu verbessern. Hier sind die zentralen Punkte, die hinter diesem Qualitätsfeld stehen:

1. **Planung und Durchführung:** Didaktik bezieht sich auf die systematische Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht. Dies umfasst die Auswahl geeigneter Lehrmethoden, die Strukturierung von Inhalten und die Gestaltung von Lernumgebungen, die den Lernenden die bestmögliche Unterstützung in allen drei Lernorten bieten.
2. **Lernziele und Inhalte:** Ein zentrales Element der Didaktik ist die Definition umfangreicher Kompetenzfelder, die den Studierenden helfen, ihre Fortschritte zu reflektieren und ihre Lernstrategien zu optimieren. Die Auswahl und Strukturierung der Inhalte müssen so gestaltet sein, dass sie digital verfügbar, relevant, ansprechend und zeitgemäß für die Lernenden sind.

3. **Methodenvielfalt:** Die Qualität der Didaktik zeichnet sich durch eine Vielfalt an Lehrmethoden aus, die unterschiedliche Lernstile und -bedürfnisse berücksichtigen. Dies kann von traditionellen Vorlesungen bis hin zu interaktiven Gruppenarbeiten und projektbasierten, forschenden Lernansätzen, challenge based learning u. v. m. reichen.
4. **Lernunterstützung und -bewertung:** Didaktik umfasst auch die Art und Weise, wie Lernende unterstützt und bewertet werden. Eine hochwertige Didaktik sorgt dafür, dass die Lernenden nicht nur Wissen erwerben, sondern auch Fähigkeiten und Kompetenzen entwickeln, die für ihre persönliche und berufliche Entwicklung sowohl auf Facharbeiterebene als auch auf akademischem Niveau relevant sind.
5. **Austauschformate:** Im Rahmen der siA wurden verschiedene Austauschformate für Lehrende etabliert, um die Didaktik kontinuierlich zu verbessern. Dazu gehören Didaktik-Impulsreihen und Didaktik-Foren, die den Lehrenden neue Perspektiven und Erkenntnisse auf Lehr-Lern-Prozesse bieten sollen.
6. **Reflexion und Professionalisierung:** Die kontinuierliche Reflexion und Weiterentwicklung der eigenen Lehrpraxis sind Schlüsselemente der didaktischen Qualität. Lehrkräfte müssen in der Lage sein, ihre Unterrichtsmethoden kritisch zu hinterfragen und auf der Grundlage von Feedback und neuen Erkenntnissen anzupassen.

Insgesamt zielt das Qualitätsfeld „Didaktik“ darauf ab, eine effektive und ansprechende Lernumgebung zu schaffen, die den Studierenden hilft, nicht nur Wissen zu erwerben, sondern auch die notwendigen Kompetenzen für ihre zukünftigen beruflichen Herausforderungen zu entwickeln.

3.4 Das Qualitätsfeld „Datenerhebung“

Das Qualitätsfeld „Datenerhebung“ in der studienintegrierenden Ausbildung (siA) spielt eine zentrale Rolle bei der Evaluation und kontinuierlichen Verbesserung der Ausbildungsmaßnahmen. Hier sind die wesentlichen Aspekte, die hinter diesem Qualitätsfeld stehen:

1. **Systematische Datenerfassung:** Eine strukturierte und systematische Datenerfassung ist entscheidend, um die Wirksamkeit der siA zu evaluieren. Dies umfasst sowohl quantitative als auch qualitative Daten, die zur Analyse der Ausbildungsprozesse und -ergebnisse herangezogen werden.
2. **Zielgerichtete Befragungen:** Im Rahmen der Datenerhebung werden gezielte Befragungen durchgeführt, um Informationen über die Erfahrungen und Meinungen der Lernenden sowie der beteiligten Unternehmen zu sammeln. Diese Befragungen können anlassbezogen oder regelmäßig erfolgen und sind darauf ausgelegt, relevante Informationen für die Weiterentwicklung der siA zu gewinnen.

3. **Erhöhung der Teilnehmerzahlen:** Um die Qualität der Datenerhebung zu sichern, ist es wichtig, eine hohe Teilnehmerzahl bei den Befragungen zu erreichen. Strategien wie freundliche Erinnerungen und frühzeitige Ankündigungen können helfen, die Rücklaufquote zu erhöhen und sicherzustellen, dass die gesammelten Daten repräsentativ sind.
4. **Evaluationskonzept:** Die Datenerhebung ist Teil eines umfassenden Evaluationskonzepts, das darauf abzielt, die Qualität der Ausbildung zu sichern und zu verbessern. Dieses Konzept wird in Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren, wie der BHH und wissenschaftlichen Begleitern, entwickelt und implementiert.
5. **Entscheidungsgrundlage:** Die gesammelten Daten dienen als fundierte Entscheidungsgrundlage für die Weiterentwicklung der siA. Sie ermöglichen es den Verantwortlichen, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Ausbildungsqualität zu ergreifen und die Bedürfnisse der Lernenden und Unternehmen besser zu verstehen.
6. **Monitoring:** Neben einmaligen Befragungen wird auch ein kontinuierliches Monitoring der Ausbildungsmaßnahmen angestrebt. Dies ermöglicht eine fortlaufende Anpassung und Optimierung der Programme auf der Grundlage der gesammelten Daten und Rückmeldungen.

Insgesamt zielt das Qualitätsfeld „Datenerhebung“ darauf ab, eine fundierte Basis für die Evaluation und Weiterentwicklung der studienintegrierenden Ausbildung zu schaffen, um die Qualität der Ausbildung nachhaltig zu sichern und zu verbessern.

3.5 Das Qualitätsfeld „Kommunikation“

Das Qualitätsfeld „Kommunikation“ in der studienintegrierenden Ausbildung (siA) ist entscheidend für die effektive Zusammenarbeit und den Austausch zwischen den verschiedenen Akteuren der Ausbildung. Hier sind die zentralen Aspekte, die hinter diesem Qualitätsfeld stehen:

1. **Kommunikationsprozesse und -aktivitäten:** Dieses Feld umfasst die verschiedenen Kommunikationsprozesse und -aktivitäten, die notwendig sind, um eine reibungslose Koordination zwischen den Beteiligten (Studierenden, Lehrenden, Unternehmen) zu gewährleisten. Eine klare und effektive Kommunikation ist entscheidend für die Erfüllung der Aufgaben und die Klärung von Interessen.
2. **Interne und externe Kommunikation:** Die Kommunikation in der siA muss sowohl intern (zwischen den Akteuren der Ausbildung) als auch extern (mit Stakeholdern und der Öffentlichkeit) erfolgen. Ziel ist es, ein konsistentes und glaubwürdiges Bild der siA zu vermitteln und die Identitätsbildung in der Ausbildung zu stärken.
3. **Koordination und Verständnis:** Ein zentrales Ziel des Qualitätsfeldes Kommunikation ist es, ein gemeinsames Verständnis aller Beteiligten über die Besonderheiten und Anforderungen der siA zu schaffen. Dies fördert die Zusammenarbeit und sorgt dafür, dass alle Akteure auf die gleichen Ziele hinarbeiten.

4. **Integration von Elementen aus anderen Qualitätsfeldern:** Die Kommunikation integriert Elemente aus anderen Qualitätsfeldern wie Didaktik, Coaching und Datenerhebung. Dies bedeutet, dass die Kommunikationsstrategien auch die Inhalte und Methoden der Ausbildung berücksichtigen müssen, um eine kohärente und effektive Lernumgebung zu schaffen.
5. **Reputation und Identität:** Die Art und Weise, wie kommuniziert wird, trägt zur Reputation der siA bei. Eine klare und ansprechende Kommunikation hilft, die Identität der siA zu definieren und von anderen Bildungsangeboten abzugrenzen. Dies umfasst visuelle Elemente, Werte und Normen, die in der Kommunikation vermittelt werden.
6. **Feedback und Anpassung:** Die Kommunikation sollte auch Mechanismen für Feedback und Anpassung beinhalten. Regelmäßige Rückmeldungen von Studierenden, Lehrenden und Unternehmen sind wichtig, um die Kommunikationsstrategien kontinuierlich zu verbessern und an die Bedürfnisse der Beteiligten anzupassen.

Insgesamt zielt das Qualitätsfeld „Kommunikation“ darauf ab, die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren der siA zu optimieren, die Qualität der Ausbildung zu sichern und ein positives und konsistentes Bild der siA nach außen zu vermitteln.

4 Fazit

Die Qualitätsfelder der siA und die darin inkorporierten Maßnahmen sind Kernelemente für die erfolgreiche Implementierung und für das Qualitätsmanagement der siA. Die Umsetzung und Qualitätssteigerung in den Qualitätsfeldern der siA fördern die Kooperation und Kollaboration der beteiligten Lernorte. Sie stellen erste Ansätze zur Gestaltung eines gemeinsamen Bildungsraums von Unternehmen, Berufs- und Hochschulen dar. In dieser Trialität befindet sich der Bildungsraum erst in den Anfängen und ist wissenschaftlich kaum erforscht. Grundlegende förderliche Bedingungen sind die qualitätsgesicherte Kooperation und Verzahnung der Lernorte. Entsprechend gilt es, das siA-Commitment bei allen Beteiligten, der siA-Community, in den Regionen und auch auf nationaler Ebene weiterzuentwickeln.

Die Analyse der Initiierungs- und Erprobungsphase zeigt, dass die Entwicklung einer trialen Lernortkooperation in Verbindung mit einem trialen Qualitätsverständnis als ein langfristiger und kontinuierlicher Prozess zu verstehen ist, dessen Ziel es ist, ein gemeinsames Verständnis der Beteiligten zu fördern, einen regelmäßigen Austausch und kontinuierliche Zusammenarbeit zu entwickeln. Nach dem Ende der INNOVET-Förderphase des BMBF werden die erarbeiteten Maßnahmen zur Qualitätssicherung, auch in Abstimmung mit der zuständigen Behörde und den Unternehmen, an der BHH weiter implementiert und bewertet. Das Projekt hat hilfreiche Ergebnisse in allen Qualitätsfeldern hierfür entwickelt, und selbst nach vollständigem Aufwuchs der BHH

auf die maximale Studierendenkapazität sind noch weitere Innovationen zu erwarten. Alle Studiengänge, bis auf den jüngst gestarteten Studiengang „Angewandte Pflegewissenschaften“, sind auch aufgrund dieser grundlegenden Arbeit des Projektes vollständig und ohne Auflagen programmakkreditiert. Die Akkreditierung des neuen Studiengangs steht noch aus und ist gerade in Bearbeitung.

Literatur

- Euler, D., & Klaffke, H. (2023). Neue Wege der Verzahnung von beruflicher und akademischer Bildung – Studienintegrierende Ausbildung der Beruflichen Hochschule Hamburg (BHH). In A. Grimm, B. Mahrin, U. Neustock, W. Reichwein, S. Schütt-Sayed, & T. Vollmer (Hrsg.), *Digitalisierung und Nachhaltigkeit gestalten lernen: Beiträge der BAG Tagung „All Days For Future – Energievielfalt in der gewerblich-technischen Berufsbildung* (S. 53–69). wbv Media.
- Euler, D., & Severing, E. (2017). Studienintegrierende Ausbildung – ein neuer Weg zur Verzahnung von Ausbildung und Studium? *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 113, 681–689. DOI:10.25162/zbw-2017-0029.
- Euler, D.; Meyer-Guckel, V.; Severing, E. (Hg.) (2019). *Studienintegrierte Ausbildung*. Essen: Deutscher Stifterverband. Online verfügbar: <https://www.stifterverband.org/download/file/fid/7350> (Stand: 10.04.2025)
- Freie und Hansestadt Hamburg. (2019). *Drucksache 21/17964 – Errichtung der Beruflichen Hochschule Hamburg und Haushaltsplan 2019/2020: Nachbewilligung nach § 35 Landeshaushaltsoordnung*. Hamburg. Online verfügbar: <https://hibb.hamburg.de/wp-content/uploads/sites/33/2019/08/21-17964.pdf> (Zugriff am 24.10.2024).
- Garbade, S., & Hartung, S. (2019). Modell der studienintegrierenden Ausbildung. In D. Euler, V. Meyer-Guckel, & E. Severing (Hrsg.), *Neue Wege für Studium und Berufsausbildung: Studienintegrierende Ausbildung* (S. 77–83). Ed. Stifterverband.
- Herzog, M., Kleb, D., & Rohloff, S. (2024). *siA Einblick: Triales Qualitätsmanagement in der studienintegrierenden Ausbildung (siA). Ein erfahrungsbasiertes Praxishandbuch*. urn:nbn:de:0111-pedocs-321630 – DOI: 10.25656/01:32163.

Nachhaltigkeit und Energiewende

Zirkuläre Arbeitswelten – Aufarbeitung als Handlungsfeld und Gegenstand einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung

STEFAN NAGEL

Zusammenfassung

Zirkuläres Wirtschaften gilt als zentrales Paradigma zur Erzielung nachhaltiger Produktions- und Konsummuster. Eine Schlüsselfunktion bei der Abkehr von der bisher vorherrschenden Linearwirtschaft kommt der betrieblichen Aufarbeitung gebrauchter Sachgüter sowie deren erneuter Verwendung und Vermarktung zu. Gewerblich-technische Fachkräfte leisten im generischen Handlungsfeld der Aufarbeitung bereits heute einen bedeutsamen Beitrag zur Etablierung einer kreislauforientierten und damit klimaschonenden Wertschöpfung. Der vorliegende Beitrag verortet zunächst die Aufarbeitung entlang gesellschaftlicher und politischer Entwicklungen. Anhand berufswissenschaftlicher Forschungsergebnisse wird aufgezeigt, wie Fachkräfte industrieller Metallberufe in Produktionsunternehmen zur zirkulären Transformation beitragen und welche Anknüpfungspunkte sich daraus für die domänenbezogene Ausgestaltung einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) ergeben.

Abstract

Circular economy is regarded as a central paradigm for achieving sustainable production and consumption patterns. A key role in moving away from the linear economy is played by the reprocessing of used material goods and their reuse. In the generic field of reprocessing, skilled workers are already making a significant contribution to the establishment of circular and therefore climate-friendly value creation. This article begins by locating reprocessing in the context of social and political developments. Based on the results of vocational science research, it shows how skilled workers in industrial metalworking professions in manufacturing companies contribute to the circular transformation and what points of contact result from this for the domain-related design of vocational education and training for sustainable development (VETSD).

Schlagworte: Zirkuläres Wirtschaften, Aufarbeitung, industrielle Facharbeit, Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE)

1 Zirkuläres Wirtschaften – Paradigma zukunftsfähiger Arbeitswelten

Obgleich das lineare Wirtschaftsmodell seit der Industriellen Revolution in vielen westlichen Industriestaaten Wohlstand generiert hat, sind spätestens seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die ökologischen und sozialen Defizite dieses Wertschöpfungsansatzes evident (Ellen MacArthur Foundation, 2013, S. 6; Welzer & Sommer, 2014, S. 14). Allein die Hälfte der globalen Treibhausgasemissionen wird auf die Entnahme und Verarbeitung natürlicher Ressourcen zurückgeführt – mit weitreichenden Folgen für Mensch und Natur (IRP, 2019, S. 5). Sowohl die gesamtgesellschaftlichen Folgen durch anhaltende Überschreitung planetarer Belastungsgrenzen als auch die betrieblichen Geschäftsrisiken der Ressourcenverknappung und der steigenden Rohstoffabhängigkeit stärken die wirtschaftspolitischen Bestrebungen zur Abkehr vom traditionellen Wirtschaftsmodell der Linearwirtschaft hin zu einem weitestgehend dekarbonisierten, schadstoffarmen und *regenerativen Wirtschaftssystem* (Hauff, 2023, S. 5). Die zirkuläre Wirtschaftsweise (engl. Circular Economy) gilt als zentrales Wirtschaftsmodell für einen derartigen Transformationsprozess und für eine nachhaltige Entwicklung als unerlässlich (Bakker et al., 2019, S. 9; UNEP, 2014, S. 1). Der damit angestrebt Wandel von Geschäftsmodellen, betrieblichen Organisationsstrukturen und Produktionsprozessen ist mit weitreichenden Veränderungen in der Arbeitswelt verbunden und schafft für gewerblich-technische Berufe bereits heute konstituierende Arbeitszusammenhänge.

Zirkuläres Wirtschaften zielt darauf ab, durch die Rückgewinnung und Wiederverwendung von Produkten und Materialien den wirtschaftlichen Wert und gesellschaftlichen Nutzen beanspruchter Ressourcen auf möglichst hohem Niveau zu erhalten, während gleichzeitig Energieaufwendungen, Abfälle und andere Belastungen des vulnerablen Ökosystems minimiert werden. Kreislauforientierte Produktions- und Konsumlogiken (Ressourcenwende) in Verbindung mit einer regenerativen Energieversorgung (Energiewende) verfolgen das Ziel, eine substanzelle absolute Entkopplung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit vom Ressourcenverbrauch und den damit verbundenen Emissionen als unerwünschte Kuppelprodukte zu ermöglichen. Konzeptioneller Ausgangspunkt bildet das Prinzip der *Zirkularität* durch die

- Verringerung,
- Verlangsamung und
- Schließung von Energie- und Stoffkreisläufen (Geissdoerfer et al., 2017, S. 777).

Während die *Verringerung* der Kreisläufe Strategien zur Reduzierung des Ressourceneinsatzes bei der Herstellung und Nutzung eines Produkts umfasst, trägt die *Verlangsamung* der Ressourcenströme dazu bei, das Ausscheiden von Produkten aus ihrem Lebenszyklus u. a. durch Instandhaltungsarbeiten und langlebiges Produktdesign hinauszuzögern. Das *Schließen* der Kreisläufe vervollständigt das zirkuläre Wirtschaften,

indem die Aufarbeitung gebrauchter Sachgüter deren Wiederverwendung ermöglicht oder Abfälle recycelt und als Materialien oder Rohstoffe erneut dem Produktionskreislauf zugeführt werden (Abbildung 1).

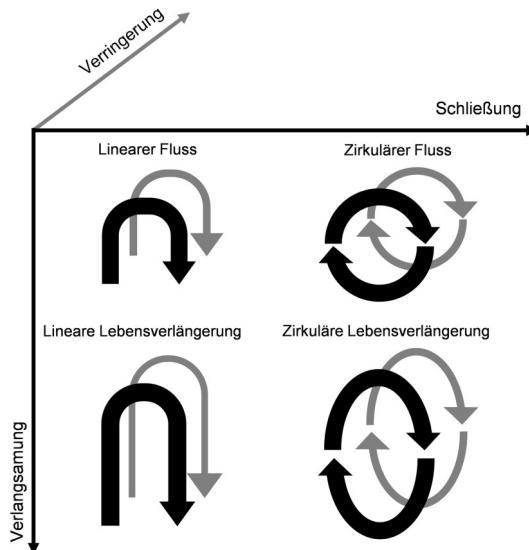


Abbildung 1: Dimensionen zirkulären Wirtschaftens (i. A. a. Bocken, 2020, S. 138)

Das Modell des zirkulären Wirtschaftens ist somit deutlich umfassender konzipiert als das verkürzte Verständnis einer Kreislaufwirtschaft im Sinne einer recyclingorientierten Abfallwirtschaft (Abfälle aufbereiten und stofflich zu Sekundärrohstoffen verarbeiten), wie es durch das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) geprägt wurde und gemeinhin noch immer den deutschen Sprachraum dominiert. In der Fachliteratur wird demzufolge die Circular Economy teilweise explizit von der traditionellen Kreislaufwirtschaft abgegrenzt (Hauff, 2023, S. 6; Holzinger, 2020, S. 195 ff.). Im nationalen politischen Diskurs wird der Terminus der Kreislaufwirtschaft zwar weitestgehend beibehalten, jedoch mit dem umfassenden Konzept des zirkulären Wirtschaftens inhaltlich reformiert (Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, 2024, S. 5). Letzteres Verständnis gilt auch für den vorliegenden Beitrag.

2 Aufarbeitung – zentraler Strategiebaustein zirkulären Wirtschaftens

Politische Vorstöße wie der *Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft* der Europäischen Kommission, als ein zentraler Baustein des *europäischen Grünen Deals*, verfolgen das Ziel, bis zum Jahr 2050 eine klimaneutrale und kreislauforientierte Wirtschaft in der EU zu etablieren (European Commission, 2020, S. 1f.). Daran anknüpfend wurde im

Jahr 2024 auf nationaler Ebene durch das Bundeskabinett die *Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie* (NKWS) verabschiedet. Im selben Jahr trat die EU-Richtlinie zur Förderung des *Rechts auf Reparatur* in Kraft, die bis zum Jahr 2026 in nationales Recht umzusetzen ist, um die Reparatur defekter Produkte zu erleichtern, Abfall zu reduzieren und den Aufarbeitungssektor zu stärken. Die vom BIBB durchgeführte Szenarienanalyse verdeutlicht, dass insbesondere Berufe der beruflichen Fachrichtungen Elektro-, Fahrzeug-, Informations- und Metalltechnik von den Effekten produkterhaltender Kreislaufführungsoptionen betroffen sind (Thobe et al., 2023, S. 15). Dass gewerblich-technische Fachkräfte bereits heute eine bedeutsame Funktion im zirkulären Transformationsprozess einnehmen, zeigt sich im Handlungsfeld der Aufarbeitung gebrauchter technischer Produkte und Komponenten.

Durch Fachkräfte umgesetzte Aufarbeitungsprozesse zählen zu den sogenannten „R-Strategien“ einer Kreislaufwirtschaft, die je nach Konzeption vorwiegend zwischen drei bis zehn Strategien variieren (Hauff, 2023, S. 25; Kirchherr et al., 2017, S. 228; Münger, 2021, S. 40; Parker, 2015, S. 8). Während Verbraucher:innen die Notwendigkeit des Besitzes hinterfragen (*Rethink*), durch Leih- und Leasingkonzepte auf Käufe verzichten (*Refuse*), ihren Verbrauch insgesamt reduzieren (*Reduce*) oder gebrauchte Produkte wiederverwenden (*Reuse*) können, liegt es vornehmlich in der erweiterten Produzentenverantwortung – die ebenfalls von den Fachkräften mitgetragen wird (Mertineit, 2009, S. 23) –, ein kreislauffähiges Produktdesign sicherzustellen (*Redesign*), unterschiedliche Aufarbeitungsansätze wie etwa die Generalüberholung (*Refurbishment*) oder die industriell organisierte Aufarbeitung (*Remanufacturing*) umzusetzen sowie Nachrüstungen (*Retrofit*) und Reparaturen (*Repair*) durchzuführen. Ansätze der stofflichen Verwertung zur Rückgewinnung von Werk- oder Rohstoffen werden sowohl den Produzenten als auch den Unternehmen der Abfallwirtschaft zugeordnet (*Recycling*). Die thermische Verwertung zur Energierückgewinnung gilt als letzte Option mit dem höchsten Wert schöpfungsverlust (*Recover*). Die letztendliche Deponierung von Abfällen ist in einer echten Kreislaufwirtschaft hingegen zu vermeiden.

Bereits eine erste rudimentäre Betrachtung der Refabrikation, als industriell organisierte Form der Aufarbeitung (engl. Remanufacturing), zeigt im europäischen Vergleich, dass deutsche Unternehmen in diesem Sektor etwa 30 % des jährlichen Umsatzes von insgesamt rund 30 Mrd. Euro erzielen (Parker et al., 2015, S. 1). Damit ist Deutschland das umsatzstärkste Land im Bereich des Remanufacturing und verfügt über die meisten Aufarbeitungsstandorte (Parker et al., 2015, S. 32). Zum Zeitpunkt der zitierten Studie waren allein in Deutschland rund 43.000 Beschäftigte im Bereich der Refabrikation tätig, mit einer jährlichen Aufarbeitungsquote von ca. 23 Millionen Gebrauchsprodukten (ebd., S. 54). Die dabei gewonnenen Refabrikate erzielen mindestens eine äquivalente Produktqualität im Vergleich zu einem Neuteil, wobei durch Nachrüstungen und Softwareupdates zum Teil ein technischer Stand erzielt wird, der gar höherwertig als der des ursprünglichen Ausgangsproduktes ist. Refabrikate weisen marktübliche Gewährleistungen auf und sind für den erneuten Vertrieb bestimmt.

Obgleich die größten Umsatzanteile in Deutschland in der Luftfahrt- und Automobilindustrie generiert werden (ebd., S. 44), erstreckt sich die Refabrikation mittler-

weile über eine Vielzahl von Branchen. Fachkräfte arbeiten u. a. Investitions- und Gebräuchsgüter wie elektrische Motoren, Getriebe, Roboter, Generatoren, medizinische Geräte, Verbrennungsmotoren, elektronisches Equipment, aber auch ganze Anlagen wie Kompressoren und Werkzeugmaschinen industriell auf, um nur wenige Beispiele anzuführen (Kern, 2017, S. 19).

71% der europäischen Aufarbeitungsunternehmen sind unabhängige kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Großkonzerne agieren häufig vorrangig als Originalgerätehersteller (engl. Original Equipment Manufacturer, OEM), treten aber auch als Originalgeräteaufbereiter (engl. Original Equipment Remanufacturer, OER) in Erscheinung und diversifizieren damit ihre Geschäftsbereiche (Parker et al., 2015, S. 29 ff.). Mit der Evaluierung des Remanufacturing-Markts wird prognostiziert, dass ein jährlicher Marktwert von 70 bis 100 Mrd. Euro und eine damit verbundene Beschäftigung von ca. 450.000 bis 600.000 Personen im Jahr 2030 erreicht werden könnte, sofern ausreichend Fachkräfte zur Verfügung stehen (ebd., S. 1). Ebenso wird auf regulatorisch-normativer Ebene die wachsende Bedeutung der Aufarbeitung durch den im Jahr 2023 veröffentlichten DIN-Standard „Remanufacturing (Reman) – Qualitätsklassifizierung für zirkuläre Prozesse“ unterstrichen (vgl. DIN SPEC 91472).

3 Wissenschaftliche Erschließung nachhaltigkeitsorientierter Facharbeit

Um das Handlungsfeld der Aufarbeitung gebrauchter technischer Produkte und Komponenten gezielt entlang der Facharbeit und der dazugehörigen sinnvermittelnden Arbeitszusammenhänge zu charakterisieren, werden nachfolgend die bestehenden Befunde mit empirisch gewonnenen Forschungsergebnissen zum nachhaltigkeitsorientierten Handeln in industriellen Metallberufen zusammengeführt (Nagel, 2023, S. 191). Für die explorative Untersuchung wurde ein interdisziplinärer Forschungsansatz entwickelt, der die analytische und empirische Erschließung des Forschungsgegenstands anhand berufs- und nachhaltigkeitswissenschaftlicher Paradigmen und Prinzipien gleichermaßen ermöglichte. Für die Feldforschung in der Arbeitswelt der Fachkräfte kam ein berufswissenschaftliches Forschungsdesign in seiner Gesamtheit zur Anwendung (Becker & Spöttl, 2015, S. 69; Nagel, 2023, S. 160). Zum eingesetzten Instrumentarium zählten:

- 1 Sektoranalyse zur Erschließung und Aufbereitung forschungsrelevanter Informationen des verarbeitenden Gewerbes,
- Fallstudien (inkl. 10 Betriebserkundungen, 22 leitfadengestützter Experteninterviews, 60 Kurzfragebögen) zur Erfassung nachhaltigkeitsorientierter Strukturen, Merkmale und Aktivitäten in Facharbeit und Unternehmen,

- 12 *Arbeitsprozessanalysen* (Arbeitsprozessbeobachtungen und handlungsorientierte Fachinterviews) zur Identifizierung nachhaltigkeitsrelevanter Anknüpfungspunkte in Arbeitsprozessen und -aufgaben sowie zur Erfassung von Kompetenzen für ein nachhaltigkeitsorientiertes Berufshandeln und
- 5 „*Mikro*“-*Experten-Facharbeiter-Workshops* zur kommunikativen Validierung der Befunde zum Einsatz.

Die Erhebung wurde in zehn Fallunternehmen des verarbeitenden Gewerbes durchgeführt, die sich paritätisch aus Großunternehmen sowie kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zusammensetzten und acht Wirtschaftszweige abdeckten. Aufgrund der hohen Verbreitung in nahezu sämtlichen Branchen des verarbeitenden Gewerbes und des breit aufgestellten Berufsprofils, das eine partielle Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf weitere industrielle Metallberufe zulässt, wurde das konkrete Berufshandeln in den Unternehmen anhand des Ausbildungsberufs Industriemechaniker/-in untersucht.

Insgesamt ließen sich in sechs der zehn untersuchten Betriebe Aufarbeitungsprozesse analysieren, in denen die aufzuarbeitenden Produkte und Komponenten zentrale Arbeitsgegenstände der Fachkräfte darstellten. Dazu zählten u. a. anlagenspezifische Komponenten, Elektromotoren, Pumpen, Nutzfahrzeugaggregate oder auch komplexe Investitionsgüter wie Druckluftkompressoren, Blockheizkraftwerke und Windenergieanlagen (Nagel, 2023, S. 349 f.). In der Branche werden diese aufzuarbeitenden technischen Objekte – ganz gleich ob technisches System, Subsystem, Baugruppe oder Bau teil – vereinfacht „Cores“ oder „Gebrauchteile“ genannt.¹

4 Aufarbeitung als Handlungsfeld gewerblich-technischer Facharbeit

Berufliche Handlungsfelder sind subsumierende Kategorien zur Abgrenzung charakteristischer und profilgebender Aufgabenbereiche der Berufstätigen. Mittels Dekontextualisierung bündeln sie die mit den Geschäftsprozessen verbundenen Arbeitsaufgaben und Arbeitsprozesse. Diese sind zwar durch Faktoren wie Branchenbezug, Arbeitsgegenstände oder Betriebs- und Arbeitsorganisation spezifischer Natur, kennzeichnen sich zugleich jedoch durch grundlegend vergleichbare Sinn- und Sachzusammenhänge (Becker, 2013, S. 13; Howe & Knutzen, 2022, S. 57). Sie verbinden gemäß der Handreichung der Kultusministerkonferenz berufliche, gesellschaftliche und individuelle Anforderungen und sind an der gegenwärtigen und zukünftigen Berufspraxis orientiert. Obgleich durch didaktische Reflexion und Aufbereitung die Lernfelder der Rahmenlehrpläne aus den Handlungsfeldern zu entwickeln sind, ist ein berufliches Handlungs-

¹ Im weiteren Verlauf des Beitrags werden gebrauchte technische Produkte, technische Systeme und Subsysteme, Baugruppen sowie Bauteile ebenfalls vereinfacht als „Gebrauchteil“ bezeichnet.

feld zunächst als Entität von Beruflichkeit in der Arbeitswelt verortet und somit bestenfalls empirisch zu erschließen (Becker, 2013, S. 5).

Berufliche Handlungsfelder unterliegen, ebenso wie der Beruf selbst, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungen. So wurden im Rahmen einer empirischen Studie generische Handlungsfelder einer Industrie 4.0 identifiziert und beschrieben (Spöttl et al., 2016, S. 127). Da sowohl Digitalisierung als auch Nachhaltigkeit als Megatrends gelten, die die Arbeitswelt bereits heute prägen und zukünftig voraussichtlich weiter an Bedeutung gewinnen (Biebeler et al., 2020, S. 7), kann nicht nur eine digitale, sondern auch nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft auf die Entstehung, Veränderung oder Ablösung beruflicher Handlungsfelder einwirken. Die nachfolgenden Ausführungen dieses Kapitels dienen der umfassenden Charakterisierung eines beruflichen Handlungsfeldes, das bislang im Diskurs der Berufsbildung und Berufswissenschaften kaum Beachtung gefunden hat, jedoch im Kontext zirkulären Wirtschaftens von herausragender Bedeutung ist: die Aufarbeitung.

Dadurch, dass nachweislich Fachkräfte mit unterschiedlichen gewerblich-technischen Berufsausbildungen in der Aufarbeitung berufstätig sind, ist dieses zunächst als generisches Handlungsfeld zu deklarieren, wenngleich nach dem bisherigen qualitativen Forschungsstand eine Konzentration auf die Berufsgruppe der industriellen Metallberufe und insbesondere auf den/die Industriemechaniker/-in feststellbar ist. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die gewerblich-technischen Berufe, die in den von dem Autor untersuchten Fallunternehmen in Aufarbeitungsprozessen anzutreffen waren. Zum jetzigen Zeitpunkt kann keine abschließende Aussage zum gegenwärtigen und zukünftigen Stellenwert der Aufarbeitung für alle in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Berufsbilder sowie für weitere nicht erfasste Berufe getroffen werden. So waren beispielsweise die Ausbildungsberufe Fluggerätmechaniker/-in und Fluggerätelektroniker/-in aufgrund der kriteriengeleiteten Fallstudienplatzierung nicht in den untersuchten Unternehmen anzutreffen, sind aber aufgrund des hohen Stellenwertes der Refabrikation in der Luftfahrtindustrie voraussichtlich ebenfalls in besonderem Maße betroffen (Parker et al., 2015, S. 44). Es besteht daher die Aufgabe, umfassend zu eruieren, für welche weiteren gewerblich-technischen Berufe die Aufarbeitung ein berufliches Handlungsfeld darstellt.

Tabelle 1: Während der Feldforschung im Handlungsfeld der Aufarbeitung angetroffene Berufe

Metalltechnik	Elektrotechnik
Anlagenmechaniker/-in	Elektroniker/-in für Betriebstechnik
Fachkraft für Metalltechnik	Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik
Feinwerkmechaniker/-in	Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik
Fertigungsmechaniker/-in	Industrieelektriker/-in

(Fortsetzung Tabelle 1)

Metalltechnik	Elektrotechnik
Industriemechaniker/-in	
Maschinen- und Anlagenführer/-in	
Verfahrensmechaniker/-in für Beschichtungs-technik	
Werkstoffprüfer/-in	
Zerspanungsmechaniker/-in	
Mechatroniker/-in	

4.1 Begriffsbestimmung und gesellschaftlicher Sinnzusammenhang

Aufarbeitung umfasst verschiedene berufliche Arbeitsaufgaben und -prozesse, in denen Fachkräfte gezielt werterhaltende oder wertregenerierende Strategien umsetzen, die der Wahrung, aber auch der Wiederherstellung der Gestalt und Eigenschaften von Gebrauchteilen auf ein definiertes Qualitätsniveau für die erneute Verwendung dienen (Steinhilper, 1988, S. 30). Vereinfacht lautet die Maxime der Facharbeit: „Aus Alt mach Neu“. Durch betriebliche Aufarbeitungsprozesse wird die Zirkulation von Gebrauchs- und Investitionsgütern für ihren ursprünglich vorgesehenen Zweck innerhalb eines technischen Kreislaufs ermöglicht, wodurch die Produktnutzung maximiert wird. Die berufsfachlich adäquate Durchführung dieser Prozesse schöpft das nachhaltige Potenzial aus, Produktlebenszyklen nicht nur zu verlängern, sondern sie darüber hinaus zu erneuern. Sowohl die Produktqualität als auch die am Produkt gebundene Wertschöpfung bleiben dabei auf einem hohen Niveau erhalten. Gleichzeitig werden die Anschaffungskosten, die globale Abhängigkeit von Rohstoffen sowie deren Inanspruchnahme signifikant reduziert.

Aufarbeitung ermöglicht somit eine Mehrfachnutzung technischer Objekte im Rahmen aufeinanderfolgender Produktlebenszyklen, wodurch ein Mehrwert für Nutzende, Unternehmen und die Umwelt geschaffen wird. Lebenszyklusanalysen geben darüber Aufschluss, dass durch die industriell organisierte Aufarbeitung von Gebrauchteilen im Vergleich zur Herstellung neuer äquivalenter Produkte und Komponenten Material- und Energieeinsparungen von bis zu 90 % erzielt werden können (Nagel, 2023, S. 351). Darüber hinaus lassen sich zum Teil vergleichbare Einsparungen bei den CO₂-Emissionen realisieren (Biswas et al., 2013, S. 5).

Derartige produkterhaltende Kreislaufführungen gebrauchter Sachgüter werden als Schlüsselfunktion des zirkulären Wirtschaftens und im Vergleich zum Recycling (verstanden als stoffliche Verwertung von Produkten zu Sekundärrohstoffen) als zu bevorzugende Kreislaufführungsoption gewertet. Die Begründung liegt in der Forderung einer maximalen Werterhaltung im zirkulären Wirtschaften, nach der zunächst der Tausch- und Gebrauchswert von Produkten, dann von Bauteilen und zuletzt von Materialien durch entsprechende Behandlungen auf einem möglichst hohen Niveau sicherzustellen ist (Kraft et al., 2022, S. 8; Steinhilper, 1998, S. 9).

4.2 Abgrenzung und Alleinstellungsmerkmale

Auch wenn Aufarbeitungsprozesse auf den ersten Blick eine intentionale und performative Kongruenz mit denen der Instandhaltung aufweisen und unzweifelhaft eine partielle inhaltliche Nähe besteht, weist die Aufarbeitung von Gebrauchtteilen dennoch eine Reihe substanzialer, qualitativer Alleinstellungsmerkmale auf. Werterhaltende Arbeiten, wie die der Wartung oder Instandsetzung, dienen produktlebenszyklusbezogen der vollständigen Ausnutzung der konstruktiv vorgesehenen Nutzungsdauer. Der normativ abgesteckte Aufgabenbereich der Instandhaltung umfasst demzufolge die „*Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus eines Objekts, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient [...]*“ (DIN 31051, 2019, S. 4). Umfangreiche Aufarbeitungsstrategien gehen hingegen weit über den funktionsfähigen Zustand des Produktes sowie den initialen Lebenszyklus hinaus. Deutlich wird dies insb. an der Refabrikation als die qualitativ höchstwertige werterhaltende Aufarbeitungsstrategie (DIN SPEC 91472, 2023, S. 11). Refabrikation ist ein industriell organisierter Aufarbeitungsprozess, bei dem „[...] aus aufgearbeiteten Bestandteilen eines oder mehrerer Gebrauchtteile sowie Neukomponenten ein Remanufacturing-Produkt mit mindestens der Funktionalität und Leistungsfähigkeit des ursprünglichen Produktes erzeugt wird“ (DIN SPEC 91472, 2023, S. 9). Dabei erfolgt die Aufarbeitung rückgeführter Gebrauchtteile mit hoher Standardisierung bis auf Bauteil-tiefe. Die Refabrikate erzielen mindestens eine äquivalente Produktqualität im Vergleich zu einem Neuteil, wobei durch Nachrüstungen und Softwareupdates zum Teil auch ein technischer Stand erzielt wird, der gar *höherwertig* als der des ursprünglichen Ausgangsproduktes ist. Refabrikate weisen marktübliche Gewährleistungen auf und sind explizit für den erneuten Vertrieb bestimmt. Obgleich auch Instandsetzung als bedeutsame Instandhaltungsmaßnahme zur Wiederherstellung von Funktionalitäten technischer Objekte dient² (DIN 31051, 2019, S. 6), so erschöpft sich die Aufarbeitung längst nicht in dieser Zielsetzung. Tabelle 2 veranschaulicht die Alleinstellungsmerkmale der Aufarbeitung anhand der Gegenüberstellung von Instandsetzung und industriell organisierter Aufarbeitung.

Aufarbeitung weist eine eigenständige Qualität hinsichtlich der funktionellen Umsetzung, der damit verbundenen Anforderungen an die Gegenstände und Formen der Facharbeit sowie der Kontextualisierung durch einen kreislauforientierten Geschäftsprozess auf. Wertschöpfungsorientierte Aufarbeitungsprozesse synthetisieren fertigungsbezogene Logiken der Produktherstellung mit instandhaltungsnahen Logiken der Werterhaltung

2 Ein technisches Objekt ist eine artifizielle Einheit, die sich eigenständig beschreiben und verwenden lässt. Komplexität und Funktionalität können dabei variieren, sodass es als Bauelement, Bauteil, Baugruppe, Teilsystem oder als technisches Gesamtsystem vorliegen kann.

Tabelle 2: Gegenüberstellung von Instandsetzung und industriell organisierter Aufarbeitung

Merkmal	Instandsetzung technischer Objekte	Refabrikation technischer Objekte
Produktlebenszyklus	Behandlung innerhalb eines Produktlebenszyklus (Verlängerung)	Behandlung nach Produktlebenszyklus (Erneuerung)
Nutzungsphase	Ausschöpfung einer konstruktiv vorgesehenen Nutzungsphase	mehrere zusätzliche Nutzungsphasen mit der jeweils vollständigen Nutzungsdauer
Monetarisierung	innerbetrieblicher Kostenfaktor	Wertschöpfungsabsicht
Produktzustand	fehlerhaftes bzw. defektes Objekt	fehlerhafte und funktionsfähige Objekte
Zielsetzung	Rückführung eines Objekts in den funktionsfähigen Zustand	Wahrung und Wiederherstellung der Gestalt und technischen Eigenschaften für erneuten Vertrieb
Umsetzung	Werkstattreparatur oder „Vor-Ort-Reparatur“	Werkstattfertigung, Insselfertigung, Fließfertigung
Quantität	Einzelinstandsetzung (handwerklich)	Serienaufarbeitung (industriell)
Qualitätsanforderung	Wiederherstellung der Betriebsfähigkeit	Mindestens Neuproduktqualität
Auftragsinitiierung	Defekte, Schaden, Störungen	Produktrückführung (schadensunabhängig)
Werkzeuge & Geräte	überwiegend handgeführte Werkzeuge und Diagnosesysteme	handgeführte Werkzeuge, Werkzeugmaschinen, Sondermaschinen, Vorrichtungen, Prüfstände
Behandlungstiefe	bis zum fehlerhaften Objekt (Aggregat, Baugruppe, Bauteil)	vorwiegend bis auf Bauteiltiefe
Behandlungs-umfang	vorrangig fehlerhafte Einheit im technischen System (spezifisch)	sämtliche Bestandteile des technischen Objektes (holistisch)
Stand der Technik	Wahrung des Stands der ursprünglichen Produktion bei erstmaliger Inverkehrbringung	Modernisierung durch Software sowie Um- und Nachrüstung (höherwertige Produktleistung)
Abnutzungsvorrat (Gesamtsystem)	Ausschöpfung des vorgesehenen Restabnutzungsvorrats ohne Behandlung	nicht nur Abbauverzögerung (Wartung), sondern Wiederherstellung der Abnutzungsvorräte
Gestalt	keine Behandlung ästhetischer Mängel	Beseitigung ästhetischer Mängel

4.3 Betrieblich-organisationale Arbeitszusammenhänge

Die Untersuchung gibt darüber Aufschluss, dass das Handlungsfeld der Aufarbeitung auf Geschäftsprozessebene in *Kern- und/oder Unterstützungsprozessen* mit jeweils unterschiedlichen Zielstellungen, Standardisierungen und Qualitätsanforderungen in den Unternehmen eingebettet ist (Abbildung 2).

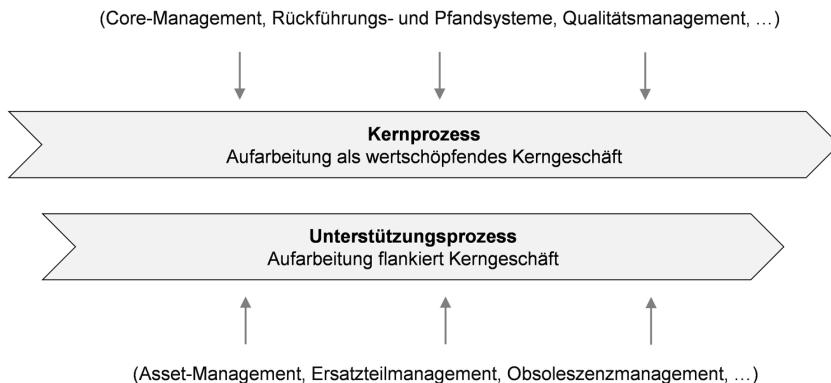


Abbildung 2: Aufarbeitung im Kontext betrieblicher Kern- und Unterstützungsprozesse

Erfolgen Aufarbeitungsarbeiten im *Kernprozess* des Unternehmens, existieren institutionalisierte Stoffkreisläufe, die durch das Core-Management zur Einrichtung einer so genannten Reverse Supply Chain sichergestellt werden. Über eingerichtete Rückführungssysteme werden verschiedenste Gebrauchteile zu den Aufarbeitungsträgern zurückgeführt, etwa durch Pfandsysteme, den Ankauf der Gebrauchteile bei Verwertungsbetrieben oder Händlern, die Rückgabe über Servicewerkstätten. Nach der Aufarbeitung erfolgt der erneute Vertrieb mit konkreter Wertschöpfungsabsicht auf dem Markt oder im Service-Sektor. Standardisierungen, Qualitätsanforderungen und Stückzahlen sind vergleichsweise hoch. Fachkräfte sind bei Originalgeräteaufarbeitern (Original Equipment Remanufacturer, kurz: OER), Vertragsaufarbeitern (Contracted Remanufacturer, kurz: CR) oder unabhängigen Aufarbeitern (Independent Remanufacturer, kurz: IR) beschäftigt.

In *Unterstützungsprozessen* flankiert die Aufarbeitung den eigentlichen Kergeschäftsprozess. Werden kritische und damit nicht oder kaum noch verfügbare Ersatzteile relevanter Produktionsmittel von Fachkräften beschafft, aufgearbeitet und für etwaige Austauschreparaturen eingelagert, erfolgt die Aufarbeitung strategisch im Kontext des betrieblichen Risiko- und Obsoleszenzmanagements. Darüber hinaus werden aber auch komplexe Austauschaggregate im Rahmen des betrieblichen Asset- und Ersatzteilmanagements aufgearbeitet und bevorratet (z. B. für den regelmäßigen Austausch verschleißanfälliger Großkomponenten an Papiermaschinen). In beiden Fällen handelt es sich um einen internen Kreislaufansatz ohne unmittelbare Wertschöpfungsabsicht. Vielmehr wird die Sicherstellung einer hohen Anlagenverfügbarkeit und -lebensdauer sowie die Wert- und Leistungserhaltung auf einem bedarfsgerechten Qualitätsniveau intendiert. Zudem werden Anlagen von Servicedienstleistern, deren originäres Kergeschäft die Instandhaltung von Fremdanlagen umfasst, aufgearbeitet und im Rahmen von Miet- und Serviceverträgen als zirkulierende Tausch- und Leihanlagen beim Kunden eingesetzt.

4.4 Strategische Ansätze zirkulärer Aufarbeitung

Mit der empirischen Feldforschung konnten in dem Handlungsfeld unterschiedliche strategische Ansätze der Aufarbeitung untersucht werden, die sich in Abhängigkeit der Arbeitsanforderungen, des Prozessumfangs und des zu erzielenden Qualitätsniveaus unterscheiden. Die Ansätze werden nachfolgend unter Berücksichtigung der DIN SPEC 91472 und untersuchter empirischer Fallbeispiele beschrieben:

- **Refabrikation:** Ein industriell organisierter Aufarbeitungsprozess bis auf Bauteiltiefe, der durch eine hohe Standardisierung und Stückzahl gekennzeichnet ist und zur Herstellung vertriebsfähiger Refabrikate dient. Durch umfangreiche Arbeitsprozesse wird nicht nur die volle Funktionsfähigkeit, sondern auch der gesamte Abnutzungsvorrat wiederhergestellt. Durch Modernisierungsmaßnahmen wird der aktuelle Stand der Technik angestrebt. Refabrikate erreichen dadurch ein gleich- oder höherwertiges Qualitätsniveau im Vergleich zu Neuprodukten und weisen eine marktübliche Gewährleistung auf. Ziel ist die Schaffung zusätzlicher Nutzungsphasen eines Produkts mit der jeweils konstruktiv vorgesehenen Nutzungsdauer. Fallbeispiel: Industriell organisierte Aufarbeitung gebrauchter Kupplungs- systeme und Drehmomentwandler für Nutzfahrzeuge bei einem OER mit hoher Stückzahl und einer Vielzahl von Fachkräften. Die Facharbeit erfolgt vorrangig in monofunktionalen und hochstandardisierten Tätigkeitsbereichen nach dem Fließprinzip. Die Arbeiten dienen der Wiedervermarktung der Gebrauchteile.
- **Generalüberholung:** Neben Reparaturen verzögern Fachkräfte gezielt den Abbau des Abnutzungsvorrats bei verschleißanfälligen Komponenten und bessern starke ästhetische Mängel aus, um einen funktionsfähigen und hochwertigen Produktzustand zu erzielen. Die Gewährleistung ist meist verkürzt, und die Aufarbeitungstiefe sowie die Qualitätsanforderungen geringer, weshalb gewisse Mängel zulässig sind. Ziel ist die Schaffung zusätzlicher Nutzungsphasen, die annähernd die konstruktiv vorgesehene Nutzungsdauer erreichen. Der Ansatz wird nicht nur für den erneuten Vertrieb von Gebrauchteilen, sondern auch im Rahmen des innerbetrieblichen Ersatzteil- und Obsoleszenzmanagements eingesetzt. Fallbeispiel: Umfassende Aufarbeitung gebrauchter Blockheizkraftwerke eigener Fabrikate inkl. Leistungsupgrade und modernisierter Steuerung. Komplexe und vollständige Umsetzung des Arbeitsprozesses durch ein Fachkräfteteam aus zwei Personen im Inselprinzip mit dem Ziel der Wiedervermarktung des Blockheizkraftwerks.
- **Zirkuläre Reparatur:** Fachkräfte arbeiten nicht sämtliche Bauteile- und Baugruppen des Gebrauchteils nach erfolgter Rückführung und Prüfung auf, sondern ausschließlich defekte Komponenten, die die Funktionsfähigkeit des technischen Objektes beeinträchtigen. Korrespondierende Arbeiten zum Ersetzen von Betriebsmitteln oder dem Austauschen von Verschleißteilen erfolgen nur bedarfss- oder intervallabhängig. Das Qualitätsniveau des behandelten Gebrauchteils ist geringer als das eines Neuprodukts. Der Ansatz kommt u. a. für zirkulierende Tausch- und Leihanlagen zum Einsatz. Ziel ist die Erreichung der konstruktiv vorgesehenen Nutzungsdauer im Produktlebenszyklus. Fallbeispiel: Aufarbeitung von Druckluftsystemen, die als Leih- oder Tauschanlagen zwischen Kunden

und Dienstleistern zirkulieren. Die Arbeiten erfolgen entweder alleine oder im Team nach dem Werkstattprinzip.

- *Wiederverwendung ohne Bearbeitung:* vorrangig Komponenten, aber auch vollständige Produkte, die nach dem Ausscheiden aus der ersten Nutzungsphase noch ein hohes Qualitätsniveau ausweisen, werden nach erfolgter Sortierung, Reinigung und Prüfung ohne weitere Behandlungen einer erneuten Nutzung zugeführt, um die konstruktiv vorgesehene Nutzungsdauer auszuschöpfen. Fallbeispiel: Gewinnung und Einlagerung einzelner Komponenten aus ausgesonderten Pumpensystemen und Getrieben als Ersatzteile für innerbetriebliche Austauschreparaturen der Verfahrenstechnik. Die Demontage, Reinigung und Prüfung erfolgten zum Untersuchungszeitpunkt durch zwei Fachkräfte nach dem Werkstattprinzip.

Auf Bauteilebene bestehen weitere hochspezialisierte Maßnahmen wie die Rekonditionierung von Vollhartmetallwerkzeugen.

4.5 Fallbeispiel: Industrielle Aufarbeitung von Kupplungssystemen

Das folgende Fallbeispiel basiert auf empirischen Untersuchungen bei einem Originalgeräteaufarbeiter aus dem Feld der Antriebs- und Fahrwerktechnik. Am Standort werden etwa 50 Tonnen Gebrauchtteile pro Tag bearbeitet. Dabei werden u. a. Kupplungssysteme mit annähernd 250 Mitarbeiter:innen in unterschiedlichen Abteilungen und Arbeitsstationen industriell auf Erstausrüsterqualität aufgearbeitet (engl. Remanufacturing).

Zu Beginn des Aufarbeitungsprozesses werden die angelieferten Gebrauchtteile, die in unterschiedlichsten Typen und Varianten vorliegen, identifiziert, für die weitere Bearbeitung sortiert, gekennzeichnet und im ERP-System erfasst. Im Rahmen der Sortierung erfolgt eine subjektive Prüfung der noch montierten Gebrauchtteile (Sichtprüfung), bei den Fachkräften die Gebrauchtteile anhand festgelegter Kriterien begutachteten und erste Schadens- und Verschleißarten (z. B. getellerte Kupplungsscheiben, Überhitzungen, starke Korrosion) identifizieren. Sie beurteilen den augenscheinlichen Zustand und darauf aufbauend den Aufwand und die letztendliche Eignung der Kupplungssysteme für die weitere Aufarbeitung.

Für die Demontage bis auf Bauteiltiefe setzen die Fachkräfte unterschiedlichste Anlagen und Werkzeuge ein, darunter CNC-Fräs- und Drehzellen, Pressen, Stanzen sowie diverse Hand- und Sonderwerkzeuge. Ergänzend werden mechanische und chemische Reinigungsverfahren angewandt, beispielsweise mithilfe von Druckstrahlanlagen und Ultraschallbädern. Bauteile, die irreparabel beschädigt sind, werden sortenrein getrennt und dem Recyclingkreislauf zur stofflichen Verwertung zugeführt.

Neben der Bestückung und der Bedienung der Anlagen erfolgt die Begutachtung der Qualität der demontierten Bauteile. Mithilfe umfassender Prüfmaßnahmen werden Form- und Lagetoleranzen, Oberflächenbeschaffenheit sowie Materialeigenschaften der Komponenten festgestellt. Mit Anlagen, Hilfsvorrichtungen und Handwerkzeugen erfolgt das Auswuchten und Richten von Bauteilen. Oberflächenbehandlungen werden

durchgeführt, und verschiedene Fertigungsverfahren kommen zum Einsatz, um oberflächliche Beschädigungen zu beseitigen.

Nach der erneuten Aufnahme von Prüfwerten erfolgt mit dem Komplettieren das Ersetzen von Verschleißteilen (z. B. Kupplungsbeläge). Veraltete Bauteile werden an den aktuellen Leistungszustand angepasst – beispielsweise durch die Verwendung ökologisch verträglicherer und verschleißfesterer Kupplungsbeläge. Dadurch erreichen die aufgearbeiteten Altteile in einigen Fällen ein höherwertiges Qualitätsniveau als das ursprüngliche Produkt. Unter Einsatz unterschiedlicher Anlagen und Sondermaschinen werden die aufgearbeiteten Altteile und die wenigen Neuteile montiert.

Tabelle 3: Übersicht der Arbeitsprozessdimensionen der Aufarbeitung³

Arbeitsgegenstände, Werkzeuge/ Maschinen	Methoden, Verfahren und Arbeitsorganisation	Anforderungen an die Facharbeit
Arbeitsgegenstände <ul style="list-style-type: none"> • Aufarbeitungsauftrag • Aufgearbeitete Komponenten als Ersatzteile • Betriebs- und Hilfsstoffe • Gebrauchte Kupplungssysteme • Fabrikneue Ersatzteile • Technische Dokumente • Verpackungsmaterial Werkzeuge/Maschinen <ul style="list-style-type: none"> • Beschichtungsanlagen • ERP-System • Flurfördergeräte • Fördersysteme • Hochregallagersystem • Melder- und Anzeigesysteme • PC-Terminal • Prüfmittel • Prüfstände • Robotersysteme • SCADA-Systeme • Sondermaschinen • Standard- und Spezialhandwerkzeuge • Strahl- und Reinigungsanlagen • Vorrichtungen • Werkzeugmaschinen 	Methoden und Verfahren <ul style="list-style-type: none"> • Aufarbeitungsanweisungen des OER • Subjektive und objektive Prüfverfahren • Reinigungsverfahren • Werkstoffprüfverfahren • Beschichtungsverfahren • Erheben des Aufarbeitungsbedarfs • Manuelle und maschinelle Fertigungsverfahren • Methoden der Anlagen-einrichtung • Funktionskontrolle • Austausch von Komponenten • Handhaben von Hilfs- und Be-triebsstoffen • Einstellen von Systemelementen • Kommunikationsstrategien • Dokumentation • Wartungs- und Qualitäts-vorschriften Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Altteilbeschaffung • Arbeitsplatzgestaltung • Autonome Instandhaltung des Anlagenparks (TPM) • Dezentrale Qualitätsprüfung • Digitale Auftragsverwaltung • Einzel- und Gruppenarbeit • Kontinuierliche Verbesserung • Einlagerung der Refabrikate • Maschinenbelegung • Transport der Altteile und Refabrikate 	Kunde <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz • Sicherung der Langlebigkeit des Produktes • Lieferpünktlichkeit • Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit Unternehmen <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation der Arbeit und Prüfergebnisse • Einhaltung von Umwelt- und Arbeitsschutzzvorschriften • Einhaltung von Qualitätsstan-dards • Kontinuierliche Prozess-verbesserung • Kosteneffiziente Durchführung der Aufarbeitung • Mitwirkung an nachhaltigem Pro-duktdesign • Sicherstellung einer erneuten Nutzungsphase • Sicherstellung einer hohen Ge-samtanlageneffektivität Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz • Ermöglichung von Preisvorteilen gegenüber neu fabrizierten Pro-dukten • Gewährleistung des Standes der Technik • Herstellung einer Produktqualität mit voller Gewährleistung • Kreislaufwirtschaft • Sicherstellung langlebiger und leistungsfähiger Produkte • Umwelt- und Klimaschutz • Versorgungssicherheit

3 Die Struktur der Darstellung basiert auf Forschungsarbeiten von Spöttl und Gerds (1999).

Im abschließenden Arbeitsprozessschritt prüfen die Fachkräfte am Prüfstand Parameter wie Anpresskraft, Ausrückkraft oder Abhub. Die Fachkräfte an dem untersuchten Standort weisen vorrangig die Ausbildungsberufe Industriemechaniker/-in, Zerspanungsmechaniker/-in, Fachkraft für Metalltechnik und Maschinen- und Anlagenführer/-in auf. Sie sind in der Lage, neun von zehn Gebrauchteilen erfolgreich aufzuarbeiten (Tabelle 3). Im Vergleich zur Herstellung neuer Bauteile zeigen betriebliche Lebenszyklusanalysen, dass durch den Aufarbeitungsprozess Material- und Energieeinsparungen von bis zu 90 % erzielt werden, begleitet von einer signifikanten Reduktion der CO₂-Emissionen.

4.6 Kernarbeitsprozess

Anhand der durchgeführten Fallstudien lässt sich ein generischer Kernarbeitsprozess für die Bearbeitung einer komplexen und umfassenden beruflichen Aufgabenstellung im Handlungsfeld der Aufarbeitung beschreiben (Abbildung 3):

- **Kontrollieren:** Gegenstand der Eingangskontrolle ist die Feststellung der Funktionsfähigkeit des Gebrauchteils sowie eine erste Einschätzung möglicher Defekte und offensichtlicher Mängel. Die Fachkraft entscheidet kriteriengeleitet, ob die technische Machbarkeit und wirtschaftliche Verhältnismäßigkeit der geplanten Aufarbeitung gegeben sind. Die Gebrauchteile werden erfasst, gekennzeichnet, sortiert und der Demontage zugeführt.
- **Demontieren:** Das Gebrauchteil wird unter Einsatz verschiedener handgeföhrter Werkzeuge, Vorrichtungen und Maschinen möglichst zerstörungsfrei in Abhängigkeit von der Aufarbeitungstiefe in Baugruppen und -teile zerlegt und sortiert. Anfallende Betriebsstoffe (z. B. Kraftstoffe, Schmierstoffe, Kühlmittel) werden fachgerecht entnommen und umweltgerecht gelagert. Nicht wiederverwendbare Komponenten (z. B. Dichtungen) sowie irreparabel beschädigte Bauteile werden gereinigt, sortenrein getrennt und anschließend dem Recyclingkreislauf für die stoffliche Verwertung zugeführt.
- **Reinigen:** Fachkräfte wählen je nach Zustand des Gebrauchteils die erforderlichen mechanischen und/oder chemischen Reinigungsverfahren aus. Sie bedienen spezielle Waschsysteme (z. B. Lösungsmittelbäder, Ultraschallreinigungsanlagen) sowie Laserreinigungs- und Trockenstrahllanlagen, um Korrosionsprodukte zu entfernen oder Lackschichten abzutragen.
- **Prüfen:** Zur Einhaltung zahlreicher Prüfkriterien setzen Fachkräfte sowohl subjektive Prüfverfahren zur Identifizierung visueller und akustischer Abweichungen (z. B. Farbeindringverfahren) als auch herkömmliche Lehren und Messmittel ein. Darüber hinaus kommen computergestützte und zerstörungsfreie Prüfmethoden (z. B. Magnetpulverrissprüfung, Thermografierissprüfung) bis auf Bauteilebene zur Anwendung (z. B. bei Kurbelwellen, Zylinderköpfen). Die Ergebnisse werden in Datenverarbeitungssystemen hinterlegt. Für elektronische und mechatronische Systeme werden Fehlerdiagnosen durchgeführt sowie Parameter und Kennlinien an Prüfständen bewertet.

- **Wiederherstellen:** In Abhängigkeit von den Prüfergebnissen und dem zu erzielenden Qualitätsniveau erfolgen vielfältige Maßnahmen zur Wiederherstellung von Gestalt, Eigenschaften und Wert einzelner Bauteile und -gruppen. Zum Einsatz kommen vielfältige Fertigungsverfahren wie das Trennen (z. B. Fräsen, Drehen, Honen), Fügen (z. B. Auftragsschweißen), Beschichten (z. B. Laserplattieren, Pulerverbeschichten), Umformen (z. B. Richten) und das Wiederherstellen der Stoffeigenschaften (z. B. Laserhärten).
- **Komplettieren:** Die aufgearbeiteten Komponenten und Ersatzteile werden mithilfe unterschiedlicher Verbindungstechniken zu einem technischen System montiert, die nach Möglichkeit eine zerstörungsfreie Demontage ermöglichen. Betriebs- und Hilfsstoffe werden erneuert. Falls vorhanden, erfolgt ein Update der bestehenden Steuerungssoftware. Wird ein höherwertiges Qualitätsniveau angestrebt, kann eine Modernisierung vorgenommen werden, beispielsweise durch die Integration und Konfiguration aktueller Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (integratives Retrofit).
- **Abschließendes Kontrollieren:** Im Rahmen der Endkontrolle werden die Gestalt und die technischen Eigenschaften des aufgearbeiteten Gebrauchteils umfassend beurteilt. In Abhängigkeit vom zu erzielenden Qualitätsniveau und der Verwertungsabsicht umfasst die Endkontrolle ein Spektrum von unsystematischen Funktions- tests bis hin zur Sicherstellung der Qualität nach OEM-Standards.

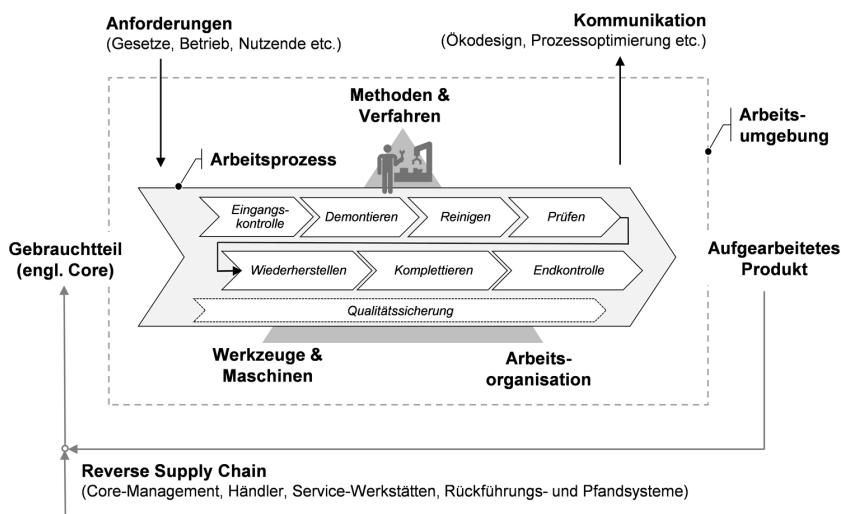


Abbildung 3: Kernarbeitsprozess der Aufarbeitung

Durch institutionalisierte Kommunikationsstrukturen, wie das betriebliche Vorschlagswesen (BVW), tragen Fachkräfte außerdem dazu bei, nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte zu erzielen, die über den eigentlichen Aufarbeitungsprozess hinausgehen und weitere Phasen des Produktlebenszyklus adressieren. Mit Vorschlägen zur

nachhaltigen Produktgestaltung (Ökodesign/Circular Design) fördern sie unter anderem die Langlebigkeit, Aufarbeitbarkeit und Recyclingfähigkeit von Produkten, wodurch deren Kreislauffähigkeit weiter gesteigert wird.

4.7 Zusammenfassung

Die Zusammenführung der theoretisch und empirisch gewonnenen Erkenntnisse erlaubt eine erste berufswissenschaftlich fundierte Charakterisierung der Aufarbeitung als ausgewiesenes generisches Handlungsfeld zirkulären Wirtschaftens. Aufarbeitung kennzeichnet sich als eigenständiges Handlungsfeld in der Arbeitswelt gewerblich-technischer Fachkräfte dadurch, dass:

- *berufliche Aufgabenstellungen* der Wahrung und Wiederherstellung von Produktqualität und -wert gebrauchter technischer Objekte auf ein definiertes Niveau dienen,
- *Arbeitsgegenstände* technische Gebrauchteile mit individuellem Qualitätszustand umfassen (Funktionalität, Leistungsfähigkeit, Verschleiß, Gestalt, Ästhetik), die nach erfolgter Behandlung einer erneuten Verwendung und ggf. Vermarktung zugeführt werden,
- nicht nur eine Verlängerung, sondern auch eine Erneuerung des Produktlebenszyklus ermöglicht wird, wodurch substantielle *nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchsweise* durch Facharbeit erzielt werden,
- unterschiedliche *strategische Ansätze der Aufarbeitung* in Abhängigkeit vom zu erzielenden Qualitätsniveau, der angestrebten Nutzungsdauer und des Gebrauchteilstands von Fachkräften mit spezifischen *Verfahren, Werkzeugen und Methoden* umgesetzt werden,
- *berufliche Kompetenzen* der fertigungsbezogenen Produktherstellung mit denen der instandhaltungsnahen Werterhaltung zusammenzuführen und zu mobilisieren sind,
- Arbeitsprozesse mit *Geschäftsprozessen* zusammengehörig sind, in denen Aufarbeitung als wertschöpfender Kernprozess und/oder als Unterstützungsprozess ohne unmittelbare Wertschöpfungsabsicht verankert ist,
- bei wertschöpfender Aufarbeitung die Fachkräfte zusätzlich in eine *rückwärtsgerichtete Lieferkette* eingebunden sind und
- *Anforderungen* zur berufspraktischen Beherrschung und Mitgestaltung der Aufarbeitungsprozesse mit betrieblichen, kreislaufwirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielstellungen der Wertschöpfung, Ressourcenschonung, Abfallvermeidung, Reduktion von CO₂-Emissionen und Rohstoffunabhängigkeit verknüpft sind.

5 Aufarbeitung als Gegenstand nachhaltigkeitsorientierter Berufsbildung

Mit dem Ziel, die Lernenden zur „Erfüllung der Aufgaben im Beruf sowie zur nachhaltigen Mitgestaltung der Arbeitswelt und der Gesellschaft in sozialer, ökonomischer,

ökologischer und individueller Verantwortung“ (KMK, 2021, S. 10) zu befähigen, gilt es, auf der Grundlage realer Arbeits- und Geschäftsprozesse das Konkrete und Situierte der Facharbeit (Arbeitsprozesse, Arbeitsgegenstände, berufsspezifische Kompetenzanforderungen etc.) mit dem abstrakten Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung unter Berücksichtigung anerkannter berufspädagogisch-didaktischer Prinzipien lernförderlich in Berufsbildungsprozessen zusammenzuführen. Für die intendierte Förderung einer nachhaltigkeitsorientierten beruflichen Handlungskompetenz ergeben sich damit in einer BBNE zwei transformative und zugleich komplementäre Entwicklungsziele:

1. Angehende Fachkräfte darin befähigen, nachhaltigkeitsorientierte Gebrauchswerte in sowie durch Arbeitsprozesse in der Domäne zu erzielen und die nachhaltige Transformation der Arbeits- und Lebenswelten durch fach- und sachgerechtes Handeln mitzugestalten. Ziel ist der Aufbau einer beruflichen Handlungsfähigkeit zur *Ausübung einer nachhaltigkeitsorientierten Facharbeit*.
2. Formelle Lerngelegenheiten zur Persönlichkeitsentwicklung schaffen, die es den Lernenden ermöglichen, ihre *Reflexionsfähigkeit* entlang beruflicher und privater Erfahrungen zu erweitern sowie voreingenommene Bedeutungsperspektiven abzubauen. Eine zentrale Voraussetzung ist die Stärkung eines kritischen Nachhaltigkeitsbewusstseins, das die Lernenden dazu befähigt, die Folgen und Wirkungen ihres eigenen sowie des betrieblichen Handelns in sozial-ökologische Gesamtzusammenhänge einzuordnen und Entscheidungen informiert und verantwortungsvoll zu treffen.

Aufarbeitung liefert für die domänenbezogene Ausgestaltung einer BBNE Arbeits- und Geschäftsprozesse mit authentischen Aufgaben- und Problemstellungen, mit denen das Paradigma zirkulären Wirtschaftens im Medium des Berufes konkret erfahrbar wird. Die Förderung von Kompetenzen für ein erfolgreiches Berufshandeln im generischen Handlungsfeld der Aufarbeitung bedeutet, angehende Fachkräfte darin zu befähigen, substanzelle, nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte in der Domäne zu erzielen. Die vorgestellten berufswissenschaftlichen Forschungsergebnisse bieten erste Anhaltspunkte zur didaktischen Klärung der Inhaltsfrage für eine handlungs- und arbeitsprozessorientierte Unterrichtsgestaltung im Kontext zirkulären Wirtschaftens, ohne die Komplexität und die Arbeitszusammenhänge der beruflichen Wirklichkeit zu vernachlässigen. Durch die Vielfalt an Aufarbeitungsstrategien und -verfahren einerseits sowie die unterschiedliche Komplexität der aufzuarbeitenden Produkte andererseits (von einfachen Bauteilen bis hin zu komplexen technischen Systemen) lässt sich eine im Anspruchsniveau graduell ansteigende Konzeption von Aufgaben- und Problemstellungen für die Unterrichtsentwicklung realisieren (*Entwicklungsförderlichkeit*). Die Berücksichtigung unterschiedlichster Schadens- und Verschleißfälle sowie individualisierter Aufarbeitungsanforderungen ermöglicht es den Lernenden, entlang entsprechender Lernsituationen ihre Fähigkeiten und Kenntnisse auszubauen. Sie können darin befähigt werden, Arbeitsprozesse zu planen, kreative Lösungen für Problemstellungen zu entwickeln, Ansätze einer kreislauffähigen Produktentwicklung zu antizipie-

ren und damit Arbeit und Technik eigenverantwortlich *mitzugestalten*. In derartigen Berufsbildungsprozessen lassen sich unterschiedliche Wege und Lösungsansätze verfolgen (*Ergebnisoffenheit*), die die Förderung domänenbezogener *Kernkompetenzen* einer nachhaltigkeitsorientierten Facharbeit wie etwa das „Verlängern und Erneuern von Produktlebenszyklen“ ermöglichen (Nagel, 2023, S. 389).

Durch die Anwendung der didaktischen Analyse- und Reflexionskriterien einer BBNE (Kuhlmeier & Vollmer, 2018, S. 146) kann komplementär zur Handlungsfähigkeit die Reflexionsfähigkeit der Lernenden gestärkt und das Potenzial von Facharbeit zur nachhaltigen Mitgestaltung von Wirtschaft und Gesellschaft erfahrbar gemacht werden:

- *Produkt- und Prozessdimension*: Auszubildende können darin befähigt werden, durch angeleitete Reflexionsprozesse zu erkennen, dass durch Aufarbeitungsarbeiten Produktlebenszyklen erneuert und lineare Wertschöpfungsprozesse ebenso zirkulär ausgerichtet werden können (Produkt- und Prozessdimension). Dies kann das Bewusstsein schärfen, dass nicht nur Arbeit und Technik, sondern auch Produktions- und Konsummuster mitgestaltbar sind.
- *Strategische Dimension*: Mit der Thematisierung der Produktzirkulation kann insbesondere die abstrakte Nachhaltigkeitsstrategie der Konsistenz, mit dem Ziel der Vereinbarkeit von Natur und Technik durch die umweltverträgliche und kreislauforientierte Gestaltung von Energie- und Materialflüssen, in Berufsbildungsprozessen greifbar gemacht werden.
- *Systemisch-normative Dimension*: Adäquates Berufshandeln im Handlungsfeld der Aufarbeitung führt zu einer substanziellem Reduktion des Ressourceneinsatzes und der damit verbundenen Emissionen. Gleichzeitig bleibt die an den Produkten gebundene Wertschöpfung auf einem hohen Niveau erhalten, während die Herstellungskosten reduziert werden. Fachkräfte können durch ihre Arbeit einen gesellschaftlich sinnstiftenden Beitrag leisten, und Verbraucher:innen profitieren von nachhaltigeren Produkten mit geringeren Anschaffungskosten. Auszubildende können Selbstwirksamkeit und gesellschaftliche Relevanz im Medium des Berufes erfahren und ein positives Selbstbild aufbauen.
- *Zeitdimension*: Neben diesen vergleichsweise kurzfristig erzielbaren Wirkungen offenbaren sich Aufarbeitungsprozesse langfristig als Schlüsselfunktion auf dem Weg hin zu einer Kreislaufwirtschaft, in der modulare Produkte kontinuierlich zirkulieren. Auszubildende können sich in diesem Kontext als aktive Mitgestaltende gesellschaftlicher Transformationsprozesse wahrnehmen und langfristige Perspektiven für ihre berufliche Rolle entwickeln.
- *Raumdimension*: Aufarbeitung eröffnet für Auszubildende die Möglichkeit, wirtschaftspolitische Zusammenhänge zu erschließen. Zirkuläres Wirtschaften ist immer auch durch politische Willensbildung geprägt, die auf die Stärkung regionalisierter Lieferketten sowie die Reduzierung der globalen Abhängigkeiten von Rohstoffimporten abzielt. Diese Perspektive unterstreicht die globale und zugleich lokale Bedeutung zirkulärer Ansätze.

6 Ausblick

Die industrielle Arbeitswelt ist in Transition. Zirkuläres Wirtschaften als neues Wirtschaftsparadigma wird auf nationaler und europäischer Ebene politisch forciert, um eine resiliente, ökonomisch leistungsfähige, ökologisch verträgliche sowie sozial gerechte Entwicklung zu fördern. Eine Berufsbildung, die den Anspruch einlöst, sich an der „gegenwärtigen und zukünftigen Berufspraxis“ (KMK, 2021, S. 31) zu orientieren und Bildungsangebote zur Mitwirkung an einer „nachhaltigen Entwicklung der Arbeits- und Lebenswelt“ (ebd., S. 15) bereitzustellen, muss Lernende bereits heute darauf vorbereiten, die zirkuläre Arbeitswelt von morgen adäquat mitzugestalten. Die proklamierte Forderung, die Berufsbildung auf den Weg hin zu einer Kreislaufwirtschaft auszurichten, erscheint deshalb konsequent (Vollmer, 2023, S. 170). Zirkularität umfasst somit nicht nur eine berufsbildende Relevanz für die jüngst modernisierten Berufe in der Umwelttechnologie (Schneider, 2024, S. 53), sondern avanciert für eine Vielzahl gewerblich-technischer Berufe zu einem Grundprinzip für die Gestaltung nachhaltigkeitsorientierter Berufsbildungsprozesse. Das Handlungsfeld der Aufarbeitung bietet die Möglichkeit, dieses abstrakte Prinzip domänenbezogen für eine Vielzahl gewerblich-technischer Berufe im Unterricht zu konkretisieren. Zur Unterstützung der erforderlichen Transferbemühungen wurde auf der Grundlage der vorgestellten Forschungsergebnisse das Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren der Aufarbeitungsanalyse für die Community of Practice entwickelt.

Aufarbeitung gilt als empirisch gesicherter Gegenstand bereits bestehender Arbeits- und Geschäftsprozesse im verarbeitenden Gewerbe, konkretisiert das Paradigma der Zirkularität im Medium der Berufsarbeit und bietet zugleich authentische, berufs-praktische und gesellschaftlich bedeutsame Anknüpfungspunkte für die berufliche Bildung. Aufarbeitungsprozesse verdichten sich in ihrer Qualität zu einem eigenständigen, generischen Handlungsfeld einer zirkulären Wirtschaft und einer angestrebten Industrie 5.0, in der neben der Digitalisierung ebenso normative Ansprüche wie Resilienz, menschorientierte Produktion und Nachhaltigkeit als zentrale Innovationstreiber gelten. Es besteht somit die Herausforderung, zu überprüfen, welche weiteren Berufsgruppen bereits jetzt und prospektiv mit Aufarbeitung konfrontiert sind und inwieweit dieses Handlungsfeld in zukünftigen Neuordnungsverfahren angemessen zu berücksichtigen ist.

Literatur

- Bakker, C. A., Hollander, M. C., Hinte, E. van, & Zijlstra, Y. (2019). *Products That Last – Product design for circular business models*. TU Delft Library.
- Becker, M. (2013). Arbeitsprozessorientierte Didaktik. *bwp (@)*, 24, 1–24. Verfügbar unter http://www.bwpat.de/ausgabe24/becker_bwpat24.pdf (Zugriff am: 10.09.2024).
- Becker, M. & Spötl, G. (2015). *Berufswissenschaftliche Forschung*. Peter Lang Verlag.

- Biebeler, H., Kupka, K., Bretschneider, M., Görmar, G., & Telieps, J. (2020). *Kompetenzanforderungen für Nachhaltigkeit in der beruflichen Bildung im Kontext der Digitalisierung*. BIBB.
- Biswas, K. W., Duong, V., Frey, P., & Islam, M. N. (2013). A comparison of repaired, remanufactured and new compressors used in Western Australian small- and medium-sized enterprises in terms of global warming. *Journal of Remanufacturing*, 3(4), 1–7.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2024): *Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS)*. Verfügbar unter <https://www.bmuv.de/DL3288> (Zugriff am: 10.12.2024).
- Bocken, N. (2020). Kreislaufwirtschaft: Verlangsamung der Rohstoffströme und Erhöhung der Wertschöpfung. In S. Eisenriegler (Hrsg.), *Kreislaufwirtschaft in der EU* (S. 135–150). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- DIN 31051. (2019). *Grundlagen der Instandhaltung*. Beuth-Verlag.
- DIN SPEC 91472. (2023). *Remanufacturing (Reman) – Qualitätsklassifizierung für zirkuläre Prozesse*. Beuth-Verlag.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. Verfügbar unter <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an> (Zugriff am: 10.12.2024).
- European Commission. (2020). *Changing how we produce and consume: New circular economy action plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers*. European Commission.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Hauff, M. (2023). *Grundwissen Circular Economy. Vom internationalen Nachhaltigkeitskonzept zur politischen Umsetzung*. utb.
- Holzinger, H. (2020). Mehr Effizienz allein reicht nicht. In S. Eisenriegler (Hrsg.), *Kreislaufwirtschaft in der EU* (S. 195–216). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Howe, F., & Knutzen, S. (2022). *Handbücher für die Berufsbildungspraxis. Berufliche Handlungsfelder beschreiben*. tredition GmbH.
- IRP – International Resource Panel. (2019). *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. United Nations Environment Programme.
- Kern, V. (2017). Remanufacturing: besser alt statt neu. *Factory- Magazin für nachhaltiges Wirtschaften*, 13(1), 16–22.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- KMK – Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (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*. KMK.
- Kraft, M. H. G., Christ, O., & Scherer, L. (2022). *Management der Kreislaufwirtschaft. Positionierung und Gestaltung zirkulärer Unternehmen*. Springer Gabler.

- Kuhlmeier, W., & Vollmer, T. (2018). Ansatz einer Didaktik der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. In T. Tramm, M. Casper & T. Schröder (Hrsg.), *Didaktik der beruflichen Bildung – Selbstverständnis, Zukunftsperspektiven und Innovationsschwerpunkte* (S. 131–151). wbv.
- Mertineit, K.-D. (2011). Ansätze und Perspektiven für eine nachhaltige Schulentwicklung. In A. Fischer, K.-D. Mertineit, W. Steenblock (Hrsg.), *bwp@ Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011*. Verfügbar unter https://www.bwpat.de/ht2011/ws08/mertineit_ws08_ht2011.pdf (Zugriff am: 20.12.2024).
- Münger, A. (2021). *Kreislaufwirtschaft als Strategie der Zukunft*. Haufe.
- Nagel, S. (2023). *Nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit in industriellen Metallberufen*. wbv Publikation.
- Parker, D., Riley, P., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K., Ramkumar, S., & Peck, D. (2015). *Remanufacturing Market Study. European Remanufacturing Network*. Verfügbar unter <https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf> (Zugriff am: 20.12.2024).
- Schneider, V. (2024). Vier modernisierte Berufe in der Umwelttechnologie. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 53(4), 52–53.
- Spöttl, G., & Gerds, P. (1999). *Der Kfz-Mechatroniker – ein europäisches Berufsbild. Handbuch für Lehrer und Ausbilder*. Leonardo-Bericht.
- Spöttl, G., Gorlitz, C., Windelband, L., Grantz, T., & Richter, T. (2016). *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie*. Verfügbar unter https://www.baymenvbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymenvbm_Studie_Industrie-4-0.pdf (Zugriff am: 10.09.2024).
- Steinhilper, R. (1988). *Produktrecycling im Maschinenbau*. Springer Verlag.
- Steinhilper, R. (1998). *Remanufacturing – The Ultimate Form of Recycling*. Fraunhofer IRB Verlag.
- Thobe, I., Eckermann, F., & Maier, T. (2023). Das „Recht auf Reparatur“ – mögliche Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 52(4), 12–16.
- UNEP – United Nations Environment Programme. (2006). *Circular Economy. An alternative model for economic development*. United Nations Environment Programme.
- Vollmer, T. (2023). *Befähigung zur nachhaltigen Gestaltung in der metalltechnischen Berufsbildung*. In A. Grimm, & V. Herkner (Hrsg.), *Entwicklungen und Herausforderungen der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik und deren Didaktiken* (S. 159–176). Peter Lang.
- Welzer, H., & Sommer, B. (2014). *Transformationsdesign: Wege in eine zukunftsfähige Moderne*. oekom.

Gewerkeübergreifende Qualifizierung vor dem Hintergrund der Energiewende

ANDREAS ZOPFF; MARIO REICH

Zusammenfassung

Im Beitrag wird illustriert, welche Auswirkungen die erhöhten technischen Standards in der energetischen Gebäudesanierung im Bestand auf die Berufsbildung in den Bau- und Ausbauberufen haben. Die gewerkeübergreifende Arbeit bekommt eine größere Bedeutung und muss damit in der Ausbildung berücksichtigt werden. Zunächst wird skizziert, welche Kompetenzen für die gewerkeübergreifende Arbeit nötig sind, und ein Vorschlag für die Dimensionen einer Schnittstellenkompetenz gemacht. Anhand von zwei Praxisbeispielen wird anschließend illustriert, wie die dafür notwendigen Schnittstellenkompetenzen gefördert werden können.

Abstract

The article illustrates the effects of the increased technical standards in the renovation of existing buildings on vocational training in the construction and finishing trades. Cross-trade work is becoming more important and must therefore be taken into account in training. First of all, the skills required for interdisciplinary work are outlined and a proposal is made for the dimensions of an interface competence. Two practical examples are then used to illustrate how the necessary interface skills can be promoted.

Schlagworte: Energiewende, Bauwirtschaft, Elektrotechnik, gewerkeübergreifendes Arbeiten, Schnittstellenkompetenz

1 Einleitung

In der Bauwirtschaft können zurzeit fundamentale Transformationsprozesse erlebt werden. Sie sind u. a. durch die Energiewende und die Digitalisierung geprägt. Diese Veränderungen stellen Fachkräfte und Bildungsinstitutionen vor die Aufgabe, Kompetenzen zu fördern, die über traditionelle berufliche Kompetenzen hinausgehen. Im Fokus steht hier auch die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit. Sie kann als Schlüssel zur Bewältigung komplexer Bauprojekte dienen. Insbesondere mit Blick auf das Gebäude als energetisches Gesamtsystem bekommen die Schnittstellen zwischen den Bauteilen und damit zwischen den Gewerken eine besondere Bedeutung. Fehlerhafte Ausführungen der Schnittstellen führen nicht selten zu Baumängeln oder Bauschäden. Es erscheint besonders wichtig, die notwendigen Kompetenzen zur fehlerfreien Aus-

führung der Schnittstellen genauer zu untersuchen. Diese „Schnittstellenkompetenz“ kann als Fähigkeit verstanden werden, interdisziplinäre oder domänenübergreifende Herausforderungen an den Schnittpunkten verschiedener Gewerke erfolgreich zu bewältigen.

In diesem Beitrag werden vor diesem Hintergrund zunächst die Herausforderungen in der Bauwirtschaft mit Blick auf die Energiewende beschrieben, um daran anschließend die Auswirkungen auf die Kompetenzentwicklung einer Fachkraft zu skizzieren. Dies erfolgt zunächst in einer Annäherung an eine „Schnittstellenkompetenz“, gefolgt von zwei Beispielen aus der Elektrotechnik aus einem Forschungsprojekt zur gewerkeübergreifenden Qualifizierung. In einem Fazit werden die theoretischen Überlegungen mit den Praxisbeispielen zusammengeführt und Formulierungen für Kompetenzen zur erfolgreichen Bearbeitung von Schnittstellen zur Diskussion gestellt.

2 Die Bauwirtschaft als Akteur der Energiewende: „Neue“ Kompetenzen zur Bekämpfung des Klimawandels

Im Baugewerbe ist zurzeit eine Entwicklung weg von der traditionell stark gegliederten Arbeitsweise zu beobachten. Die komplexeren Abläufe in der Bauproduktion machen eine stärkere Steuerung und Koordinierung der eigenen Tätigkeit sowie der vor- und nachgelagerten Prozesse notwendig (Patscha et al., 2017, S. 42). Der Bedarf an vernetztem Denken und Handeln steigt und erfordert die Entwicklung neuer bzw. ergänzender Kompetenzen in der Bauausführung (Mersch & Lemke, 2016, S. 145). Gebäude müssen zunehmend komplexen Anforderungen gerecht werden. „Sie sollen sicher und dauerhaft, ressourcen- und klimaschonend, komfortabel und behaglich, umweltgerecht und gesund, aber auch wirtschaftlich und bezahlbar sein“ (Patscha et al., 2017, S. 42). Insbesondere mit Blick auf eine effiziente Erwärmung des Gebäudes bei niedrigen Außentemperaturen oder eine effiziente Kühlung des Gebäudes bei hohen Außentemperaturen werden nicht mehr nur die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle betrachtet. Das Gebäude als Gesamtsystem zu betrachten, bedeutet, die Gebäudehülle und die Erzeugung der Wärme, das Kühlen des Gebäudes und die Beleuchtung als System zu verstehen (Zopff & Reich, 2023).

Aus einem Verständnis des Gebäudes als Gesamtsystem wird zunächst deutlich, dass die einzelne Fachkraft zumindest grundlegend die Funktion der einzelnen Gebäudekomponenten für das Gesamtsystem kennen muss. Darüber hinaus ist zu beobachten, dass die optimale Konstruktion der Gebäudehülle bei der Energieeinsparung eine besonders große Rolle spielt. Gleichzeitig ist die fehlerfreie Ausführung der Gebäudehülle eine besondere Anforderung an die beteiligten Gewerke. Insbesondere die Übergänge zwischen den Bauteilen bzw. die Durchdringungen der Gebäudehülle (z. B. Fenster-Fassade, Fassade-Dach, Kabelführung Außenbrennstelle) müssen besonders hochwertig ausgeführt werden. Luftdichtigkeit ist hier die zentrale Anforderung, um Bauschäden wie Schimmelbildung zu vermeiden. Die Ausführung der Schnittstellen im gewerkeübergreifenden Arbeiten ist daher besonders zu beachten (ebd.).

3 Annäherung an eine Schnittstellenkompetenz

Im Folgenden wird zunächst der allgemeine Begriff „Schnittstelle“ definiert und anschließend auf die Bauwirtschaft übertragen. Auf dieser Grundlage kann dann skizziert werden, welche Kompetenzen in den Gewerken notwendigerweise entwickelt werden müssen, um kompetent gewerkeübergreifend arbeiten zu können.

3.1 Schnittstellen

Schaut man mit einem sehr allgemeinen Blick auf den Begriff Schnittstellen, so können vier grundlegende Kategorien benannt werden, die Schnittstellen zwischen Systemen, Akteuren, Disziplinen oder Prozessen systematisieren:

- *physische Schnittstellen*: Stellen die räumliche Verbindung zwischen zwei Objekten oder Systemen her, z. B. der Übergang zwischen mechanischen Bauteilen.
- *virtuelle/technische Schnittstellen*: Sind speziell im IT- und Ingenieurwesen relevant, z. B. API-Schnittstellen, die den Datenaustausch zwischen Softwareanwendungen ermöglichen.
- *organisatorische Schnittstellen*: Verknüpfen Prozesse oder Verantwortlichkeiten zwischen verschiedenen Teams, Abteilungen oder Organisationen.
- *kommunikative Schnittstellen*: Beziehen sich auf die zwischenmenschliche Interaktion und den Austausch von Informationen zwischen Individuen oder Gruppen.

An Schnittstellen werden verschiedene Elemente oder Systeme miteinander verbunden. Es können so Daten, Materialien, Energie oder Informationen usw. übertragen werden. Werden diese Schnittstellen erfolgreich genutzt/bearbeitet, können Informationen, Ressourcen, Materialien oder Leistungen miteinander verknüpft werden. Schnittstellen sind somit Lokalitäten des Austausches zwischen verschiedenen Systemen, Akteuren, Disziplinen und/oder Prozessen, zwischen Gewohntem und Innovativem, zwischen Leitung/Führung und Mitarbeiter*innen oder zwischen Abteilungen, Firmen, Gewerken sowie Institutionen (Fischer-Korp et al., 2021, S. 17). Effizient gestaltete Schnittstellen zeichnen sich durch klare Kommunikationsprozesse aus; Verantwortlichkeiten sind klar geregelt und beugen so Missverständnissen vor. Schnittstellen sind Orte voller Herausforderungen, die Möglichkeiten für Misserfolg bieten (ebd.). Diese Herausforderungen entstehen u. a., wenn die Kommunikationsprozesse an diesen Schnittstellen nicht klar geregelt sind, sodass zunächst eine Klärung stattfinden muss, bevor der eigentliche Inhalt der Kommunikation an der Schnittstelle bearbeitet werden kann. Es bedarf also einer Analyse, *das Wissen um die Bedeutung der Schnittstelle für das System und Instrumente für die dort notwendige Art der Kommunikation zu klären* (ebd.).

3.2 Schnittstellen in der Bauwirtschaft

Die Aspekte aus der allgemeinen Beschreibung einer Schnittstelle sind für die Bauproduktion anschlussfähig. In der Bauwirtschaft beschreibt eine Schnittstelle ebenso die

Übergangs- oder Abstimmungspunkte zwischen verschiedenen Gewerken, Akteuren, Bauphasen oder Prozessen innerhalb eines Bauprojekts. Diese Schnittstellen können sowohl physischer als auch organisatorischer Natur sein und stellen entscheidende Verknüpfungen dar, die es ermöglichen, die zahlreichen komplexen Tätigkeiten eines Bauvorhabens reibungslos aufeinander abzustimmen. Eine Schnittstelle ist damit nicht nur ein technischer Berührungspunkt, sondern auch ein Kommunikations- und Kooperationsbereich, in welchem Informationen, Materialien und Verantwortlichkeiten zwischen den beteiligten Gewerken ausgetauscht werden. In der Bauwirtschaft treten Schnittstellen in verschiedenen Dimensionen auf:

1. Technische Schnittstellen:

Diese umfassen die physischen Übergänge zwischen Bauteilen, Gewerken oder Technologien. Ein klassisches Beispiel ist der Anschluss eines Fensterelements an die Gebäudehülle, bei dem sowohl bauphysikalische Anforderungen (z. B. Luftdichtheit, Wärmedämmung) als auch handwerkliche Präzision beachtet werden müssen. Fehler an solchen Schnittstellen können zu erheblichen Problemen wie Energieverlusten, Bauschäden oder erhöhten Sanierungskosten führen (Gebäudeforum Klimaneutral, 2023).

2. Prozessuale Schnittstellen:

Diese beziehen sich auf die zeitliche und logistische Koordination zwischen verschiedenen Bauphasen oder Gewerken. Ein Beispiel hierfür ist die Abstimmung zwischen den Rohbauarbeiten und der Installation der technischen Gebäudeausrüstung, bei der Verzögerungen oder Unklarheiten in der Planung erhebliche Auswirkungen auf den Baufortschritt haben können.

3. Kommunikative Schnittstellen:

Hier geht es um die Interaktion und den Informationsaustausch zwischen den beteiligten Akteuren wie Architekt*innen, Bauleiter*innen, Fachkräften und Auftraggeber*innen. Diese Form der Schnittstelle ist essenziell, um Missverständnisse und Fehler zu vermeiden und eine gemeinsame Zielvorstellung zu entwickeln. Besondere Bedeutung hat hierbei die Fähigkeit, komplexe technische Inhalte für unterschiedliche Zielgruppen verständlich zu kommunizieren.

4. Digitale Schnittstellen:

Mit der zunehmenden Digitalisierung in der Bauwirtschaft spielen auch digitale Schnittstellen eine wichtige Rolle. Zum Beispiel ermöglicht das Einbinden von geografischen Informationen (GIS) in Bauprojektmanagement-Anwendungen, dass Daten wie beispielsweise Geländemodelle, Grundstücksgrenzen und Infrastrukturstandorte in die Projektplanung eingebunden werden können. Tools wie Building Information Modeling (BIM) schaffen gemeinsame Datenplattformen, auf denen alle Beteiligten arbeiten können. Hier entstehen Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Softwarelösungen, die reibungslos integriert werden müssen, um die Aktualität und Konsistenz der Planungs- und Ausführungsdaten zu gewährleisten (Softguide online, O.J.).

Schnittstellen stellen somit eine der zentralen Herausforderungen in der Bauwirtschaft dar, da Fehler oder Missverständnisse an diesen Punkten oft zu erheblichen Qualitäts-einbußen, Verzögerungen oder zusätzlichen Kosten führen können. Um diese Risiken zu minimieren, ist eine klare Definition der Schnittstellen sowie eine systematische Abstimmung und Planung essenziell.

Eine funktionierende Schnittstelle sowie domänenübergreifendes Wissen sind damit weit mehr als nur ein technisches Detail – sie sind ein integraler Bestandteil des Bauprozesses, der maßgeblich zur Qualität und Effizienz eines Bauvorhabens beiträgt.

3.3 Skizze einer Schnittstellenkompetenz in der Bauwirtschaft

Darüber hinaus erfordert die erfolgreiche Bearbeitung von Schnittstellen eine besondere Kompetenz, die als Schnittstellenkompetenz bezeichnet werden kann. Diese umfasst nicht nur die fachliche Expertise in der eigenen Disziplin, sondern auch die Fähigkeit, die Anforderungen angrenzender Gewerke zu verstehen, technische und organisatorische Informationen verständlich zu kommunizieren und digitale Werkzeuge effizient einzusetzen. Im Bauwesen werden die Entwicklung und Förderung dieser Kompetenz immer wichtiger, um den steigenden Anforderungen der Energiewende, der Digitalisierung und des nachhaltigen Bauens gerecht zu werden.

Mit Bezug auf die vorangegangenen Definitionen ist eine Schnittstellenkompetenz also notwendig, um interdisziplinäre Aufgaben an den Schnittstellen verschiedener Gewerke erfolgreich zu bewältigen. Während domänenspezifische Kompetenz für die einzelnen Ausbildungsgänge in der Regel gut beschrieben ist, ist eine Schnittstellenkompetenz bisher offenbar nicht operationalisiert worden (Syben, 2009, S. 22 f.). Eine Schnittstellenkompetenz ist eine domänenübergreifende Kompetenz, die Syben (2009) als passive berufliche Kompetenz beschreibt:

„Passive berufliche Kompetenz befähigt, die Handlungen in einer anderen beruflichen Domäne zu verstehen, mit den dort Arbeitenden kommunizieren zu können, ihre Ziele, Rahmenbedingungen, Möglichkeiten und Restriktionen zu kennen und berücksichtigen zu können. Sie ist die Grundlage dafür, über Schnittstellen hinweg kooperieren zu können. Sie kann deshalb als wichtigstes Element von Schnittstellenkompetenz bezeichnet werden. Schnittstellenkompetenz ist auch gemeinsames Wissen. Gemeinsames Wissen ist aber nicht gleiches Wissen, sondern dasjenige Wissen über eine andere berufliche Domäne, das für einen Akteur in seiner Domäne erforderlich ist, damit er die Arbeit der Akteure anderer Domänen sachverständig aufnehmen und weiterführen kann oder aber sie vorbereiten kann, damit sie von ihnen weitergeführt werden kann. Weil diese Kompetenzen befähigen, über Schnittstellen hinweg in der Wertschöpfungskette zusammenzuarbeiten, mit anderen kommunizieren und aufeinander bezogen handeln zu können, wird ihre Summe als Schnittstellenkompetenz bezeichnet. Schnittstellenkompetenz hat einen gemeinsamen Bezugspunkt, muss aber nicht für jeden Akteur gleiches Aussehen und gleiche Inhalte haben“ (ebd., S. 22).

Dies zeigt, dass eine Schnittstellenkompetenz besonders in Bereichen wichtig ist, in denen verschiedene Disziplinen zusammenarbeiten müssen, um komplexe Aufgaben effizient und fehlerfrei auszuführen. Diese Bereiche sollen bzgl. ihrer Voraussetzungen und Prozesse genau definiert und beschrieben werden. Es bedarf einer eindeutigen

Definition und Planung, damit das Arbeiten an und mit bautechnischen Schnittstellen und somit das gewerkeübergreifende Arbeiten an diesen Schnittstellen reibungslos funktionieren kann (Fischer-Korp et al., 2021, S. 25). Im Baugewerbe beispielsweise ist eine Kombination aus technischem Fachwissen, Kommunikationsfähigkeit und Verständnis für benachbarte Gewerke erforderlich. Somit umfasst die Schnittstellenkompetenz folgende Dimensionen:

- Fachexpertise: Grundlage für die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit ist die Fachexpertise im eigenen Gewerk.
- Verständnis für andere Gewerke: Aufbauend auf der Expertise im eigenen Gewerk müssen Kenntnisse über angrenzende Gewerke vorhanden sein.
- Kommunikationsfähigkeit: Die Fähigkeit, komplexe technische Sachverhalte anderen Akteuren klar und verständlich zu vermitteln, ist unabdingbar. Dies umfasst sowohl die horizontale Kommunikation (zwischen den Gewerken) als auch die vertikale Kommunikation (mit Planern und Bauleitern).
- Problemlösungs- und Kooperationskompetenz: Der Umgang mit Schnittstellen erfordert häufig kreative Problemlösungsansätze und die Fähigkeit, in interdisziplinären Teams zu arbeiten. Auch Konfliktmanagement und Verhandlungsschick spielen hier eine Rolle.
- Digitale Kompetenzen: Technologien wie Building Information Modeling (BIM) ermöglichen eine präzisere Zusammenarbeit und eine zentrale Datenhaltung. Schnittstellenkompetenz umfasst die Fähigkeit, solche Werkzeuge zu nutzen und deren Ergebnisse in den Arbeitsprozess zu integrieren.

Wichtig ist daher eine Sensibilisierung für Schnittstellen, für vor- und nachgelagerte Gewerke und Arbeitsvorgänge. Syben formuliert hierzu:

„Die Ausbildung mindert die Schnittstellenprobleme nicht per se. In der beruflichen Ausbildung werden jeweils domänenspezifische berufliche Kompetenzen vermittelt, die – vom gesamten Bauprozess her betrachtet – für die Erfüllung von Teilaufgaben qualifizieren und einen fachkundigen, aber begrenzten Blick fördern. Für die Bewältigung der Schnittstellen ist keiner wirklich ausgebildet. Es ist schon optimal, wenn wenigstens so viel Informationen über die jeweils vor- und nachgelagerten Gewerke und Arbeitsvorgänge vermittelt werden, dass ungefähr bekannt ist, was deren Inhalt, Aufgaben und wichtigste Tätigkeitsvollzüge sind“ (Syben, 2010, S. 22).

Diese Schnittstellenkompetenz kann durch gemeinsames Lernen unterschiedlicher Berufsgruppen des Baugewerbes gefördert werden. Berufliche Bildung muss sowohl domänenspezifische Kompetenz als auch Schnittstellenkompetenz vermitteln (Syben, 2009, S. 23). Es wird deutlich, dass es um Inhalte geht, die nicht mehr nur einem bestimmten Berufsfeld zugeordnet werden können, sondern eine Bedeutung für mehrere Gewerke haben. Gewerkeübergreifendes Arbeiten und die Reflexion der im Prozess gemachten Erfahrungen ist somit eine Möglichkeit, für die Beschäftigten im Baugewerbe die erforderlichen Kompetenzen zu entwickeln (Leitbild Bau, 2009, S. 12).

4 Transfer: Beispiele aus der Elektrotechnik im Rahmen des Projektes GESA

Zwischen 2017 und 2023 wurde in Hamburg die ‚Villa Mutzenbecher‘ saniert und unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes energetisch ertüchtigt. In einem durch den ESF und das BMU geförderten Projekt konnte diese Sanierung zwischen 2019 und 2022 wissenschaftlich begleitet werden. So wurde unter anderem die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit im Rahmen einer energetischen Sanierung im Bestand in den Blick genommen (vgl. Zopff, 2019). Ergebnisse dieser Bemühungen sind vor Ort in der Villa und in einem virtuellen Rundgang dokumentiert und allgemein zugänglich gemacht (<https://www.bpgt.ovgu.de/Forschung/Villa+Mutzenbecher.html>). Über diesen Rundgang sind alle Qualifizierungs- und Berufsorientierungsmodule abrufbar und bearbeitbar.

Im Rahmen dieses Beitrags werden die Qualifizierungsmodule aus dem Bereich der Elektrotechnik näher vorgestellt. Den Fokus bilden dabei die Aufgaben mit Bezug zur Förderung der Kompetenzentwicklung an den gewerkeübergreifenden Schnittstellen.

Beide Qualifizierungsmodule stellen das gewerkeübergreifende Arbeiten in den Mittelpunkt und zeigen den Lernenden auf, welche Bedeutung das Arbeiten an den Gewerke-Schnittstellen für die Qualität des Gesamtproduktes hat. Die Lernenden können so das Gebäude als Gesamtsystem erfahren und einschätzen, an welchen Stellen der eigene Beitrag zur Qualität des Gesamtsystems beisteuert.

In den Qualifizierungsmodulen werden verschiedene Szenarien beschrieben, in denen z. B. durch eine Architektin Aufträge vergeben werden, die die Lernenden selbstständig bearbeiten müssen. Die Szenarien ermöglichen ein realistisches Erleben der notwendigen Absprachen zwischen den Gewerken und der Bauleitung.

Beide Module sind darauf ausgelegt, den Lernenden die Bedeutung gewerkeübergreifenden Arbeitens praxisnah zu vermitteln. Sie fordern:

- Fachliche Kompetenzen: Wissen über technische Anforderungen und den Umgang mit spezifischen Schnittstellen.
- Kommunikative Kompetenzen: Fähigkeit, klar und zielgerichtet mit anderen Gewerken und Verantwortlichen zu kommunizieren.
- Planungskompetenzen: Fähigkeit, technische Lösungen zu planen und dabei die Anforderungen verschiedener Gewerke zu berücksichtigen.
- Problemlösungsfähigkeiten: Umgang mit typischen Herausforderungen, z. B. Baumängeln oder Missverständnissen, anhand von strukturierten und proaktiven Herangehensweisen.

4.1 Lernmodul: „Erneuerung oder Instandsetzung der Elektrotechnik in einem denkmalgeschützten Gebäude“

Dieses Modul bildet den Einstieg in die Erneuerung der Elektroinstallation eines sanierungsbedürftigen Hauses. Im Projekt GESA werden zusätzlich die Vorgaben des Denkmalschutzes thematisiert, die insbesondere für die Elektroinstallation besondere

Bedeutung haben. Durch Vorschriften zur technischen Sicherheit von Elektroanlagen ist es ausgeschlossen, eine denkmalgerechte Installation zu erstellen. Dennoch können historisierende Bauteile wie z. B. Lichtdrehschalter in Abstimmung mit der Bauleitung und dem Denkmalschutz einen Kompromiss ermöglichen. In diesem Rahmen liegt ein Fokus dieses Grundlagenmoduls auf der Sensibilisierung der Lernenden für den Erhalt historischer Gebäudeausstattungen und -strukturen.



Bestandsaufnahme der vorhandenen Elektroinstallation

1. Führen Sie eine technische Bestandsaufnahme der Villa Mutzenbecher durch. Verwenden Sie dazu die Protokollvorlage (Material 1).
 - a. Wie werden die gefundenen Bauteile bezeichnet und aus welchem Material bestehen sie?
 - b. Bitte beurteilen Sie den Zustand der Bauteile, indem Sie die elektrischen Sicherheitsanforderungen (z.B. DIN EN ...) sowie Aspekte des Denkmalschutzes berücksichtigen. Geben Sie eine Einschätzung, ob die Bauteile weiterverwendet werden können/dürfen oder erneuert werden müssen. Um eine umfängliche Bewertung vornehmen zu können, eignet sich der Kriterienkatalog (s. Anhang: Mängel-Liste und Bewertung der Besichtigung bei Wiederholungsprüfung).
 - c. Wie müssen ggf. die Bauteile unter ökologischen Gesichtspunkten entsorgt bzw. recycelt werden?
2. Ordnen Sie die Bauteile den Baualtersstufen zu!
3. Welche Bauteile stammen möglicherweise aus der ursprünglichen Elektrifizierung der Villa Mutzenbecher?
4. Notieren Sie Ihre Ergebnisse und werten Sie sie hinsichtlich der weiteren Nutzung aus.

Abbildung 1: Aufgabe aus dem Elektromodul 1

In einem ersten Schritt steht die technische Bestandsaufnahme und Bewertung der vorhandenen Installation im Zentrum der Arbeiten im Qualifizierungsmodul. Die Lernenden beginnen mit der Begehung der Villa Mutzenbecher. Sie führen eine detaillierte Bestandsaufnahme der vorhandenen Elektroinstallation durch und dokumentieren deren Zustand, Funktionsfähigkeit und historische Bedeutung. Dabei werden typische gewerkeübergreifende Herausforderungen sichtbar, wie z. B. die Abstimmung mit anderen Gewerken beim Umgang mit empfindlichen Bauteilen wie z. B. Stuckdecken.

Auf der Grundlage der Bestandsaufnahme werden dann die Abstimmungen mit allen relevanten Akteuren simuliert. Im Fokus steht hier das Beratungsgespräch mit der Architektin und den Vertreter*innen der Denkmalbehörde. Die Lernenden müssen ihre Einschätzungen klar kommunizieren und Vorschläge für denkmalgerechte, nachhaltige Lösungen präsentieren. Dabei ist es wichtig, die Schnittstellen zwischen den technischen Anforderungen (z. B. gesetzliche Sicherheitsstandards) und den Auflagen des Denkmalschutzes zu verstehen und zu moderieren. Anhand von praxisorientierten Aufgaben beschäftigen sich die Lernenden in diesem Modul mit den Auswirkungen der Elektroinstallation auf die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle (bauphysikalische Grundlagen) und mit dem Themengebiet der Kommunikation zwischen den verschiedenen Gewerken und der Bauleitung. Dies ist die Grundlage für eine gelingende Koordination der Arbeit während der Sanierung. Durch diese Aufgaben entwickeln die Teilnehmen-

den ein tiefes Verständnis für die Bedeutung gewerkeübergreifender Zusammenarbeit und die Herausforderungen, die mit der Sanierung denkmalgeschützter Gebäude einhergehen.

4.2 Lernmodul 2: „Energie- und gebäudetechnische Anlagen gewerkeübergreifend planen und realisieren“

Auf der Grundlage des oben beschriebenen Moduls geht das Modul „Energie- und gebäudetechnische Anlagen gewerkeübergreifend planen und realisieren“ auf die Details der gewerkeübergreifenden Planung und Ausführung der Elektroarbeiten ein. Der Fokus liegt auf der technischen und organisatorischen Koordination zwischen den Gewerken, um eine qualitativ hochwertige Bauausführung zu gewährleisten.

Zunächst identifizieren und analysieren die Lernenden fünf typische Schnittstellen, die während der energetischen Sanierung eines Gebäudes auftreten können. Als Beispiel in diesem Beitrag werden die Anforderungen an die Luftdichtheit und Wärmedämmung der Gebäudehülle thematisiert.



Abbildung 2: Aufgabe aus dem Elektromodul 2: Installation von Steckdosen und Leitungen

Die Installation von Steckdosen oder Leitungen in der Außenwand unterscheidet sich maßgeblich von der Installation an Innenwänden. Die Gebäudehülle ist in einem energetisch hochwertig ertüchtigten Gebäude ein sehr empfindliches Bauteil. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist unter allen Umständen zu gewährleisten, um so Wärmeverluste und vor allem Feuchtigkeitsschäden zu vermeiden. Insofern muss in der Aufgabe zunächst bestimmt werden, an welchen Stellen die Elektroinstallation zu Durchdringungen in der Gebäudehülle führen, die die Luftdichtheit zerstören könnten.

Nach der Analyse der Schnittstellen erarbeiten die Lernenden eigenständig Checklisten für die gewerkeübergreifende Koordination. Dabei wird nicht nur Wert auf technische Aspekte gelegt, sondern auch auf organisatorische und kommunikative Anforderungen in der Kooperation mit den Gewerken, die für die Gebäudehülle zuständig sind. Diese Checklisten werden später in einer simulierten Bausitzung genutzt. In dieser realitätsnahen Übung übernehmen die Lernenden die Rollen verschiedener Gewerke und führen ein Abstimmungsgespräch (Baubesprechung) mit einem Architekten durch. Hier wird praxisnah erprobt, wie Konflikte an Schnittstellen gelöst, zeitliche Abläufe abgestimmt und technische Details geklärt werden können. Diese Übung hilft den Teilnehmenden, die Bedeutung klarer Kommunikation und Kooperation zu verstehen. In diesen Gesprächen kann anhand konkreter Beispiele erkannt werden, welche Konsequenzen unsachgemäße Abstimmungen haben können. Die Lernenden entwickeln Strategien, um solche Fehler zu vermeiden und die Qualität der Ausführung sicherzustellen.

5 Fazit

Der vorliegende Beitrag zeigt, dass die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit im Bauwesen eine zentrale Herausforderung darstellt, insbesondere im Kontext der Energiewende. Die zunehmende Komplexität von Bauprojekten erfordert von Fachkräften nicht nur spezifische Fachkompetenzen, sondern auch eine ausgeprägte Schnittstellenkompetenz, die es ermöglicht, Prozesse, Akteure und technische Anforderungen in Einklang zu bringen. Diese Schnittstellenkompetenz umfasst sowohl fachliche als auch kommunikative, organisatorische und digitale Kompetenzen und bildet die Grundlage für eine reibungslose Abstimmung zwischen den Gewerken. Die Qualifizierung für gewerkeübergreifendes Arbeiten und damit eine Förderung der Schnittstellenkompetenz hat Auswirkungen auf die berufliche Bildung in den Berufen des Bau- und Ausbaugewerbes.

Das Projekt GESA kann hier als Beispiel dienen (systematische Bestandsaufnahme der Schnittstellen, Befragung ausführender Gewerke usw.): Die entwickelten Qualifizierungsmodule sind fachlich anspruchsvoll, stellen die eigene handwerkliche Arbeit immer in einen Gesamtzusammenhang mit anderen Gewerken und stellen Bezüge zum nachhaltigen Bauen sowie zum Denkmalschutz her. Damit sollte ein Beitrag sowohl zur fachlichen Qualifizierung als auch zur Sensibilisierung für gewerkeübergreifendes und nachhaltiges Handeln möglich sein, denn die Lernangebote sind so gestaltet, dass interaktiv gelernt wird (neben Teamarbeit sind häufig auch Rollenspiele mit Kundenberatungssituationen oder gewerkeübergreifenden Absprachen vorgesehen), mehrere Lösungsoptionen „richtig“ sein können (was für Sanierungsarbeiten typisch ist) und Schnittstellen sowohl arbeitsorganisatorisch als auch technologisch regelhaft thematisiert werden (Abschlussbericht GESA, 2023).

Die im Beitrag vorgestellten Beispiele aus der Elektrotechnik verdeutlichen praxisnah, wie sich diese Schnittstellenproblematik konkret in der Baupraxis darstellt und

wie die Entwicklung einer Schnittstellenkompetenz unterstützt werden kann. So zeigt das Lernmodul zur Erneuerung der Elektroinstallation in einem denkmalgeschützten Gebäude exemplarisch, welche Herausforderungen sich aus der Verknüpfung technischer Anforderungen mit denkmalpflegerischen Auflagen ergeben (Reich, 2022). Die Lernenden müssen dabei nicht nur technisches Wissen anwenden, sondern auch kommunikative Fähigkeiten entwickeln, um zwischen den Anforderungen der Bauleitung, des Denkmalschutzes und der eigenen handwerklichen Praxis zu vermitteln. Das zweite Lernmodul zur gewerkeübergreifenden Planung und Realisierung von gebäudetechnischen Anlagen verdeutlicht, wie wichtig eine frühzeitige Abstimmung der Gewerke ist. Die praxisnahen Übungen, in denen Lernende Checklisten zur gewerkeübergreifenden Koordination erstellen und diese in simulierten Baubesprechungen anwenden, zeigen auf, wie strukturiertes Vorgehen und klare Kommunikation Fehler vermeiden und die Qualität der Bauausführung verbessern können. In beiden Lernmodulen erkennen die Lernenden, dass Schnittstellen nicht nur technische Übergänge zwischen Bauteilen oder Systemen darstellen, sondern insbesondere Kommunikations- und Abstimmungspunkte zwischen verschiedenen Akteuren sind. Eine unzureichende Schnittstellenkompetenz kann zu erheblichen Bauqualitätsmängeln, Energieverlusten oder erhöhten Sanierungskosten führen.

Zusammenfassend zeigt der Beitrag, dass die gewerkeübergreifende Qualifizierung im Bauwesen eine zentrale Rolle für die Bewältigung aktueller Herausforderungen spielt. Die Förderung der Schnittstellenkompetenz muss ein integraler Bestandteil der beruflichen Qualifikation werden, um eine nachhaltige, qualitativ hochwertige und wirtschaftliche Bauweise zu gewährleisten. Es wird deutlich, dass in der beruflichen Bildung zukünftig stärker darauf hingearbeitet werden muss, Fachkräfte nicht nur in ihrem Gewerk auszubilden, sondern sie auch für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu befähigen.

Literatur

- Fischer-Korp, C., Wisleitner, B., Ennsfellner, I., Schmiederer, E. M., Pöschl, C., Hamberger, M. (Hrsg.). (2021). *Praxiswissen Wirtschaftsmediation Strategien, Modelle und Methoden für Unternehmen*. Springer Nature.
- GESA. (2023). *Abschlussbericht: Gewerkeübergreifende Qualifizierung im Rahmen energetischer Gebäudesanierung*. Online: <https://www.bpgt.ovgu.de/Forschung/Villa+Mutzenbecher.html> (Zugriff am 17.01.2025).
- Gebäudeforum Klimaneutral. (2023). *Schnittstelle zwischen Gewerken*. Online: <https://www.gebaeudeforum.de/realisieren/qualitaet-am-bau/schnittstelle-zwischen-gewerken> (Zugriff am 04.02.2025).

- Mersch, F. F., & Rullán Lemke, C. (2016). Kooperation der Baugewerke: Nur eine Frage der Kommunikation? In B. Mahrin (Hrsg.), *Wertschätzung, Kommunikation, Kooperation: Perspektiven von Professionalität in Lehrkräftebildung, Berufsbildung und Erwerbsarbeit: Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Johannes Meyser* (S. 140–153). Universitätsverlag TU Berlin.
- Patscha, C., Glockner, H., Störmer, E., Klaffke, T. (2017). *Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030: Ein gemeinsames Lagebild der Partnerschaft für Fachkräfte*. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Online: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a758-16-kompetenz-und-qualifizierungsbedarfe.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 03.05.2020).
- Reich, M. (2022). Gewerkeübergreifende Qualifizierung für energetische Bau- und Sanierungsmaßnahmen 2. Sprachsensible Lernsituationen. Ein Ansatz zur Sprachförderung in der Bautechnik. In Schriftenreihe Villa Mutzenbecher – *Berufliche Bildung und Nachhaltigkeit* (Band 2). Online: URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-257726; DOI: 10.25656/01:25772 (Zugriff am 19.2.2025).
- Softguide. (o. J.). *Die Bedeutung von Schnittstellen in der Bauwirtschaft*. Online: https://www.softguide.de/software/hochbau-bausoftware/artikel/die-bedeutung-von-schnittstellen-in-der-bauwirtschaft?utm_source=chatgpt.com (Zugriff am 07.02.2025)
- Syben, G. (2009). „*Lernende Branche Bau“ als Faktor der Entwicklung eines „Leitbildes Bauwirtschaft“ Situation, Stellenwert und Perspektive der Qualifizierung der Beschäftigten in der Wertschöpfungskette Planen und Bauen*. Fraunhofer IRB Verlag.
- Syben, G. (2010). *Die Vision einer lernenden Branche im Leitbild der Bauwirtschaft: Kompetenzentwicklung für das Berufsfeld Planen und Bauen*. edition sigma.
- ZDB – Zentralverband Deutsches Baugewerbe. (2009). *Leitbild Bau Zur Zukunft des Planens und Bauens in Deutschland – eine gemeinsame Initiative der deutschen Bauwirtschaft*. Zentralverband Deutsches Baugewerbe.
- Zopff, A. (2019). Gewerkeübergreifende Zusammenarbeit im Rahmen der energetischen Gebäudesanierung. In W. Kuhlmeier, J. Meyser, M. Schweder (Hrsg.). *Bezugspunkte beruflicher Bildung – Tradition, Innovation, Transformation. Ergebnisse der Fachtagung Bau, Holz, Farbe und Raumgestaltung* (S. 116–126). publiquation.
- Zopff, A., & Reich, M. (2023). Gewerkeübergreifende Qualifizierung in der energetischen Gebäudesanierung. In *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, 45, 1–22. https://www.bwpat.de/ausgabe45/zopff_reich_bwpat45.pdf

Alles nichts Neues(?) – „Wiederentdeckung“ der gestaltungsorientierten Berufsbildung im Rahmen von BNE und Future Skills

EIKE ZIMPELMANN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Beitrags wird aufgezeigt, dass der in den 1980er-Jahren in Bremen entwickelte Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung letztlich die heutigen Positionen im BNE-Bereich und bei den Future Skills bereits vorweggenommen hat. Dabei wird dargelegt, dass diese berufspädagogischen Erkenntnisse dort nicht zur Kenntnis genommen wurden. Zudem werden Möglichkeiten benannt, wo Erkenntnisse der Berufspädagogik die anderen Diskurse anreichern könnten. Der Beitrag stellt damit eine Verbindung zwischen BNE, Future Skills und gestaltungsorientierter Berufsbildung her und plädiert für eine Synthese und Integration der Erkenntnisse der drei Forschungsfelder.

Abstract

The article shows that the approach to design-oriented vocational education and training developed in Bremen in the 1980 s ultimately anticipated today's positions in the ESD area and in future skills. It is shown that these vocational education and training findings were not recognised there. It also identifies opportunities where insights from vocational education could enrich the other discourses. The article thus establishes a link between ESD, future skills and design-oriented vocational education and training and advocates a synthesis and integration of the findings of the three fields of research.

Schlagworte: BNE; Future Skills; gestaltungsorientierte Berufsbildung; kritisch-emanzipatorische Bildung; Kompetenz und Bildung

1 Einleitung

Fragen der Zukunftsfähigkeit unseres Bildungssystems und der nachhaltigen Transformation unserer Gesellschaft werden aus unterschiedlichen Blickwinkeln und in unterschiedlichen Diskurssträngen bearbeitet. In diesem Beitrag werden drei dieser Diskursstränge kontrastiv untersucht: (Berufs-)Bildung für nachhaltige Entwicklung ((B)BNE), Future Skills sowie der ursprünglich für den Bereich der gewerblich-tech-

nischen Berufsbildung entwickelte Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung (Fischer, 2023, S. 2).

Im Rahmen des BNE-Diskurses wird oftmals mit Verweis auf de Haan (2008) der Anspruch erhoben, dass Lernende im Rahmen von BNE Gestaltungskompetenz entwickeln sollen. Auch wird ein kritisch-emanzipatorischer Bildungsanspruch erhoben, der über die bloße Vermittlung von nachhaltigen Verhaltensweisen hinausgeht (vgl. dazu die nach wie vor häufig zitierte Unterscheidung von Vare und Scott (2007)).

Auch bei den sog. „Future Skills“ (Ehlers, 2020) werden Aspekte wie Selbstbestimmtheit, Reflexionskompetenz, Zukunfts- und Gestaltungskompetenz sowie kritisches Denken adressiert und als essenziell für eine zukunftsfähige Hochschulbildung betrachtet. Auch hier sollen Personen (in diesem Fall Studierende) dazu befähigt werden, ihre Umwelt kritisch zu hinterfragen und sie aktiv mitzustalten.

Man kommt kaum umhin, hier an den im Lauf der 1980er-Jahre in Bremen entwickelten Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung (auch als „Gestaltungsansatz“ bezeichnet) zu denken (Fischer et al., 2001; Rauner, 1988, 1995, 2023).

Im Rahmen dieses Beitrags werden diese Theorietraditionen und Diskursstränge – in der dem Format angemessenen Kürze – auf Gemeinsamkeiten und Überschneidungen untersucht sowie Verknüpfungs- und Ergänzungsmöglichkeiten aufgezeigt. Aufgrund des begrenzten Raumes dieses Beitrags kann das nur ein erster Denkanstoß sein und soll auch so verstanden werden. Im Beitrag wird zunächst der Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung mit seinen zentralen Grundannahmen und Postulaten dargelegt (Kapitel 2), bevor schließlich (B)BNE (Kapitel 3) und Future Skills (Kapitel 4) beschrieben und dazu in Beziehung gesetzt werden. Allen drei Ansätzen ist dabei gemein, dass sie auf eine kompetenzorientierte Lehre fokussieren.

2 Gestaltungsorientierte Berufsbildung

Nach diesem berufspädagogischen Ansatz sollen Auszubildende *nicht* utilitaristisch an bestehende oder prognostizierte zukünftige Arbeitsbedingungen angepasst werden. Zwar sollen sie durchaus berufliche Handlungskompetenz entwickeln und berufliche Arbeitsaufgaben erfolgreich bearbeiten können, aber sie sollen die bestehenden Bedingungen nicht einfach affirmativ und unhinterfragt hinnehmen. Vielmehr gilt als wesentliches – bildungstheoretisch begründetes – Ziel dieses Ansatzes, dass die Auszubildenden „zur nachhaltigen Mitgestaltung der Arbeitswelt und der Gesellschaft in sozialer, ökonomischer, ökologischer und individueller Verantwortung, insbesondere vor dem Hintergrund sich wandelnder Anforderungen, befähigt“ (KMK, 2019, S. 6) werden. (Rauner, 2023, S. 46–47)

Dabei geht es um zwei Ebenen:

1. Die Auszubildenden sollen in die Lage versetzt werden, aktuelle Gegebenheiten in ihrem beruflichen Umfeld kritisch zu hinterfragen. Sie sollen verstehen und sich erschließen können, wieso die Dinge so sind, wie sie sind, und sie sollen auch damit einhergehende Probleme erkennen können. (kritisches Denken)
2. Die Auszubildenden sollen alternative Gestaltungsmöglichkeiten und Lösungsansätze identifizieren und entwickeln können sowie in der Lage sein, diese Lösungsansätze gegeneinander abzuwägen und für deren Umsetzung einzutreten. (Gestaltungskompetenz, (mit)gestaltendes Handeln)

Die gestaltungsorientierte Berufsbildung beinhaltet demnach politische Elemente (Heidegger, 1987, S. 16) sowie einen kritisch-emanzipatorischen Bildungsanspruch¹.

Dabei sind folgende Grundannahmen impliziert:

1. Technikentwicklung basiert nicht ausschließlich auf der Anwendung physikalischer Gesetze, welche die Technikentwicklung determinieren. Vielmehr erfolgt sie in einem sozialen Prozess, in den bestimmte Nutzenerwartungen einfließen, wie zum Beispiel Gebrauchswertewartungen oder ökonomische Kalküle. Technik ist demnach grundsätzlich gestaltbar (Gerds, 1988, S. 59).
2. Der Wandel von Arbeit, Arbeitsorganisation und Arbeitsanforderungen lässt sich nicht deterministisch von Technikentwicklung ableiten, sondern auch hier bestehen Gestaltungspotenziale (Heid, 2018, S. 86–87; Rauner, 1995, S. 5, 2023, S. 12, S. 164–165).
3. Es gibt auch keine ökonomischen Sachzwänge, die nur eine einzige Lösung zulassen. Vielmehr sind im Rahmen der kapitalistischen Wirtschaftsweise unterschiedliche Formen von Arbeitsorganisation sinnvoll denk- und umsetzbar (Heidegger, 2001, S. 144–145).

Kurzum: Die gestaltungsorientierte Berufsbildung beruht auf der Überwindung von Ansätzen, die eine bereits vorab determinierte Entwicklung beruflicher Arbeit und damit einhergehender Qualifikationsanforderungen unterstellen.²

Dabei besteht auch ein bidirekionaler Zusammenhang zwischen Arbeitsorganisation und Qualifikations- bzw. Kompetenzprofilen der Fachkräfte, sprich: Einerseits bringt eine Veränderung der Arbeitsorganisation neue oder geänderte Anforderungen an Qualifikations- und Kompetenzprofile der Mitarbeitenden mit sich, umgekehrt können Änderungen der Arbeitsinhalte und -organisation nicht losgelöst von den Kompetenzen der Mitarbeitenden erfolgen (Heid, 2018, S. 90). Zudem verweist Hirsch-Kreinsen (2020, S. 11) darauf, dass auch politische Regelungen, demografische Entwick-

1 Auf die bildungstheoretische Fundierung wird in diesem Beitrag aus Platzgründen nicht eingegangen. Vgl. dazu z.B. Heidegger (1997) oder die anschlussfähigen Ausführungen von Lederer (2014).

2 Insbesondere die Überwindung des Technikdeterminismus' sei hier nochmals betont, da seine Rückkehr im Zuge des „Industrie 4.0“-Diskurses diagnostiziert wird. (Lee und Pfeiffer, 2018, S. 161–162) In der Sprechweise über KI und deren „Folgen“ wird häufig auf ein ähnliches Argumentationsschema zurückgegriffen (durch die Technologie würden sich die Arbeits-, Qualifikations- und Kompetenzanforderungen quasi naturgesetzlich in einer bestimmten Art und Weise verändern) und damit gesellschaftliche Gestaltungspotenziale übersehen.

lungen sowie Aushandlungsprozesse zwischen Gewerkschaften und Unternehmen zur konkreten Ausgestaltung der Arbeit beitragen. Die Form beruflicher Arbeit resultiert demnach aus komplexen Aushandlungsprozessen. Genau in diesen – politischen – Prozessen liegt eine Ebene des (Mit-)Gestaltungspotenzials, das es durch die Fachkräfte zu erkennen und zu nutzen gilt. Eine weitere Ebene des Mitgestaltungspotenzials liegt im alltäglichen beruflichen Handeln. Fachkräfte können im Rahmen des Lösens beruflicher Herausforderungen z. B. entscheiden, inwiefern sie soziale und ökologische Aspekte besonders berücksichtigen – wobei der Handlungsspielraum durch rechtliche und organisationale Vorgaben begrenzt ist (Kuhlmeier & Vollmer, 2018, S. 138–140).

Da die zukünftige Entwicklung von Arbeit und Gesellschaft also nicht vorab determiniert ist, geht es darum, die Klientel der beruflichen Bildung dazu zu befähigen, aktuelle Zustände und Entwicklungen kritisch zu reflektieren sowie eigenständig und kooperativ Lösungsansätze zu entwickeln und diese aktiv einzubringen – sprich: auf Basis eigener Überlegungen mitzugestalten.

Berufliche Kompetenzentwicklung und der erhobene *Bildungsanspruch* werden dabei integrativ gedacht (ebd., S. 135)³. Die didaktische Umsetzung sieht also so aus, dass im Rahmen arbeitsprozessorientierter Lehre die wirkenden Rahmenbedingungen kritisch reflektiert und von den Auszubildenden alternative Möglichkeiten eruiert werden (Rauner, 2023, S. 163).

In der Konsequenz sind solcherart beruflich Qualifizierte bzw. Gebildete in der Lage, mit dem Wandel von Arbeit und Technik konstruktiv umzugehen und ihn mitzugestalten. Es ist also nicht notwendig, die „wirkliche“ Zukunft vorab zu prognostizieren und die Lernenden daran anzupassen (Rauner, 2023, S. 142).

Zu diesem Ansatz gibt es mittlerweile zwar viele Beiträge, die praktische Umsetzung bzw. Verbreitung scheint hingegen zum mindesten nicht flächendeckend gelungen zu sein (Fischer, 2023, S. 7).

3 (B)BNE

Im Rahmen des BNE-Diskurses wird oftmals mit Verweis auf de Haan (2008) der Anspruch erhoben, dass Lernende im Rahmen von BNE Gestaltungskompetenz entwickeln sollen. Auch wird ein kritisch-emanzipatorischer Bildungsanspruch erhoben, der über die bloße Vermittlung von nachhaltigen Verhaltensweisen hinausgeht (vgl. dazu die nach wie vor häufig zitierte Unterscheidung von Vare und Scott (2007)). Dazu bedarf es kritischer Reflexion, wobei im BNE-Diskurs hierfür häufig Bezüge auf den Ansatz des transformativen Lernens nach Mezirow (1997, 1998, 2012) vorzufinden sind, der auch mit dem Untertitel „Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung“ publiziert wurde (Mezirow, 1997). Allerdings reicht kritisches Denken als Ziel von BNE

³ Vgl. dazu auch das COMET-Kompetenz-Modell (Rauner, 2023, S. 641), in dem die „Ganzheitliche Gestaltungskompetenz“ als „höchste“ Dimension beruflicher Kompetenz aufgeführt ist.

nicht aus. Vielmehr ist die Entwicklung von „Gestaltungskompetenz“ ein zentrales Ziel von BNE (Brock et al., 2017, S. 5–6; de Haan, 2008). Dieses Ziel wird wie folgt definiert:

„Gestaltungskompetenz signalisiert damit die Fähigkeit, Vorstellungen von einem an der nachhaltigen Entwicklung orientierten individuellen wie gesellschaftlichen Handeln generieren, rechtfertigen und umsetzen zu können. Mit Gestaltungskompetenz wird das kreative, problemlösende Potenzial eines Ensembles an Kompetenzen angesprochen, das der Innovation dient, nicht der Fortsetzung von Routinen und Gewohnheiten“ (Brock et al., 2017, S. 5–6).

BNE ist demnach als – auch – politische Bildung zu betrachten. Bei BNE geht es

„nicht primär um die Kumulation von Kenntnissen, die losgelöst sind vom Alltag und der Lebenswelt, sondern um kontextualisierte, zum Handeln befähigende Möglichkeiten der Problembewältigung – und es geht um die Ausweitung von Gestaltungsmöglichkeiten“ (de Haan, 2008, S. 28–29).

Es zeigen sich also große Überschneidungen in den Zielen von BNE und gestaltungsorientierter Berufsbildung.

Zur Erreichung dieser Ziele wird im BNE-Diskurs die Orientierung an konkreten Problemstellungen als förderlich erachtet, wobei die Schülerinnen und Schüler in kritisch-emanzipatorischer Absicht die Situation sowie deren Rahmenbedingungen analysieren und kritisch reflektieren sowie alternative Handlungsmöglichkeiten entwickeln sollen (Singer-Brodowski & Kmínek, 2023, S. 101). Dabei seien insbesondere auch Methoden der Selbststeuerung durch die Lernenden zu implementieren (Schmitt & Rieke, 2024, S. 37–38). Im BNE-Diskurs wird dabei anerkannt, dass Kompetenzen (also auch Gestaltungskompetenz) domänenspezifisch sind (de Haan, 2008, S. 38–39). Das bedeutet, dass man zur Entwicklung von Gestaltungskompetenz Bezug auf das Handlungsfeld nehmen muss, in dem diese entwickelt werden soll – im Fall der Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) also auf die berufliche Arbeit. Es geht also auch hier – wie bei der gestaltungsorientierten Berufsbildung – um einen *integrativen Ansatz* (Zurstrassen, 2022, S. 22). Aus didaktischer Perspektive ist damit ebenfalls eine hohe Anschlussfähigkeit an die gestaltungsorientierte Berufsbildung gegeben. Das gilt insbesondere für den Bereich der BBNE, für den die konkrete Bezugnahme auf (berufliche) Handlungen besonders leicht integrativ zu bewerkstelligen ist (Zurstrassen, 2009, S. 442). Allerdings ist der Ausgangspunkt im BNE-Diskurs häufig ein anderer, nämlich nicht der ohnehin vorhandene Arbeitsprozess und seine Rahmenbedingungen. Vielmehr wird hier vom Aspekt der Nachhaltigkeit ausgegangen und dann entsprechende Felder gesucht, die man handlungs- und problemorientiert bearbeiten könne (Kuhlmeier & Vollmer, 2018, S. 146). Kuhlmeier und Vollmer (2018) legen mit Verweis auf die gestaltungsorientierte Berufsbildung dar, dass dabei wesentliche Aspekte einer BBNE-Didaktik übersehen werden und schlagen eine Verbindung von BBNE und gestaltungsorientierter Berufsbildung vor. Sie entwickeln ihre Didaktik der

BBNE auf Grundlage der gestaltungsorientierten Berufsbildung und reichern dadurch den bisherigen (B)BNE-Diskurs an.

Vor diesem Hintergrund ist es verwunderlich und bemerkenswert, dass – insbesondere für den hochschulichen Bereich, in dem ebenfalls Berufsqualifizierung stattfindet und BNE eine prominente Rolle spielt – die Erkenntnisse der gestaltungsorientierten Berufsbildung bis dato nicht zur Kenntnis genommen wurden – zumindest finden sich im hochschuldidaktischen Diskurs der letzten Jahre keinerlei entsprechende Bezüge. Sicherlich gibt es Bereiche der BNE, die wenig mit beruflicher Arbeit zu tun haben.

4 Future Skills

Ehlers führt in seiner Publikation „Future Skills: Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft“ (Ehlers, 2020) den bis zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Forschungsstand zu Future Skills zusammen und versucht, diesen zu strukturieren. Aufgrund der zentralen Stellung dieser Publikation wird im Folgenden hierauf Bezug genommen. Ehlers fokussiert als Begründung für Future Skills vor allem auf die Problematik eines raschen Wandels von Arbeit (ihrer Inhalte, ihrer Organisation usw.) und wirft die Frage auf, wie damit umzugehen sei bzw. wie Hochschule darauf vorbereiten könne. Er beschreibt, dass die Entwicklungen nicht auf Basis des bereits Bekannten (also z. B. heutiger Situationen und Organisationsformen) vorhersagbar seien, weshalb er von „emergenten Systemen“ spricht (Ehlers, 2020, S. VII–IX). Dementsprechend seien Zukunftspрогнозы auch nur begrenzt tauglich als Grundlage für (hochschulische) Curricula (Ehlers, 2020, S. 6).

Auch wenn Ehlers bisweilen eher so argumentiert, dass die Studierenden in die Lage versetzt werden sollen, sich an neue bzw. emergente Situationen anzupassen, um darin handlungsfähig zu bleiben (Ehlers, 2020, S. 42, S. 31–32), so erhebt er im Wesentlichen doch den Anspruch, Studierende zu kritischem Denken und aktiver Mitgestaltung zu befähigen (ebd., S. 50). Er beschreibt dies auch als politische Bildung, die zur Partizipation an gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen und damit zu demokratischer Teilhabe befähige (ebd., S. 141). Er bezeichnet das Future Skills-Konzept sogar als „eine normative Ausgestaltung des Ziels Sicherung der Partizipation, im Sinne einer pädagogischen Vermittlung von Teilnahmekompetenzen“ (ebd., S. 143). Hier offenbart sich im Kern der gleiche *Bildungsanspruch*, wie er auch im Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung erarbeitet wurde und vertreten wird. (vgl. dazu die obigen Ausführungen)

Dieser äußert sich insbesondere in den folgenden Future Skills:

- *Selbstbestimmtheit*: „die Fähigkeit, im Spannungsverhältnis von Fremd- und Selbstbestimmung produktiv zu agieren und sich Räume zur eigenen Autonomie und Entwicklung zu schaffen, sodass die Befriedigung der eigenen Bedürfnisse in Freiheit und selbstbestimmt angestrebt werden kann“ (ebd., S. 68–69).

- *Selbstkompetenz*: „die Fähigkeit, eigene persönliche und berufliche Entwicklung weitgehend unabhängig von äußerer Einflüssen zu gestalten (vgl. auch KMK, 2015). Dazu gehören weitere Kompetenzen wie zum Beispiel selbstständige Motivation und Planung. Aber auch die Fähigkeit, sich Ziele zu setzen, das Zeitmanagement, Organisation, Lernfähigkeit und Erfolgskontrolle durch Feedback. Darüber hinaus auch Cognitive Load Management und eine hohe Eigenverantwortlichkeit“ (Ehlers, 2020, S. 70–71).
- *Reflexionskompetenz*: „Bereitschaft und Fähigkeit zur Reflexion, also die Fähigkeit, sich selbst und andere zum Zweck der konstruktiven Weiterentwicklung hinterfragen zu können sowie zugrunde liegende Verhaltens-, Denk- und Wertesysteme zu erkennen und deren Konsequenzen für Handlungen und Entscheidungen holistisch einschätzen zu können“ (ebd., S. 72–73). Hier ist also die kritische Reflexion adressiert.
- *Zukunfts- und Gestaltungskompetenz*: „die Fähigkeit, mit Mut zum Neuen, Veränderungsbereitschaft und Vorwärtsgewandtheit, die derzeit gegebenen Situationen in andere, neue und bisher nicht bekannte Zukunftsvorstellungen weiterzuentwickeln und diese gestalterisch anzugehen“ (ebd., S. 89–90).

Bemerkenswert ist, dass Ehlers zwar durchaus ähnliche Zielvorstellungen entwickelt wie beim Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung, diesen Ansatz dabei aber nicht erwähnt (ebd., 2020, S. 7). Stattdessen bezieht er sich nur bis 1998 auf Literatur, die auch im Rahmen der gestaltungsorientierten Berufsbildung aufgegriffen wird (vgl. dazu die von ihm aufgegriffene Literatur in ebd., S. 203–207 sowie ebd., S. 7). Hier besteht offenbar ein Wahrnehmungsdefizit, weshalb die umfassenden Erkenntnisse zur gestaltungsorientierten Berufsbildung sicher ertragreich mit dem Future Skills-Diskurs verbunden werden könnten.⁴

Auch das Triple-Helix-Kompetenzmodell, welches Ehlers entwickelt hat (ebd., S. 64), scheint auf Basis der Erkenntnisse der Berufspädagogik kritikwürdig zu sein. Er nimmt die Einteilung in die drei Dimensionen auf Basis der – üblichen und z. B. auch beim EQR vorzufindenden – Einteilung in Fach-, Human- und Sozialkompetenz vor. Insofern ergeben sich auch deutliche Überschneidungen mit dem berufspädagogischen Diskurs. Schaut man aber von den (beruflichen) Handlungen ausgehend auf dieses Modell, so verändert sich das Bild. Wieso z. B. sind Zukunfts- und Gestaltungskompetenz, ethische Kompetenz, Reflexionskompetenz, Selbstbestimmtheit und Design-Thinking-Kompetenz voneinander getrennt? Gehen nicht ethische Kompetenz und Gestaltungskompetenz Hand in Hand? Kann man ethische Kompetenz haben ohne Reflexionskompetenz? Ehlers beschreibt selbst, dass die einzelnen Teilkompetenzen miteinander zusammenhängen und sich gegenseitig beeinflussen (ebd., S. 47).

⁴ Kritisch zu reflektieren wäre Ehlers' Ansatz, dies alles – also auch das kritische Denken – als Kompetenzen zu deklarieren und „Bildung“ als Prozess zur Entwicklung von Future Skills (also als Ausbildungsprozess) zu begreifen (Ehlers 2020, S. 141). Hier könnte eine Kontrastierung mit Lederers Ausarbeitung „Kompetenz oder Bildung“ (Lederer 2014) hilfreich sein, in der auf die Gemeinsamkeiten und Wesensunterschiede von „Bildung“ und „Kompetenz“ hingewiesen wird. Dies scheint aber vor allem eine begriffliche Unschärfe bei Ehlers zu sein, da er durchaus einen kritisch-emanzipatorischen Bildungsanspruch erhebt, der sich in Form der oben betrachteten Future Skills zeigt.

Es wäre sicher hilfreich, hier auch die Erkenntnisse aus dem Umfeld der gestaltungsorientierten Berufsbildung, wie z. B. das damit in Verbindung gebrachte COMET-Kompetenzmodell (Rauner, 2023, S. 641), heranzuziehen.

Das gilt auch für die Frage, wie man Lehre gestalten kann, die diese Ziele adressiert (Zimpelmann, 2024). Hier wäre ggf. auch der Bezug zum Novizen-Experten-Paradigma hilfreich, der im Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung berücksichtigt wird.

Auch zur Frage, wie man kompetenzorientiert prüfen und dabei die Gestaltungskompetenz erfassen kann, könnte die berufspädagogische Forschung sicher hilfreiche Anregungen (wie z. B. COMET, vgl. dazu Rauner, 2023, S. 378–402) beisteuern.

5 Fazit und Ausblick

Es wurde gezeigt, dass kritisches Denken und Gestaltungskompetenz als wesentliche Ziele in allen drei betrachteten Ansätzen benannt werden. Damit sind auch *bildungstheoretische* Überlegungen adressiert, die in allen drei Ansätzen enthalten sind. Die grundsätzliche Vereinbarkeit der gestaltungsorientierten Berufsbildung mit wesentlichen Ansätzen im BNE-Diskurs (de Haans Gestaltungskompetenz und Mezirows transformative Bildung sowie didaktische Überlegungen) sowie mit dem Future Skills-Diskurs (insbesondere derjenigen – dort so bezeichneten – „Kompetenzen“, die einen *Bildungsanspruch* in sich tragen) wurde erörtert, wobei dies aufgrund der Kürze des Beitrags nicht ausführlich dargelegt werden kann und weiter zu untersuchen wäre.

Ebenfalls wurde dargelegt, dass die weit fortgeschrittenen Erkenntnisse der Berufspädagogik in den anderen beiden Diskursträngen nicht zur Kenntnis genommen werden. Dabei wurde thematisiert, inwiefern die Diskurse zu BNE und Future Skills durch die berufspädagogischen Erkenntnisse bereichert werden können und es wurden konkrete Forschungslücken identifiziert und benannt.

Gerade die im Ansatz der gestaltungsorientierten Berufsbildung vorhandene didaktische Integration von Arbeits- und Kompetenzorientierung sowie kritisch-emanzipatorischem Bildungsanspruch könnte einen großen Beitrag leisten, um eine nachhaltige Transformation bewerkstelligen zu können – gerade aufgrund der längeren Historie dieses Ansatzes.

Angesichts der dramatischen Weltlage (Klimakrise, Kriege, Wassermangel, ...) erscheint es sinnvoll, keine Zeit zu vergeuden und darauf zu warten, dass weitere Erkenntnisse zur gestaltungsorientierten Berufsbildung in den anderen Bereichen wiederentdeckt oder neu entwickelt werden. Vielmehr scheint eine Integration und Synthese der vorliegenden Erkenntnisse angeraten. Gerade für die Fragen der Hochschuldidaktik (bei denen die Themen BNE und Future Skills auch prominente Rollen einnehmen) scheint eine Übertragung angebracht, beschäftigt diese sich doch mittlerweile ebenfalls verstärkt mit kompetenzorientierter Lehre und Fragen der Berufsqualifizierung.

Literatur

- Brock, A., Grapentin, T., de Haan, G., Kammertöns, V., Otte, I., & Singer-Brodowski, M. (Februar 2017). „Was ist gute BNE?“ – Ergebnisse einer Kurzerhebung. Arbeitsstelle des wissenschaftlichen Beraters, Prof. Dr. Gerhard de Haan, am Institut Futur, Freie Universität Berlin.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Beispiele* (1. Aufl., S. 23–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ehlers, U.-D. (2020). *Future Skills: Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft* (1. Auflage 2020). *Zukunft der Hochschulbildung – Future Higher Education*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29297-3>
- Fischer, M. (2023). Gestaltungsorientierte Berufsbildung im Wandel der Arbeitswelt. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online* (45). https://www.bwpat.de/ausgabe45/fischer_bwpat45.pdf
- Fischer, M., Heidegger, G., Petersen, W., & Spöttl, G. (Hrsg.). (2001). *Berufsbildung, Arbeit und Innovation: Bd. 3. Gestalten statt anpassen in Arbeit, Technik und Beruf: Festschrift zum 60. Geburtstag von Felix Rauner*. Bertelsmann.
- Gerds, P. (1988). Subjektive Bedeutung der Technik und Bildung von Gestaltungsfähigkeit: Zum Technikverständnis bei Kraftfahrzeugmechaniker-Lehrlingen. In G. Heidegger, P. Gerds & K. Weisenbach (Hrsg.), *Campus-Forschung. Gestaltung von Arbeit und Technik: Ein Ziel beruflicher Bildung* (S. 51–73). Campus-Verl.
- Heid, H. (2018). Warum aus der Digitalisierung von Produktionstechniken keine Maßgaben für Aus- und Weiterbildung abgeleitet werden können. In R. Dobischat, B. Käplinger, G. Molzberger & D. Müink (Hrsg.), *Bildung und Arbeit: Bd. 6. Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?* [1. Auflage] 2019, S. 85–98). Springer VS.
- Heidegger, G. (1987). *Dialektik und Bildung: Widersprüchliche Strukturierungen in Kognition und Emotion*. Vollst. zugl.: Kassel, Gesamthochsch., Diss., 1985 u. d. T.: Heidegger, Gerald: Zur Dialektik im Bildungswesen. *Materialien*. Juventa-Verl.
- Heidegger, G. (1997). Bildungstheoretische Fundierung: Gestaltung als eine Leitidee für eine allgemeine berufliche Bildung. In G. Heidegger, G. Adolph & G. Laske (Hrsg.), *Schriftenreihe berufliche Bildung. Gestaltungsorientierte Innovation in der Berufsschule: [Begründungen und Erfahrungen]* (S. 19–45). Donat.
- Heidegger, G. (2001). Gestaltungsorientierte Berufsbildung: Entstehungsbedingungen, Weiterentwicklung, gegenwärtige Aktualität. In M. Fischer, G. Heidegger, W. Petersen & G. Spöttl (Hrsg.), *Berufsbildung, Arbeit und Innovation: Bd. 3. Gestalten statt anpassen in Arbeit, Technik und Beruf: Festschrift zum 60. Geburtstag von Felix Rauner* (S. 142–158). Bertelsmann.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2020). *Digitale Transformation von Arbeit: Entwicklungstrends und Gestaltungsansätze. Moderne Produktion*. Verlag W. Kohlhammer. <https://elibrary.kohlhammer.de/book/10.17433/978-3-17-034107-4> <https://doi.org/10.17433/978-3-17-034107-4>

- KMK. (2019). *Rahmenlehrplan für die Ausbildungsberufe Fachinformatiker und Fachinformatikerin, IT-System-Elektroniker und IT-System-Elektronikerin* [Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.2019]. https://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html?type=150&tx_fedownloads_pi1%5Bdownload%5D=45011&tx_fedownloads_pi1%5Baction%5D=forceDownload&tx_fedownloads_pi1%5Bcontroller%5D=Downloads&cHash=8434d7361e2a14837d7a9c2ced442e84
- Kuhlmeier, W., & Vollmer, T. (2018). Ansatz einer Didaktik der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. In P. T. Tramm, M. Casper & T. Schröder (Hrsg.), *Berichte zur beruflichen Bildung: Bd. 22. Didaktik der beruflichen Bildung – Selbstverständnis, Zukunftsperspektiven und Innovationsschwerpunkte* [1. Auflage], 131–151). W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG.
- Lederer, B. (2014). *Kompetenz oder Bildung: Eine Analyse jüngerer Konnotationsverschiebungen des Bildungsbegriffs und Plädoyer für eine Rück- und Neubesinnung auf ein transinstrumentelles Bildungsverständnis* (1. Aufl.). Thesis series. Innsbruck Univ. Press. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/kompetenz_bildung_web.pdf
- Lee, H., & Pfeiffer, S. (2018). Zur Zukunft beruflich qualifizierter Facharbeit im Zeichen von Industrie 4.0. In R. Dobischat, B. Käplinger, G. Molzberger & D. Müink (Hrsg.), *Bildung und Arbeit: Bd. 6. Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?* [1. Auflage] 2019, S. 161–181). Springer VS.
- Mezirow, J. (1997). *Transformative Erwachsenenbildung. Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung: Bd. 10.* Schneider-Verl. Hohengehren.
- Mezirow, J. (1998). On Critical Reflection. *Adult Education Quarterly*, 48(3), 185–198. <https://doi.org/10.1177/074171369804800305>
- Mezirow, J. (2012). Learning to think like an adult: Core concepts of transformation theory. In *The handbook of transformative learning*. Jossey-Bass, 2012.
- Rauner, F. (1988). Die Befähigung zur (Mit)Gestaltung von Arbeit und Technik als Leitidee beruflicher Bildung. In G. Heidegger, P. Gerds & K. Weisenbach (Hrsg.), *Campus-Forschung. Gestaltung von Arbeit und Technik: Ein Ziel beruflicher Bildung* (S. 32–50). Campus-Verl.
- Rauner, F. (1995). Gestaltungsorientierte Berufsbildung. *Berufsbildung: Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule*, 49(35), 3–8.
- Rauner, F. (2023). *Grundlagen der modernen beruflichen Bildung: Mitgestalten der Arbeitswelt* (2. Auflage). <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.3278/9783763974542>
- Schmitt, M., & Rieke, A. (2024). Nachhaltige Entwicklung: Konzeptionelle Überlegungen zur Ausgestaltung eines interdisziplinären konsekutiven Masterstudiengangs. In S. Gandt, T. Schmohl, B. Zinger & C. Zitzmann (Hrsg.), *TeachingXchange: Bd. 7. Co-kreatives Lernen und Lehren: Hochschulbildung im Zeitalter der Disruption* (S. 29–44). wbv Publikation.
- Singer-Brodowski, M., & Kmínek, H. (2023). Zu den Zielen von Bildung für nachhaltige Entwicklung und dem Stand der Implementierung im deutschen Schulsystem. *Die Deutsche Schule (DDS)*, 115(2), 94–104. https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&id_artikel=ART105388&uid=frei

- Vare, P., & Scott, W. (2007). Learning for a Change: Exploring the Relationship Between Education and Sustainable Development. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191–198. <https://doi.org/10.1177/097340820700100209>
- Zimpelmann, E. (2024). Das Rad neu erfinden?!? Lehren der Berufspädagogik für eine zukunftsähnige und kompetenzorientierte Hochschulbildung. In A. Fallböhrmer-Koob, A. Fuchs, K. Knopper & C. Schmitz (Vorsitz), *Kreidezeit?! Kompetenzentwicklung an Hochschulen für das 21. Jahrhundert*. University of Applied Sciences Kaiserslautern.
- Zurstrassen, B. (2009). Das Lernfeldkonzept an Berufsschulen: Von der Chance, berufliche und politische Bildung zu vereinen. *GWP (Gesellschaft – Wirtschaft – Politik)*, 58(3), 437–448. <https://doi.org/10.3224/gwp.v58i3.8503>
- Zurstrassen, B. (2022). Innovation der beruflichen Bildung durch politisches Lernen am Beispiel von BBNE. In B. Hemkes, K. Rudolf & B. Zurstrassen (Hrsg.), *Handbuch Nachhaltigkeit in der Berufsbildung: Politische Bildung als Gestaltungsaufgabe* (S. 21–33). Wochenschau Verlag.

Verankerung von Nachhaltigkeit in aktuellen curricularen Vorgaben – Erste Annäherung

MATTHIAS HAACK; THOMAS JAMBOR

Zusammenfassung

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung muss integraler Bestandteil der (berufs-)schulischen Bildung werden und sich als wesentlicher Eckpfeiler einer zukunftsähigen Gesellschaft etablieren. Der vorliegende Beitrag gibt einen ersten Überblick über die Integration der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel einzelner curriculare Vorgaben für allgemeinbildende Schulen und berufsbildende Schulen. Das föderale Bildungssystem in Deutschland, das für alle 16 Bundesländer verschiedene curriculare Vorgaben vorsieht, sowie die Trennung von allgemeiner und beruflicher Bildung stellen dabei eine Herausforderung für die Erstellung eines ganzheitlichen Überblicks zur Integration des Themas Nachhaltigkeit in die einzelnen Lehrpläne dar. Im Sinne einer ersten Annäherung konzentriert sich dieser Beitrag auf die MINT-Fächer der allgemeinbildenden Schulen und auf die gewerblich-technischen Fachrichtungen der berufsbildenden Schulen in Niedersachsen. Im Bereich der berufsbildenden Schulen werden u. a. das Berufliche Gymnasium, die Berufsfachschulen und die Berufsschule als schulischer Teil der dualen Ausbildung zusammengefasst. Für die letztgenannten Schulformen werden die von der KMK vorgegebenen und vom Land Niedersachsen übernommenen Rahmenlehrpläne verwendet. Das Ergebnis der Analyse macht deutlich, dass das Thema der Nachhaltigkeit in den KMK-Rahmenlehrplänen deutlich stärker verankert ist als in den curricularen Vorgaben der anderen berufsbildenden Schulformen und allgemeinbildenden Schulen in Niedersachsen.

Abstract

Education for sustainable development must become an integral part of (vocational) school education and be established as an essential cornerstone of a future-oriented society. This paper provides a preliminary overview of the integration of education for sustainable development using the example of individual curricular requirements for general education and vocational schools. The federal education system in Germany, which is characterised by its provision of distinct curricular requirements for all 16 federal states, in conjunction with the separation of general and vocational education, poses a significant challenge in terms of achieving a comprehensive overview of the integration of the subject of sustainability into individual curricula. As a preliminary approach, this paper concentrates on the STEM subjects in general education schools and the vocational-technical subjects in vocational schools in Lower Saxony. Within the vocational school sector, the vocational grammar school, the vocational college and the vocational

school as the school-based component of dual vocational training are grouped together. For the latter, the framework curricula specified by the KMK and adopted by the state of Lower Saxony are utilised. The analysis yielded the finding that the topic of sustainability is more firmly anchored in the KMK framework curricula than in the curricular requirements of the other vocational school types and general education schools in Lower Saxony.

Schlagwörter: Bildung für nachhaltige Entwicklung, Nachhaltigkeit, Rahmenlehrplan, MINT, Berufliche Bildung

1 Einführung

Die Erhaltung unseres gemeinsamen Lebensraumes ist eine Notwendigkeit für heutige und zukünftige Generationen. Die Vereinten Nationen definieren dazu das Konzept der nachhaltigen Entwicklung anhand von 17 Hauptzielen, 169 Unterzielen und 231 Indikatoren, die eine breite Diskussions- und Handlungsgrundlage bieten (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2025, o. S.). Die Umsetzung dieses Konzepts liegt dabei in der Verantwortung der Mitgliedstaaten.

In Deutschland gibt es zahlreiche Maßnahmen zur Verankerung von Nachhaltigkeit in der allgemeinen und beruflichen Bildung. Diese werden unter den Begriffen „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) und „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung“ (BBNE) zusammengefasst. Dazu gehört auch die Nationale Plattform als oberstes Steuerungsgremium des BNE-Prozesses, die sich 2015 konstituiert hat und deren Ziel es ist, Bildung für nachhaltige Entwicklung in allen Bereichen des Bildungssystems strukturell zu verankern (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2025, o. S.). Konkrete Maßnahmen zur Umsetzung sind im Nationalen Aktionsplan BNE von 2017 festgelegt und umfassen 130 Ziele sowie 349 konkrete Handlungsempfehlungen, die eine solche strukturelle Verankerung von BNE in der Bildungslandschaft beschreiben. Die durch die Handlungsempfehlung implizierten Maßnahmen konzentrieren sich auf die folgenden fünf Handlungsfelder: (1) politische Unterstützung, (2) ganzheitliche Transformation von Lern- und Lehrumgebungen, (3) Kompetenzentwicklung bei Lehrenden und Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, (4) Stärkung und Mobilisierung der Jugend sowie (5) Förderung nachhaltiger Entwicklung auf lokaler Ebene. Für den vorliegenden Beitrag ist insbesondere das Ziel des Nationalen Aktionsplans relevant, die stärkere Implementierung von BNE in Curricula, Lehrplänen und Ausbildungsordnungen zu fördern (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2017, S. 16).

In diesem Beitrag wird acht Jahre nach der Verabschiedung des Nationalen Aktionsplans der Forschungsfrage nachgegangen, inwiefern BNE in den curricularen Vorgaben der allgemeinbildenden MINT-Fächer und BBNE in den curricularen Vorgaben der gewerblich-technischen Fachrichtungen der berufsbildenden Schulen verankert ist. Eine Unterforschungsfrage ist, welche Unterschiede sich zwischen verschiedenen Schulformen ergeben. Aufgrund der Tatsache, dass es sich hierbei um eine laufende

Forschungsarbeit handelt, wird in diesem Beitrag ein erster Zwischenstand präsentiert. Im Fokus dieses Beitrags stehen dabei die allgemeinbildenden MINT-Fächer und die gewerblich-technischen Fachrichtungen der beruflichen Schulen in Niedersachsen. Ein Vergleich zwischen den Bundesländern ist zukünftig geplant.

Im nächsten Kapitel wird zunächst die Bedeutung des Indikators „normative Vorgaben“ zur Messung der Verankerung von BNE bzw. BBNE in den curricularen Vorgaben erläutert. Darauffolgend wird im Kapitel 3 die methodische Vorgehensweise zur Beantwortung der Forschungsfrage dargelegt und im Kapitel 4 erste Ergebnisse präsentiert. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse ab.

2 Indikatoren zur Verankerung von BNE bzw. BBNE im Bildungssystem

Um die Verankerung von BNE bzw. BBNE im Bildungssystem zu überprüfen, bedarf es geeigneter Indikatoren. Diese Indikatoren müssen den Status quo abbilden und eine Messung ermöglichen, inwieweit Lernende Kompetenzen zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung durch Bildung erwerben.

Singer-Brodowski und Grapentin-Rimek (2019, S. 170 ff.) konstatieren in einer Interviewstudie mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen der beruflichen Bildung, dass den Ordnungsmitteln und Lehrplänen der Berufsschulen als Heelpunkt zur Verankerung der BBNE eine besondere Bedeutung zukommt. In den KMK-Rahmenlehrplänen sind die angestrebten Kompetenzen und der Mindestumfang an Inhalten berufsspezifisch festgehalten, wozu auch die berufsspezifische Umsetzung der BBNE gehört.

Im Rahmen des Projekts „Indikatoren berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (iBBNE) identifizierten Hecker et al. (2022, S. 141) zusätzliche Indikatoren für das Berufsbildungssystem. Ausgehend von elf Qualitätsmerkmalen betrieblicher Bildung (Guellali, 2017, S. 11 f.) wurden modifizierte Qualitätsdimensionen (Hecker et al., 2022, S. 140 f.) auf Mikro-, Meso- und Metaebene abgeleitet. Als Beispiele seien an dieser Stelle die Qualitätsmerkmale (1) normative Vorgaben, (2) Kompetenzorientierung, (3) Beruflichkeit und (4) Prüfungen genannt. Normative Vorgaben können beispielsweise auf der Mikroebene Leitbilder von Betrieben, auf der Mesoebene Vorgaben von Kammern und auf der Makroebene Ordnungsmittel sein. Für die Kompetenzorientierung lassen sich u. a. auf der Mikroebene didaktische Konzepte, auf der Mesoebene Bildungspläne und auf der Makroebene KMK-Rahmenlehrpläne anführen. In Bezug auf die Beruflichkeit können z. B. Lern- und Lehrmaterialien auf der Mikroebene, Veröffentlichungen von Kammern auf Mesoebene und Berufsbeschreibungen auf Makroebene angeführt werden. Das Qualitätsmerkmal Prüfungen lässt sich beispielsweise in Prüfungsaufgaben auf der Mikroebene, Fragenkatalogen auf der Mesoebene und Prüfungsordnungen auf der Makroebene ausdifferenzieren. Die angeführten Beispiele gehören zu einem umfangreichen Indikatorenset, das in Workshops, an denen Vertreterinnen und Vertreter von Kammern, Betrieben, Schulen, Hochschulen, Verbänden und Ministerien par-

tizierten, auf ein reduziertes Indikatorenset konzentriert wurde. Ferner bestand das Ziel darin, einen Pars-pro-toto-Indikator zu identifizieren. Zu diesem Zweck wurden die Indikatoren nach Relevanz und Praktikabilität von den Expertinnen und Experten beurteilt. Die vier Indikatoren „normative Vorgaben“, „Ausbildungsprüfungen“, „Beruflichkeit“ und „Eignung des Berufsbildungspersonals“ werden dabei von vielen als besonders relevant und praktikabel erachtet. Insbesondere den normativen Vorgaben wird eine legitimierende und bindende Funktion zugeschrieben (Hecker et al., 2022, S. 142), den engagierten Lehrkräften im Bereich der Nachhaltigkeit in ihrer Argumentation gegenüber Kolleginnen und Kollegen sowie Vorgesetzten hilft (Schütt-Sayed et al., 2016, S. 16).

3 Methode

In diesem Beitrag wird, ausgehend von der in Kapitel 2 dargelegten Bedeutung der normativen Vorgaben, der Fokus auf diesen Indikator gelegt. Zur Beantwortung der Forschungsfrage aus Kapitel 1 wird die kategoriengleitete Inhaltsanalyse nach Mayring verwendet (Mayring, 2022, S. 50). Im Vergleich zu alternativen Methoden, wie beispielsweise dem hermeneutischen Ansatz, bietet diese Vorgehensweise den Vorteil einer systematischen und regelgeleiteten Analyse der zugrunde liegenden Kommunikation (normativer Vorgaben). Die Ergebnisse der kategoriengleiteten Inhaltsanalyse sind in der Regel besser nachvollziehbar und reproduzierbar.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird die Frequenzanalyse eingesetzt, um eine Häufigkeitsanalyse von Keywords zum Thema Nachhaltigkeit in aktuell gültigen, ausgewählten curricularen Vorgaben für allgemeinbildende MINT-Fächer und gewerblich-technische Fachrichtungen der beruflichen Schulen des deutschen Bildungssystems durchzuführen. Der Ablauf der Untersuchung gliedert sich wie folgt und wird nachfolgend genauer beschrieben.

1. Festlegung des Materials
2. Festlegung der Keywords
3. Analyse des Materials

3.1 Festlegung der einbezogenen curricularen Vorgaben

Aufgrund des föderalistischen Bildungssystems in Deutschland existieren in den Bundesländern unterschiedliche curriculare Vorgaben für die einzelnen Schulformen, so dass ein möglichst breiter Überblick über den Fortschritt der Implementierung des Indikators gegeben werden soll. Zu diesem Zweck werden alle Bundesländer einbezogen. Mit dem Fokus auf die allgemeinbildenden MINT-Fächer geht die Einschränkung der curricularen Vorgaben auf die Fächergruppen Mathematik (FG1), Informatik (FG2), Naturwissenschaften (FG3), Technik (FG4), Sachkunde (FG5) und Bildung für nachhaltige Entwicklung (FG6) einher. Als Beispiel für die Fächergruppe Mathematik (FG1) seien die Fächer Mathematik, Wirtschaftsmathematik und technische Mathematik genannt. Die größte Fächergruppe ist die Gruppe FG4 mit etwa 40 Fächern bzw. Fachrichtungen,

zu der u. a. Technik, Arbeit-Wirtschaft-Technik, Werken, Mechatronik, Labortechnik, Sanitär- und Heizungstechnik, Bekleidungstechnik, Medientechnik, Architektur und Bautechnik zählen. Die curricularen Vorgaben der Fächer und Fachrichtungen, die zum Schuljahr 2023/24 Gültigkeit besitzen, wurden den Webseiten der Kultusministerien entnommen und einer der Fächergruppen mit inhaltlicher Passung zugeordnet. Die Rahmenlehrpläne werden ausschließlich von der Kultusministerkonferenz bezogen, da die Autoren davon ausgehen, dass die länderspezifischen Anpassungen keinen signifikanten Unterschied für die Auswertung darstellen.

Wie bereits im ersten Kapitel erläutert, werden in diesem Beitrag lediglich erste Ergebnisse präsentiert. Die Ergebnisse basieren auf einer Analyse von insgesamt 61 Dokumenten, die 24 curricularen Vorgaben für die allgemeinbildenden Schulen und 37 curricularen Vorgaben für die berufsbildenden Schulen in Niedersachsen beinhalten. Die Verteilung der Dokumente auf die allgemeinbildenden Schulformen stellt sich wie folgt dar: Zwei Dokumente entfallen auf die Grundschule, drei auf die Gesamtschule, acht auf das Gymnasium, vier auf das Abendgymnasium und drei auf das Kolleg (im Kolleg kann nach einer zweijährigen Berufstätigkeit die allgemeine Hochschulreife erworben werden). Die curricularen Vorgaben beziehen sich auf folgende Fächergruppen: Mathematik (7), Informatik (7), Naturwissenschaft (1), Physik (5), Chemie (2), Biologie (5), Technik (1) und Sachkunde (1).

Überdies werden in diesem Beitrag berufsbildende Schulen unter besonderer Berücksichtigung von Vollzeit- und Teilzeitbildungsgängen mit naturwissenschaftlich-technischem Bezug analysiert. Im Rahmen dieser Betrachtung werden die curricularen Vorgaben der zuvor genannten allgemeinbildenden MINT-Fächer in den Fokus genommen. Eine Untermenge der Bildungsgänge an berufsbildenden Schulen ist jedoch nicht nach Fächern, sondern in beruflichen Fachrichtungen, Spezialisierungen und Lernfeldern strukturiert. Die Ergebnisse basieren auf einer umfassenden Auswertung von 37 Curricula für berufsbildende Schulen. Neun curriculare Vorgaben entstammen dem beruflichen Gymnasium, sechs der Fachoberschule, drei der Berufsoberschule, sieben der Berufsfachschule und sieben der Fachschule. Die verbleibenden neun Vorgaben sind Teil des Curriculums der Berufsschule. Für diese Schulformen werden für die allgemeinbildenden MINT-Fächer Mathematik (4), Informatik (1), Naturwissenschaft (2), Physik (1), Chemie (0) und Biologie (1) Dokumente mit curricularen Vorgaben identifiziert. Für die naturwissenschaftlich-technischen Fachrichtungen werden folgende curriculare Vorgaben identifiziert: allgemeine Technik (2), Metalltechnik (4), Elektrotechnik, Mechatronik (2), technische Informatik (3), Bautechnik (5), Umwelt- und Agrartechnik (4), technische Chemie (2) und Medientechnik (1).

3.2 Festlegung der Keywords

Die Festlegung von Schlüsselbegriffen erfolgt unter Bezugnahme auf die Hauptziele der Vereinten Nationen. Da nicht alle Begriffe per se nur die nachhaltige Entwicklung fokussieren, werden einzelne Keywords spezifiziert bzw. vollständig entfernt. Darüber hinaus werden weitere Keywords verwendet, die aus Sicht der Autoren oft im Kontext der nachhaltigen Entwicklung genutzt werden. Für jeden Begriff wird ein anfängliches

Kriterium definiert und im Ratingprozess ggf. modifiziert, sodass eine präzise Beschreibung des Keywords im Kontext von BNE bzw. BBNE entsteht. Die folgende initiale Menge an Begriffen ergibt sich aus der Analyse der Curricula unter Verwendung der deutschen Begriffe:

„nachhaltig, bne, sustainable, sdg, armutbekämpfung, hungerbekämpfung, gesundheitsförderung, bildungsgleichheit, bildungschancen, geschlechtergleichheit, geschlechtergleichstellung, wasserversorgung, wasserbedarf, energieerzeugung, energiekosten, energiebedarf, menschenwürde, wirtschaftswachstum, ökonomisch, industrieresponsibilität, innovativ, innovation, infrastruktur, ungleich, konsum, produktion, leben, partner, klimawandel, klimakatastrophe, klimaschutz, ökologisch, bio, natürlich, abbaubar, regenerativ, erneuerbar, begrenzte ressourcen, reduktion, grün, verantwortung, fußabdruck, ethisch, wandel“

Die Liste der Keywords stellt lediglich einen Teil der im iBBnE-Projekt (Hilse et al., 2022, S. 24) verwendeten Schlagworte dar. Die gewählten Keywords sind zum Teil auf den Wortstamm reduziert, während einige spezifische Schlagworte nicht berücksichtigt werden. In weitergehenden Untersuchungen muss analysiert werden, inwiefern sich diese Unterscheidung auf das Ergebnis auswirkt.

3.3 Analyse der curricularen Vorgaben

Die vorgestellten curricularen Vorgaben werden nach den definierten Keywords automatisch durchsucht. Die Suche berücksichtigt keine Groß- und Kleinschreibung, Bindestriche, Zeilenumbrüche oder Leerzeichen im Wort. Im Anschluss erfolgt eine Bewertung der Fundstellen durch einen Rater. Die Bewertung der Fundstellen erfolgt unter Berücksichtigung des Keywords und des Kontexts der Fundstelle, wobei dem Rater lediglich 300 Zeichen vor und nach der Fundstelle angezeigt werden. Die Bewertung erfolgt auf einer Nominalskala mit den zwei Items 0=“Kriterium des Keywords nicht erfüllt“ und 1=“Kriterium des Keywords erfüllt“ (Frequenzanalyse). Bei Unsicherheiten im Ratingprozess orientierte sich der Rater an der Definition der Kriterien und ggf. UNESCO-Nachhaltigkeitsziele und wählte im Zweifel die Option 0=“Kriterium des Keywords nicht erfüllt“.

4 Erste Ergebnisse

Im Rahmen der automatischen Analyse der Dokumente konnten über alle curricularen Vorgaben hinweg 2715 Fundstellen identifiziert werden. Durch den Rater sind davon 2181 Fundstellen mit dem Item 0=“Kriterium des Keywords nicht erfüllt“ und 534 Fundstellen mit dem Item 1=“Kriterium des Keywords erfüllt“ bewertet worden. Tabelle 1 zeigt alle Keywords mit mindestens einer Fundstelle differenziert mit den absoluten Häufigkeiten (H) und relativen Häufigkeiten (h) beider Items. Die Keywords sind absteigend nach der absoluten Häufigkeit des Items 1=“Kriterium des Keywords erfüllt“ sortiert.

Die Analyse der curricularen Vorgaben im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung ergibt, dass die Keywords „ökologisch“, „nachhaltig“, „ökonomisch“, „verantwortung“, „leben“ und „produktion“ die am häufigsten vorkommenden Keywords sind (vgl. Tabelle 1). Die Keywords „ökologisch“ und „nachhaltig“ erweisen sich dabei als besonders zuverlässig, da sie vom Rater in über 80 % aller Fundstellen bestätigt worden sind. Eine noch bessere Zuverlässigkeit weisen die Keywords „erneuerbar“, „wasserbedarf“, „klimaschutz“ und „fußabdruck“ auf, die jedoch sehr selten vorkommen.

Tabelle 1: Absolute und relative Häufigkeiten der Keywords über alle curricularen Vorgaben

Keyword	Absolute Häufigkeit „nicht erfüllt“ H0	Relative Häufigkeit „nicht erfüllt“ h0 in %	Absolute Häufigkeit „erfüllt“ H1	Relative Häufigkeit „erfüllt“ h1 in %
ökologisch	28	16	148	84
nachhaltig	26	17	123	83
ökonomisch	84	47	95	53
verantwortung	152	74	53	26
leben	447	91	45	9
produktion	123	92	11	8
natürlich	67	88	9	12
konsum	45	85	8	15
bio	460	98	8	2
regenerativ	4	40	6	60
ethisch	11	69	5	31
wandel	61	94	4	6
klimawandel	1	25	3	75
erneuerbar	0	0	3	100
bne	34	94	2	6
wasserbedarf	0	0	2	100
klimaschutz	0	0	2	100
abbau	12	86	2	14
wasserversorgung	24	96	1	4
partner	49	98	1	2
reduktion	33	97	1	3
grün	371	100	1	0

(Fortsetzung Tabelle 1)

Keyword	Absolute Häufigkeit „nicht erfüllt“ H0	Relative Häufigkeit „nicht erfüllt“ h0 in %	Absolute Häufigkeit „erfüllt“ H1	Relative Häufigkeit „erfüllt“ h1 in %
fußabdruck	0	0	1	100
energieerzeugung	4	100	0	0
energiekosten	2	100	0	0
energiebedarf	9	100	0	0
innovativ	1	100	0	0
innovation	16	100	0	0
infrastruktur	9	100	0	0
ungleich	8	100	0	0
Summe	2181	80	534	20

Es existiert eine Vielzahl an Keywords, die gar nicht vorkommen oder die im Kontext der Nachhaltigkeit nie verwendet werden. Diese Keywords werden in den nachfolgenden, tiefer gehenden Analysen nicht betrachtet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die in dieser Untersuchung betrachteten allgemeinbildenden Schulen Grundschule, Gesamtschule, Gymnasium, Abendgymnasium und Kolleg analysiert. Hierbei soll der Frage nachgegangen werden, welche Inhalte und Kompetenzbereiche von Nachhaltigkeit für die unterschiedlichen Schulformen von Bedeutung sind. Tabelle 2 zeigt die Häufigkeit der Keywords nach Schulformen.

Tabelle 2: Absolute Häufigkeiten der Keywords an allgemeinbildenden Schulen nach Schulform

Keyword	Grundschule	Gesamtschule	Gymnasium	Abendgym	Kolleg
ökologisch	4	20	9	3	3
nachhaltig	21	35	18	8	9
ökonomisch	1	14	10	5	6
verantwortung	5	10	9	3	5
leben	4	13	3	1	1
produktion	0	8	0	0	0
natürlich	0	1	1	0	0
konsum	3	5	0	0	0
bio	0	3	4	1	1

(Fortsetzung Tabelle 2)

Keyword	Grundschule	Gesamtschule	Gymnasium	Abendgym	Kolleg
regenerativ	0	3	0	0	0
ethisch	0	3	0	0	0
wandel	0	2	1	1	1
klimawandel	0	2	1	1	1
erneuerbar	0	3	0	0	0
klimaschutz	0	2	0	0	0
partner	0	1	0	0	0
fußabdruck	0	1	1	1	1
Summe	39	126	57	24	28

Die Analyse der in Tabelle 2 präsentierten Ergebnisse offenbart, dass in den curricularen Vorgaben für die Grundschule eine seltene Verwendung von Keywords zu verzeichnen ist, die konkrete Nachhaltigkeitsaspekte evident machen. In den curricularen Vorgaben für die Gesamtschule werden neben „nachhaltig“ die Keywords „ökologisch“, „ökonomisch“, „leben“ und häufig verwendet. Darüber hinaus werden konkrete Inhalte wie „konsum“, „klimawandel“, „klimaschutz“ und „fußabdruck“ vorgegeben. Eine ähnliche Tendenz lässt sich auch im Gymnasium, Abendgymnasium und Kolleg beobachten, wo neben „nachhaltig“ die Schlüsselbegriffe „ökologisch“, „ökonomisch“ und „verantwortung“ eine zentrale Rolle spielen. Im Vergleich zur Gesamtschule sind „konsum“, „klimawandel“ und „fußabdruck“ die einzigen konkreten inhaltlichen Vorgaben. Die curricularen Vorgaben der Gesamtschulen weisen demgegenüber die höchste Anzahl an Fundstellen auf. Dies lässt die Hypothese zu, dass Aspekte von Nachhaltigkeit in der Gesamtschule häufiger im Unterricht integriert werden sollen und ausgewählte Inhalte von Nachhaltigkeit explizit vorgegeben werden.

Im weiteren Verlauf werden die Resultate der Analyse der Curricula für die ausgewählten Schulformen der berufsbildenden Schulen präsentiert. Hierbei handelt es sich um das berufliche Gymnasium (BG), die Fachoberschule (FOS), die Berufsoberschule (BOS), die Berufsfachschule (BFS), die Fachschule (FS) und die Berufsschule (BS). Ziel ist es, die Frage zu beantworten, welche Keywords für die verschiedenen berufsbildenden Schulformen von Relevanz sind. Die in Tabelle 3 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Keywords nach Schulformen bietet eine Orientierung.

Tabelle 3: Absolute Häufigkeiten der Keywords an berufsbildenden Schulen nach Schulform

Keyword	Summe	BG	FOS	BOS	BFS	FS	BS
ökologisch	118	8	7	3	3	15	82
ökonomisch	76	8	5	2	7	10	44
nachhaltig	58	0	6	1	5	9	37
verantwortung	34	0	3	2	8	4	17
leben	26	0	1	0	3	1	21
natürlich	7	0	0	0	0	0	7
produktion	3	0	1	0	0	2	0
regenerativ	3	0	1	0	0	1	1
wasserbedarf	2	0	0	0	1	1	0
bio	2	0	0	0	0	1	1
abbau	2	0	0	0	0	0	2
ethisch	2	0	0	0	0	1	1
wandel	2	0	1	1	0	0	0
bne	1	0	0	0	1	0	0
wasserversorgung	1	0	0	0	1	0	0
klimawandel	1	0	1	0	0	0	0
reduktion	1	0	0	0	1	0	0
grün	1	0	0	0	0	1	0
Summe	340	16	26	9	30	46	213

Die Analyse ergibt, dass die Begriffe „ökologisch“, „ökonomisch“, „nachhaltig“, „verantwortung“ und „leben“ am häufigsten vorkommen. Diese Tatsache manifestiert sich insbesondere im Kontext der dualen Ausbildung, die eine signifikant hohe Anzahl an Nennungen innerhalb der Curricula aufweist. Die übrigen Begriffe werden sehr selten und in Curricula von jeweils maximal drei Schulformen genannt. Selbstverständlich muss hierbei betont werden, dass im Sinne einer ersten Annäherung die Anzahl der curricularen Vorgaben zu klein ist, um endgültige Aussagen bezüglich der Qualität einzelner Begriffe zu treffen. Gleichzeitig werden die Ergebnisse als Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen verwendet.

5 Diskussion und Ausblick

Die ersten Resultate des Indikators „normative Vorgaben“ legen nahe, dass die Themen der nachhaltigen Entwicklung bereits in die Curricula der deutschen Schulen integriert wurden. Die automatische Erfassung von nachhaltigkeitsbezogenen Textstellen stellt die verantwortlichen Forscher vor Herausforderungen, da die Thematik durch eine Vielzahl von Keywords beschrieben werden kann, die auch anderen Themen zugeordnet werden können. So wird etwa das Keyword „produktion“ in den untersuchten Curricula auf technologische oder wirtschaftliche Prozesse bezogen, die jedoch keinen bzw. nur einen indirekten Bezug zur nachhaltigen Entwicklung aufweisen. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Keywords auf den ersten Blick als stärker der Thematik zugehörig angesehen werden können. So kann beispielsweise das Keyword „regenerativ“ lediglich bei 60 % der Nennungen dem Themengebiet der nachhaltigen Entwicklung zugeordnet werden. Diese Diskrepanz ist auf die Fokussierung der Analyse auf die allgemeinbildenden MINT-Fächer und die gewerblich-technischen Fachrichtungen der beruflichen Schulen zurückzuführen, in denen die technologischen Aspekte im Vordergrund stehen.

Die vorliegende Analyse der curricularen Vorgaben offenbart, dass die Erkennung und die damit verbundene Zuordnung von Keywords zum Themengebiet der nachhaltigen Entwicklung eine gewisse Unschärfe impliziert. Dieser Umstand manifestiert sich nicht nur in der Analyse durch die Forscher, sondern bereits im Vorfeld durch die Lehrkräfte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sowohl die Forscher als auch die Lehrkräfte die Curricula interpretieren und die Bedeutung der Thematik ausgehend von den Keywords festlegen. Daher entspricht die Relevanz eines Keywords, die ein jeweiliger Forscher diesem zuweist, nicht zwangsläufig der Bedeutung, die den Themen von den Lehrkräften beigemessen wird. Der offene Charakter der Curricula verstärkt die Problematik, da einerseits die Lehrkräfte ihren Unterricht an die Bedürfnisse ihrer Lernenden anpassen können und andererseits die Analyse nicht die tatsächliche Schwerpunktsetzung im Unterricht erfasst.

Trotz der Unschärfe der Analyse bieten die Ergebnisse eine wertvolle Perspektive auf die Implementierung der Thematik der nachhaltigen Entwicklung in die Curricula verschiedener Schulformen. So wird beispielsweise deutlich, dass die Thematik unterschiedlich stark in die Curricula einzelner Schulformen implementiert ist. Im Bereich der allgemeinbildenden Schulen sind die Keywords am häufigsten in den Curricula für die Gesamtschule und am seltensten im Curriculumsentwurf für das Abendgymnasium zu finden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Curricula für unterschiedliche Zeiträume gelten, was zu einer gewissen Verzerrung führt. Eine ähnliche Problematik zeigt sich im berufsbildenden Bereich, in dem die Keywords am häufigsten innerhalb der dualen Ausbildung, die drei bzw. dreieinhalb Jahre dauert, und am seltensten in der BOS (Umfang 1 bzw. 2 Jahre) zu finden sind. Trotz der genannten Unwägbarkeiten weisen die vorläufigen Ergebnisse darauf hin, dass die Integration von Nachhaltigkeitsthemen in die KMK-Rahmenlehrpläne der Berufsschule gegenüber anderen allge-

meinbildenden und berufsbildenden Schulformen weiter fortgeschritten und/oder die Bedeutung von Nachhaltigkeit für die Berufsschule als größer angesehen ist.

Im Hinblick auf die Forschungsfrage kann festgehalten werden, dass eine Analyse der Curricula einen ersten guten Eindruck über die Implementierung der Thematik in Niedersachsen liefert. Darauf hinaus generiert die Analyse erste Resultate für die bundesweite Untersuchung, da die Rahmenlehrpläne für die Berufsschulen gemäß der Empfehlung der KMK einen länderübergreifenden Charakter aufweisen. Um die Validität der Ergebnisse zu optimieren, wird zukünftig eine relative Häufigkeit der Begriffe eingeführt, die die Dauer der jeweiligen Ausbildung berücksichtigt. Darüber hinaus wird der Umfang der analysierten Curricula von MINT-Fächern ausgeweitet und alle Bundesländer berücksichtigt. Zudem werden alle KMK-Rahmenlehrpläne gewerblich-technischer Berufe miteinbezogen, die nach Ausbildungsjahren spezifisch betrachtet werden. Ferner ist geplant, die Güte dieser Untersuchung zu verbessern, indem alle Fundstellen durch mehrere Personen bewertet werden und die Interrater-Reliabilität als Kriterium berücksichtigt wird. Der Einsatz von lernenden Algorithmen bei der Analyse aller Materialien stellt eine weitere Stufe für die Fortsetzung der hier beschriebenen Forschungsaktivitäten dar.

Literatur

- Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm. https://www.bne-portal.de/bne/shared/docs/downloads/files/nationaler_aktionsplan_bildung-er_nachhaltige_entwicklung_neu.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Zugriff am: 13.01.2025).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2025). *17 Nachhaltigkeitsziele – SDGs*. <https://www.bmuv.de/WS5613> (Zugriff am: 13.01.2025).
- Hecker, K., Werner, M., Schütt-Sayed, S., Funk, N., Pfeiffer, I., Hemkes, B., & Rocklage, M. (2022). Indikatoren als Treiber für eine Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. In C. Michaelis & F. Berding (Hrsg.), *Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Umsetzungbarrieren und interdisziplinäre Forschungsfragen* (1. Aufl., S. 133–152). wbv.
- Hilse, P., Pabst, C., Schütt-Sayed, S., Werner, M., Goldmann, E., Rocklage, M., & Hecker, K. (2022). *Die Erfassung der betrieblichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. Forschungsbericht zum Projekt „Indikatorenentwicklung Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung“*. fbb-Bericht.
- Guellali, C. (2017). Eckpfeiler zur Qualitätssicherung der betrieblichen Ausbildung. In Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.), *Qualitätssicherung der betrieblichen Ausbildung im dualen System in Deutschland. Ein Überblick für Praktiker/-innen und Berufsbildungsfachleute* (S. 11–30). Budrich.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung c/o Bundesministerium für Bildung und Forschung. <https://www.bne-portal.de/bne/de/bundesweit/gremien/nationale-plattform/nationale-plattform.html> (Zugriff am: 13.01.2025).

- Schütt-Sayed, S., Kuhlmeier, W., & Mohoric, A. (2016). Die strukturelle Verankerung einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) aus Sicht von Berufsschullehrkräften. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik-Online*, 31.
- Singer-Brodowski, M., & Grapentin-Rimek, T. (2019). Bildung für nachhaltige Entwicklung in der beruflichen Bildung. In M. Singer-Brodowski, N., Etzkorn, & T. Grapentin-Rimek (Hrsg.), *Pfade der Transformation: Die Verbreitung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im deutschen Bildungssystem. Schriftenreihe „Ökologie und Erziehungswissenschaft“ der Kommission Bildung für nachhaltige Entwicklung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE)* (1. Aufl., S. 143–192). Barbara Budrich.

Qualifikationsanforderungen: Die Rolle der beruflichen Bildung in der Batteriezellproduktion

SÖREN SCHÜTT-SAYED

Zusammenfassung

Die E-Mobilität sowie die steigende Nachfrage nach erneuerbaren Energien erfordern leistungsfähige Energiespeicher. Insbesondere Lithium-Ionen-Batterien werden in den nächsten Jahren weiterhin eine Schlüsselrolle spielen. Aus diesem Grund setzt Deutschland auf den Aufbau einer wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Batteriezellfertigung. Allerdings stellt der Fachkräftemangel eine große Herausforderung dar.

Die vorliegende Studie analysiert hierzu die Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion und überprüft, inwiefern bestehende Ausbildungsberufe auf diese Anforderungen vorbereiten. Dazu werden Weiterbildungsangebote inhaltlich analysiert, um darauf aufbauend eine quantitative Inhaltsanalyse von Ordnungsmitteln wesentlicher Berufsbilder durchzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass aktuelle Berufsbilder eine solide Basis bieten, jedoch spezifische Kompetenzen in Bereichen wie Elektrochemie, Zellmontage und Automatisierung erweiterbar sind.

Um dem Fachkräftemangel zu begegnen, wird empfohlen, neue Ausbildungsprogramme, Zusatzqualifikationen und gezielte Weiterbildungsmaßnahmen aufzusetzen. Langfristig könnte auch die Schaffung neuer, spezialisierter Berufsbilder zur nachhaltigen Sicherung des Fachkräftebedarfs in der Batteriebranche beitragen. Die Studie verdeutlicht die zentrale Rolle der beruflichen Bildung für den Erfolg der Batteriezellfertigung und deren Bedeutung für die Energiewende.

Abstract

E-mobility and the increasing demand for renewable energies require powerful energy storage systems. Lithium-ion batteries in particular will play a key role in the coming years. For this reason, Germany is focusing on establishing competitive and sustainable battery cell production. However, the shortage of skilled workers poses a major challenge.

This study analyzes the qualification requirements in battery cell production and examines the extent to which existing training occupations prepare for these requirements. To this end, the content of further training courses is analyzed in order to subsequently carry out a quantitative content analysis of the regulatory materials of key occupational profiles. The results show that current job profiles offer a solid basis, but

that specific skills in areas such as electrochemistry, cell assembly and automation can be expanded.

In order to counter the shortage of skilled workers, it is recommended that new training programs, additional qualifications and targeted further training measures be set up. In the long term, the creation of new, specialized job profiles could also help to secure a sustainable supply of skilled workers in the battery industry. The study highlights the central role of vocational training for the success of battery cell production and its importance for the energy transition.

Schlagwörter: Energiewende, Batteriezellfertigung, Fachkräftemangel, Qualifizierung und Weiterbildung, Lithium-Ionen-Batterien

1 Einleitung

Die 17 UN-Nachhaltigkeitsziele, die im Jahr 2015 mit der Agenda 2030 von 196 Mitgliedstaaten verabschiedet wurden, bilden einen globalen Rahmen für nachhaltige Entwicklung. Besonders Ziel 7 – „Bezahlbare und saubere Energie“ – ist zentral für die Mobilitäts- und Energiewende in Deutschland (Generalversammlung der Vereinten Nationen, 2015). Der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien und die zunehmende Elektrifizierung von Industrie, Mobilität und Haushalten führen dazu, dass der Bedarf an leistungsfähigen Energiespeichern steigt. Hierbei nehmen Batterien eine Schlüsselrolle ein: Sie stabilisieren die schwankende Energieerzeugung aus Wind- und Sonnenkraft und sind zugleich essenziell für die Elektromobilität (Vollmer, 2020, S. 137).

Insbesondere Lithium-Ionen-Batterien (LIB) gelten als Schlüsseltechnologie für die Transformation des Energie- und Verkehrssektors. Die globale Nachfrage nach diesen Batterien ist in den vergangenen Jahren rasant gewachsen. Während der LIB-Markt vor 2020 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 25 Prozent verzeichnete, liegt das Wachstum seit 2020 bei über 40 Prozent. Besonders die Elektromobilität treibt diese Entwicklung voran, sodass in den kommenden Jahren weiterhin mit einem jährlichen Wachstum von 30 bis 40 Prozent zu rechnen ist (Michaelis et al., 2023b).

Um die technologische Souveränität zu sichern, ökologische Standards mitzustalten und die heimische Wirtschaft zu stärken, hat Deutschland die Initiative „Batteriezellfertigung Deutschland“ ins Leben gerufen. Ziel ist es, eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Batteriezellproduktion aufzubauen. Ein Beispiel für diese Strategie ist die geplante Batteriezellfabrik von Northvolt in Heide, die ab 2026 mit einer Produktionskapazität von 60 GWh pro Jahr zur Sicherung der europäischen Versorgung beitragen soll. Diese ambitionierten Ziele stehen jedoch vor einer großen Herausforderung: dem akuten Fachkräftemangel. Bis 2026 müssen allein für die Batteriezellproduktion in Heide jährlich zwischen 600 und 900 Fachkräfte aus- oder weitergebildet werden (QuW-LIB). Der steigende Qualifizierungsbedarf in der Batterieproduktion erfordert daher innovative Konzepte, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

Das Projekt **QuW-LiB** („Qualifizierung und Weiterbildung zur Fachkräftesicherung in der Lithium-Ionen-Batterien-Industrie“) setzt genau an dieser Herausforderung an. Ziel ist die Entwicklung skalierbarer und praxisnaher Qualifizierungskonzepte, die klassische Schulungen mit digitalen Lernwelten kombinieren (QuWLIB). Durch den gezielten Einsatz ressourcenschonender Trainingsmethoden soll der Wissenstransfer effizient gestaltet und die Batteriefertigung in Deutschland nachhaltig gestärkt werden (QuW-LIB). Die Qualifizierung von Fachkräften ist somit ein zentraler Erfolgsfaktor für die Energiewende und den Aufbau einer wettbewerbsfähigen Batteriezellproduktion in Deutschland.

Vor diesem Hintergrund ist es das Anliegen dieses Beitrags, die folgenden zwei miteinander verbundenen Fragestellungen zu beantworten:

1. Welche Qualifikationsanforderungen sind im Bereich der Batteriezellproduktion notwendig?
2. Wie gut bereiten sog. aktuell angrenzende Berufsbilder – also Berufe, die unmittelbar mit den Prozessschritten der Batteriefertigung in Zusammenhang gebracht werden – darauf vor, um einen jährlichen prognostizierten Fachkräftebedarf für die Batterieherstellung decken zu können?

Um die erste Frage zu beantworten, stützt sich der Beitrag auf eine qualitative Inhaltsanalyse von sechs relevanten Weiterbildungsangeboten (EBA: European Battery Alliance, ALBATTs: Alliance for Batteries Technology, Training and Skills, ELLB: European Lithium-Ion Battery, QuW-LiB: Qualifikation und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltiger Lithium-Ionen-Batterien, KOMBiH: Kompetenzentwicklung für Batterietechnologie in der Hauptstadtregion, QualiBatBW: Qualifizierung für Batterietechnologie in Baden-Württemberg, B³: Batterie Bildung Bayern), um bestehende Qualifizierungsanforderungen in der Batteriefertigung zu identifizieren und zu vergleichen. Ergänzend wird zur Beantwortung der zweiten Frage eine computergestützte quantitative Dokumentenanalyse ausgewählter Ordnungsmittel mithilfe von MaxQDA durchgeführt, um strukturelle Anforderungen und Kompetenzprofile datenbasiert auszuwerten. Durch die Zusammenführung der Ergebnisse wird herausgestellt, inwiefern gegenwärtige Berufsbilder für die Ausbildung von Fachkräften für die Prozessschritte in der Batteriezellfertigung geeignet sind.

Der Beitrag baut sich folgendermaßen auf: Nach den einleitenden Worten zur Relevanz und den Herausforderungen des Aufbaus einer Batteriezellfertigung in Deutschland (Kapitel 1) werden technologische Grundlagen sowie die spezifischen Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion beleuchtet (Kapitel 2). Anschließend folgt eine Analyse von ausgewählten Berufsfeldern, um deren Eignung für den Quereinstieg in die Batteriezellfertigung zu bewerten (Kapitel 3). Zunächst werden die Ergebnisse der Analysen im Rahmen einer Diskussion kritisch reflektiert (Kapitel 4), bevor im abschließenden Kapitel (Kapitel 5) ein allgemeines Fazit gezogen und Empfehlungen aufgezeigt werden.

2 Technologische Grundlagen und Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion

Die Bedeutung der Batteriezellfertigung in Europa bzw. Deutschland ist kaum zu überschätzen, insbesondere für die Automobilindustrie und Energiewirtschaft. Prognosen zum europäischen Bedarf an Batteriezellen zeigen, insbesondere auf Basis der Lithium-Ionen-Technologie, dass er bis zum Jahr 2030 um den Faktor 15 gegenüber dem Jahr 2020 wachsen wird (Bechberger, 2022, S. 11). Dies bedeutet laut einer Monitoring-Studie des Fraunhofer ISI „BEMA 2020 II – Begleitmaßnahme zur Förderinitiative Batterimaterialien für zukünftige elektromobile, stationäre und weitere industrierelevante Anwendungen (Batterie 2020)“, dass die Batteriezellproduktionskapazitäten in Europa um das Jahr 2030 bei bis zu 1 TWh pro Jahr liegen sollen (s. Abbildung 1).

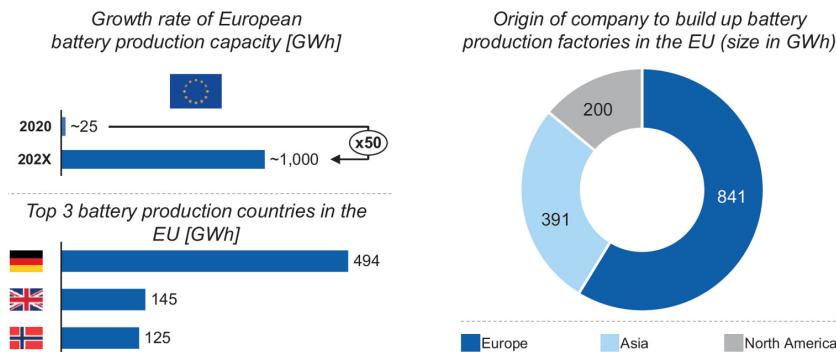


Abbildung 1: Europäisch geplante Batteriezellproduktionskapazitäten in GWh (Bockey et al. 2022)

Deutschland mit einer prognostizierten Produktionskapazität von ca. 460 GWh in 2030 bewegt sich dabei unter den Top drei Ländern in Europa (Bockey et al., 2022, S. 7). Dabei spielt der Standort der weltweit führenden Automobilhersteller eine treibende Rolle, weil Batterien als Schlüsseltechnologie für die zukünftige Elektromobilität betrachtet werden. Bislang ist Europa allerdings stark von asiatischen Zulieferern (vor allem aus China, Südkorea und Japan) abhängig. Durch den Aufbau einer eigenen Batteriezellproduktion können deutsche Automobilhersteller ihre Wertschöpfungsketten unabhängiger gestalten und sich langfristig wettbewerbsfähig halten.

Batterien sind aber nicht nur für Elektrofahrzeuge entscheidend, sondern auch für die Speicherung erneuerbarer Energien aus Wind- und Solarenergie. Durch den aktuell immer niedriger werdenden Preis von Lithium-Ionen-Batterien pro kWh steigt die Relevanz von Lithium-Ionen-Batterien auch für stationäre Systeme im Stromnetz (Statista, 2024). Nicht nur dieser Mehrbedarf rechtfertigt die lokale Fertigung, sondern auch die steigende Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen zur Beschleunigung der Energiewende in Deutschland.

Durch die Etablierung einer eigenen europäischen Batteriezellfertigung werden mehrere positive Effekte angestrebt. Einerseits bietet sich die Möglichkeit, nachhaltigere Produktionsmethoden und Recycling-Konzepte zu etablieren; andererseits können neue hochqualifizierte Arbeitsplätze in den Bereichen Chemie, Maschinenbau, Automatisierungstechnik und Softwareentwicklung geschaffen werden. Es wird davon ausgegangen, dass je GWh Batteriekapazität in etwa 40 Arbeitsplätze direkt in der Produktion von Batteriezellen und -modulen und nochmals mehr als 200 Arbeitsplätze in der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Materialien, Forschung und Entwicklung (FuE), Maschinen- und Anlagenbauer) entstehen (Thielmann et al., 2020, S. 14). Effiziente Herstellungsverfahren, innovative Materialkonzepte und automatisierte Produktionsabläufe sind essenzielle Faktoren, um die Kosten zu senken, die Qualität zu verbessern und die Nachhaltigkeit der Zellfertigung zu gewährleisten. Daher ist es von besonderer Bedeutung, die technologische Entwicklung in diesem Bereich gezielt voranzutreiben.

Der Bedarf an Fachkräften hängt entscheidend von der verwendeten Schlüsseltechnologie und dem Produktionsprozess in der Batteriezellfertigung ab. Für eine effizientere, kostengünstigere und nachhaltigere Batterieproduktion spielen folgende vier Schlüsseltechnologien eine wesentliche Rolle:

1. **Materialtechnologien:** Kathodenmaterialien (Nickel-Kobalt-Mangan, Lithium-Eisen-Phosphat oder Feststoffelektrolyte), Anodenmaterialien (Graphit, Silizium-Graphit-Mischungen, Lithium-Metall), Elektrolyte (flüssige Elektrolyte, Polymer- oder keramische Festkörperelektrolyte) und Separatoren (polyolefinbasierte Separatoren, keramisch beschichtete Separatoren)
2. **Zellchemie und Design:** Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technologie, alternative Zellchemien (Festkörperbatterien, Natrium-Ionen-Batterien), Optimierung des Zellformats (Pouch-Zellen, prismatische Zellen, zylindrische Zellen)
3. **Digitalisierung und Automatisierung:** KI-gestützte Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle, predictive Maintenance zur Minimierung von Ausfallzeiten, automatisierte Produktionssteuerung und Robotik
4. **Recycling und Nachhaltigkeit:** Direktes Recycling von Kathodenmaterialien, effiziente Rückgewinnung von Lithium, Nickel und Kobalt, energieeffiziente Fertigungsverfahren zur CO₂-Reduktion

Der Produktionsprozess gliedert sich grob in drei Phasen (Michaelis et al., 2023a):

1. Elektrodenfertigung:
 - a) Mischen und Beschichten: Auftragen der aktiven Materialien auf die Elektrodenfolie
 - b) Trocknung und Kalanderung: Optimierung der Elektrodenstruktur für bessere Leitfähigkeit
 - c) Schneiden und Formgebung: Präzises Zuschneiden der Elektrodenfolien

2. Zellassembly
 - d) Stapeln oder Wickeln: Zusammenfügen von Anode, Separator und Kathode
 - e) Elektrolytbefüllung: Einführung der Elektrolytflüssigkeit unter kontrollierten Bedingungen
 - f) Verschließen der Zelle: Versiegelung von Pouch-, prismatischen oder zylindrischen Zellen
3. Formierung und Endprüfung
 - g) Erstladung und Formierung: Aktivierung der Zellchemie durch kontrollierte Ladezyklen
 - h) Aging-Prozesse: Stabilisierung der Zellperformance durch Lagerung und zyklische Tests
 - i) Qualitätskontrolle: Endprüfung auf Kapazität, Lebensdauer und Sicherheit

Aus diesen beiden Faktoren ergeben sich einerseits die zu erwartenden Zahlen an Fachkräften für die einzelnen Produktionsschritte und andererseits die spezifischen Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte.

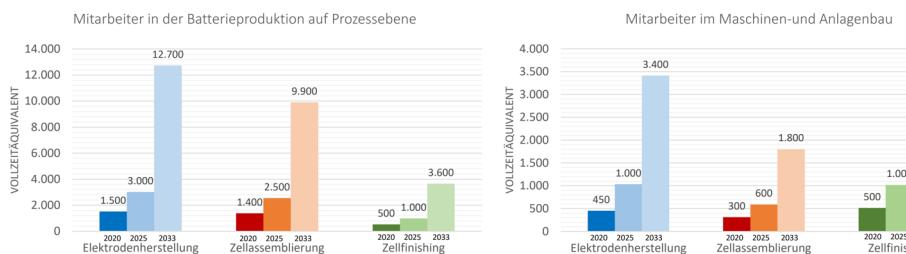


Abbildung 2: Beschäftigungsbedarf in der Batteriezellfertigung (Hettesheimer et al., 2018)

Die Abbildung 2 aus dem Kurzgutachten zu den Beschäftigungseffekten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau verdeutlicht, dass die Elektrodenherstellung und Zellassembly den höchsten Personalbedarf aufweisen, wobei dieser insbesondere in der Elektrodenherstellung bis 2033 auf das Achtfache ansteigen kann. Im Gegensatz dazu sind die Prozesse des Zellfinishings weniger personalintensiv, sodass das Wachstum hier moderater ausfällt. Zudem entstehen durch den Einsatz von Maschinen und Anlagen zusätzliche Beschäftigungseffekte, die besonders in der Elektrodenherstellung und im Zellfinishing ausgeprägt sind – Letztere erreichen bis 2030 nahezu das Niveau der direkten Produktion.

Die Qualifikationsanforderungen an die zukünftigen Beschäftigten unterliegen zusätzlich einem deutlichen Wandel. Unter der Prämisse, dass die Produktion in der Zellfertigung zunehmend automatisiert wird, sinkt der Bedarf an klassischen Mitarbeitenden in der Produktion, während gleichzeitig höher qualifizierte Fachkräfte in den Bereichen Robotik, KI, Automatisierung und Batterietechnologie stärker gefragt sind. Zudem wächst die Nachfrage nach Fachkräften, die Innovationen in Zellchemie, Materialwissenschaften und Recycling vorantreiben. Aufgrund der hohen Qualitäts-

standards in der Batterieproduktion verändern sich ebenso die Anforderungen, da moderne Technologien wie „predictive Maintenance“ und „KI-gestützte Fehlererkennung“ eine gewisse Spezialisierung erfordern.

3 Analyse relevanter Berufsfelder und ihre Eignung für die Batteriezellfertigung

Auch wenn die Herstellung von Batteriezellen ein hochkomplexer Prozess ist, der eine Vielzahl an neuen Kompetenzen erfordert wird, sind weiterhin spezifische Fähigkeiten der aktuellen Batterieproduktion gefragt. Hierbei handelt es sich nicht nur um spezifische technische Fähigkeiten, sondern auch um übergreifende Qualifikationen in den Bereichen Qualitätssicherung, Prozessverständnis und Nachhaltigkeit. Aus der Analyse bereits bestehender Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen – z. B. European Battery Alliance (EBA) ACADEMY – INNO Energy Skills Institute, über 80 Kurse, Alliance for Batteries Technology, Training and Skills (Albatts), Europäisches Lernlabor Batteriezelle (ELLB – Fraunhofer Münster), KOMBiH, QualiBat-BW – wurden 7 Kategorien und ca. 50 Schlagworte identifiziert.

Tabelle 1: Kategorienschema zur Analyse der Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellfertigung

Kategorien	Schlüsselwörter (Beispiele)
Chemische Prozesse und Materialien	Elektrolyt, Anode, Kathode, Lithium-Ionen, ...
Materialien und Werkstoffe	Metallfolien, Separator, Kunststoffverarbeitung, ...
Produktionsprozesse und Automatisierung	Automatisierungstechnik, Produktionsanlage, Beschichtungsverfahren, Trockenraumtechnik, ...
Qualitätsmanagement und Prüfung	Qualitätskontrolle, Prüfverfahren, Fehleranalyse, ...
Sicherheitsaspekte	Arbeitssicherheit, Gefahrstoffe, Explosionsschutz, ...
Technologische Kompetenzen und Elektronik	Elektrische Messungen, Ladetechnik, Sensortechnik, ...
Grundlagen in Physik und Chemie	Elektrochemie, Energie- und Leistungsdichte, ...

Für die anschließende Dokumentenanalyse wurden relevante Berufsbilder hergeleitet. Dazu wurden Ergebnisse aus bestehenden Studien als Grundlage für die Analyse herangezogen und durch gezielte Gespräche mit Experten von Northvolt und Customcells ergänzt. Folgende Studien sind verwendet worden:

- Hackel, Monika; Blötz, Ulrich; Reymers, Magret (2015): Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe: eine deskriptive Analyse zur Technologiedauerbeobachtung. Unter Mitarbeit von Ulrike Eckstein und Maren Petersen. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG (Berichte zur beruflichen Bildung).

- Hettesheimer, Tim; Thielmann, Axel; Neef, Christoph (2018). Kurzgutachten zur Beschäftigungsauswirkung einer Batteriezellproduktion in Europa: Beschäftigungseffekte und Wertschöpfungsketten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau. Im Auftrag des VDMA. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, Oktober 2018.
- Thielmann, Axel; Hettesheimer, Tim; Wietschel, Martin; Funke, Simon (2021). Battery Expert Needs: Skills and Education Needs along the Battery Value Chain – Towards 2030. Im Auftrag von EIT RawMaterials. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, März 2021.
- Arnold-Triangeli, Linda; Birner, Nadine; Busch-Heizmann, Anne; Johnsen, Doris; Kelterborn, Peggy; Maschke, Mira; Sprung, Christoph (2023). Eine Bestandsaufnahme zur Fachkräftesituation in der Batterieindustrie in Deutschland: Wie Unternehmen ihren Fachkräftebedarf durch die Förderung von Diversität sichern können. Herausgegeben von der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin, Mai 2023.

Insgesamt konnten 11 für die Batteriezellproduktion relevante Ausbildungsberufe herausgestellt und den einzelnen Produktionsschritten zugeordnet werden. Einige Ausbildungsberufe sind dabei übergreifend, d. h. dass sie in allen Prozessschritten relevant sind. Andere Berufe konnten mehreren Schritten zugeordnet werden, wie z. B. der Ausbildungsberuf des/der Chemikanten/Chemikantin (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Für die Prozessschritte der Batteriefertigung relevanten Ausbildungsberufe

Bereich	Ausbildungsberuf (schwerpunktmäßig)
Elektrodenfertigung	Chemikant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Werkstoffprüfer*in, Produktionstechnolog*in, Verfahrensmechaniker*in, Papiertechnolog*in
Zellassembly	Elektroniker*in für Automatisierungstechnik, Elektroniker*in für Betriebstechnik, Elektroniker für Geräte und Systeme
Zellfinishing	Werkstoffprüfer*in, Physiklaborant*in, Chemikant*in
Übergreifend	Maschinen- und Anlagenführer/-in, Mechatroniker*in, Fachinformatiker für Systemintegration

Die Ordnungsmittel (Ausbildungsrahmenplan und Rahmenlehrpläne) der 11 ausgewählten Ausbildungsberufe wurden in einem nächsten Schritt einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Für die computergestützte und automatische quantitative Inhaltsanalyse sind die ermittelten Begrifflichkeiten in den Diktiorär von MAXQDA überführt worden. Mit dem Diktiorär konnte das Vorkommen der Kategorien mit den jeweiligen Suchwörtern in den einzelnen Ordnungsmitteln erhoben und verglichen werden. Die Nennungshäufigkeit der Formulierungen in den einzelnen Ordnungsmitteln pro Ausbildungsberuf wurde anschließend deskriptiv ausgewertet und kategorisiert. Die Häufigkeiten wurden so bewertet, dass keine Nennung der Schlüsselwörter in

einer Kategorie als „keine Relevanz“ interpretiert wurde. Nennungen zwischen 1 und 10 wurden als „geringe Relevanz“ ausgewiesen. Und in den Kategorien, in denen mehr als 10 Nennungen gefunden wurden, sind mit „Hohe Relevanz“ ins Ergebnis einbezogen worden.

Die Tabelle 3 zeigt aus Gründen der Übersicht lediglich sechs Ausbildungsberufe, die als repräsentativ für Berufsgruppen „Chemie-“, „Elektro-“ und „Informations-technik“ stehen sollen. Es zeigt anhand einschlägiger Ausbildungsberufe, wie relevant das Thema der Batteriezellfertigung ist.

Tabelle 3: Übersicht der in der Batteriezellfertigung relevanten Qualifikationsanforderungen in ausgewählten Ausbildungsberufen

Kategorie	Fach-informatiker*in	Elektro-niker*in	Chemie-laborant*in	Papier-technolo-gie*in	Verfahrens-mechani-ker*in Be-schichtungs-technik	Maschi-nen- und Anlagen-führer*in
Chemische Prozesse	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Materialien und Werkstoffe	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Produktions-prozesse & Automatisierung	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz
Qualitätsmanagement & Prüfung	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz
Sicherheitsaspekte	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz
Technologische Kompetenzen & Elektronik	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Fertigungstechniken & Prozesse	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz
Grundlagen in Physik & Chemie	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der quantitativen Inhaltsanalyse zeigen, dass die für die Batteriezellfertigung benötigten Kompetenzen und Inhalte grundsätzlich über alle analysierten Ausbildungsordnungen hinweg abgedeckt werden. Dabei wird deutlich, dass es Ausbildung-

berufe gibt, deren Ordnungsmittel sich auf spezifische Inhalts- und Kompetenzbereiche der Zellfertigung beziehen:

- Physiklaborant*in, Chemielaborant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Verfahrensmechaniker*in Beschichtungstechnik und Werkstoffprüfer*in weisen eine hohe Relevanz in chemischen Prozessen, Materialien & Werkstoffen, Sicherheitsaspekten sowie Qualitätsmanagement auf.
- Elektroniker*in und Mechatroniker*in sind stark in den Bereichen Produktionsprozesse & Automatisierung, technologische Kompetenzen & Elektronik sowie Sicherheitsaspekte verankert. Die Automatisierung von Fertigungsprozessen wird durch diese Berufe besonders gut abgedeckt.
- Fachinformatiker*innen haben fast keine Verankerung in chemischen und physikalischen Prozessen oder Fertigungstechniken, lediglich ein geringer Bezug zur technologischen Kompetenz & Elektronik besteht. Ihre Relevanz speist sich vorrangig aus der Zukunftsperspektive, wonach sie für die Bereiche KI im Zusammenhang mit der Automatisierung stärker gefragt sein werden.
- Werkstoffprüfer*innen, Verfahrensmechaniker*innen Beschichtungstechnik und Chemielaborant*innen weisen eine hohe Bedeutung für das Qualitätsmanagement & Prüfung auf.
- Sicherheitsaspekte sind besonders in den Berufen Physiklaborant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Mechatroniker*in und Verfahrensmechaniker*in Beschichtungstechnik stark ausgeprägt, was essenziell für die sichere Handhabung von Batteriezellmaterialien ist.
- Bei den Maschinen- und Anlagenführer*in zeigt sich eine eher moderate Verankerung in Produktionsprozesse & Automatisierung, aber wenig Tiefe in relevanten Bereichen wie chemische Prozesse oder Materialwissenschaften.

Insgesamt betrachtet bieten die jetzigen Berufsbilder eine solide Grundlage für die Etablierung der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland. Allerdings gilt bei vertiefter Betrachtung der Inhaltsanalyse, dass ganz konkret spezifische Kenntnisse bzw. bestimmte Schlüsselbegriffe kaum oder gar nicht vorkommen. In den folgenden Bereichen sind für die Batteriezellproduktion spezifische Begrifflichkeiten unterrepräsentiert:

- Chemische Prozesse: Begriffe wie Elektrolyt, Anode, Kathode, Lithium-Ionen, elektrochemische Prozesse kommen fast gar nicht vor, außer in wenigen chemienahen Berufen (z. B. Chemielaborant, Produktionsfachkraft Chemie).
- Materialien und Werkstoffe: Begriffe wie Separator, Metallfolien, Elektroden sind in fast allen Berufen kaum vertreten.
- Batteriezellfertigung und spezifische Produktionsprozesse: Begriffe wie Zellmontage, Trockenraumtechnik, Batteriezellmontage, Laserschweißen, Rollenschneidverfahren tauchen in fast keinem der untersuchten Dokumente auf.
- Technologische Kompetenzen: Batterie-Management-System (BMS), Ladetechnik, Elektromobilität* werden ebenfalls selten genannt.

Für eine verstärkte Etablierung der Batteriezellfertigung in Deutschland lassen sich in Bezug auf die berufliche Bildung wiederum folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Notwendigkeit neuer Ausbildungsschwerpunkte oder Zusatzqualifikationen:
Bestehende Ausbildungen müssten stärker um Batteriezelltechnologien, Elektrochemie und Automatisierungstechnik in der Batterieproduktion ergänzt werden. Zusätzlich sollte über Kurse in Laserschweißen, Trockenraumtechnik, Elektrochemie und Zellmontage für bereits ausgebildete Fachkräfte nachgedacht werden.
- Erhöhter Schulungsbedarf für bestehende Fachkräfte: Die Zukunft der Batterietechnologie erfordert präzisere Kenntnisse in der Verarbeitung von Lithium-Ionen-Materialien, Dünnschichttechnologien, Laserschweißen und Zellmontageprozessen. Da viele Fachkräfte nicht die notwendigen Kompetenzen haben, müssten Unternehmen verstärkt auf Weiterbildungen und spezialisierte Qualifikationen setzen. Dies wird besonders relevant für Berufsbilder wie Mechatroniker*in, Elektroniker*in und Verfahrenstechnologen.
- Sofern abzusehen ist, dass die Batteriefertigung sich wirklich in Deutschland verstärkt ansiedeln wird, sollte über spezialisierte Ausbildungsberufe für Batteriezellfertigung nachgedacht werden. Mögliche neue Berufe könnten beispielsweise die „Fachkraft für Batteriezellproduktion“, der/die „Batterietechniker*in für Elektromobilität“ oder aber auch der/die Lithium-Ionen-Verfahrenstechniker*in sein.

Inwieweit gezielte Anpassungen der Ausbildungsziele und -inhalte, die Schaffung neuer Berufsbilder und verstärkte Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich sind, um Fachkräfte für die Zukunft der Batterieproduktion vorzubereiten, wird sich in den nächsten Jahren bis 2030 zeigen. Die aktuell schwierige finanzielle Lage bei Northvolt zeigt, dass die Ansiedlung europäischer Unternehmen in der Batteriezellfertigung mit vielen Herausforderungen verbunden ist. Um eine ausreichende Qualität der Produktion herzustellen, bedarf es meist langjähriger Erfahrungen, insbesondere die Herstellung des Kathodenmaterials der Lithium-Ionen-Batterie scheint eine große Produktionshürde darzustellen. China ist daher gegenwärtig durch die langjährigen Produktionserfahrungen in allen Bereichen dominierend. Die dort ansässigen Batterieproduzenten verfügen einerseits über einen technologischen Fortschritt und andererseits sind sie günstiger. Inwiefern europäische Unternehmen aufschließen können, wird sich erst langfristig zeigen. Sofern es den europäischen Akteuren gelingt, technologische Innovationen wie Festkörperbatterien zur Marktreife zu bringen oder die Trockenbeschichtung von Elektroden zu skalieren, bestehen gute Chancen, sich auf dem Batteriemarkt zu etablieren. Der Erfolg europäischer Produktionskapazitätssteigerungen hängt damit wesentlich von staatlicher Unterstützung in Forschung und Entwicklung, technologischer Innovation (z. B. Solid-State-Batterien) und einem starken industriellen Ökosystem (Maschinenbaustandort Deutschland) ab.

5 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass das bestehende Berufsbildungssystem eine solide Grundlage bietet, um den Fachkräftebedarf in der Batteriezellfertigung weitgehend zu decken. Dennoch zeigt die Analyse der Ordnungsmittel der ausgewählten Ausbildungsberufe, dass in spezifischen batterietechnologischen Bereichen Anpassungsbedarfe bestehen, wie z. B. die Integration von Verfahren zur Herstellung von Elektrolyten, die Produktion von Anoden- bzw. Kathodenmaterialien oder die Berücksichtigung der Trockenraumtechnik bzw. Batteriezellmontage etc. Die Verankerung dieser Inhalte ist eine wesentliche Voraussetzung, um die technologische Innovationskraft der Branche nachhaltig unterstützen zu können. Eine qualitativ hochwertige Produktion von Lithium-Ionen-Batterien erfordert gut ausgebildete Fachkräfte und gezielte Qualifikationsmaßnahmen. Die aktuellen Herausforderungen bei Northvolt mit den Qualitätsproblemen in der Produktion durch die hohen Ausschussraten weisen darauf hin, dass eine optimale Sicherung der Qualität nur durch spezialisierte und kompetente Fachkräfte zu bewältigen ist.

Darüber hinaus ist besonders entscheidend, politische und unternehmerische Rahmenbedingungen zu schaffen, die durch transparente Entscheidungen Planungssicherheit und Verlässlichkeit gewährleisten. Beispielsweise waren die im Jahr 2024 gemachten Kürzungen der Fördermittel für die Batterieforschung im Zuge der Streichung des Klima- und Transformationsfonds ein fatales Zeichen für alle Forschungseinrichtungen und Unternehmen, um eine langfristige Strategie verfolgen zu können. Solche Entscheidungen gefährden die Entwicklung wichtiger Zukunftstechnologien und stellen neu entwickelte Qualifizierungsmaßnahmen in Frage. Zum einen besteht nämlich weiterhin erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere im Bereich der Produktionsprozesse, wie beispielsweise der Trockenbeschichtung von Elektroden oder der Entwicklung neuer Zellchemien auf Basis innovativer Materialien wie Natrium-Ionen-Batterien oder Curved Graphene (MDR Sachsen-Anhalt, 2025). Zum anderen sind diese Neuentwicklungen für die Durchsetzung einer Technologie entscheidend und müssen früher oder später von ausgebildeten Fachkräften umgesetzt werden. Um dementsprechend auf die Bedarfe an Fachkräften zeitnah reagieren zu können, sind klare politische und unternehmerische Rahmenbedingungen eine Grundvoraussetzung. Vor diesem unsicheren Hintergrund stellt sich dann die Frage, wie die Integration neuer technologischer Innovationen in einen für die Energiewende relevanten Wirtschaftsbereich, wie z. B. die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland, durch die berufliche Bildung dennoch optimal unterstützt werden kann.

Literatur

- Bechberger, M., Gieschen, J.-H., Spreen, A., Bierau-Delpont, F., & Wolf, S. (2022). Die Bedeutung regionaler Wertschöpfungsstrukturen in der Batterieindustrie: Anknüpfungs- und Transferpotenziale für das Batterie-Ökosystem an regionale Wirtschaftsstrukturen in Deutschland und Europa. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.
- Bockey, G., Kampker, A., Dorn, B., Offermanns, C., Wennemar, S., Clever, H., Sasse, K. F., Vienkenkötter, J., Locke, M. A., Soldan Cattani, N., Kisseler, N., Michaelis, S., Schütrumpf, J. (2022). Battery atlas 2022: Shaping the European lithium-ion battery industry (Heiner Hans Heimes & Mischa Wyboris, Hrsg.). PEM of RWTH Aachen; VDMA. Fraunhofer-ISI (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung). (2022, 17. November). Batteriezellfertigung in Europa könnte sich bis 2030 verzehnfachen. [Pressemitteilung]. Verfügbar unter: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-17-Batteriezellfertigung-Verzehnfachung-2030.html>
- Generalversammlung der Vereinten Nationen. (2015). Transforming our world: The agenda 2030 for sustainable development. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 1. September 2015. A/RES/69/315. <http://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf> (zuletzt geprüft am 06.01.2017).
- Hackel, M., Blötz, U., & Reymers, M. (2015). Diffusion neuer Technologien: Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe: eine deskriptive Analyse zur Technologiedauerbeobachtung. W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG.
- Hettesheimer, T., Thielmann, A., & Neef, C. (2018). Beschäftigungseffekte und Wertschöpfungsketten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/299466>
- MDR Sachsen-Anhalt. (5. Februar 2025). Energiespeicher: Chemiepark Bitterfeld investiert in Batterie-Materialien. Verfügbar unter: <https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen-anhalt/dessau/bitterfeld/energiespeicher-chemiepark-batterie-material-104.html>
- Michaelis, S., Schütrumpf, J., Heimes, H. H., Wennemar, S., Kampker, A., Bockey, G., & Plocher, L. (2023a). Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle (4. Aufl.). PEM der RWTH Aachen; VDMA.
- Michaelis, S., Schütrumpf, J., Kampker, A., Heimes, H. H., Dorn, B., & Wennemar, S. (2023b). Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030: Update 2023. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/e847dbb9-6a0d-483c-a9bf-b7ce6611135e/details>
- QuW-LIB – Qualifikation und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltiger Lithium-Ionen-Batterien. <https://quw-lib.de/projekt/>. (Zugriff am 15.02.2025).
- Statista. (2024). Weltweite Preise für Lithium-Ionen-Akkus. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>

- Thielmann, A., Wietschel, M., Funke, S., Grimm, A., Hettesheimer, T., Langkau, S., Loibl, A., Moll, C., Neef, C., Plötz, P., Sievers, L., Tercero Espinoza, L., Edler, J. (2020). Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Verfügbar unter: <https://www.isi.fraunhofer.de>
- Vollmer, T. (2020) Energiespeicher – technische Vielfalt und aktuelle Entwicklungen. *lernen & lehren*, 140(4), S. 137–145. Online verfügbar unter <https://verlag.lernenundlehren.de/heftarchiv/>, (zuletzt geprüft am 15.02.2025).

Arbeitsprozesse in der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien: Modellierung für die Entwicklung kompetenzorientierter Qualifikationen

ANNA KATHRIN GERHARDUS; JULE MARIE DRESSEN; SOEREN ROESGES; MARTIN FRENZ

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt die Erhebung von Arbeitsprozessen entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien dar und zeigt, wie diese modelliert und als Grundlage zu entwickelnder Qualifikationsangebote interpretiert werden können. Zur Erhebung wurden leitfadengestützte Experteninterviews in verschiedenen Unternehmen geführt und es wurden Arbeitsschritte, verantwortliche Personen sowie benötigte Materialien und Dokumente erfasst. Auf Basis dieser Daten werden Arbeitsprozesse der Batteriewertschöpfungskette modelliert. Die Arbeitsprozesse bilden eine Grundlage für die Entwicklung von Qualifikationsangeboten.

Abstract

In the article, work processes along the value chain of lithium-ion batteries were collected, modeled and interpreted as the basis for qualification opportunities to be developed. Guideline-based expert interviews were conducted in various companies and work steps, responsible persons and required materials and documents were recorded. Based on this data, work processes of the battery value chain were modeled. The work processes form a basis for the development of qualification offerings.

Schlagworte: Arbeitsprozesse, Qualifizierung, Batteriewertschöpfungskette

1 Einleitung

Die aktuelle Klimakrise ist ein zentrales Problem. Maßgeblich für die Erwärmung der Erde ist die Nutzung fossiler Brennstoffe (Schrader, 2023). Daher sollen Emissionen gemindert werden, um einer weiteren Erwärmung und deren schädlichen Folgen für den Planeten entgegenzuwirken. Deutschland und seine Kommunen stellen sich dieser Forderung unter anderem durch den Ausstieg aus der Energiegewinnung durch Braunkohle (KVBG, 2020). Der Ausbau erneuerbarer Energien und damit einhergehend der Umstieg zur Elektromobilität unterstützt aktiv die Emissionsreduktion. Die davon betroffene Automobilindustrie befindet sich in einem umfassenden Transformationspro-

zess vom Verbrennungsmotor hin zum elektrischen Antrieb (Clausen et al., 2022). Um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, entstehen in Deutschland immer mehr Standorte zur Batterieherstellung (ebd.).

Durch diese grundlegenden Veränderungen entstehen neue Arbeitsfelder gewerblich-technischer Berufe, welche neue Fachkompetenzen erfordern (Czernich et al., 2021; Falck et al., 2021). Dadurch ist es notwendig, nicht ausschließlich in der Ausbildung die neuen Kompetenzen zu fördern, sondern auch bestehende Fachkräfte weiterzubilden. Diese Maßnahmen dienen dazu, genügend qualifizierte Fachkräfte für die aufstrebende Batteriebranche zu gewinnen. Vor dem Hintergrund der Wettbewerbsfähigkeit und des Potenzials zukunftsfähiger Arbeitsplätze hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Jahr 2023 sein Programm zur „Förderung von Qualifizierungsmaßnahmen für die Batteriezellfertigung“ bekannt gegeben. Mithilfe dieses Programms sollen Innovationen, Entwicklungen sowie Qualifikationsmaßnahmen vorangetrieben werden, um den Ausbau von Entwicklungs- und Fertigungskompetenzen entlang der Batteriewertschöpfungskette zu unterstützen (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023).

Um ebendiese Qualifikationsmaßnahmen entwickeln zu können, sind Arbeitsprozessanalysen, wie in Kapitel 2 erläutert, entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien notwendig. Diese dienen als Grundlage der Erhebung des Qualifikationsbedarfs von Fachkräften der Batterieproduktion. Hierzu wurden leitfadengestützte Experteninterviews (Abschnitt 3.1) durchgeführt und basierend auf den dadurch erhobenen Daten werden Arbeitsprozesse der Batteriewertschöpfungskette modelliert (Abschnitt 3.2). Diese Prozesse werden abschließend interpretiert (Kapitel 4).

2 Arbeitsprozessorientierung

Ein Arbeitsprozess im Produktionskontext ist ein organisierter Handlungsablauf, bei dem Menschen als Arbeitskräfte unter Einsatz von Produktions- und Betriebsmitteln sowie Werkstoffen Sachgüter erzeugen (Hartmann, 2005). Arbeitsprozesse lassen sich in vier Prozessebenen unterteilen (vgl. Abbildung 1).

Auf der obersten Ebene befindet sich der Geschäftsprozess. Dieser umfasst alle wirtschaftlichen und technischen Prozesse (Scheer et al., 1997) und beinhaltet das fertige Produkt als Output (Gerboth, 2002). In der Batteriewertschöpfungskette könnte dies beispielhaft die Komponentenherstellung für Lithium-Ionen-Batterien sein. Der Geschäftsprozess lässt sich auf mehrere Hauptprozesse aufteilen, die stückweise zum angestrebten Output führen. In der Komponentenherstellung wäre einer der Hauptprozesse die Herstellung einer Elektrodenfolie. Hauptprozesse bündeln strukturähnliche Teilprozesse, welche einen sachlogischen Ablauf beschreiben. Im Beispiel würde dies die Herstellung einer Materialmischung für die Elektrodenfolie des Hauptprozesses sein. Die Teilprozesse beinhalten als unterste Ebene konkrete Tätigkeiten, welche

faktisches Handeln von Fachkräften abbilden (Dorner, 2014). Für die Herstellung der Materialmischung wären dies Handlungen wie das Einwiegen des Materials, das Vermischen des Materials und das Evakuieren der Mischung.

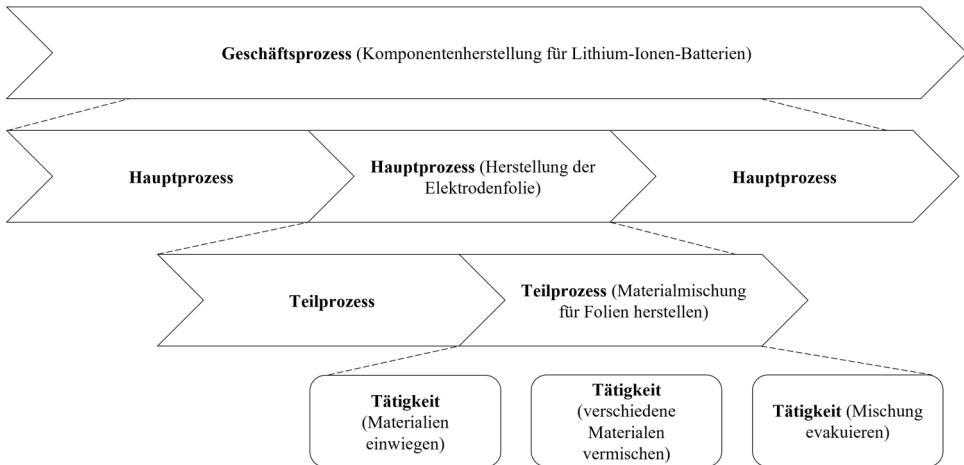


Abbildung 1: Arbeitsprozessmodell (Becker et al., 2019; Dorner, 2014)

3 Datenerhebung im Rahmen der Arbeitsprozessanalysen

Das Forschungsziel ist die Beschreibung der Arbeitsprozesse der Wertschöpfungskette einer Lithium-Ionen-Batterie in allen fünf Wertschöpfungsphasen, welche als Grundlage zur Ermittlung des Qualifikationsbedarfs von Fachkräften in der Batteriebranche dienen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden zwei zentrale Forschungsfragen formuliert: Welche Arbeitsprozesse lassen sich innerhalb der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien identifizieren und wie können diese differenziert beschrieben werden? (FF 1) Welche Fachkräfte arbeiten in den Phasen der Wertschöpfungskette? (FF 2)

Die Arbeitsprozesse im Ökosystem Batterie verlaufen entlang der Wertschöpfungskette einer Lithium-Ionen-Batterie und teilen sich in fünf Phasen auf. Jede Phase beinhaltet mehrere Geschäftsprozesse. Wie in Abbildung 2 dargestellt, beginnt die Wertschöpfungskette mit dem Prozess der Materialgewinnung.



Abbildung 2: Wertschöpfungskette einer Lithium-Ionen-Batterie (Quelle: eigene Abbildung)

Darauf folgt die Herstellung der Komponenten und der Zusammenbau von Batteriezellen. Der letzte Herstellungsschritt vor der Nutzung der Batterie ist das Zusammensetzen der Zellen zu Modulen und Batteriesystemen. Am Ende der Batterienutzung folgt das Recycling und gegebenenfalls die Zweitnutzung der Batterie.

3.1 Leitfadengestützte Experteninterviews

Um die Arbeitsprozesse der Batteriewertschöpfungskette systematisch zu beschreiben, sind Arbeitsprozessanalysen und eine anschließende Modellierung der Prozesse notwendig. Die Arbeitsprozessanalysen werden durch leitfadengestützte Experteninterviews (Becker & Spöttl, 2008) und Beobachtungen in Unternehmen durchgeführt. Die Experteninterviews wurden systematisch durch einen Leitfaden strukturiert. Dieser beinhaltet u. a. Fragen bezüglich (1) der Position der befragten Personen im Unternehmen, (2) der Aktivität des Unternehmens in der Wertschöpfungskette, (3) der Fertigung und Produktion sowie (4) Fragen danach, wie gefertigt/produziert wird (durch Menschen oder Maschine). Neben den Experteninterviews haben, sofern es möglich war, Beobachtungen in den Unternehmen stattgefunden. Diese wurden in Anlehnung an (Klaflke & Päplow, 2020) mittels bestimmter Fragestellungen strukturiert.

Die Auswahl der in den Studien einbezogenen Unternehmen ergab sich aufgrund des Projektkontextes. So wurden Forschungseinrichtungen und Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien in Bayern und der näheren Umgebung ausgewählt. Insgesamt hat sich folgendes Sample ergeben:

Tabelle 1: Sample für Arbeitsprozessanalysen in der Wertschöpfungskette einer Lithium-Ionen-Batterie

Wertschöpfungsphase	Name der Einrichtung	Unternehmen/ Forschungseinrichtung
Komponente	Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV	Forschungseinrichtung
Material	Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC	Forschungseinrichtung
Zelle	IWB der Technischen Universität München	Forschungseinrichtung
	TZE der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut	Forschungseinrichtung
	BMZ Holding GmbH	Unternehmen
	GROB-WERKE GmbH & Co. KG	Unternehmen
Modul und Systeme	BayBatt der Universität Bayreuth	Forschungseinrichtung
	Technologietransferzentrum Elektromobilität (TTZ-EMO) der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt	Forschungseinrichtung
	Rolls-Royce Power Systems AG	Unternehmen
	BMW Group	Unternehmen

(Fortsetzung Tabelle 1)

Wertschöpfungsphase	Name der Einrichtung	Unternehmen/ Forschungseinrichtung
Recycling & Zweitnutzung	Technologietransferzentrum Elektromobilität (TTZ-EMO) der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt	Forschungseinrichtung
	Voltfang	Unternehmen

3.2 Arbeitsprozessmodellierung

Zur Modellierung der Arbeitsprozesse der Batteriewertschöpfungskette wird die Modellierungssprache „erweiterte ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK)“ genutzt. Sie ermöglicht eine zeitlich-logische Darstellung von Handlungsabläufen und die Darstellung von Bedingungen, Entscheidungsoperatoren, Organisationseinheiten und Informationsobjekten (Scheer et al., 1997).

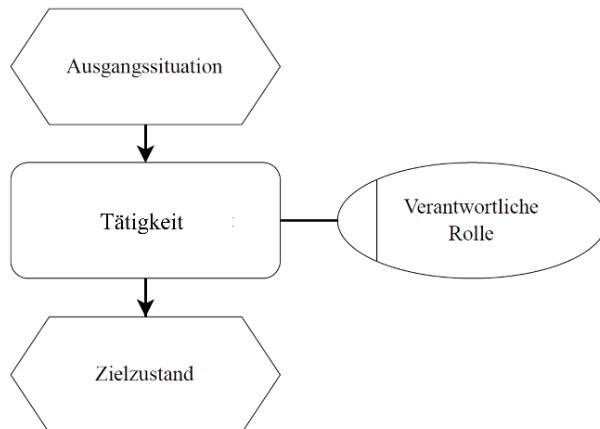


Abbildung 3: Erweiterte ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) (Quelle: eigene Abbildung)

Hierzu werden die Geschäftsprozesse und dazugehörigen Hauptprozesse der einzelnen Wertschöpfungsphasen als getrennte Prozessabläufe modelliert. Die Teilprozesse setzen sich aus mehreren Tätigkeiten zusammen. Diese werden immer durch eine Ausgangssituation eingeleitet und durch einen Zielzustand abgeschlossen (vgl. Abbildung 3). Der Zielzustand dient gegebenenfalls als Ausgangssituation einer neuen Tätigkeit. Jeder Tätigkeit werden zudem verantwortliche Rollen und gegebenenfalls Informationsobjekte zugeordnet. Diese Prozessobjekte lassen sich durch die folgenden Fragen aus den Experteninterviews ermitteln: Wodurch wurde der Prozess initiiert? (Ausgangssituation), Welche Tätigkeiten werden ausgeführt? (Tätigkeit), Wer ist verantwortlich? (verantwortliche Rolle), Wie wird der Prozess beendet? (Zielzustand)

4 Ergebnisse

Es wurden Arbeitsprozesserhebungen und -modellierungen entlang der fünf Phasen der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien durchgeführt. Im Folgenden werden ausgewählte Ausschnitte der Arbeitsprozesse vorgestellt. Die jeweiligen Ausschnitte wurden ausgewählt, da sie Besonderheiten der jeweiligen Wertschöpfungsphase repräsentieren. Die Phasen Komponente und Zelle wurden aufgrund ihrer ähnlichen Merkmale zusammengefasst.

Wertschöpfungsphasenübergreifend lässt sich feststellen, dass in den erhobenen Arbeitsprozessen eine Arbeitsaufteilung zwischen planenden, ausführenden sowie prüfenden Tätigkeiten erkennbar ist. Ausführende Tätigkeiten sind zum Beispiel die Montage von Bauteilen, Systemchecks oder die Bedienung automatisierter Anlagen. Diese werden überwiegend von Fachkräften mit Berufsausbildung übernommen. Planende und prüfende Aufgaben beinhalten unter anderem die Entwicklung und Koordination von Produktionsabläufen, die Qualitätssicherung sowie sicherheitsrelevante Prüfungen. In diesem Tätigkeitsbereich finden sich überwiegend Fachkräfte, welche einen Hochschulabschluss im technischen Bereich haben.

Material: In der Wertschöpfungsphase Material zeigt sich, dass insbesondere Fachkräfte aus dem Bereich der Chemietechnik eine zentrale Rolle einnehmen. Die Branche der Materialproduktion ist durch einen hohen Automatisierungsgrad geprägt und hat nur eine begrenzte Anzahl von Produktionsstandorten innerhalb Deutschlands. Zu den Fachkräften dieses Wertschöpfungsbereichs zählen Chemielaborant:innen sowie Ingenieur:innen. Wie in Abbildung 4 dargestellt, werden zahlreiche Teilprozesse und deren Tätigkeiten in der Materialproduktion sowohl von Fachkräften mit technischem Hochschulabschluss, wie beispielsweise Ingenieur:innen, als auch von Fachkräften mit beruflicher Ausbildung, etwa Chemielaborant:innen, ausgeführt.

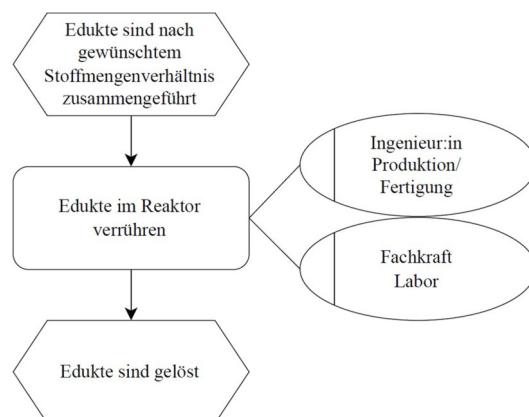


Abbildung 4: Batteriewertschöpfungskette – Material (Quelle: eigene Abbildung)

Komponenten und Zelle: In den Wertschöpfungsphasen „Komponenten“ und „Zelle“ wird deutlich, dass zahlreiche Arbeitsprozesse sowohl von Fachkräften aus dem Bereich Metall als auch aus dem Bereich Elektrotechnik ausgeführt werden können. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesen Phasen häufig Produktionsanlagen bedient werden müssen, wofür Fachkompetenzen erforderlich sind, die sowohl Fachkräfte der Metalltechnik als auch Elektroniker:innen aufweisen. Darüber hinaus sind in beiden Phasen zahlreiche Produktionsingenieur:innen tätig, die unter anderem die Überwachung und Optimierung der Prozesse übernehmen (vgl. Abbildung 5).

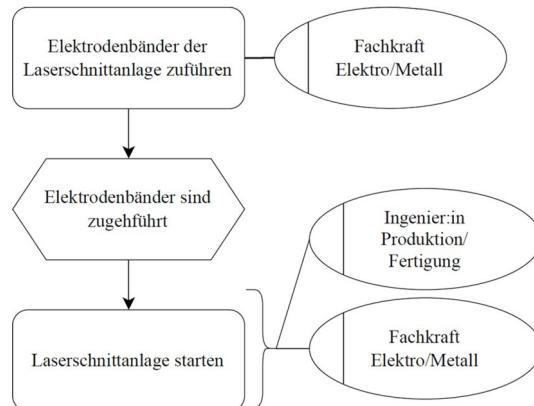


Abbildung 5: Batteriewertschöpfungskette – Komponenten und Zelle (Quelle: eigene Abbildung)

Modul und System: Im Wertschöpfungsschritt Modul und System liegt der Schwerpunkt bei Fachkräften der Elektrotechnik. Für die Arbeit in diesem Fachgebiet sind häufig Hochvoltschulungen erforderlich, da hier zum Beispiel Batteriemodule für Fahrzeuge zusammengebaut werden, welche sich im Bereich von 400 Volt Hochspannung befinden. Die Arbeitsprozesse in dieser Phase umfassen sowohl hochautomatisierte Prozesse als auch handwerkliche Tätigkeiten, wie beispielsweise das in Abbildung 6 gezeigte Kontaktfahnenverbinden. Dies kann je nach Batterie durch verschiedene Verfahren, wie Laserschweißen, Crimpen oder Verschrauben, geschehen. Hierzu müssen die Fachkräfte ein breites Spektrum an Kompetenzen aus dem elektrotechnischen sowie mechanischen Bereich aufweisen.

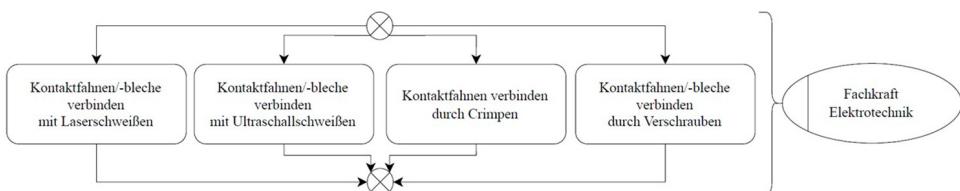


Abbildung 6: Batteriewertschöpfungskette – Modul und System (Quelle: eigene Abbildung)

Recycling und Zweitnutzung: Diese Wertschöpfungsphase der Lithium-Ionen-Batterien ist noch im Aufbau und zeichnet sich besonders durch eine große Start-up-Szene aus. In diesem Gebiet sind überwiegend ungelerte Personen oder Fachkräfte mit Fortbildungen tätig. Die Aufgaben bestehen größtenteils aus handwerklichen Tätigkeiten, die sich auf die Demontage von Modulen und Batteriesystemen konzentrieren (vgl. Abbildung 7). Der größte Bereich beschäftigt sich mit der Zweitnutzung von Batteriesystemen, wohingegen das Materialrecycling noch Forschungsgegenstand ist und derzeit keine Aussage über beteiligte Fachkräfte getätigt werden kann.

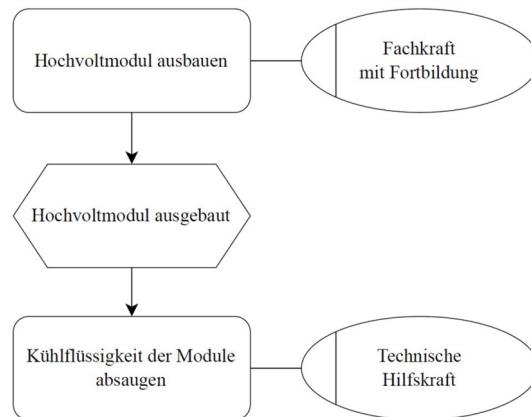


Abbildung 7: Batteriewertschöpfungskette – Recycling und Zweitnutzung (Quelle: eigene Abbildung)

Aus den Arbeitsprozessaufnahmen geht hervor, dass Fachkräfte, die in der Batteriewertschöpfungskette tätig sind, sich in zwei Kategorien einteilen lassen: ausgebildete Fachkräfte (aus den Berufsfeldern Elektro- und Informationstechnik und Metalltechnik) sowie ungelerte Fachkräfte mit Fortbildung. Damit lässt sich die zweite Forschungsfrage beantworten: Welche Fachkräfte arbeiten in den Phasen der Wertschöpfungskette?

Tabelle 2: Fachkräfte der Batteriewertschöpfungskette, sortiert nach Phase

	Phasen der Batteriewertschöpfungskette				
	Material	Komponenten	Zelle	Modul und Systeme	Recycling und Zweitnutzung
Fachkräfte	Fachkraft Metalltechnik	Fachkraft Metalltechnik	Fachkraft Metalltechnik	Fachkraft Metalltechnik	Fachkraft Metalltechnik
	Ingenieur:in (Produktion, Fertigung)	Ingenieur:in (Produktion, Fertigung, Qualität, Werkstoff, Chemie)	Ingenieur:in (Produktion, Fertigung, Metalltechnik)	Ingenieur:in (Produktion, Fertigung, Elektro, Metall)	Fachkraft Elektrotechnik

(Fortsetzung Tabelle 2)

	Phasen der Batteriewertschöpfungskette				
	Material	Komponenten	Zelle	Modul und Systeme	Recycling und Zweitnutzung
Fachkraft Labor	Fachkraft Labor	Fachkraft Elektrotechnik	Fachkraft Elektrotechnik	Fachkraft mit Fortbildung	Technische Hilfskraft
	Verfahrenstechniker:in	Mechatroniker:in	Fachkraft Logistik		
	Fachkraft Werkstoff/ Chemie	Feinwerkmechaniker:in	Oberflächentechniker:in		
		Fügetechniker:in	Fachkraft Informatik		

Je nach Wertschöpfungsphase lassen sich Schwerpunkte in den verschiedenen Zielgruppenbereichen erkennen(vgl. Tabelle 2). Die Phase Material konzentriert sich auf Fachkräfte des Bereichs Produktion/Fertigung (Laborassistent:innen, Prozessingenieur:innen etc.). Die Wertschöpfungsphasen Zelle, Komponenten und Modul und System decken den Bereich Elektro-/Informationstechnik sowie Metalltechnik ab. Die Wertschöpfungsphase Recycling und Zweitnutzung besteht hauptsächlich aus ungelehrten Fachkräften mit Fortbildung/Qualifizierung.

5 Fazit

Im Kontext dieser Arbeit wurden qualitative Studien in Form von Experteninterviews und durch Beobachtungen durchgeführt, um Arbeitsprozesse entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien zu identifizieren. So konnten fachliche Tätigkeiten in der Prozesskette erhoben und zu Fachkräften zugeordnet werden. Die erhobenen Arbeitsprozesse wurden mit der erweiterten Ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK) modelliert. Sie stellen den arbeitstechnischen Gesamtzusammenhang von Fachkräften und deren Tätigkeiten dar. Besonderheiten und Schwerpunkte der Arbeitsprozesse in den verschiedenen Wertschöpfungsphasen wurden dargestellt. Auf Basis dieser Aufnahmen wurden am Prozess beteiligte Fachkräfte und deren Fachbereiche erfasst. Die modellierten Prozesse dienen zukünftig als Grundlage zur Konzeption der Qualifizierungsmaßnahmen.

Neben der qualitativen Forschung sollten in weiteren Schritten sowohl quantitative Studien folgen, welche den Qualifizierungsbedarf ermitteln, als auch Marktstudien, welche aufführen, welche Qualifizierungsangebote bereits existieren, um daraus abzuleiten, welche Qualifizierungen neu entwickelt werden müssen. So sollten bei der Entwicklung neuer Qualifizierungen diese ausgerichtet sein auf den Qualifizierungsbedarf, insbesondere hinsichtlich der Zielgruppe, als auch auf die Qualifizierungslücken.

Literatur

- Becker, M., Frenz, M., Jenewein, K., & Schenk, M. (2019). Digitalisierung und Fachkräfte- sicherung: Herausforderung für die gewerblich-technischen Wissenschaften und ihre Didaktiken (Bd. 53). wbv Publikation. <https://doi.org/10.3278/6004711w>
- Becker, M., & Spöttl, G. (2008). Berufswissenschaftliche Forschung: Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis (1. Aufl.). Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeits- welt: Bd. 2. Lang.
- Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung (Kohleverstromungs- beendigungsgesetz – KV BG). (2020). https://www.gesetze-im-internet.de/kvbg/BJNR_181810020.html#BJNR181810020BJNG000500000
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2023). Habeck: „Wir stärken die duale Ausbildung in Kohleausstiegsregionen und investieren in Zukunftsberufe“: BMWK stellt 16 Millionen EUR für Ausbildungscluster bereit [Pressemitteilung].
- Clausen, J., Grimm, A., & Pfaff, M. (2022). Die erfolgreiche Transformation der Automobilbranche. Working Paper Forschungsförderung (253). <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/263987/1/1815179325.pdf>
- Czernich, N., Falck, O., Erer, M., Keveloh, K., & Muineacháin, S. Ó. (2021). Transformation in der Automobilindustrie – welche Kompetenzen sind gefragt? ifo Schnelldienst digital (12). <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2021-digital-12-czernich-etal-kompetenzen-autoindustrie.pdf>
- Dorner, M. (2014). Das Produktivitätsmanagement des Industrial Engineering unter besonderer Betrachtung der Arbeitsproduktivität und der indirekten Bereiche. <https://doi.org/10.5445/IR/1000040407>
- Falck, O., Czernich, N., & Koenen, J. (2021). Auswirkungen der vermehrten Produktion elektrisch betriebener Pkw auf die Beschäftigung in Deutschland. Studie im Auftrag des Verbands der Automobilindustrie (VDA) (ifo Studie). https://www.ifo.de/DocDL/ifoStudie-2021_Elektromobilität-Beschäftigung.pdf
- Gerboth, T. (2002). Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen im Rahmen eines ganzheitlichen Prozesscontrollings [Dissertation]. Technische Universität Berlin, Berlin. <https://d-nb.info/963872001/34>
- Hartmann, E. A. (2005). Arbeitssysteme und Arbeitsprozesse. Mensch – Technik – Organisation: Bd. 39. vdf Hochschulverl. an der ETH.
- Klaffke, H., & Päplow, V. (2020). Handreichung Arbeitsprozessanalyse. <https://doi.org/10.15480/882.2981>
- Scheer, A. W., Nüttgens, M., & Zimmermann, V. (1997). Objektorientierte Ereignisgesteuerte Prozeßkette (oEPK): Methode und Anwendung. Universität des Saarlandes, Saarbrücken. https://www.uni-saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/loos/ALT/IWi_Hefte/IWi_Heft_141.pdf
- Schrader, C. (2023). Klimawandel – die gestörte Balance. bpb.de/themen/klimawandel/dossier-klimawandel/517115/klimawandel-die-gestoerte-balance/

Qualifizierungen im Ökosystem von Lithium-Ionen-Batterien: Evaluation des Lerntransfers in unterschiedlichen Qualifizierungskonzepten

JULE MARIE DRESSEN; SOEREN ROESGES; MATTIA LISA MÜLLER; MARTIN FRENZ

Zusammenfassung

Durch Qualifizierungen sollen Beschäftigte gewerblich-technischer Berufsfelder ihre Kompetenzen in der Batteriefertigung verbessern. Im Projekt B³ – Batterie Bildungsnetzwerk Bayern bestehen die Weiterbildungen aus Lerneinheiten durch qualifizierte Trainer:innen sowie aus Selbstlernphasen und Lernmaterialien. Anhand der Messung des Lerntransfers wird geprüft, ob Fähigkeiten und Wissen in den beruflichen Kontext übertragen werden. Die Transferevaluation dient zur Überprüfung, ob die angestrebten Ziele erreicht wurden und liefert gleichzeitig Ansätze zur Verbesserung der Qualifizierungsmaßnahme. Hierzu wird im folgenden Beitrag ein Instrument vorgestellt, welches zur Messung des Lerntransfers von unterschiedlichen Qualifizierungen verwendet werden kann. Ziel ist die Überprüfung, dass die angebotenen Qualifizierungen transferförderlich sind und einen Mehrwert bieten. Schließlich können die Ergebnisse dazu beitragen, zukünftige Qualifizierungsmaßnahmen durch die Anpassung der Formate zu optimieren. Hinsichtlich der Qualifizierung von Fachkräften gewerblich-technischer Berufe kann das angewendete Evaluationskonzept in seinen Grundzügen generalisierbar übertragen werden.

Abstract

Employees in industrial and technical professions are to improve their skills in cell and battery production through customised qualifications. In the B³ – Battery Education Network Bavaria project, the training programmes consist of learning units taught by qualified trainers as well as self-learning phases and learning materials. By means of the professional qualifications, the learning transfer checks whether skills and knowledge are transferred to the professional context. The transfer evaluation makes it possible to prove that the intended goals have been achieved and at the same time provides approaches for improving the training programme. To this end, the following article presents an instrument that can be used to measure the learning transfer of a wide range of training programmes. Aim is to prove that the training programmes offered are conducive to transfer and offer added value. Ultimately, the results can help to op-

timise future training measures by adapting the formats. With regard to the qualification of skilled workers in industrial and technical occupations, the basic features of the evaluation concept used can be generalised.

Schlagworte: Lerntransfer, Transferevaluation, Qualifizierung

1 Einführung

Ziel ist es, durch Qualifizierungsmaßnahmen die Kompetenzen von Beschäftigten gewerblich-technischer Berufsfelder in der Batteriefertigung gezielt zu verbessern. Dabei wird im Projekt B³ – Batterie Bildungsnetzwerk Bayern ein umfassendes Weiterbildungsangebot umgesetzt. Mittels einer Transferevaluation werden die Qualifizierungsangebote begleitet und geprüft, ob ein Lerntransfer stattfindet und transferierte Kenntnisse in den beruflichen Kontext übertragen werden. Dieser Beitrag stellt ein Konzept zur Messung des Lerntransfers vor, welches für drei verschiedene Qualifizierungsmaßnahmen angewendet wurde.

Hierzu wird erörtert, welche Ziele die Messung des Lerntransfers in der beruflichen Weiterbildung verfolgt und wie Transferevaluationen konzipiert sind. Darauffolgend wird der konkrete Evaluationsgegenstand im Projekt B³ vorgestellt. Dabei werden zunächst die drei unterschiedlichen Qualifizierungskonzepte dargestellt. Schließlich folgt die Darlegung der Entwicklung und Anwendung eines spezifischen Instruments zur Messung des Lerntransfers für die drei unterschiedlichen Qualifizierungskonzepte.

2 Transferevaluation in der beruflichen Weiterbildung

Mittels einer Transferevaluation wird geprüft, ob die Lernziele von Weiterbildungsangeboten erreicht und entsprechende Kompetenzen entwickelt wurden. Die Ergebnisse können dazu beitragen, zukünftige Qualifizierungen durch die Anpassung der Formate zu optimieren (Wißhak, 2022, S. 70).

Innerhalb der beruflichen Weiterbildung gelten Transferevaluationen als zentrales Instrument zur Messung des Lerntransfers (Wißhak, 2022, S. 70). Transfer meint in diesem Kontext, „[...] dass Teilnehmende das in einer Weiterbildungsmaßnahme erworbene Wissen und Können erfolgreich und langfristig in ihrem Arbeitsalltag anwenden“ (Wißhak, 2022, S. 70). Dies liegt zum einen im Interesse der Teilnehmenden und zum anderen im Interesse der Unternehmen, für die direkte und indirekte Kosten für Weiterbildungen anfallen. Es können Trainingsmerkmale sowie Methoden und Befunde über die Qualitätssicherung erhoben werden, um die Kosten zu rechtfertigen (Hochholdinger et al., 2008, S. 13; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006, S. 19).

Baldwin & Ford (1988) entwickelten ein Modell zur Messung des Qualifizierungstransfers. In diesem sowie auch in Anlehnung an Broad & Newstrom (1984) wird Trainingstransfer als das Maß, in dem im Training Gelerntes auf den Job übertragen wird,

definiert. Dabei werden zwei Bestandteile hervorgehoben: (1) die *Generalisierung* auf den beruflichen Kontext sowie (2) die *Aufrechterhaltung* über längere Zeit (Baldwin & Ford, 1988, S. 65). An das von Baldwin & Ford (1988) entwickelte Modell knüpften viele weitere Forscher:innen an, wobei das einheitliche Verfahren zur Erfassung von individuellen, trainings- und arbeitsumfeldbezogenen Faktoren in nahezu allen Studien zum Trainingstransfer genutzt wird (Hagemann & Kluge, 2014; Hochholdinger et al., 2008; Kauffeld & Grohmann, 2013; Wang & Wilcox, 2006).

Das von Baldwin und Ford entwickelte Modell des Transferprozesses beinhaltet folgende Punkte:

1. Erstens den **Trainingsinput**, bestehend aus den Merkmalen der Teilnehmer:innen, den Maßnahmenmerkmalen sowie der Arbeitsumgebung.
2. Zweitens den **Trainingsoutput**, welcher sich auf das Lernen und Behalten bezieht. Beide beeinflussen den Transfer sowohl direkt als auch indirekt.
3. Die Lernergebnisse und deren nachhaltiger Erhalt stellen eine direkte Auswirkung dar und sind drittens die **Bedingung für den Transfer**.

Die Merkmale der Lernenden (Teilnehmende der Qualifizierungsmaßnahmen) sowie des Arbeitsumfeldes wirken sich direkt auf den Transfer aus, unabhängig vom anfänglichen Lernen während der Qualifizierungsmaßnahme oder dem Behalten des Lernmaterials (Baldwin & Ford, 1988, 64–65). Die Ergebnisse des Trainingsoutputs werden zwar als direkt beeinflusst angesehen, jedoch wirken sie sich durch Ausbildungsgestaltung, Merkmale der Lernenden sowie Merkmale des Arbeitsumfelds indirekt auf den Transfer aus.

Die Transferevaluation verfolgt zwei spezifische Ziele: (1) Der Transfer soll erklärbar werden und (2) es sollen zukünftige Qualifizierungen optimiert werden. Hierzu werden drei Fragebögen erstellt, welche zu unterschiedlichen Messzeitpunkten von den Teilnehmenden der Qualifizierungen ausgefüllt werden (vgl. Abbildung 1):

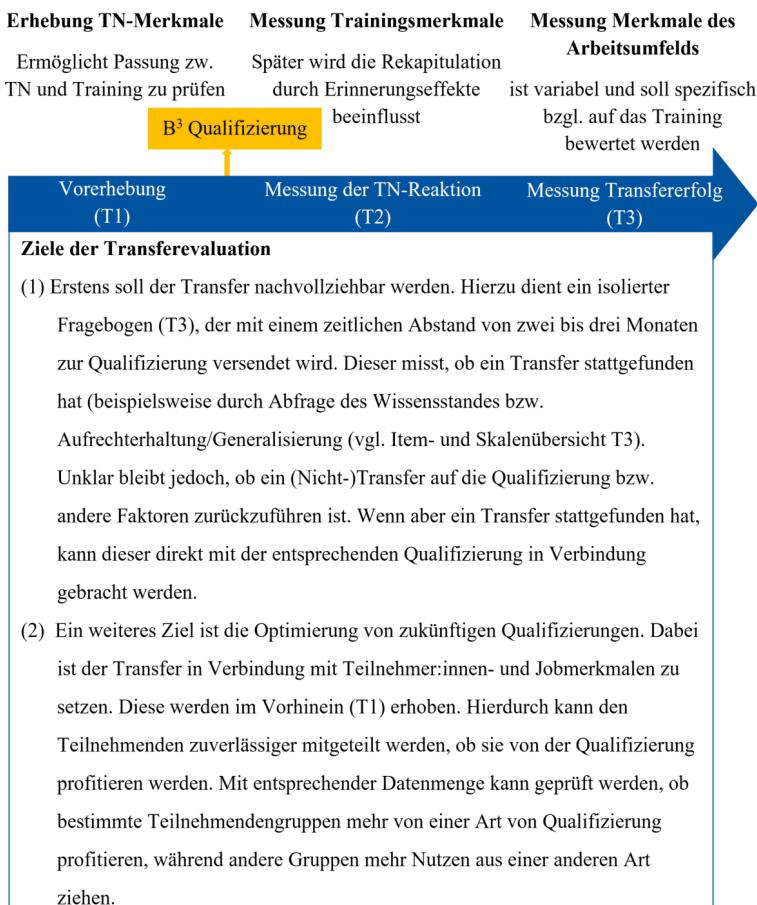


Abbildung 1: Ablauf und Ziele der Transferevaluation (Quelle: Eigene Darstellung nach Scharpf, 1999)

Zur differenzierten Bewertung des Transfers wurden passend zu Scharpf (1999) Minimalanforderung drei Messzeitpunkte gewählt. Die verschiedenen Messzeitpunkte haben zum Ziel, den Wissensstand vorab zu messen und im Verlauf zu verfolgen. Somit finden die Messungen direkt vor der Qualifizierung, direkt danach und zwei bis drei Monate nach Ende der Qualifizierung im Arbeitsalltag statt (vgl. Abbildung 2). Durch die Erfassung weiterer Merkmale neben den Qualifizierungsmerkmalen kann das Ausmaß eines möglichen (Nicht-)Transfers nicht nur durch die direkt beeinflussbare Qualifizierungsqualität, sondern auch durch alternative Möglichkeiten (Persönlichkeitsmerkmale der Teilnehmenden, Arbeitsumfeld) erklärt werden (Baldwin & Ford, 1988, S. 64). Indem die selbsteingeschätzten Kenntnisse und Fähigkeiten zu den behandelten Themen zu jedem Messzeitpunkt erhoben wurden, kann der Lernverlauf rekonstruiert werden (Gessler, 2012). Somit ist es möglich zu prüfen, ob eine Qualifizierungsmaßnahme zu einem subjektiv wahrgenommenen Zuwachs an Kenntnissen

und Fähigkeiten führt und ob diese von den Teilnehmenden über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden. Zudem kann der Kenntnisverlauf als möglicher Erklärungsfaktor herangezogen werden. Dabei misst T1 insbesondere den Wissensstand und individuelle Merkmale, T2 den Wissensstand, die Transferförderlichkeit sowie die Transfer-Intention und T3 den Wissensstand, die Aufrechterhaltung und Generalisierung und das Jobumfeld. Zentral ist die Messung des Transfers: Zum dritten Zeitpunkt werden nicht nur die subjektiven Kenntnisse und Fähigkeiten abgefragt, sondern auch, ob die entwickelten Kenntnisse und Fähigkeiten in das Arbeitsumfeld transferiert wurden. Ob das Gelernte 1:1 übertragen werden kann oder modifiziert werden muss, hängt von der Passung zwischen dem Arbeitsalltag und Gelerntem ab. Es wird dabei zwischen Nahtransfer (das Gelernte muss geringfügig angepasst werden) und Ferntransfer (das Gelernte muss modifiziert werden) unterschieden.

Es ist festzuhalten, dass begleitende Evaluationen den Erklärungswert der Transferevaluation erhöhen.

3 Evaluationsgegenstand

Durch Qualifizierungen sollen beschäftigte Fachkräfte der Batteriebranche ihre Kompetenzen in der Batteriefertigung im Ökosystem Batterie verbessern. Ziel der beruflichen Qualifizierungen ist der Lerntransfer, also die Übertragung des Gelernten der jeweiligen Qualifizierung in den eigenen beruflichen Kontext (Baldwin & Ford, 1988, S. 63; Gessler, 2012, S. 13). Im Projekt B³ werden auf Basis der Arbeitsprozess- und Kompetenzorientierung drei Konzepte von Qualifizierungsmaßnahmen angeboten:

Tabelle 1: Qualifizierungskonzepte im Projekt B3 (Quelle: Eigene Darstellung)

Kurzzeit- oder modulare Qualifizierung für die gesamte Wertschöpfungskette der Batteriefertigung (Modul-Batt)
Arbeitsprozessorientierte Qualifikationskonzepte für wesentliche Bereiche des „Ökosystems Batterie“ unter besonderer Berücksichtigung realer Arbeitsplatzanforderungen von Mitarbeitenden in ausgewählten Unternehmen (APO-Batt)
Qualifizierungsangebote für das betriebliche Bildungspersonal innerhalb der Wertschöpfungskette der Batteriefertigung (Coach-Batt)

Zur Messung des Lerntransfers der Qualifizierungsmaßnahmen für die Batterieherstellung wurde ein Instrument entwickelt, welches alle drei Qualifizierungskonzepte hinsichtlich des Transfers untersucht. Zum jetzigen Zeitpunkt findet die **Evaluation für Kurzzeit- oder modulare Qualifizierung (Modul-Batt)** statt. Hierzu wurden folgende Fragen bei der Entwicklung des Konzepts gestellt:

1. Wie kann (die Entwicklung) ein aussagekräftiges Transferevaluationskonzept von Qualifizierungsangeboten aussehen?
2. Welche Vorteile bietet die Nutzung eines Transferevaluationskonzepts?

4 Konzeption der Transferevaluation

Ziel des hier vorgestellten Evaluationskonzeptes ist die Entwicklung eines Instruments, welches auf die drei verschiedenen Qualifizierungskonzepte im Projekt B³ angewendet werden kann.

Wie bereits beschrieben, findet die Transfermessung zu drei Messzeitpunkten statt. Dabei wird u. a. überprüft, inwieweit die Teilnehmenden ihre branchenspezifische Handlungskompetenz weiterentwickeln konnten (Hinrichs, 2016, S.17). Dazu wurden verschiedene Skalen und Items zur Messung der Merkmalsbereiche verwendet (vgl. Abbildung 2).

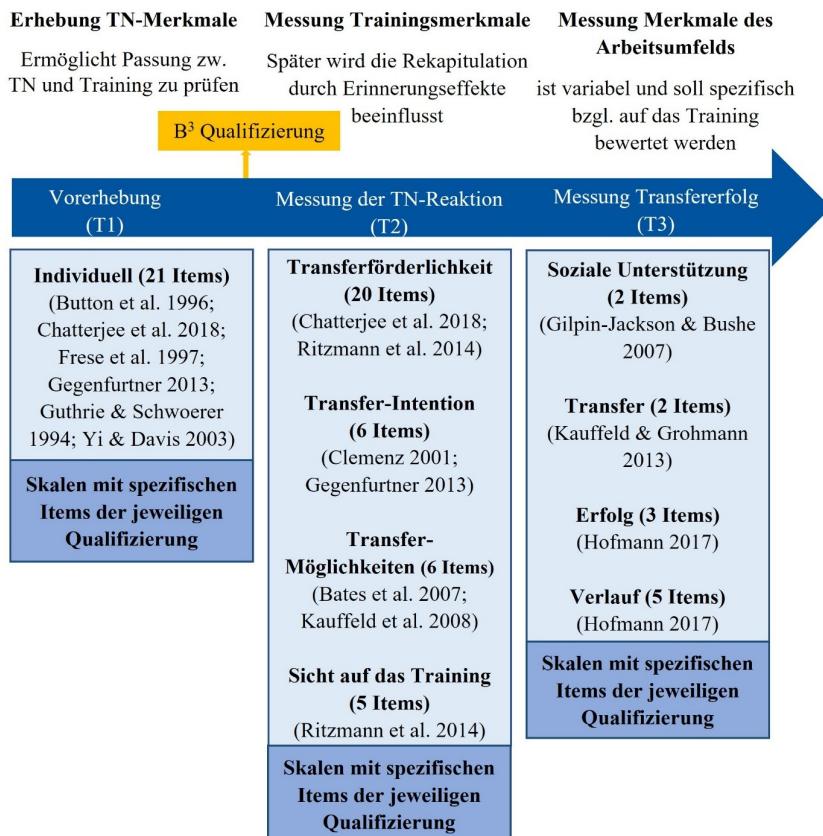


Abbildung 2: Skalen der Transferförderlichkeit im Projekt B³ für die Messzeitpunkte T1, T2 und T3 (Quelle: Eigene Darstellung)

Beispiele von Items für die Merkmalsbereiche zu den Messzeitpunkten T1, T2 und T3 sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 2: Beispiele für die Merkmalsbereiche (Quelle: Eigene Darstellung)

Merkmalsbereich			Frage-Item
T1	Individuell		Die erfolgreiche Anwendung der Inhalte der Qualifizierung ist für mich eine spannende Herausforderung (Gegenfurtner 2013).
T2	Transferförderlichkeit		Ich konnte das Gelernte im Rahmen der Qualifizierung üben (Ritzmann 2014).
T2	Transfer-Intention		Die Kenntnisse und Fähigkeiten, die ich in dieser Qualifizierung erworben habe, werden mir in meiner jetzigen Rolle nützlich sein (Clemenz 2001).
T2	Transfer-Möglichkeiten		Vor der Qualifizierung hatte ich Grundkenntnisse über die Trainingsaktivitäten (Bates 2007).
T2	Sicht auf Training		Ich kann die Inhalte der Qualifizierung in meinem Beruf anwenden (Ritzmann 2014).
T3	Soziale Unterstützung		Ich werde ermutigt, das in der Qualifizierung Gelernte anzuwenden (Gilpin 2007).
T3	Transfer		Es gelingt mir sehr gut, die erlernten Qualifizierungsinhalte in meiner täglichen Arbeit anzuwenden (Kauffeld & Grohmann 2013).
T3	Erfolg		Ich übertrage das Gelernte auch auf Sachverhalte, die in dieser Weise nicht in der Qualifizierung vorkamen (Hofmann 2017).
T3	Verlauf		Nach der Qualifizierung habe ich das Gelernte in einem hohen Maße angewendet, danach ist es aber langsam immer weniger geworden (Hofmann 2017).

Damit insbesondere der Bildungsgegenstand der jeweiligen Qualifizierungsmaßnahme in der Evaluation erfasst wird, werden in Kooperation mit den Trainer:innen für jede Qualifizierung spezifische Items erstellt. Dabei werden diese zu allen drei Messzeitpunkten erhoben, um den Lerntransfer überprüfen zu können. Nachfolgende Tabelle zeigt die Systematik für die Konstruktion der spezifischen Items einer Qualifizierung auf.

Die für die Qualifizierung spezifischen Items werden von den Trainerinnen und Trainern entsprechend der Lernziele der jeweiligen Qualifizierung aufgestellt. In der Konzeption der Fragebögen werden diese Items dann entsprechend angepasst und zugeordnet. Beispielhaft werden nun bildungsspezifische Items der Qualifizierung „Einstiegskurs Lithium-Ionen-Batterien“ aufgeführt:

- Grundlegende Tätigkeiten im Umgang mit Batterien
- Aufbau einer Batterie
- Funktionsweise einer Batterie
- Fachbegriffe der Batterie
- Kennzahlen zu Batterien
- Sicherer Umgang mit Batterien im Alltag
- Batterietechnologien der Zukunft
- Geopolitische Einflüsse auf Batterietechnologien
- Trends des Batteremarkts

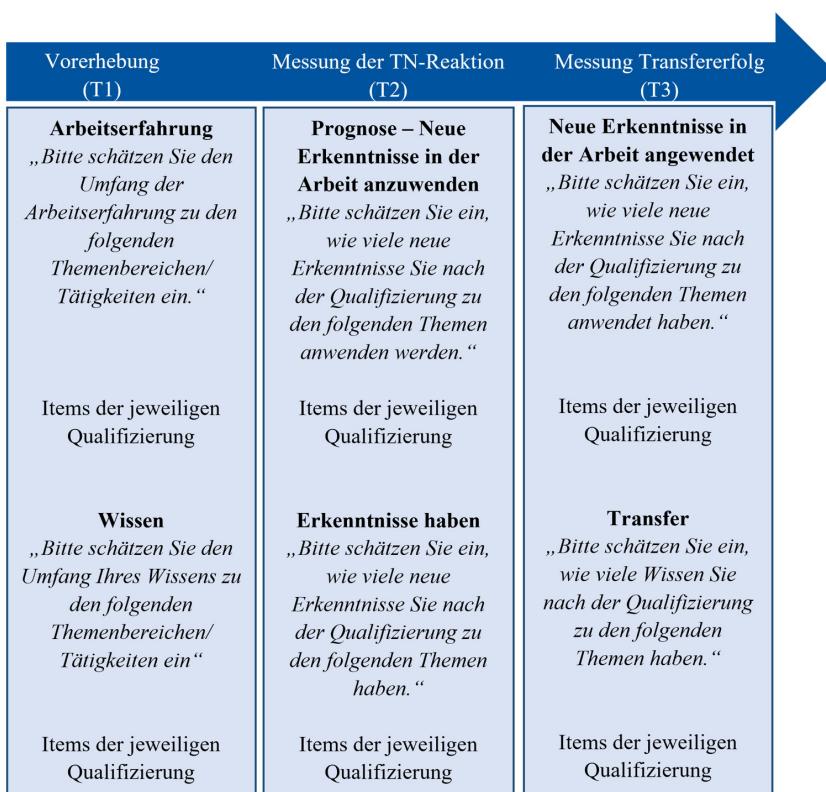


Abbildung 3: Items der Qualifizierung im Projekt B³ zu den Messzeitpunkten T1, T2 und T3 (Quelle: Eigene Darstellung)

5 Ergebnisse für Kurzzeit- oder modulare Qualifizierung (Modul-Batt)

Mit dem Ziel, ein Messinstrument zu entwickeln, welches auf die drei genannten unterschiedlichen Qualifizierungsmaßnahmen (Modulare Qualifikation, arbeitsprozessorientierte Qualifikation und Qualifizierung für das betriebliche Bildungspersonal) angewendet werden kann, wurde in diesem Beitrag die Entwicklung und Anwendung eines Instrumentes vorgestellt.

Die hier beschriebene Transferevaluation umfasst derzeit die Evaluation von Kurzzeit- oder modularer Qualifizierung (Modul-Batt), an welcher heterogene Lerngruppen unterschiedlicher beruflicher Qualifizierungen und Kompetenzniveaus teilnehmen. Mittels der Messung der Teilnehmer:innen-Merkmale, der Messung der Trainingsmerkmale, der Messung der Merkmale im Arbeitsumfeld sowie der spezifischen Items, welche den Bezug zum Bildungsgegenstand herstellen, wird überprüft, ob ein Lerntransfer stattfindet.

Im Bereich dieser Qualifizierungskonzepte wurden die Fragebögen zu Messzeitpunkt T1 und T2 eingesetzt. Hierzu liegen bereits erste Rückläufe vor. Da der Messzeitraum zu T3 derzeit noch nicht abgeschlossen ist, liegen hier aktuell nur wenige Rückläufe vor. Da Datensätze zum Messzeitpunkt T3 hinsichtlich der Transfermessung, insbesondere bezogen auf den Transfererfolg und eine entsprechende Interpretation notwendig sind, können zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussagen darüber getroffen werden, ob die Teilnehmenden das Gelernte in die spätere berufliche Tätigkeit transferieren. Eine derzeitige Herausforderung liegt darin, für alle drei Messzeitpunkte vollständige Datensätze zu erhalten.

6 Ausblick

Bisher wurde das Messinstrument für die Evaluation von Qualifizierungsmaßnahmen für Kurzzeit- oder modulare Qualifizierung (Modul-Batt) angewendet. Zukünftig wird dieses ebenso für die Evaluation von arbeitsprozessorientierten Qualifizierungskonzepten (APO-Batt) sowie für die Evaluation von Qualifizierung von betrieblichem Bildungspersonal (Coach-Batt) verwendet. Somit wird für die drei verschiedenen Qualifizierungsmaßnahmen bezogen auf die Messung des Transfers ein Instrument angewendet. Dieses bietet die Möglichkeit des Vergleichs der Qualifizierungsmaßnahmen, insbesondere für die Kurzzeit- oder modulare Qualifizierung (Modul-Batt) und die arbeitsprozessorientierten Qualifizierungskonzepte (APO-Batt). Das entwickelte und in diesem Beitrag vorgestellte Instrument ist übertragbar auf andere Qualifizierungskonzepte. Hierzu können die bildungsspezifischen Items für Qualifizierungen mit anderen Schwerpunkten angepasst werden.

Literatur

- Baldwin, T. T., & Ford, K. J. (1988). Transfer of Training: A Review and Directions for Future Research. *Personnel Psychology*, 41(1), 63–105. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x>
- Gessler, M. (2012). Lerntransfer in der beruflichen Weiterbildung: Empirische Prüfung eines integrierten Rahmenmodells mittels Strukturgleichungsmodellierung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 108(3). <https://doi.org/10.25162/zbw-2012-0021>
- Hagemann, V., & Kluge, A. (2014). Einflussfaktoren auf den Erfolg von und Methoden der Erfolgsmessung beruflicher Weiterbildung. *Wirtschaftspsychologie*, 16, 81–93.
- Hinrichs, A. C. (2016). *Erfolgsfaktoren beruflicher Weiterbildung: Eine Längsschnittstudie zum Lerntransfer*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12761-9>

- Hochholdinger, S., Rowold, J., & Schaper, N. (2008). Praxis- und Forschungsrelevanz von Trainings. In J. Rowold, S. Hochholdinger & N. Schaper (Hrsg.), *Wirtschaftspsychologie. Evaluation und Transfersicherung betrieblicher Trainings: Modelle, Methoden und Beispiele* (S. 13–29). Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Kauffeld, S., & Grohmann, A. (2013). Evaluating Training Programs: Development and Correlates of the Questionnaire for Professional Training. *International Journal of Training and Development*, 17(2), 135–155. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12005>
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating Training Programs: The Four Levels* (3. Aufl.). Berrett-Koehler.
- Scharpf, R. (1999). *Training und Transfer: Lernen, Anwenden und die Bedeutung fähigkeitsbezogener Kognitionen*. Zugl.: Eichstätt, Kath. Univ., Diss., 1999. Hampp.
- Wang, G. G., & Wilcox, D. (2006). Training Evaluation: Knowing More Than is Practiced. *Advances in Developing Human Resources*, 8(4), 528–539. <https://doi.org/10.1177/1523422306293007>
- Wißhak, S. (2022). Transfer in der berufsbezogenen Weiterbildung: Systematisches Literaturreview und Synthese mit Blick auf die Handlungsmöglichkeiten der Lehrenden. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 45(1), 69–88. <https://doi.org/10.1007/s40955-022-00204-y>

Escape Rooms als Werkzeug zur Vermittlung von Nachhaltigkeitszielen in gewerblich-technischen Berufen

LINA CASTILLO; EIKE PERMI; LISA GUNNEMANN; LEONIE POTTHOFF

Zusammenfassung

Das Thema Nachhaltigkeit ist politisch wie gesellschaftlich stark im Fokus und daher für die produzierende Industrie von großer Bedeutung. Die Einbindung aller Beteiligten, vom Management bis zu Mitarbeitenden in der Produktion, ist für den langfristigen Erfolg unerlässlich. Eine umfassende Ausbildung von Studierenden und regelmäßige Schulungen von Mitarbeitenden sind notwendig, um ein solides Verständnis für Nachhaltigkeit zu vermitteln. Traditionelle Trainingsformate erzielen jedoch oft nicht den gewünschten, nachhaltigen Wissenstransfer. Gamification, also die Integration von Spiel-elementen in nicht-spielerische Kontexte, hat sich als effektives Mittel zur Steigerung von Motivation und Engagement etabliert. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Gamification und stellt das Konzept der Escape Rooms als innovativen Lehransatz vor. Im Zentrum steht das Anwendungsbeispiel des „IHBR Nachhaltigkeit Escape Rooms“, der am Innovation Hub Bergisches RheinLand von der Technischen Hochschule Köln entwickelt wurde, um das Thema Nachhaltigkeit in der Industrie durch Gamification zu vermitteln.

Abstract

The topic of sustainability is currently on many political agendas and thus of great importance for the manufacturing industry. The involvement of all stakeholders, from management to production, is essential for long-term success. Comprehensive education of students and regular training of employees are necessary to convey a solid understanding of sustainability. However, traditional training formats often fail to achieve the desired sustainable knowledge transfer. Gamification, the integration of game elements into non-game contexts, has established itself as an effective means of increasing motivation and engagement. This article provides an overview of gamification and presents the concept of escape rooms as an innovative teaching approach. The focus is on the application example of the „IHBR Sustainability Escape Room“, which was developed at the Innovation Hub Bergisches RheinLand by the Cologne University of Applied Sciences to communicate the topic of sustainability in industry through gamification.

Schlagworte: Nachhaltigkeit, Escape Room, Fachkraft, SDGs, gewerblich-technische Berufe.

1 Einleitung

In Deutschland gibt es schätzungsweise 10,3 Millionen technische Fachkräfte. Der Bedarf an solchen ist hoch und wächst weiter, da viele Unternehmen Schwierigkeiten haben, offene Stellen zu besetzen. Dies betrifft vor allem Berufe in den Bereichen Ingenieurwesen, IT, Handwerk, Pflege und Baugewerbe (Arbeitsagentur, 2024). Gleichzeitig hat die Bedeutung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in den letzten Jahren erheblich zugenommen: Immer mehr Unternehmen erkennen diese als strategische Priorität an. Ein Bericht des World Economic Forum hebt hervor, dass die Zahl der Führungskräfte, die den Nutzen von Nachhaltigkeit erkennen, stark gestiegen ist. Viele Unternehmen planen, ihre Investitionen in nachhaltige Initiativen im Jahr 2024 zu erhöhen (World Economic Forum, 2024).

Gewerblich-technische Berufe spielen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung umweltfreundlicher und ethisch vertretbarer Praktiken in Unternehmen. Sie sind entscheidend für die Entwicklung und Implementierung nachhaltiger Technologien, die den ökologischen Fußabdruck von Unternehmen verringern und gleichzeitig Betriebsabläufe effizienter gestalten. Beispielsweise tragen diese Fachkräfte zur Einführung energieeffizienter Systeme und erneuerbarer Energien bei und optimieren Produktionsprozesse, um Abfall zu minimieren und Ressourcen effizient zu nutzen (World Economic Forum, 2024). Technische Fachkräfte, die mit den SDGs vertraut sind, sind besser darauf vorbereitet, diese Anforderungen zu erfüllen und Innovationen voranzutreiben (Bocken, 2014). Die 17 Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) fördern ein ganzheitliches Verständnis von globalen Herausforderungen, das über technische Aspekte hinausgeht. Dies unterstützt die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen und hilft, Probleme aus mehreren Perspektiven zu betrachten und interdisziplinäre Lösungen zu finden (Sachs, 2012). Durch das Verständnis von Nachhaltigkeit können gewerblich-technische Berufe innovative Lösungen entwickeln, die zum Beispiel Energie sparen, Abfall reduzieren und den Einsatz erneuerbarer Ressourcen fördern (Kiron et al., 2017).

2 Die Verwendung von Spielen als Lernmethode

Die Integration von Spielen in Lernprozesse hat in den letzten Jahren verstärkt Aufmerksamkeit in der pädagogischen Forschung erhalten. Aktuelle Studien belegen, dass spielerisches Lernen nicht nur die Motivation der Lernenden steigert, sondern auch kognitive Fähigkeiten wie Problemlösungskompetenz und Gedächtnisleistung fördert. Eine Untersuchung der Ruhr-Universität Bochum zeigte, dass regelmäßige Videospieler signifikant besser in der Lage sind, Wahrscheinlichkeiten zu lernen und komplexe Situationen zu erfassen. Dies wurde durch eine erhöhte Aktivität im Hippocampus, einem für das Lernen und Gedächtnis zentralen Hirnareal, bestätigt (Schenk et al., 2017).

Die Theorie des erfahrungsbasierten Lernens nach David Kolb betont die Bedeutung von Erfahrungen im Lernprozess. Spielerisches Lernen ermöglicht es, solche Erfahrungen in einem sicheren Umfeld zu sammeln, wodurch das Gelernte tiefer verankert wird. Zudem fördert es Kreativität und soziale Kompetenzen (Strangl, 2025). Eine Studie von Hamari et al. (2016) untersuchte die Auswirkungen von Gamification auf das Lernen und die Motivation von Studierenden. Die Ergebnisse zeigten, dass spielerische Elemente im Unterricht das Engagement und die Lernbereitschaft der Studierenden signifikant steigern können. Allerdings wurde auch festgestellt, dass der Erfolg von Gamification stark von der Gestaltung der Spielelemente und dem Kontext abhängt. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Verwendung von Spielen als Lernmethode nicht nur die Lernmotivation erhöht, sondern auch die Entwicklung kognitiver und sozialer Fähigkeiten unterstützt. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten Jahre unterstreichen die Bedeutung des spielerischen Lernens in modernen Bildungskonzepten.

Innerhalb der spielerischen Wissensvermittlung ist ein Escape Room eine Aktivität, bei der die Teilnehmer eine Reihe von Rätseln und Herausforderungen innerhalb einer begrenzten Zeit lösen müssen, um aus einem thematischen Raum zu „entkommen“. Dieses Format fördert Teamarbeit, Problemlösung, Kommunikation und kritisches Denken, wesentliche Fähigkeiten in jedem beruflichen Umfeld, und ist damit ein wirksames Instrument, um komplexe und relevante Themen wie die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) und deren Relevanz für die Industrie zu unterrichten (Lathwesen & Belova, 2021). Die Integration der SDGs in einen Escape Room macht das Lernen nicht nur interaktiv und unterhaltsam, sondern ermöglicht es den Teilnehmern auch, die Konzepte der Nachhaltigkeit praktisch zu erleben (Veldkamp et al., 2020). Außerdem bereitet es Auszubildende aus gewerblich-technischen Berufen darauf vor, reale Herausforderungen in ihren zukünftigen Berufen zu meistern. Indem diese Ziele in ein Spielformat integriert werden, wird ein tiefgehendes und bedeutungsvolles Lernen gefördert, das die Bedeutung der Nachhaltigkeit in der technischen und technologischen Industrie hervorhebt (Wendel et al., 2013).

3 Theoretische Herleitung der zu vermittelnde Inhalte

Um die Entwicklung des Nachhaltigkeits-Escape-Rooms einzuleiten, war es zunächst erforderlich, die spezifischen Themenbereiche festzulegen, die durch das Spiel vermittelt werden sollen. Dies beinhaltete die Eingrenzung und Präzisierung zentraler Aspekte des umfassenden Themenfeldes der Nachhaltigkeit. Darüber hinaus stellte sich die Herausforderung, die Gestaltung und Präsentation des Spiels optimal auf die Zielgruppe abzustimmen. Diese besteht überwiegend aus jungen Lernenden im Bereich der gewerblich-technischen Berufe, deren Aufmerksamkeit durch andere Ansätze gewonnen werden muss als bei anderen besonderen Zielgruppen. Zur Klärung dieser Fragestellung wurde eine Reihe von Experteninterviews durchgeführt. Die Befragten waren in Mitgliedsunternehmen des IHBR tätig und zuständig für die Koordination

dualer Studiengänge, die Berufsausbildung sowie die gewerblich-technischen Ausbildungsberufe in kleinen und mittleren Unternehmen. Im Verlauf dieser Interviews wurden sowohl Ansätze zur Wissensvermittlung über Nachhaltigkeit als auch die Ausgestaltung der Spielemente innerhalb des Escape-Room-Konzepts erarbeitet und konkretisiert.

3.1 Grundlagenwissen zur Nachhaltigkeit

Zu Beginn der inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit ist es erforderlich, den Teilnehmern zunächst eine allgemeine Einführung in die von den Vereinten Nationen formulierten Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) zu geben. Anschließend wird das Thema durch eine Kategorisierung dieser Ziele in drei Hauptbereiche – Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt – systematisch aufbereitet. Im weiteren Verlauf liegt der Schwerpunkt auf der vertieften Erläuterung von SDG 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur) und SDG 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion). Diese Ziele wurden aufgrund ihres direkten Bezugs zu industrienahen Themen ausgewählt. Ziel ist es, die Relevanz von Nachhaltigkeit im Kontext von Industrie und Technologie zu verdeutlichen und deren Integration in entsprechende Prozesse und Strategien zu fördern. Abschließend wird den Teilnehmern die Ökobilanz als Werkzeug zur Messung der erzeugten CO₂-Emissionen vorgestellt. Dabei wird erläutert, wie eine solche Bilanz erstellt wird und welche Erkenntnisse daraus gewonnen werden können.

3.1.1 Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen

tivitätDie nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) stellen einen globalen Aktionsplan der Vereinten Nationen dar, um bis 2030 eine gerechtere und nachhaltigere Welt zu schaffen. Sie umfassen 17 Ziele, die von allen Ländern erreicht werden sollen, um eine nachhaltige Entwicklung auf ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Ebene sicherzustellen. Die SDGs sind zentraler Bestandteil der Agenda 2030, eines umfassenden Aktionsprogramms, das von den Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen im Jahr 2015 verabschiedet wurde. Mit dieser verpflichten sich die Staaten, Maßnahmen zu ergreifen, die eine nachhaltige Entwicklung fördern. Die Ziele für nachhaltige Entwicklung bauen auf den sog. Millennium Development Goals (MDGs) auf, die im Zeitraum von 2000 bis 2015 verfolgt wurden. Sie wurden entwickelt, um die Herausforderungen der MDGs anzugehen und die globale Nachhaltigkeitstransformation konsequent weiterzuführen (United Nations, 2024).

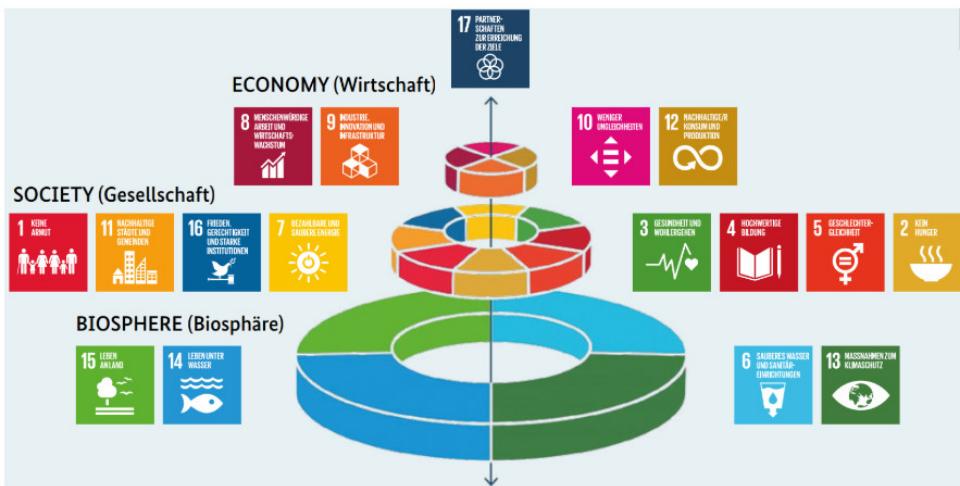


Abbildung 1: The Wedding Cake. Darstellung der SDGs in Hinblick auf ihre systemische Einbettung und Interdependenz (BMUV, 2024)

3.1.2 Klassifikation der 17 Ziele

Die Klassifikation der Nachhaltigkeitsziele basiert auf dem sogenannten „Hochzeits-tortenmodell“. Dieses Modell wurde 2016 von den Forschern Carl Folke, Johan Rockström und weiteren Wissenschaftlern weiterentwickelt, um es an die Ziele für nachhal-tige Entwicklung der Vereinten Nationen anzupassen. Ausgangspunkt des Modells sind die planetaren Grenzen, die den Rahmen für eine nachhaltige Entwicklung definieren. Das zentrale Konzept des Modells ist die Erkenntnis, dass wirtschaftliche Systeme und Gesellschaften in die Biosphäre eingebettet sind und daher von ihrer Erhaltung abhän-gig sind. Das Modell distanziert sich von einer sektoralen Betrachtungsweise, die so-ziale, wirtschaftliche und ökologische Entwicklung getrennt voneinander betrachtet. Stattdessen wird betont, dass die Wirtschaft ein integraler Bestandteil der Gesellschaft ist und sich nur innerhalb der planetaren Grenzen nachhaltig entwickeln kann (BMUV, 2024).

3.1.3 Industrieorientiertes Ziel 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur

Das Ziel 9 der Sustainable Development Goals (SDGs) zielt darauf ab, widerstandsfähige Infrastruktur aufzubauen, eine inklusive und nachhaltige Industrialisierung zu fördern und Innovationen zu unterstützen. Dieses Ziel erkennt die Schlüsselrolle von Infrastruktur, industrieller Entwicklung und technologischer Innovation für wirtschaftliches Wachstum und soziale Entwicklung an (United Nations, 2015).

Nachhaltige Industrialisierung ist essenziell, um produktive Arbeitsplätze zu schaffen, die Wertschöpfungskette zu stärken und wirtschaftliche Ungleichheiten zu verringern. Innovation spielt dabei eine zentrale Rolle, indem sie die Entwicklung neuer Technologien ermöglicht, die Ressourceneffizienz steigern und umweltfreundliche Produktionsmethoden fördern. Resiliente Infrastrukturen unterstützen zudem die An-passungsfähigkeit an Herausforderungen wie Klimawandel oder geopolitische Krisen.

und gewährleisten den Zugang zu grundlegenden Dienstleistungen für alle Menschen (Rockström et al., 2009). In der Industrie hat SDG 9 eine besondere Bedeutung, da es Unternehmen dazu ermutigt, nachhaltige Technologien und Produktionsmethoden zu implementieren, Emissionen zu reduzieren und eine Kreislaufwirtschaft zu fördern. Dies trägt nicht nur zur ökologischen Nachhaltigkeit bei, sondern stärkt auch die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit der Industrie.

3.1.4 Industrieorientiertes Ziel 12: Nachhaltiger Konsum und Produktion

Ziel 12 der Sustainable Development Goals fördert nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster, die den ökologischen Fußabdruck verringern und die Ressourcennutzung innerhalb der planetaren Grenzen halten. Es zielt darauf ab, die Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verbessern, Abfälle zu minimieren und umweltfreundliche Technologien sowie Produktionsweisen zu fördern. Ein zentraler Fokus liegt auf der Verantwortung von Unternehmen und Regierungen, nachhaltige Praktiken zu implementieren, etwa durch die Förderung einer Kreislaufwirtschaft, den Übergang zu erneuerbaren Energien und die Verringerung schädlicher Umweltauswirkungen entlang der Produktionskette. Ebenso zielt Ziel 12 darauf ab, das Konsumverhalten zu verändern, indem Verbraucher sensibilisiert werden, bewusster und nachhaltiger zu handeln (United Nations, 2015).

Für die Industrie bedeutet SDG 12 die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen, die langlebiger, ressourcenschonender und leichter recycelbar sind. Es unterstreicht die Notwendigkeit einer systematischen Integration von Nachhaltigkeitskriterien in Produktionsprozesse, Lieferkettenmanagement und Unternehmensstrategien.

3.1.5 Die Ökobilanz als Instrument zur Analyse der CO₂-Emissionen

Die Ökobilanz, auch bekannt als Life Cycle Assessment (LCA), ist ein methodisches Werkzeug zur Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen über deren gesamten Lebenszyklus hinweg. Dies umfasst alle Phasen von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung. Ein zentraler Aspekt der Ökobilanz ist die Quantifizierung der CO₂-Emissionen, die als maßgeblicher Indikator für den Klimawandel gelten.

In der Industrie ermöglicht die Anwendung der Ökobilanz die Identifizierung von Prozessen und Materialien mit hohen CO₂-Emissionen. Durch diese Analyse können Unternehmen gezielt Maßnahmen ergreifen, um ihre Emissionen zu reduzieren, beispielsweise durch die Optimierung von Produktionsverfahren oder den Einsatz emissionsärmerer Materialien. Dies trägt nicht nur zum Klimaschutz bei, sondern kann auch wirtschaftliche Vorteile durch Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen bringen.

Aktuelle Daten des Umweltbundesamtes zeigen, dass die Industrieprozesse im Jahr 2022 einen Anteil von knapp 9 % an den gesamten Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union hatten. Seit 1990 sind die Emissionen in diesem Sektor um mehr als 35 % gesunken, was die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Emissionsreduktion unterstreicht. Die Bedeutung der Ökobilanz in der Industrie wird auch durch die

zunehmende Nachfrage nach Transparenz und Nachhaltigkeit seitens der Verbraucher und Regulierungsbehörden verstärkt. Unternehmen, die ihre Umweltwirkungen transparent darstellen und aktiv reduzieren, können Wettbewerbsvorteile erzielen und ihre Marktposition stärken (Umweltbundesamt, 2023).

3.2 Experteninterviews

Nach der Auswahl der relevanten Themen wurden Interviews mit Experten durchgeführt, die in kleinen und mittleren Unternehmen für die Koordination dualer Studiengänge, die Berufsausbildung sowie gewerblich-technische Ausbildungsberufe verantwortlich sind. Ziel dieser Interviews war es, herauszuarbeiten, wie das Thema Nachhaltigkeit in die Lehrmodule integriert und vermittelt wird. Gleichzeitig sollte eine fundierte Grundlage geschaffen werden, um zu verstehen, wie dieses Thema am effektivsten präsentiert wird und bei den Lernenden positiv aufgenommen werden kann. Die Interviews orientierten sich dabei an den folgenden Fragen:

1. Integrieren Sie das Thema Nachhaltigkeit in Ihr berufliches Bildungsangebot?
2. Wie kann Auszubildenden diese Art von Informationen am besten vermittelt werden?
3. Sollten eher digitale Spiele verwendet werden oder solche, bei denen die Teilnehmer persönlich miteinander interagieren?

Analyse und Ergebnisse der Experteninterviews

Die Interviews ergaben folgende Ergebnisse: Auf die Frage „Wie integrieren Sie das Thema Nachhaltigkeit in Ihr berufliches Bildungsangebot?“ gaben 64% der Befragten an, dass Nachhaltigkeit indirekt in die Bildungsmodule ihrer Programme eingebunden ist. 27% erklärten, dass das Thema nicht integriert sei, während lediglich 9% angeben, Nachhaltigkeit direkt in ihrem Bildungsangebot anzusprechen (siehe Abbildung 2).

Auf die Frage: „Wie können die Schüler diese Art von Informationen am besten nutzen?“ antworteten 45 % der Befragten, dass die Integration von Spielen der effektivste Ansatz sei. Weitere 40 % empfahlen die Verwendung von Anwendungsformularen oder Rollenspielen, während lediglich 15 % Präsentationen als geeignete Methode nannten.

Die Befragten sind mehrheitlich der Ansicht, dass eine Kombination aus digitalen und Face-to-Face-Spielen der effektivste Weg ist, um die Teilnehmer in den Escape Room einzubinden. Lediglich 35 % der Befragten bevorzugten rein analoge Spiele vor Ort, 10 % sprachen sich ausschließlich für digitale Spiele aus, und 5 % hielten andere Formate für geeigneter.

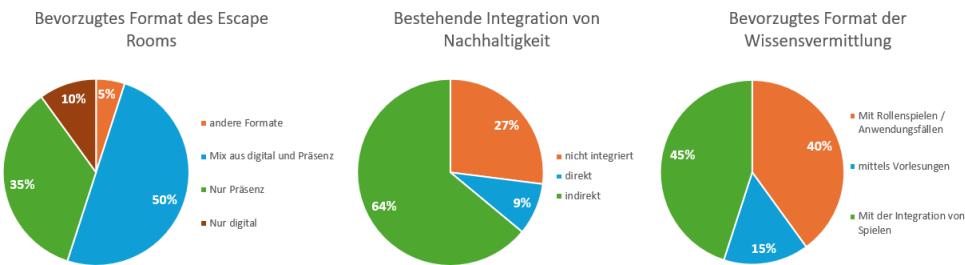


Abbildung 2: Ergebnisse der Expertenbefragung

3.3 Umsetzung

Auf Grundlage der Interviews wurde entschieden, die Umsetzung des Escape Rooms wie folgt zu gestalten:

Die theoretischen Grundlagen werden den Teilnehmern durch eine Reihe kurzer, animierter Videos vermittelt. Jedes Video erläutert in weniger als fünf Minuten ein spezifisches Thema und ist auf der IHBR-Plattform verfügbar. Die Vermittlung der theoretischen Grundlagen wird didaktisch durch ein digitales Spiel in Form einer Quizshow ergänzt. Dabei werden Fragen zu den in den Videos behandelten Themen gestellt, und die Teilnehmer sammeln Punkte für jede richtige Antwort (<https://ahaslides.com/YLKIG>). Durch diese Zwischenprüfung kann sichergestellt werden, dass Teilnehmende den für den Escape Room notwendigen Mindeststand an Wissen aufweisen.

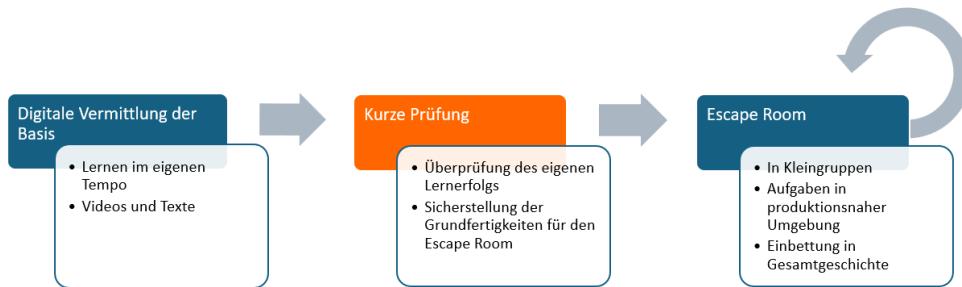


Abbildung 3: Ablauf der unterschiedlichen Stufen der Vermittlung

Zum Abschluss werden die Teilnehmer auf einen Rundgang durch die IHBR-Modellfabrik mitgenommen. Dort lösen sie eine Reihe von Rätseln und Puzzles zu den zuvor definierten Nachhaltigkeitsthemen, um den Escape Room erfolgreich abzuschließen. Hierbei handelt es sich um eine mehrstufige Abfolge von Aufgaben rund um das Thema Nachhaltigkeit in einem produktionsnahen Umfeld. Die einzelnen Aufgaben werden in eine Gesamtgeschichte eingebettet.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Verbesserung von Nachhaltigkeit und Ökobilanzen produzierender Unternehmen kann nur gelingen, wenn alle Mitarbeitenden über ausreichend Wissen und Motivation verfügen, in ihrem jeweiligen Einflussbereich verantwortlich zu handeln und Anpassungen umzusetzen. Fachkräften gewerblich-technischer Berufe kommt hierbei eine besondere Rolle zu, da sie oft mit energie- und ressourcenintensiven Maschinen, Anlagen und Prozessen arbeiten. Dieser Zielgruppe ein Grundverständnis für Nachhaltigkeit, Ökoeffizienz und die eigenen Einflussmöglichkeiten zu geben, ist daher eine wichtige Aufgabe.

Das spielerische Vermitteln solcher Inhalte kann dazu beitragen, dass Lernerfolge sich schneller und nachhaltiger einstellen. In diesem Beitrag wurden daher die wesentlichen Inhalte und Themen abgeleitet, die in diesem Rahmen vermittelt werden sollten. Über Experteninterviews wurden Anforderungen an ein Escape-Room-Spiel erarbeitet, welches für die spielerische Vermittlung von Nachhaltigkeit und Ökoeffizienz im Bereich der gewerblich-technischen Ausbildung eingesetzt werden soll.

In einem nächsten Schritt wird dieser Escape Room nun mit Unternehmen aus der Region Oberberg pilotiert und anschließend iterativ verbessert. Hierzu werden verschiedene Probandenstudien durchgeführt, Aufgaben und Abläufe auf Schwachstellen hin untersucht und abschließend strukturiertes Nutzerfeedback in Verbesserungen überführt.

Literatur

- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2024). *Planetare Belastbarkeitsgrenzen*. Verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen>
- Bundesagentur für Arbeit. (2024). *Interaktive Statistiken, Fachkräftebedarf*. Verfügbar unter: <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Themen-im-Fokus/Fachkraeftebedarf/Fachkraeftebedarf-Nav.html>
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170–179. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Kiron, D., Unruh, G., Kruschwitz, N., Reeves, M., Rubel, H., & Meyer zum Felde, A. (2017). Corporate sustainability at a crossroads: Progress toward our common future in uncertain times. *MIT Sloan Management Review*.
- Lathwesen, C., & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning – Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. *Education Sciences*, 11, 308.

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., & Foley, J. A. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2).
- Sachs, J. D. (2012). *From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals*. The Lancet.
- Stangl, W. (2025). *Der wissenschaftliche Hintergrund von spielerischem Lernen – Neuigkeiten aus der wissenschaftlichen Pädagogik*. Verfügbar unter: https://paedagogik-news.stangl.eu/der-wissenschaftliche-hintergrund-von-spielerischem-lernen?utm_source=chatgpt.com.
- Schenk, S., Lech, R. K., & Suchan, B. (2017). Games people play: How video games improve probabilistic learning. *Behavioural Brain Research*, 335, 208–214. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.08.027>
- United Nations. (2024). *The 17 goals*. Verfügbar unter: <https://sdgs.un.org/goals>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- Umweltbundesamt. (2023). *Treibhausgas-Emissionen in der Europäischen Union*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union?utm_source=chatgpt.com#gase
- Veldkamp, A., Van de Grint, L., Knippels, M., Van Joolingen, W. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>.
- Wendel, V., Gutjahr, M., Göbel, S., & Steinmetz, R. (2013). Designing collaborative multiplayer serious games. *Education and Information Technologies*, 18(2), 287–308. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9244-6>
- World Economic Forum. (2024). *Why 2024 is the year sustainability develops a credible business case*. Verfügbar unter: <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/why-2024-is-the-year-of-the-business-case-for-sustainability-davos/>

Digitale Transformation

Digitale Transformation als Dauerzustand – Wie integrieren wir zukunftssicher Digitalisierung in Lehre und Ausbildung?

EIKE PERMIN

Zusammenfassung

Ähnlich wie das Betriebliche Vorschlagswesen oder das Qualitätsmanagement stellt die produktionsnahe Digitalisierung keine einmalige Veränderung dar, sondern eine kontinuierliche Aufgabe zur Optimierung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit. Digitale Systeme einzuführen, bedarf jedoch neben technischem Wissen auch neuer organisationaler Werkzeuge, sodass dieser Einzug in den Lehrplan klassischer Ausbildungsberufe und Studiengänge halten müssen. Dieser Beitrag stellt daher die wichtigsten Methoden sowie Beispiele für deren Integration in eine praxisnahe Ausbildung dar.

Abstract

Similar to the company suggestion scheme or quality management, production-related digitalisation is not a one-off change, but a continuous task to optimise competitiveness. However, the introduction of digital systems requires not only technical knowledge but also new organisational tools, which means that these must find their way into the curriculum of traditional training occupations and degree courses. This article therefore presents the most important methods and examples of how they can be integrated into practical training programmes.

Schlagworte: Digitale Transformation, Industrie 4.0, Assistenzsysteme

1 Fragestellung

Die deutsche Volkswirtschaft ist, im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Nachbarländern, in erheblichem Maße von der produzierenden Industrie abhängig. Im Jahr 2011 wurde für diesen volkswirtschaftlichen Sektor unter dem Begriff „Industrie 4.0“ eine weitgreifende Umwandlung durch digitale Technologien vorhergesagt (Bauer & Horváth, 2015). Industrie 4.0 wurde in seinem Ursprung durch zwei zentrale technologische Veränderungen beschrieben, die gemeinsam das sog. „Internet der Dinge und Dienste“ ausmachen: Zum einen wird durch eine zunehmende Computerisierung ein konsequenter Ausbau sog. Cyber-physischer Systeme betrieben. Dies bedeutet, dass alle Maschinen, Anlagen und physischen Investitionsgüter über Sensoren, Datenspeicher

und Fähigkeiten der Datenverarbeitung verfügen und so eine digitale Komponente enthalten. Zum anderen wurden alle diese Systeme über Technologien des Internets vernetzt (Geisberger & Broy, 2012). Die Ziele dieser Veränderungen waren vielfältig: Im Fokus standen neue Formen einer intelligenteren Produktionstechnik, eine Optimierung bestehender sowie die Erfindung neuer Produkte im Bereich der Automatisierungstechnik und die Schaffung neuer kollaborativer Formen der Arbeitsorganisation. Im Kern steckt hinter dieser Veränderung jedoch immer das Ziel der Standort- und Beschäftigungssicherung (Kagermann, 2013). Digitale Technologien können helfen, Wertschöpfung in einem Hochlohnland wie Deutschland zu halten (Bauer & Horváth, 2015).

Während viele dieser technologischen Veränderungen in ihrem ersten Schritt doch sehr kühn und weit fern erschienen, ist der Verbreitungsgrad von digitalen Technologien unter der Überschrift Industrie 4.0 in den letzten 10 Jahren stark gewachsen: Eine der jüngsten Auswertungen der bitkom im Bereich Maschinen- und Anlagenbau zeigt, dass etwa zwei Drittel aller Unternehmen aus diesem Industriesektor bereits heute Anwendungen für Industrie 4.0 einsetzen (vgl. Abbildung 1). Kein einziges Unternehmen in der gleichen Umfrage gab an, dass Industrie 4.0 für sie nicht relevant sei. Die meisten produzierenden Unternehmen in Deutschland gehen davon aus, dass Industrie 4.0 eine für sie unverzichtbare Komponente der eigenen Wettbewerbsfähigkeit darstellt und massiv zu Resilienz, Robustheit und Nachhaltigkeit beitragen wird (Raab, 2022).

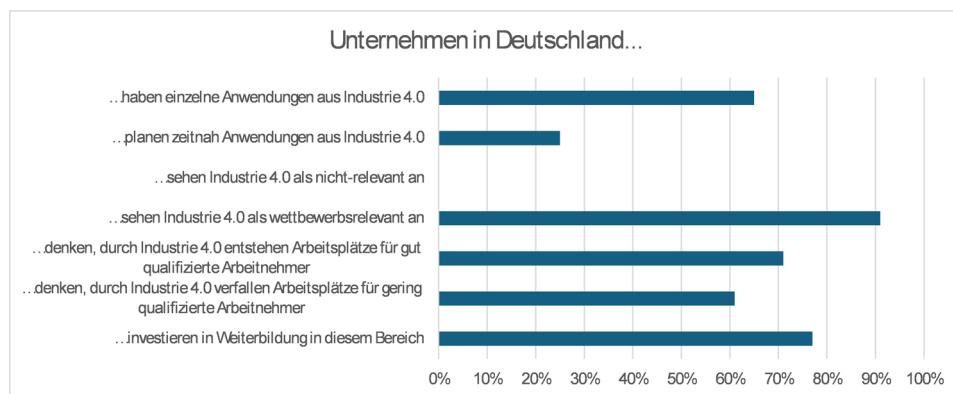


Abbildung 1: Verbreitungsgrad Industrie 4.0 in den Unternehmen (eigene Darstellung mit Daten aus Raab, 2022)

Hieraus leitet sich ein starker Bedarf an Aus- und Weiterbildung für Beschäftigte in diesen Unternehmen ab. Fachkräfte klassischer Ausbildungsberufe, etwa in der Metall- oder Kunststoffverarbeitung, müssen mehr und mehr digitale Komponenten und Fähigkeiten erlernen, um diese in ihre Unternehmen zu bringen. Als Schattenseite dieser Veränderungen geben über 60 % der befragten Unternehmen an, dass durch zunehmende Digitalisierung Arbeitsplätze für gering qualifizierte Personen mittelfris-

tig wegfallen werden. Gleichzeitig geben fast 80 % der befragten Unternehmen an, dass sie aufgrund dieser Bedarfe aktiv in die Weiterbildung ihrer Mitarbeitenden rund um Industrie 4.0 investieren. Der nachfolgende Beitrag fokussiert daher die Frage, welche Fähigkeiten und Kenntnisse Mitarbeitende in produzierenden Bereichen im Rahmen der Digitalisierung benötigen und wie diese gelehrt werden können.

2 Forschungs-/Entwicklungsmethode, Ansatz und Durchführung

Die oft beschriebene digitale Revolution verändert nicht über Nacht komplexe Produktionssysteme. Solche Systeme und Unternehmen sind groß, komplex und verändern sich schrittweise. Eine gute Analogie kann hierbei der Siegeszug des Toyota-Produktionssystems oder auch LEAN Manufacturing bilden: Die Grundideen entstanden im Japan der Nachkriegsjahre, maßgeblich geprägt durch einen damals jungen Ingenieur namens Taiichi Ohno: Dieser publizierte die gesammelten Erfahrungen und neuen Methoden Ende der 1970er-Jahre unter dem Titel „The Toyota Production System“ (Taiichi Ohno, 1978). Erst über 10 Jahre später griffen amerikanische Wissenschaftler und Automobilmanager diese Methoden ernsthaft auf und brachten sie in den 1990er-Jahren ins westliche Europa und die USA (Womack, 2007). Seither nimmt die Literatur zu LEAN Manufacturing exponentiell zu, dies kann als Ausdruck einer stark wachsenden Verbreitung dieser Methoden und Werkzeuge in immer neue Branchen, Industriesektoren und Unternehmen gewertet werden.

Diese Entwicklung kann als normal angesehen werden, wenn die grundlegende Leistungskurve von Innovationen zugrunde gelegt wird: Neue Methoden, Werkzeuge und Technologien werden zunächst in Laboren oder als Prototypen entwickelt. Sog. Early Adopters greifen diese frühzeitig auf und erhöhen durch eigene Weiterentwicklung die technologische Reife. Als letzter Schritt erfolgt die Überführung in die breite Anwendung (Brown, 1991). Diese kann, wieder am Beispiel von LEAN, für unterschiedliche Industrien, Unternehmen und Anwendungsfälle zu stark unterschiedlichen Zeitpunkten Sinn machen. Es ist daher erwartbar, dass auch fast 50 Jahre nach Veröffentlichung des Buches von Taiichi Ohno immer noch Unternehmen diese Methoden neu einführen.

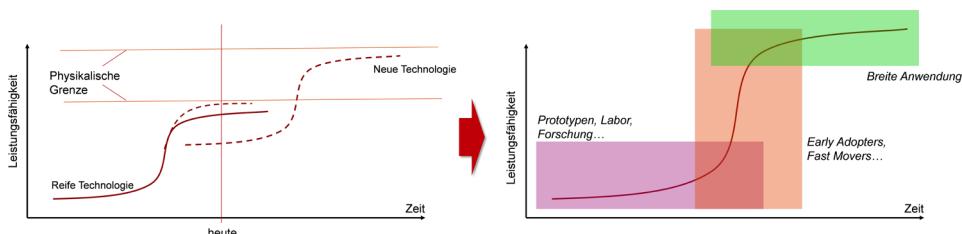


Abbildung 2: Leistungsfähigkeit vs. Disseminationsgrad von Technologien (in Anlehnung an (Permin, 2024))

Die gleiche Kurve gilt auch für die Verbreitung von Industrie 4.0: Digitale Technologien sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten für unterschiedliche Unternehmen und Anwendungsfälle attraktiv (Rauch & Vinante, 2021). Weiterhin kommt hinzu, dass unter dem Oberbegriff Industrie 4.0 sehr unterschiedliche Technologien und Methoden auf sehr unterschiedlichen Reifegraden innerhalb der Leistungskurve stehen: Während klassische Software, Cloud Computing oder auch IoT-Technologien einen hohen Reifegrad und weite Verbreitung aufweisen, stehen andere wie maschinelles Lernen oder Large Language Models deutlich weiter unten auf der Kurve (Permin et al., 2022) (vgl. Abbildung 2).

Mit der Position auf der Leistungskurve und dem damit verbundenen Verbreitungsgang gehen zwei wesentliche Fragestellungen einher: Wie und unter welchen Rahmenbedingungen genau erfolgt der Einsatz einer bestimmten Technologie? Und welche Art von Problemen lässt sich damit lösen? Diese beiden Determinanten bestimmen über die zu verwendende Organisationsform. Sie sind bereits vor vielen Jahren als sog. Stacey-Matrix zur Klassifikation von Problemen publiziert worden: Ist eine Aufgabe in ihren Anforderungen klar umrissen und technologisch geklärt, wie sie zu lösen ist, handelt es sich um ein einfaches Problem. Sind beide Determinanten ein wenig unklarer, ist das Problem als kompliziert einzurordnen. Solche zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch vorausschauende Planung lösbar sind (Stacey, 2001). Klassisches Projektmanagement findet Anwendung (vgl. Abbildung 3), um diese Art von Aufgabe organisatorisch abzuwickeln. Sind weder Anforderungen noch die technologische Komponente klar, handelt es sich um komplexe Probleme. Diese wiederum können nicht durch vorausschauende Planung gelöst werden, vielmehr sind viele Zusammenhänge und verborgene Wirkmechanismen erst a posteriori zu erkennen. Für die Abwicklung solcher Aufgabenstellungen sind agile Methoden notwendig (Paluch et al., 2020).

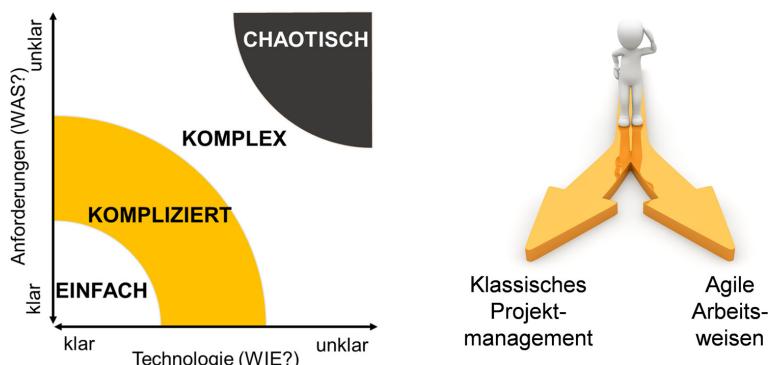


Abbildung 3: Stacey-Matrix und die initiale Entscheidung für Organisationsprinzipien (in Anlehnung an (Permin, 2024))

Traditionell sind Studierende des Ingenieurwesens gut in klassischem Projektmanagement ausgebildet. Ähnliches gilt für die Berufsgruppe der Facharbeiter/-innen: Spätes-

tens auf der Stufe 6 sind diese Inhalte fester Bestandteil der Ausbildung von Meistern und auch Technikern im Industriekauf (IHK, 2025). Die sehr anderen Herangehensweisen und Abläufe agiler Umgebungen sind diesen Gruppen jedoch eher unvertraut. Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass die digitale Transformation im industriellen Umfeld Fachkräften sowohl technische wie auch organisationale Fähigkeiten abverlangt.

3 Ergebnisse und ihre wissenschaftliche Bedeutung

Die Ziele für die Vermittlung von Wissen rund um Technologien der digitalen Transformation können natürlich über Learning Outcomes definiert sowie im Sinne der Taxonomiestufen nach Bloom (1956) in unterschiedliche Niveaus eingestuft werden (Conklin, 2005). Die reine Vermittlung von Wissen, Grund- und Fachbegriffen stellt dabei die Basis dar. Die Stufen des Anwendens wie auch des Analysierens lassen sich – z. B. über einfache Übungen, Rechnungen und Diskussionen – ebenfalls in einem Schulraum oder Hörsaal abbilden (vgl. Abbildung 4).

6	Bewerten	Transferleistung auf Neues, Interpretation unbekannter Sachverhalte, freies Lösen offener Aufgaben mit selbstgewählten Methoden / Werkzeugen
5	Synthetisieren	
4	Analysieren	Wesentliche Formeln und Modelle verwenden, durch Rechnen Ergebnisse erzeugen, evtl. Bewerten und Auswählen von Optionen, Zuordnungen
3	Anwenden	
1/2	Erinnern & Verstehen	Wiedergeben wesentlicher Grundbegriffe, Basiswissen zeigen

Abbildung 4: Inhalte der Taxonomiestufen nach Bloom (eigene Darstellung)

Die Stufen der Synthetisierung und Bewertung hingegen erfordern Anwendungen und ein aktives Tun, wofür im weiteren Verlauf einige Beispiele vorgestellt werden.

3.1 Entwicklung von Lösungen in Low-Code-/No-Code-Umgebungen

Die Art, wie digitale Lösungen in einem industriellen Umfeld erstellt und betrieben werden, unterliegt derzeit einem Wandel: In traditionellen Umgebungen waren Domänenexperten etwa aus Produktion oder Logistik nur für die Definition von Anforderungen (Lastenheft) zuständig, die Umsetzung erfolgte aber in zentralen IT-Abteilungen. Durch das Aufkommen von sog. Low-Code-Umgebungen und Plattformen können nun aber solche Domänenexperten selbst, ohne vertiefte Kenntnisse einzelner Programmiersprachen, Datenbanktechnologien, Bibliotheken oder des Betriebs von IT-Infrastruktur, Lösungen mit geringem Umfang schneller und einfacher selbst erstellen (Permin et al., 2024). Diese Art der Umstellung wird seit etwa 10 Jahren unter dem

Begriff der Citizen Developer propagiert (McKendrick, 2017). Damit einher geht eine massive Verschiebung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten zwischen Fachbereich und zentraler IT.

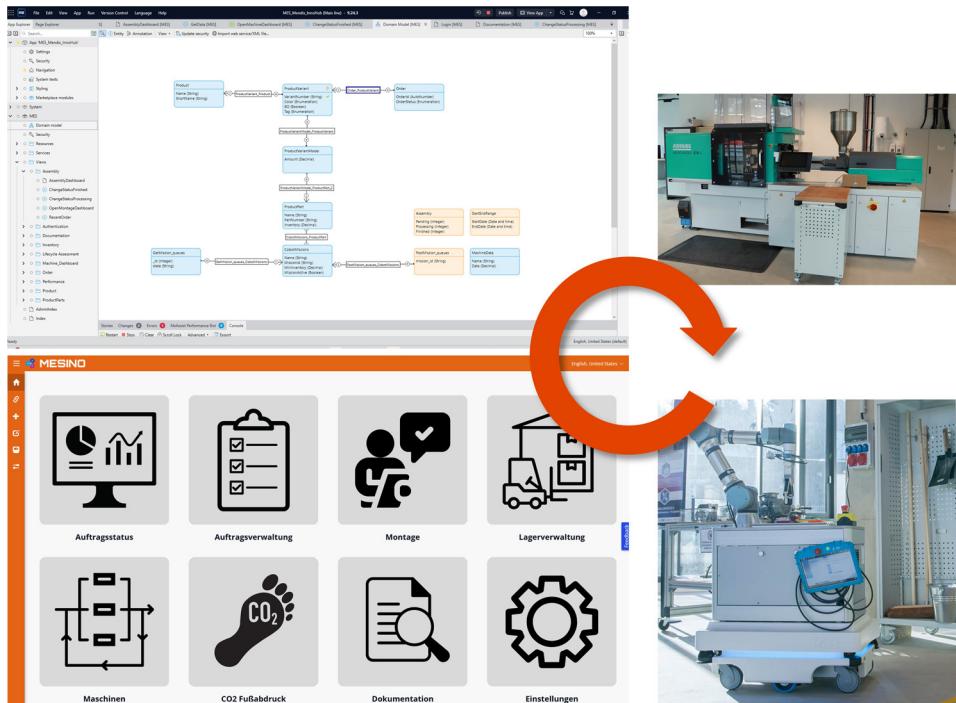


Abbildung 5: Beispiel eines Produktionsmanagementsystems im InnovationHub Gummersbach

Im Rahmen eines Seminars oder Workshops können Studierende und Auszubildende mit dieser Technologie selbst eigene digitale Lösungen entwickeln. Innerhalb weniger Stunden eine funktionsfähige Applikation auf dem eigenen Endgerät zu nutzen, motiviert diese Zielgruppe ungemein. Gleichzeitig werden so die Grundlagen aus Vorlesungen und Unterricht praktisch durchlebt und so zu einer selbstständig erstellten Lösung synthetisiert (Permin et al., 2024).

3.2 Digitale Assistenzsysteme

Unter dem Begriff Industrie 4.0 sind eine Vielzahl neuartiger Assistenzsysteme entstanden, die in Produktion und Logistik Wissen vermitteln, Entscheidungen verbessern und Abläufe robuster gestalten sollen (Hinrichsen et al., 2016). Hierbei werden oft tragbare Geräte mit Technologien wie Augmented Reality verbunden. Im Rahmen einer Probandenstudie innerhalb der Vorlesung „Digitale Produktion“ an der TH Köln nutzen Studierende solche Systeme, um eine ihnen unbekannte Montageaufgabe zu lösen. Während ein Teil der Kohorte über eine Papieranleitung an die Aufgabe herangeführt wird,

nutzt ein zweiter Teil eine Applikation auf einem Tablet. Eine dritte Gruppe wird durch einen technisch komplexen, teuren Augmented-Reality-Projektor durch die gleiche Aufgabe geleitet.

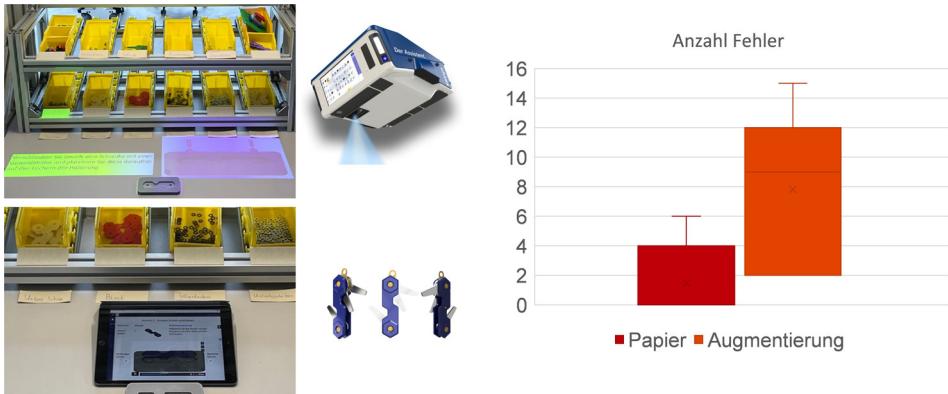


Abbildung 6: Unterschiedliche Assistenzsysteme in einer Montageaufgabe (in Anlehnung an Castillo et al., 2025)

Nach dieser Anleitung müssen die Probanden die ihnen gestellte Aufgabe ein zweites Mal wiederholen, ohne Hilfsmittel zu nutzen. Seit Jahren zeigt sich hier immer wieder das gleiche Bild: Digitale Technologien beschleunigen den ersten Montagedurchgang signifikant – bis zu 20 % (Castillo Velasquez et al., 2023). Gleichzeitig klagen Studierende in einer anschließenden Reflexion über die kognitive Belastung einer Anleitung unter Augmented Reality. Die zweite Aufgabe hingegen wird von den Probanden, die mit einer Papieranleitung gelernt haben, in signifikant kürzerer Zeit und mit geringerer Fehlerquote absolviert. Es zeigt sich also deutlich ein Unterschied zwischen Anleitung und Lerneffekten. Das eigene Durchleben befähigt die Studierenden, in ihrem späteren Berufsleben deutlich reflektierter und ggf. auch kritischer solche Assistenzsysteme in ihrem Zuständigkeitsbereich einzuführen.

3.3 Organisationale Fähigkeiten

Eine eigens durchgeführte Studie unter deutschen Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus zeigt deutlich, dass agile Organisationsprinzipien zur Umsetzung digitaler Lösungen notwendig sind (Permin & Castillo, 2024). Dies bedeutet neben der Zusammenarbeit in Teams mit unterschiedlicher Fachexpertise und einem ganzheitlichen Verantwortungsdenken vor allem eine iterative Arbeitsweise, in der Auftraggeber und Stakeholder regelmäßig eingebunden werden (Aghina, 2017).

Solche Fähigkeiten lassen sich wiederum am besten praktisch entwickeln. Im Rahmen der Veranstaltung Kollaborative Innovationsentwicklung durchlaufen dabei Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens gemeinsam mit Kommilitonen der Informatik mehrere sog. Hackathons. Hierbei wird in kurzen, intensiven Arbeitsphasen von 1–2 Tagen in mehreren Iterationen eine gesamtheitliche Lösung für eine Aufga-

benstellung eines industriellen Partners entwickelt. Dies wiederum lässt junge Studierende aktiv erleben, wie in fachlich gemischten Teams unterschiedliche Rollen etwa in SCRUM besetzt und Lösungen schrittweise an den Bedarf des Auftraggebers angepasst werden.

4 Schlussfolgerungen für künftige Forschungs-/ Entwicklungsinitiativen

Deutschland als Hochlohnland mit starker industrieller Basis ist wie kein anderes Land von den Veränderungen, aber auch Potenzialen der Industrie 4.0 betroffen. Junge Auszubildende und Studierende werden einen wesentlichen Beitrag zur schrittweisen digitalen Transformation von Unternehmen und Supply Chains leisten. Dieser Wandel wird nicht von heute auf morgen stattfinden, aber viele einzelne Methoden und Technologien stehen am Übergang zur breiten industriellen Anwendung.

Eine zukunftsgerichtete Ausbildung, die die wesentlichen Fähigkeiten für die digitale Transformation vermittelt, muss neben technologischen auch organisatorischen Fähigkeiten fördern. Insbesondere in den höheren Taxonomiestufen der Wissensvermittlung erfordert dies praktische Anwendungen und die eigenständige Entwicklung von Lösungen. Der vorliegende Beitrag gab einige Einblicke und Beispiele für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Wissensvermittlung.

Literatur

- Aghina, W.; Ahlback, K.; De Smet, A.; Lackey, G.; Lurie, M.; Murarka, M.; Handscomp, Ch. (2017). *The 5 trademarks of agile organizations*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-five-trademarks-of-agile-organizations#/>
- Brown, R. (1991). Managing the „S“ curves of innovation. *Journal of Marketing Management*, 7(2), 189–202. <https://doi.org/10.1080/0267257X.1991.9964149>
- Castillo Velasquez, L., Permin, E., Fischer, J., & Pyschny, N. (2023). *A Comparative Study of Digital Assembly Assistance Systems*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4469555>
- Castillo Velasquez, L. et al.: The difference between Guidance and Learning – a Case Study of Augmented Assembly Assistance Systems. In: Proceedings of the 58th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Twente, 2025
- Conklin, J. (2005). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives complete edition. *Educational Horizons*, 83(3), 154–159 <https://www.jstor.org/stable/42926529>
- Hinrichsen, S., Riediger, D., & Unrau, A. (2016). Assistance Systems in Manual Assembly. In F.-J. Villmer, E. Padoano, Department of Production Engineering and Management, & Hochschule Ostwestfalen-Lippe (Hrsg.), *Production Engineering and Management* (Bd. 01, pp. 3–14). <https://www.th-owl.de/elsa/record/584>

- Kagermann, R. e. a. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. <https://scholar.google.de/citations?user=fqm5iysaaaaj&hl=de&oi=sra>
- McKendrick, J. (2017). *The rise of the empowered citizen developer*. <https://smallake.kr/wp-content/uploads/2020/01/the-rise-of-the-empowered-citizen-developer.pdf>
- Paluch, S., Antons, D., Brettel, M., Hopp, C., Salge, T.-O., Piller, F., & Wentzel, D. (2020). Stage-gate and agile development in the digital age: Promises, perils, and boundary conditions. *Journal of Business Research*, 110, 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.063>
- Permin, E., Borgard, S., Castillo Velasquez, L., & Pyschny, N. (2022). *A Simple Approach for Complexity Reduction in Job Shop Scheduling Using Quantum Computers*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4259131>
- Permin, E., & Castillo, L. (2024). Creating data-driven products and services in industry 4.0: A case study on companies in the German machine and tool industry. *Discover Mechanical Engineering*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s44245-024-00039-6>
- Permin, E., Castillo, L., Weber, D., Alam, S., & Moisel, C. (2024). Perspectives, Application Gaps, and Involvement of Citizen Developers in Digital Factory Management. In S. Thiede & E. Lutters (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems: Vol. 1059, Learning Factories of the Future: Proceedings of the 14th Conference on Learning Factories 2024, Volume 1* (1st ed. 2024, pp. 11–19). Springer Nature Switzerland; Imprint Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-65411-4_2
- Raab, C. (2022, May 24). *Industrie 4.0 – so digital sind Deutschlands Fabriken*. bitkom, Berlin. https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-05/Bitkom-Charts_Industrie_4.0_240522.pdf
- Rauch, E., & Vinante, E. (2021). Three Dimensional Technology Radar Model to Evaluate Emerging Industry 4.0 Technologies. In V. Ivanov, J. Trojanowska, I. Pavlenko, J. Zajac, & D. Peraković (Eds.), *Lecture Notes in Mechanical Engineering, Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV: Proceedings of the 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2021, June 8–11, 2021, Lviv, Ukraine – Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering* (1st ed. 2021, pp. 233–242). Springer International Publishing; Imprint Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_24
- Stacey, R. (2001). Complexity and the Group Matrix. *Group Analysis*, 34(2), 221–239. <https://doi.org/10.1177/0533316401342003>
- Taiichi Ohno. (1978). *Toyota Production System – Beyond Management of Large-Scale Production*.
- Womack, J. P. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press.

Effektiver Einsatz von schulischen Lernfabriken in der beruflichen Weiterbildung: Herausforderungen und Lösungsansätze

VIKTORIA BERGMANN; LARS WINDELBAND

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden immer mehr Lernfabriken an beruflichen Schulen eingerichtet, um den Anforderungen der Digitalisierung und industriellen Entwicklung gerecht zu werden. Diese Lernfabriken sollen sowohl in der Berufsausbildung als auch in der Weiterbildung genutzt werden. Die Umsetzung in Weiterbildungen gelingt jedoch nur teilweise aufgrund verschiedener Herausforderungen, wie unzureichender Rahmenbedingungen der Schulen oder Schwierigkeiten bei der Bedarfsermittlung mit den Betrieben. Lernfabriken ermöglichen es, produktionsnahe Prozesse praxisnah für den Lernprozess zu erproben. Deren Innovationspotenzial ist jedoch bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Der Beitrag beschreibt Erfolgsfaktoren für den Einsatz von Lernfabriken in der Weiterbildung.

Schlagworte: Lernfabriken; Industrie 4.0; Lernraum; Weiterbildung

Abstract

In recent years, an increasing number of learning factories have been established in vocational schools to meet the demands of digitalization and industrial development. These learning factories are intended for use in both vocational training and further education. However, their implementation in further education has only been partially successful due to various challenges, such as insufficient structural conditions in schools or difficulties in assessing the needs of companies. Learning factories provide the opportunity to practically simulate production-related processes for educational purposes. Nevertheless, their potential for innovation remains far from fully utilized. This paper identifies success factors for the effective use of learning factories in further education.

Keywords: Learning Factories; Industry 4.0; Learning Space; Further Education

1 Problemorientierung

Um den Anforderungen der Digitalisierung und der industriellen Entwicklung gerecht zu werden, haben das Land Baden-Württemberg, seine Schulträger sowie regionale

Wirtschaftsakteure an einer Vielzahl von beruflichen Schulen Lernfabriken eingerichtet. Die mit Lernfabriken ausgestatteten Schulen sind im Rahmen der Förderung verpflichtet, neben dem Einsatz in der Berufsausbildung auch Weiterbildungsangebote anzubieten. Die Nutzung der Lernfabriken für die Weiterbildungszwecke und eine kooperative Umsetzung mit den ausbildenden Betrieben gelingt bisher nur teilweise. Die Gründe für die Schwierigkeiten bei der Nutzung für Weiterbildungsangebote sind vielfältig: Die Rahmenbedingungen der Berufsschulen lassen eine Nutzung kaum zu, die Sichtbarmachung von Weiterbildungsangeboten für die Schulen ist nicht möglich oder es bestehen Schwierigkeiten bei der Analyse des Weiterbildungsbedarfs der Betriebe. In schulischen Lernfabriken können unterschiedliche Produktionsprozesse simuliert werden, die industriellen Produktionsprozessen nahekommen und in denen produktionsnahe Prozesse von den Lernenden im Rahmen von Lern- und Arbeitsaufgaben praktisch erprobt und handlungsorientiert erfahren werden können, bevor sie im betrieblichen Arbeitsumfeld damit konfrontiert werden. In Baden-Württemberg gibt es derzeit 47 Lernfabriken an beruflichen Schulen, deren Innovationspotenzial für die berufliche Weiterbildung bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Der Beitrag beschreibt die aktuelle Situation mit den Potenzialen und Herausforderungen des Einsatzes der schulischen Lernfabriken für die Weiterbildung. Dazu werden Lernfabriken kurz vorgestellt und als Lernraum für die Weiterbildung eingeordnet. Im zweiten Teil werden konkrete Herausforderungen beim Einsatz von Lernfabriken und Lösungsvarianten für einen erfolgreichen Einsatz beschrieben.

2 Lernfabriken zum Schwerpunkt Industrie 4.0 im berufsbildenden Bereich

Lernfabriken werden seit einigen Jahren zunehmend in der beruflichen Bildung eingesetzt. Lernfabriken können in der beruflichen Bildung für die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften eingesetzt werden. Komplexe, verkettete und vernetzte Maschinensysteme, die einen kompletten Produktionsprozess in einem Unternehmen abbilden, sind jedoch für die berufliche Bildung in der Umsetzung in Berufsschulen oder Ausbildungsbetrieben noch sehr neue Lernumgebungen.

In seinen grundlegenden Überlegungen beschreibt Zinn die Lernfabrik als Konzept, bei dem

„[...] Lernende authentische Möglichkeiten haben, berufliche Aufgaben mit berufsspezifischen Arbeitsmitteln in einer wirklichkeitsnahen Lernumgebung zu bearbeiten. Die Lernfabrik soll einen Betriebskontext vorstellbar machen, in dem für Lernende reale Arbeitsbedingungen simuliert werden. Es handelt sich dabei nicht um eine einfache Theorie-Praxis-Ergänzung, sondern um eine komplexe, anspruchsvolle räumliche und didaktisch-methodische Konzeptualisierung“ (Zinn, 2014, S. 23).

In der Berufsausbildung ist es notwendig, möglichst realitätsnahe Lern- und Arbeitsaufgaben in den beruflichen Lernsituationen abzubilden. Hierfür werden immer mehr

schulische Lernfabriken genutzt, die allgemein als erfolgversprechende und methodisch hochkomplexe Lernräume gelten (Leppert, 2021). Trotz der mittlerweile zunehmenden Verbreitung von Lernfabriken ist deren Einsatz in der aktuellen Forschung noch wenig thematisiert. Insbesondere der Einsatz, die Ausrichtung und die Gelingensbedingungen für einen erfolgreichen didaktischen Einsatz in der beruflichen Aus- und Weiterbildung sind bislang wenig erforscht.

Die Darstellung und Erprobung realer Produktions- und Arbeitsprozesse ist in Form komplexer Simulationen in Lernfabriken möglich. Insbesondere Lernende der Zielgruppen Auszubildende, dual Studierende oder Personengruppen im Beruf können durch diese realitätsnahen, dynamischen Produktionsumgebungen in ihrem Lernen unterstützt werden. Abele et al. (2015) sowie Faßhauer et al. (2021) identifizieren wesentliche Merkmale, die eine Lernfabrik erfüllen muss. Dazu zählen

- die Abbildung authentischer Arbeitsprozesse unter Berücksichtigung von technischen und organisatorischen Aspekten,
- eine dynamische Arbeitsumgebung, die einer realen Wertschöpfungskette entspricht,
- die tatsächliche Möglichkeit, in der Lernfabrik ein Produkt herstellen zu können, sowie
- ein didaktisches Konzept, das formelles, informelles und nicht formelles Lernen vor Ort durch die aktive Beteiligung der Lernenden ermöglicht.

Lernfabriken sind in der Regel modular aufgebaut, um unterschiedliche Varianten der Produktionsabwicklung und damit unterschiedliche und vielfältige Lernsituationen abbilden zu können. Ein solcher modularer Aufbau ermöglicht auch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Lernfabriken in Abhängigkeit von der Lernumgebung, den beruflichen Aufgabenstellungen, um auf neue Entwicklungen reagieren zu können. Der modulare Aufbau der Lernfabriken ermöglicht es den Lernenden, bestimmte Teialschnitte/Bereiche der Lernfabrik kennenzulernen und sich schrittweise an die Gesamtanlage heranzutasten. Dabei findet eine Vernetzung aller Module zur Lernfabrik statt. Bei vielen aktuell entstehenden Lernfabriken zum Schwerpunkt Industrie 4.0 an berufsbildenden Schulen ist die folgende Unterscheidung zu erkennen:

- *Technikmodule (Grundlagenmodule)*, die den Auszubildenden eine Hinführung zu den Grundlagen digital gesteuerter Produktionstechnologien ermöglichen. In unterschiedlichen Grundlagenmodulen werden Fragestellungen einer modernen industriellen Fertigung umgesetzt (u. a. Sensorik/Aktorik, Robotersysteme, Identifikationstechnologien, Kommunikationsarchitektur, MES- und Datenbanksystem).
- *Lernfabriken (Smart Factories - Gesamtanlage)*, bei denen modulare Schwerpunkte aus den Grundlagenmodulen zu einer ganzheitlichen Lernfabrik verknüpft werden. Hier haben die Auszubildenden die Möglichkeit, intelligente Produktionsprozesse auf der Basis realer Industriestandards zu erlernen, vernetzte Abläufe selbst zu steuern sowie konkrete berufliche Problemsituationen zu lösen.

3 Gelingensfaktoren und Herausforderungen beim Einsatz von beruflichen Lernfabriken

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen deutlich, dass es nur schwer gelingt, Lernprozesse innerhalb der gesamten Lernfabrik (Lernen an der Gesamtanlage) zu initiieren. Eine qualitative Studie von Böhnlein (2021, S. 50) mit Interviews an ausgewählten beruflichen Lernfabriken in Baden-Württemberg zeigt, dass über alle gewerblich-technischen Ausbildungsberufe hinweg zu 90 % die Grundlagenmodule für Fragestellungen zu Industrie 4.0 eingesetzt werden und nur zu 10 % die gesamte Lernfabrik eingesetzt wird – oftmals „nur“ als Anschauungsobjekt. Häufig wird zu Beginn der Lernsituation der gesamte Wertschöpfungsprozess an der Lernfabrik veranschaulicht, bevor im Anschluss die Lernsituation an den spezifischen Grundlagenmodulen umgesetzt wird (ebd.). Vereinzelt werden auch Lernsituationen – wie zu den Themen „Manufacturing Execution System – MES“ oder „Inbetriebnahme einer Anlage“ – an der kompletten Lernfabrik umgesetzt.

Diese Ergebnisse werden auch von der Forschergruppe Anselmann, Faßhauer und Windelband (2022) bestätigt, die in einer empirischen Befragung an 75 Berufsbildenden Schulen in Baden-Württemberg zur Erkenntnis kommen, dass vorwiegend in den Grundlagenmodulen in den Berufsschulen ausgebildet wird und es lediglich für einige wenige Ausbildungsberufe (z. B. Mechatroniker/-in) sowie in der Techniker/-innenqualifizierung gelingt, angemessen problemorientierte berufliche Lernsituationen in der gesamten Lernfabrik umzusetzen.

Windelband et al. (2023) untersuchten in ihrer Studie, in der Handlungsempfehlungen zur inhaltlichen Umsetzung von Lernfabriken für die berufliche Weiterbildung ausgearbeitet wurden, unter anderem, welche Gelingensfaktoren zu einem erfolgreichen Einsatz von Lernfabriken im Zuge von beruflichen Weiterbildungsangeboten beitragen. In Fall- und Praxisbeispielen wurden verschiedene Aspekte identifiziert, die bei der erfolgreichen Entwicklung und Durchführung von Weiterbildungsveranstaltungen mitentscheidend sind:

- *Entlastung bei der Veranstaltungsorganisation*

Ein zentraler Faktor für den Erfolg von Kooperationen ist die Entlastung der Berufsschulen bei der Organisation der Weiterbildungsangebote. In einem erfolgreichen Praxisbeispiel übernahmen andere Akteure, in diesem Fall die ortsansässige IHK, neben der Planung und Organisation der Veranstaltung Aufgaben zu Marketing und Kundenakquise sowie die Kommunikation zwischen allen beteiligten Akteuren. Eine solche Unterstützung entlastete die berufsbildenden Schulen spürbar und ermöglichte es den Lehrkräften, sich auf ihre Kernkompetenzen in der didaktischen Umsetzung zu konzentrieren. Eine ähnliche Variante der Ressourcenschonung wurde auch in einem anderen Praxisbeispiel gewählt, wo der organisatorische Aufwand der Veranstaltung auf beide Kooperationspartner (Schule und Unternehmen) verteilt wurde.

- *Überblicksorientierung der Zielsetzung*

Oft besaßen die Weiterbildungsangebote, die in den Lernfabriken umgesetzt wurden, den Charakter einer „Überblicksschulung“. Ihr Ziel war es, ein erstes Bewusstsein für die Grundsätze der Technologien in Industrie 4.0 (Losgröße 1; Sensorik/Aktorik; Datenerfassung und -analyse; Identifizierungssysteme) und vernetztes Arbeiten zu schaffen. Diese Schulungen richteten sich insbesondere an produktionsferne Personen, wie aus dem Personalbereich oder dem „indirekten Bereich“, die durch die Angebote mit dem Thema Industrie 4.0 in Kontakt gebracht werden sollten. Daher wurden in diesen Veranstaltungen grundlegende Kenntnisse vermittelt, die den Teilnehmenden einen ersten Zugang zu relevanten Technologien und Konzepten einer vernetzten Arbeitswelt ermöglichten.

- *Bedarfsorientierung des Bildungsprodukts*

Es zeigte sich, dass eine im Vorfeld durchgeführte Bedarfsanalyse zentral für das Gelingen der Kooperationen war. In den identifizierten Praxisbeispielen wurden die Weiterbildungsmaßnahmen jeweils auf den spezifischen Bedarf der Unternehmen ausgerichtet und zugeschnitten. So führte die IHK in einem Praxisbeispiel eine umfassende Bedarfsanalyse durch, um sicherzustellen, dass die Weiterbildung den Anforderungen der Fachabteilungen des Unternehmens gerecht wird. Auch im weiteren erfolgreichen Praxisbeispiel wurden vorab die Anforderungen von Unternehmensseite erhoben und mit den Lehrkräften der berufsbildenden Schule abgestimmt. Eine solche gezielte Orientierung an den Bedürfnissen des Unternehmens gewährleistet eine hohe Praxisnähe und eine Abstimmung der Bildungsziele.

- *Ressourcenschonende Nutzung vorhandener Strukturen*

In denjenigen Praxisbeispielen, die als erfolgreich identifiziert wurden, wurde von den Lehrkräften jeweils auf bereits bestehendes Repertoire aus dem regulären Schulbetrieb zurückgegriffen. Das didaktische Konzept und die Lernmaterialien wurden noch an die spezifischen Bedürfnisse der Unternehmen angepasst, was nicht nur den Entwicklungsaufwand minimierte, sondern auch den Ressourcenverbrauch der Schulen schonte. Diese pragmatische Vorgehensweise ermöglichte es, maßgeschneiderte Weiterbildungsangebote zu erstellen, ohne dass eine vollständige Neuentwicklung, die aufgrund von Zeitmangel nicht leistbar wäre, erforderlich war.

- *Bestehende Partnerschaften und Lernortkooperationen*

Ein weiterer Schlüssel zum Erfolg stellten langjährige Partnerschaften und enge Kooperationen zwischen den beteiligten Akteuren dar. In allen Fallbeispielen, in denen bereits vor der Weiterbildungskooperation zwischen Lernfabrik und Unternehmen ein stabiler Kontakt bestand, wurde das Ergebnis der Zusammenarbeit als erfolgreich eingestuft. Diese bestehenden Beziehungen erleichterten die Zusammenarbeit, da die Partner sich bereits gegenseitig gut kannten und um die Stärken und Rahmenbedingungen der jeweils anderen Seite wussten. Diese über Jahre gewachsenen Verbindungen förderten eine reibungslose Zusammenarbeit und Verständnis für die gegenseitigen Strukturen und Gestaltungsmöglichkeiten.

Die aufgeführten Ergebnisse verdeutlichen, dass der Einsatz von Lernfabriken für Weiterbildungsangebote von einer Vielzahl an Gelingensfaktoren abhängt. Als besonders entscheidend zeigten sich insbesondere die organisatorische Entlastung der berufsbildenden Schulen im Vorfeld der Weiterbildungsmaßnahme, eine ressourcenschonende Nutzung von bereits vorhandenen Lehrkonzepten und Materialien sowie die zielgerichtete Anpassung der Angebote an die Zielgruppe und Bedarfe der Unternehmen.

Es zeigt sich, dass eine Verteilung organisatorischer Aufgaben, wie sie beispielsweise durch die Einbindung externer Partner realisiert wurde, nicht nur die personellen und zeitlichen Ressourcen der Schulen entlastet, sondern auch deren Schwierigkeiten mit geringen Marketingkompetenzen oder fehlenden Kommunikationskanälen zu Unternehmen auffängt.

4 Didaktische Gestaltung für den Einsatz von beruflichen Lernfabriken

Der Einsatz von Lernfabriken für die berufliche Weiterbildung erfordert spezifische spezielle didaktische Konzepte, die stärker auf selbstgesteuertes und praxisnahes Lernen ausgerichtet sind als in der Ausbildung. Eine Studie zu Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Weiterbildungsangeboten an Lernfabriken (Windelband et al., 2023) untersuchte die Nutzung von Lernfabriken für berufliche Weiterbildungsangebote an berufsbildenden Schulen und liefert zahlreiche didaktische Hinweise für die Gestaltung und den Aufbau der Lernsituationen:

- *(Berufs)Didaktische Einbettung von Lernfabriken*

Lernfabriken schaffen eine authentische Arbeitsumgebung und bieten dadurch eine realitätsnahe und praxisorientierte Lehr-Lernumgebung. Sie ermöglichen es Lernenden, berufliche Handlungskompetenzen zu entwickeln, insbesondere jene, die für Arbeitstätigkeiten in der industriellen Produktion relevant sind. Im Sinne der „vollständigen beruflichen Handlung“ werden sie so dazu befähigt, Arbeitsprozesse selbstständig planen, durchführen und kontrollieren zu können. Dadurch werden die Problemlösungsfähigkeit und das selbstständige Lernen nachhaltig gefördert. Dazu müssen jedoch die Lernfabriken im Aufbau und in der Gestaltung modular und veränderbar sein. Gelingt dies, kann eine schrittweise Annäherung an die komplexen Prozesse einer Gesamtanlage sowie eine Flexibilität, die es dem Lehrenden ermöglicht, spezifische Produktionsprozesse herauszugreifen und gezielt auf die Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen auszurichten, umgesetzt werden.

- *Lernsituationen innerhalb von Lernfabriken*

Lernfabriken bieten aufgrund ihrer Struktur die Möglichkeit, verschiedene Kombinationen an Lernformaten für die Vermittlung arbeitsprozessnaher Kompetenzen einzusetzen. Die möglichen Lernsituationen innerhalb von Lernfabriken sind vielfältig und reichen von explorativen und experimentellen Ansätzen bis hin zu einem reflektierenden und problemlösenden Vorgehen. In diesen praxis- und handlungs-

orientierten Lernsituationen übernehmen die Lernenden aktiv die Rolle des selbstgesteuerten Lernens, was durch unterschiedliche Lernmethoden wie projektorientiertes Lernen, Fehlerdiagnosen oder Reparaturaufträge unterstützt wird. Auch Elemente aus dem Bereich von XR-Technologien können integriert werden. So können zum Beispiel digitale und vernetzte Lernmedien komplexe Prozessketten simulieren oder digitale Visualisierungen einzelne Komponenten und Prozessschritte anschaulich darstellen. Solche Methoden fördern das selbstgesteuerte Lernen, und der Wissens- und Kompetenzaufbau erfolgt in Lernfabriken daher oft in einem vom Lernenden aktiv-aufbauenden Prozess. Damit kommt der Lehrkraft in den meisten Fällen die Rolle des Lernprozessbegleiters zu, die sowohl instruierendes als auch begleitend-beratendes Lehrhandeln vorsieht.

- *Zielgruppen und didaktische Perspektiven für die Weiterbildung*

Lernfabriken ermöglichen eine stufenweise Qualifizierung der Lernenden, angepasst an deren Vorwissen und berufliche Anforderungen. In der Studie von Windelband et al. (2023) wurden die abgestuften Zielperspektiven für konkrete, problemorientierte Fragestellungen im Kontext beruflicher Lernfabriken deutlich herausgearbeitet. Es ergeben sich drei klar definierte Zielperspektiven, die sich in ihren Zielgruppen, Lernzielen und didaktischen Konzepten unterscheiden. Die Niveaustufen zielen auf die Vermittlung von Basiswissen über Fachkompetenzen bis hin zu Expertenwissen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zielperspektiven und Zielgruppen für eine didaktische Umsetzung (Quelle: Windelband et al., 2023; S. 49f.)

	Basiswissen: Stufe 1	Fachkompetenzen: Stufe 2	Expertewissen: Stufe 3
Lernziel	Grundlegende Einführung zum Verständnis in den Technologien von Industrie 4.0 und cyber-physischen Systemen an den Grundlagenlaboren, deren Zusammenspiel in der gesamten Lernfabrik.	Vertiefende Kompetenzen zur Auswahl, zum Einsatz und zum Transfer von Methoden zur Gestaltung der flexiblen Fertigung, des MES, des Energemanagements, der Vernetzung und Datensicherheit sowie zum Einsatz der künstlichen Intelligenz innerhalb der Produktion in den Grundlagenlaboren.	Expertewissen zur Optimierung und Problemlösung von Instandhaltungs- und Wartungsfragen innerhalb der vernetzten Produktion an der Gesamtanlage.
Zielgruppe	Mitarbeiter*innen ohne grundlegende digitale Kompetenzen, die einen ersten Einstieg zu dem Thema Industrie 4.0 und KI erhalten. Es soll ein Bewusstsein und Verständnis für die Arbeitswelt 4.0 geschaffen werden.	Mitarbeiter*innen mit digitalen Grundkompetenzen, welche durch die Weiterbildung Industrie-4.0-Anwendungen anwenden und mitgestalten können.	Fachkräfte aus dem Produktionsbereich, die durch die Weiterbildung tiefgreifende Problemlösungen an Industrie-4.0-Anlagen lösen können.

(Fortsetzung Tabelle 1)

	Basiswissen: Stufe 1	Fachkompetenzen: Stufe 2	Expertenwissen: Stufe 3
Didaktische Überlegungen	Es wird auf bereits im schulischen Curriculum vorhandene Inhalte/Module aufgebaut und kann an spezifische Bedarfe angepasst werden. Schulische Lernfabriken können dies sofort umsetzen.	Schulische Lernfabriken müssen ihre Konzepte anpassen. Eine kurz- bis mittelfristige Umsetzung ist möglich.	Schulische Lernfabriken müssen Konzepte mit Unternehmen gemeinsam entwickeln. Betreibermodelle zur Koordinierung sind wichtig. Diese würden eher langfristig umgesetzt werden.

5 Ansatzpunkte für die Entwicklung neuer didaktischer Konzepte

Aus den Erkenntnissen der Studie (Windelband et al., 2023) lassen sich folgende Schlussfolgerungen für die erfolgreiche Integration von Lernfabriken in die berufliche Weiterbildung ableiten:

- 1. Förderung interinstitutioneller Zusammenarbeit an Lernfabriken:** Um das Potenzial von Lernfabriken für die berufliche Weiterbildung gänzlich auszuschöpfen, ist eine enge und zielgerichtete Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Institutionen erforderlich. Bildungsinstitutionen, Unternehmen, Kammern und andere Verbände müssen ihre Kompetenzen und Ressourcen bündeln, um Lernfabriken als effektive Lernräume zu etablieren. Ziel dieser Zusammenarbeit muss es sein, praxisorientierte und innovative Lehr- und Lernformate zu entwickeln, die sowohl den Anforderungen der Industrie 4.0 als auch den spezifischen Bedürfnissen der beteiligten Akteure gerecht werden. Durch interinstitutionelle Kooperationen ist es möglich, didaktische und organisatorische Rahmenbedingungen optimal aufeinander abzustimmen. Dies ermöglicht einen ressourcenschonenden Betrieb der schulischen Lernfabriken und nutzt vorhandene Kompetenzen und Netzwerke optimal aus, um die nachhaltige Integration von Lernfabriken in die berufliche Weiterbildung sicherzustellen. Die Einbindung unterschiedlicher Akteure gewährleistet zudem die bedarfsgerechte Ausrichtung und didaktische Gestaltung von Weiterbildungsangeboten und stärkt die Akzeptanz und Wirksamkeit von Lernfabriken in der beruflichen Bildung.
- 2. Entwicklung virtueller und hybrider Lernumgebungen an den Lernfabriken:** Durch die Integration von Technologien der erweiterten Realität, wie Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR), können Lernfabriken virtuelle und hybride Lernumgebungen schaffen, die immersive und interaktive Lernerfahrungen ermöglichen. Die Kombination von physischen und virtuellen Lernfabriken erlaubt eine effiziente Nutzung vorhandener Ressourcen und eröffnet neue didaktische Möglichkeiten, insbesondere im Bereich des immersiven Lernens (Tangocci et al., 2023). So könnte mittels VR/AR-Technologie eine Simulierung von Fehlerquellen/Reparaturaufgaben umgesetzt werden oder die Optimierung von Produktionsab-

läufen in sicherer Umgebung. Darüber hinaus reduzieren virtuelle Lernfabriken den Personalaufwand erheblich, da Wartung und Betrieb physischer Anlagen weitgehend entfallen. Trotz ihrer Vorteile als kostengünstige und flexible Alternative bleibt der Einsatz virtueller Lernfabriken in der beruflichen Weiterbildung bisher begrenzt und methodisch unzureichend erforscht.

3. **Integration adaptiver Lerntechnologien und KI-Technologien:** Die Einbindung adaptiver Lerntechnologien kann eine Bereicherung für Lernfabriken darstellen, da sie personalisierte Lernerfahrungen ermöglichen. Es wäre denkbar, durch den Einsatz von adaptiven Lernsystemen, verbunden mit Künstlicher Intelligenz, den individuellen Lernstand von Lernenden zu erfassen und in Echtzeit auf deren individuelle Bedürfnisse und Lernfortschritte zu reagieren. Dadurch ist das Schaffen eines individuellen Lernprozesses denkbar, der jederzeit flexibel auf die spezifisch angestrebten beruflichen Handlungskompetenzen ausgerichtet und angepasst werden kann. Zusätzlich kann auf diese Weise das gemeinsame Lernen in Teams mit Lernenden aus unterschiedlichen Berufen gestärkt werden, das bisher an realen Anlagen durch den hohen organisatorischen Aufwand nur selten gelingt. Der Austausch und die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams würden gefördert, da Lernende aus unterschiedlichen Berufsfeldern anhand ihrer individuellen beruflichen Kompetenzen und Aufgaben in Projekten zusammengebracht würden. Dies würde eine gezielte Unterstützung des Lernprozesses ermöglichen, um die Lernenden in ihren individuellen und berufsübergreifenden Handlungskompetenzen zu fördern. Dadurch kann ein tieferes Verständnis für die Anforderungen und Perspektiven anderer Disziplinen entwickelt werden.

6 Fazit und Erkenntnisse für die zukünftige Nutzung von Lernfabriken

Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen, dass berufliche Lernfabriken ein Potenzial für die berufliche Weiterbildung bieten. Sie ermöglichen es, realitätsnahe Arbeitsprozesse zu simulieren und praxisorientierte Kompetenzen zu fördern. Lernfabriken schaffen eine veränderbare Lernumgebung, in der Lernende durch praktische Erfahrung in authentischen Arbeitsumgebungen essenzielle Kompetenzen für die moderne Arbeitswelt entwickeln können.

Der Anspruch, ein berufliches Lernen in komplexen Systemen wie einer Lernfabrik für die Weiterbildung zu ermöglichen, führt zu einer neuen fachlichen und didaktischen Herausforderung für das gesamte berufliche Bildungspersonal. Die Herausforderung besteht darin, die komplexe Arbeitswelt realitätsnah abzubilden und trotzdem lernhafte, problembezogene Aufgaben für die Weiterbildung generieren zu können. Ein wichtiger Erfolgsfaktor für das Gelingen und die nachhaltige Integration der Lernfabriken in die berufliche Bildung ist, diese fest in die Weiterbildung zu integrieren, die fachdidaktische Qualifizierung des Bildungspersonals auszubauen und den Austausch zwischen den beruflichen Lehrkräften und dem Bildungspersonal in den Unternehmen

zu forcieren. Wenn dies gelingt, dann können Lernfabriken einen wichtigen Beitrag im Kontext der beruflichen Weiterbildung liefern, da sie ein Denken, Arbeiten und Kooperieren in vernetzten Produktionssystemen fördern.

Literatur

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., Hummel, V. & Ranz, F. (2015). Learning factories for research, education, and training. *Procedia CIRP*, 32, 1–6.
- Anselmann, S., Windelband, L., & Faßhauer, U. (2022). *Lernfabriken als neuer Lernraum in der beruflichen Bildung – Sachstandsanalyse und Potenziale*. Verfügbar unter https://www.bwpat.de/ausgabe43/anselmann_etal_bwpat43.pdf (Zugriff am: 18.12.2022).
- Anselmann, S., Windelband, L., & Faßhauer, U. (2023). Fokus berufliche Lernfabriken – Einblicke in neue Lernräume der beruflichen Bildung. *Bildung & Beruf*, 6, 198–205.
- Böhnlein, M. (2021). *Entwicklung eines Medienpaketes zu Anwendungskontexten von Lernfabriken an beruflichen Schulen*. Masterarbeit an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd.
- Faßhauer, U., Wilbers, K., & Windelband, L. (2021). Lernfabriken: Ein Zukunftsmodell für die berufliche Bildung? In K. Wilbers & L. Windelband (Hrsg.), *Lernfabriken an beruflichen Schulen – Gewerblich-technische und kaufmännische Perspektiven* (15–48). epubli.
- Leppert, S. (2021). Prozessmodelle als Grundlage für die Planung von Lernsituationen in komplexen Lehr-Lernarrangements. In K. Wilbers & L. Windelband (Hrsg.). *Lernfabriken an beruflichen Schulen – Gewerblich-technische und kaufmännische Perspektiven* (49–82). epubli.
- Tangocci, E., Hartmann, C., & Bannert, M. (2023). Immersives Lernen in der Berufsschule: Fördert VR- und AR-Technologie das Lernen, die intrinsische Motivation und die Technologieakzeptanz von lernbeeinträchtigten Auszubildenden? *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 51, 268–288. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.21.X>
- Windelband, L., Bergmann, V., Reifsneider, O., Reimann, D., & Schwarz, M. (2023). *Handlungsempfehlungen zur inhaltlichen Umsetzung von Lernfabriken für die berufliche Weiterbildung: Abschlussbericht*. KIT Scientific Working Papers 230. KIT DOI: 10.5445/IR/1000162893.
- Zinn, B. (2014). Lernen in aufwändigen technischen Real-Lernumgebungen – eine Bestandsaufnahme zu berufsschulischen Lernfabriken. *Die berufsbildende Schule*, 66(1), 23–26.

Augmented-Reality-basierte Schulungssysteme in der Schweißtechnik – Konzeption einer videobasierten Fragebogenstudie für Lehr- kräfte an berufsbildenden Schulen

ANNE PURSCHE; MARTIN FRENZ

Zusammenfassung

Dieser Beitrag untersucht Chancen und Herausforderungen von Augmented-Reality-basierten Schulungssystemen in der Schweißtechnik (VWTS – Virtual Welding Training Systems), mit besonderem Fokus auf duale Ausbildungsgänge an berufsbildenden Schulen. Ziel ist es, die Potenziale von VWTS zu analysieren und die Gründe für ihre bislang geringe Verbreitung an berufsbildenden Schulen zu identifizieren. Beispielhaft erfolgt dies mit einem konkreten Bezug zum Schweißsimulator Soldamatic ©. Der Beitrag fokussiert die Konzeption einer videobasierten Fragebogenstudie für Lehrkräfte mit dem Ziel, Barrieren, Gelingensbedingungen und mögliche Einsatzszenarien sowie die persönliche Bereitschaft einer Nutzung zu erforschen. Der entwickelte Fragebogen basiert dabei auf Ordnungsmittelanalysen und Literaturanalysen sowie praktischen Erprobungen und ersten explorativen Interviews. Der Fokus liegt dabei auf einer kompetenzorientierten Didaktik und Methodik in der beruflichen Bildung.

Abstract

This article examines the opportunities and challenges of augmented reality-based training systems in welding technology (VWTS – Virtual Welding Training Systems), with a particular focus on dual training programs at vocational schools. The aim is to analyze the potential of VWTS and to identify the reasons for their low prevalence in vocational schools. This is done using the welding simulator Soldamatic © as an example. The article focuses on the conception of a video-based questionnaire study for teachers with the aim of investigating barriers, conditions for success and possible application scenarios as well as personal willingness to use it. The questionnaire that was developed is based on regulatory analyses and literature analyses as well as practical trials and initial exploratory interviews. The focus is on competence-oriented didactics and methodology in vocational training.

Schlagworte: Augmented Reality, Schweißtechnik, VWTS, berufsbildende Schule, videobasierte Fragebogenstudie

1 Ziel und forschungsmethodische Konzeption des Beitrags

Um dem Mangel an Schweißfachkräften entgegenzuwirken, werden für unterschiedliche Lernorte innovative Aus- und Weiterbildungskonzepte in der Schweißtechnik entwickelt und eingesetzt. Augmented-Reality-basierte Schweißsimulatoren (VWTS – Virtual Welding Training Systems) bieten Ansätze zum Erlernen des manuellen Schweißens. Bisher existieren noch keine Studien, um die pädagogischen Chancen und Risiken von VWTS für den Lernort berufsbildende Schule im Rahmen des dualen Systems aufzuzeigen und entsprechende Gestaltungsempfehlungen zu geben. Lehrkräften an berufsbildenden Schulen fehlt häufig berufspraktische Erfahrung im Schweißen. Die Nutzung von Schweißsimulatoren könnte eine Möglichkeit darstellen, am Lernort Schule die Fachtheorie und Praxis beruflichen Handelns besser zu vereinen bzw. eine Ausführungsphase im Sinne einer vollständigen Handlung zu ermöglichen. Bisher werden VWTS an berufsbildenden Schulen jedoch selten eingesetzt. Ziel ist es, Gründe hierfür zu erforschen.

Zunächst werden Ordnungsmittel der Ausbildungsberufe für den Lernort Schule analysiert, um folgende Forschungsfrage zu beantworten:

- Für welche dualen Ausbildungsberufe ist ein Einsatz von VWTS denkbar?

Mit dieser Ordnungsmittelanalyse als Vorstudie wird das Sample einer videobasierten Fragebogenstudie bestimmt. Zudem werden weitere Literaturanalysen und praktische Erprobungen durchgeführt, um theoretische Bezugspunkte für mögliche Gründe für bzw. gegen eine Nutzung zu identifizieren.

Die für das Schweißen notwendigen Kompetenzen werden literaturbasiert analysiert und in Form erster Überlegungen zu einem Kompetenzmodell dokumentiert. Die Möglichkeiten eines Schweißsimulators werden am Beispiel des kommerziell erhältlichen Modells Soldamatic © von Seabery erörtert, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf den zu fördernden Kompetenzen bei den Lernenden und benötigten Kompetenzen der Lehrenden gelegt wird. Aufbauend auf beschriebenen Ergebnissen sowie Überlegungen zu einem kompetenzorientierten Lehr-Lern-Verständnis wird eine videobasierte Fragebogenstudie konzipiert. Das Video beschreibt dabei aus einer Marketingperspektive möglichst umfangreich die Funktionalität des VWTS. Der Fragebogen dient dazu, Gründe für bzw. gegen eine Nutzung und potenzielle Möglichkeiten für eine erfolgreiche Integration von VWTS in den Unterricht zu identifizieren. Dieser Aspekt ist insofern relevant, dass digitale Medien trotz fortschreitender Digitalisierung in berufsbildenden Schulen unterschiedlich stark in den Unterricht eingebunden werden (BIBB, 2024). Auch vielversprechende, aufwendige Lernräume wie Lernfabriken wurden zwar von berufsbildenden Schulen angeschafft, werden aber selten genutzt, wie eine aktuelle Studie von Anselmann et al. zeigt (Anselmann et al., 2024).

Folgende Forschungsfragen sollen mit der videobasierten Fragebogenstudie beantwortet werden:

- Welche Gründe sprechen für eine Nutzung eines VWTS im Unterricht berufsbildender Schulen?
- Welche Gründe sprechen gegen eine Nutzung eines VWTS im Unterricht berufsbildender Schulen?
- Wie kann eine Nutzung eines VWTS an einer berufsbildenden Schule gelingen?

2 Beschreibung des Lehr-Lern-Systems VWTS

Es gibt eine Vielzahl von Herstellern, die Virtual Welding Trainer Systems (VWTS) anbieten, wobei sich diese Simulatoren primär in der zugrunde liegenden Technologie unterscheiden. In der wissenschaftlichen Literatur werden Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) entlang eines Kontinuums zwischen vollständig realen und vollständig virtuellen Umgebungen beschrieben (Milgram & Kishino, 1994; Stanney et al., 2021), wobei sich der übergreifende Begriff Extended Reality (XR) etabliert hat. Eine einheitliche Definition oder Verwendung dieser Begriffe existiert jedoch nicht (Rauschnabel et al., 2022). Diese Technologien lassen sich anhand verschiedener Systematisierungsansätze unterscheiden, beispielsweise hinsichtlich der verwendeten Hardware oder des Grades an Interaktivität der Inhalte (Doolani et al., 2020). AR bezeichnet dabei die Ergänzung der realen Umgebung durch digitale Inhalte aus der virtuellen Welt. VR hingegen ersetzt die reale Umgebung vollständig durch eine immersive virtuelle Umgebung.

Im Kontext von Lernprozessen ermöglicht AR den Lernenden, in einer realen Umgebung mit zusätzlichen Informationen zu arbeiten, die in Form von Texten, Bildern oder Animationen direkt im Sichtfeld angezeigt werden, beispielsweise durch den Einsatz von Datenbrillen (Eck et al., 2024). VR hingegen versetzt die Lernenden in eine vollständig virtuelle Umgebung, wodurch sie in alternative Szenarien eintauchen können. Durch den Einsatz von Sensoren werden Handlungen erfasst und simuliert, sodass auch potenziell gefährliche oder unerwünschte Tätigkeiten risikofrei ausgeführt und trainiert werden können (Marougkas et al., 2023)

Tabelle 1: Vergleich VWTS verschiedener Hersteller

VWTS	Meta OcuWeld	Lincoln Electric „VRTEX 360 COMPACT“	Fronius Welducation	Miller Electric Augmented Arc	Seabery Soldamatic
VRAR	Virtual Reality	Virtual Reality	Augmented Reality	Augmented Reality	Augmented Reality
Konzept	App für marktverfügbare VR-Brillen	Hardware und integrierte Software	Hardware und Software	Hardware und Software	Hardware und Software

(Fortsetzung Tabelle 1)

VWTS	Meta OcuWeld	Lincoln Electric „VRTEX 360 COMPACT“	Fronius Welducation	Miller Electric Augmented Arc	Seabery Soldamatic
Hardware	Oculus Quest 2 VR-Brille mit Oculus-Controllern; optional: Werkstücke und Schweißbrenneraufsätze für Controller	VWTS inkl. 3 Brenner, externes Display, VR-Brille, 7 Werkstücke, Werkstückhalterung, Fußpedal zur Einstellung von Spannung/Strom	VWTS inkl. 3 Brenner, Massekabel, Elektrode/Schweißzusatz, Tablet (Ausbildungstool), AR-Brille, 5 Werkstücke	VWTS inkl. 3 Brenner, Elektrode/Schweißzusatz, integriertes Display, AR-Schweißhelm, 7 Werkstücke, Werkstückhalterung	VWTS inkl. 3 Brenner, Elektrode/Schweißzusatz, integriertes Display, AR-Schweißhelm, 7 Werkstücke, Werkstückhalterung
Schweißverfahren	MIG/MAG; WIG; Elektrode	MIG/MAG; WIG; Elektrode	MIG/MAG; WIG; Elektrode	MIG/MAG; WIG; Elektrode	MIG/MAG; WIG; Elektrode
Material	Stahl, Aluminium, Edelstahl	Stahl, Aluminium, Edelstahl	Stahl, Aluminium, Edelstahl	Stahl, Aluminium, Edelstahl	Stahl, Aluminium, Edelstahl
Zielgruppe	Schüler/Auszubildende	Schüler/Auszubildende	Schüler/Auszubildende	Schüler/Auszubildende	Schüler/Auszubildende, Professionelle
Preis	Kostenlos; VR-Brille inkl. Controller notwendig	Ca. 35.000 \$ (ca. 32.000 €)	Kostenlose Applikation; Hardware ca. 25.000 €	Ca. 27.000 \$ (ca. 25.000 €)	Ca. 27.000 €

VWTS verwenden nach Herstellerangaben entweder für die Simulation AR und binden mithilfe von Markierungen real vorhandene Objekte in die Simulation ein oder setzen auf eine rein virtuelle Simulation (VR). In Bezug auf die abgebildeten Schweißverfahren und das zu schweißende Material unterscheiden sich die meisten Geräte nicht. In Tabelle 1 sind einige kommerziell erhältliche VWTS anhand von Herstellerangaben gegenübergestellt.

Da im Rahmen von Vorgesprächen mit VWTS-nutzenden Bildungseinrichtungen und eigenen praktischen Erprobungen der Schweißsimulator Soldamatic © der Firma Seabery zur Verfügung stand, wird dieser als exemplarisches VWTS herangezogen, welches auf Augmented Reality basiert. Aufgrund seiner Ähnlichkeit zu VWTS anderer Hersteller kann das Gerät exemplarisch verwendet werden und die Studienergebnisse größtenteils auf andere Systeme übertragen werden. Der Soldamatic © ermöglicht die Durchführung einer Vielzahl von Schweißaufgaben, die aus einem umfangreichen Pool an Übungen ausgewählt werden können, um praktische Fertigkeiten in unterschiedlichen Schweißverfahren und -techniken zu trainieren. Das System nutzt einen modifizierten realen Schweißbrenner, mit dem Nutzende Schweißnähte virtuell ziehen

können. Die räumliche Position des Brenners relativ zum Werkstück wird mithilfe spezieller Marker detektiert und zusammen mit weiteren relevanten Parametern dokumentiert. Auf Basis dieser Daten generiert das System eine Simulation der resultierenden Schweißnaht, sodass die Handlungsergebnisse visuell dargestellt werden (siehe auch Abbildung 1).



Abbildung 1: VWTS Soldamatic ©, Durchführung einer AR-Schweißaufgabe und Auswertung der Handlungsparameter. (Bildquelle: Seaberyat ©)

Ein zuschaltbares Assistenzsystem bietet während der Übung zusätzliche Hinweise, wie beispielsweise den korrekten Anstellwinkel, und ermöglicht es den Lernenden, Fehler unmittelbar während der Ausführung zu erkennen und zu korrigieren. Der komplette Verlauf des durchgeführten Schweißprozesses und der virtuellen Schweißnaht wird durch das System aufgezeichnet. Fehlerhafte Handlungen, wie beispielsweise ein falscher Brennerwinkel, ein ungeeigneter Abstand oder eine inkorrekte Schweißgeschwindigkeit, werden dabei erfasst, unabhängig davon, ob das Assistenzsystem in Form der visuellen Hilfestellungen während des Prozesses aktiviert ist. Nach Abschluss der Übung erfolgt eine automatische Auswertung auf Grundlage der aufgezeichneten Daten. Diese beinhaltet eine detaillierte Visualisierung der simulierten Schweißnaht sowie ein Video des gesamten Schweißprozesses, welches der Analyse der durchgeführten Aufgabe dient. Ergänzend dazu stellt das System Diagramme bereit, die die Handlungsparameter aufbereiten, wobei auch Daten berücksichtigt werden, die in realen Schweißprozessen nicht direkt erfasst werden können. So ermöglicht das System beispielsweise die Ansicht der simulierten Schweißnaht an jeder beliebigen Stelle, wobei Parameter wie der Querschnitt der Schweißnaht (a -Maß) in direktem Bezug zu Variablen wie Brennerwinkel und Abstand visuell dargestellt werden (Eck et al., 2024). Die gesammelten Daten werden in einem Lernmanagementsystem (LMS) gespeichert, wodurch sie sowohl Lernenden als auch Lehrenden dauerhaft zugänglich sind. Diese Daten können zur Reflexion des Lernprozesses genutzt werden.

Anforderungen an Schweißverfahren beim realen Schweißen, die Schweißnaht und ihre Prüfung, Sicherheitsvorschriften (bspw. auch in Bezug auf die Lagerung von Gasflaschen), Qualifikationen der schweißenden Personen sowie auch der lehrenden Personen sind in verschiedenen DIN-EN-ISO-Normen geregelt. Gemäß dieser Normen bieten beispielsweise TÜV Rheinland und Deutscher Verband für Schweißen

und verwandte Verfahren e. V. (DVS) Qualifizierungsangebote mit entsprechenden Zertifikaten an. Beide Organisationen arbeiten in ihren Kursen mit VWTS. Bereits im Jahr 2011 entstand im DVS die Fachgruppe 2.8 „Schweißtrainersysteme“, welche Empfehlungen für die Ausbildung mit VWTS erarbeitet (DVS, 2025). In der Richtlinie DVS-IIW/EWF 1170 (IAB 252) „Schweißaufsichtspersonen Mindestanforderungen an die Ausbildung, Prüfung und Qualifizierung“, welche über das International Institute of Welding (IIW) etabliert ist, wird für die praktische Ausbildung der Einsatz von VWTS für bis zu 50 % der Ausbildungszeit zugelassen. VWTS sollen das praktische reale Schweißen also nicht ersetzen, sondern vorbereiten und ergänzen. Mit VWTS können motorische Bewegungsabläufe trainiert werden, auch indem sie bei Übungen in Einzelparameter zerlegt werden können. Als weitere Vorteile beschreibt die Richtlinie DVS 1108–1 die „unmittelbare Rückmeldung in Echtzeit“, „objektive Analyse und Bewertung“ und „durchgängige Dokumentation der Schweißergebnisse“ (DVS, 2025). In der Broschüre „Virtuelle Schweißtrainersysteme (VWTS) in der Aus- und Weiterbildung“ des DVS (2025) werden zahlreiche Praxisbeispiele für den erfolgreichen Einsatz von VWTS beschrieben. Neben der Möglichkeit des gefahrlosen Trainings wird auch die einfachere Möglichkeit der Korrektur der Körperhaltung genannt (Ergonomie), das Lernen von- und miteinander in Gruppen, Gamification und die Übungsintensität. Anhand des Beispiels einer 30 cm langen Kehlnaht am Blech inklusive Vorbereiten, Schweißen, Auswerten und Brechen ermittelte der TÜV Rheinland eine Übungsintensität von 3 Werkstücken pro Stunde in der Schweißkabine und 12 Werkstücken pro Stunde am Simulator (TÜV Rheinland, 2025). Auch Kadocnikov (2022) ermittelte in einer Studie Ressourceneinsparungen in Form einer Verringerung der realen Lernzeit um 56 %, 68 % Verringerung der Werkstattkosten und 84 % weniger Unfälle im Vergleich zu einer traditionellen Ausbildungsmethode ohne VWTS (Soldamatic). Die Zahlen basieren auf einer Untersuchung von zwei Vergleichsgruppen mit Schweißun erfahrenen, die entweder nur real geschweißt haben oder vorab mit dem Soldamatic trainiert haben, jeweils basierend auf dem Grundkurs des Metall-Aktivgasschweißens des DVS. Die genannten Einsparungen stehen den hohen Anschaffungskosten gegenüber. Obwohl VWTS in der kommerziellen Schweißausbildung zahlreich genutzt werden, sind sie an berufsbildenden Schulen eher selten zu finden. Gründe hierfür sollen in beschriebener Studie erforscht werden.

3 Vorstudien zur Bestimmung des Samples der videobasierten Fragebogenstudie

Da VWTS an berufsbildenden Schulen bisher selten eingesetzt werden, ist zu klären, ob mögliche Einsatzgebiete überhaupt vorhanden sind. Hierbei wird die duale Berufsausbildung fokussiert. Es sollen verschiedene Ausbildungsberufe identifiziert werden, für die ein Einsatz von VWTS denkbar ist. Um einen Überblick darüber zu erlangen, in welchen der zurzeit 328 anerkannten Ausbildungsberufe ein VWTS potenziell zum Einsatz kommen kann, wurden die Ordnungsmittel auf die Begrifflichkeiten „Fügen“,

„Verbinden“ und „Schweißen“ hin analysiert. Betrachtet wurden die Rahmenlehrpläne und Ausbildungsordnungen bzw. die darin enthaltenen Ausbildungsrahmenlehrpläne.

Die Analyse ergab, dass 116 Berufe das Fügen oder Verbinden in einem für die Untersuchung relevanten Kontext beinhalten, bei 54 davon wird „Schweißen“ explizit genannt. Um eine Einschätzung abgeben zu können, in welchen dieser Berufsausbildungen ein VWTS sinnvoll zum Einsatz kommen könnte, wurden folgende Kriterien erarbeitet:

- „Schweißen“ wird explizit im Rahmenlehrplan UND Ausbildungsrahmenplan genannt.
- Als Werkstoff wird mit Metall gearbeitet.
- Es sollen Schweißverbindungen hergestellt und Schweißparameter eingestellt werden.
- Es werden Schweißverfahren genannt, die das VWTS Soldamatic © abdeckt (Lichtbogenhandschweißen, Metall-Schutzgassschweißen MIG/MAG, Wolfram-Inertgassschweißen WIG) oder zumindest unter Schmelzschweißen zusammengefasst.

Bei 18 der 54 Berufe, in denen „Schweißen“ genannt ist, treffen diese Kriterien zu. Es handelt sich um die dualen Ausbildungsberufe Anlagenmechaniker/in, Anlagenmechaniker/in SHK, Aufbereitungsmechaniker/in, Behälter- und Apparatebauer/in, Büchsenmacher/in, Chirurgiemechaniker/in, Fachkraft für Fruchtsafttechnik, Fachkraft für Metalltechnik, Feinwerkmechaniker/in, Fertigungsmechaniker/in, Karosserie- und Fahrzeugmechaniker/in, Konstruktionsmechaniker/in, Land- und Baumaschinenmechatroniker/in, Metallbauer/in, Metallbildner/in, Schiffsmechaniker/in, Silberschmied/in sowie Verfahrensmechaniker/in in der Steine- und Erdenindustrie (in alphabetischer Reihenfolge).

Bei den anderen 36 der 54 Berufe, in denen „Schweißen“ in den Ordnungsmitteln genannt ist, treffen obige Kriterien nicht vollständig zu. Gründe können sein, dass das Schweißen nur in einem Ordnungsmittel (z. B. im Ausbildungsrahmenplan, aber nicht im Rahmenlehrplan der KMK) beschrieben wird oder sich das Schweißen auf andere Materialien wie Kunststoff und nicht auf Metall bezieht.

Das Ergebnis der Ordnungsmittelanalyse zeigt, dass es umfassende Einsatzgebiete im Rahmen der dualen Berufsausbildung für VWTS an berufsbildenden Schulen gibt. Es sind Studien notwendig, um Gründe zu identifizieren, die für bzw. gegen eine Nutzung im Unterricht sprechen. Hierzu wird eine videobasierte Fragebogenstudie konzipiert, die mit Lehrkräften online durchgeführt wird, welche bevorzugt in oben aufgeführten dualen Berufsausbildungen unterrichten.

4 Video als Teil der Fragebogenstudie

Es wird vermutet, dass VWTS unter Lehrkräften an berufsbildenden Schulen kaum bekannt sind, da sie dort selten eingesetzt werden und es zunächst einer Einführung

in die Thematik bedarf. Dies wird durch das Zeigen eines Videos realisiert, welches möglichst umfangreich die Funktionalität des VWTS beschreibt. Zu diesem Zweck werden im Internet verfügbare Videos des Herstellers Seabery und von Anbietern beruflicher Weiterbildungen gesichtet und mit Angabe der Autoren zusammengeschnitten. Dadurch werden zwar hauptsächlich Vorteile und Chancen aus einer Marketingperspektive heraus adressiert und wenig auf Risiken und Nachteile eingegangen, aber sichergestellt, dass keine weitere subjektive Interpretation oder Perspektive der Forschenden in die Darstellung einfließen, um weitere Verzerrungen zu vermeiden.

Das Video wird in eine schriftliche, online durchgeführte Befragung über die Web-Applikation SoSci Survey eingebettet. Zunächst erfolgt in der Befragung die Einführung in VWTS mit Hilfe des Videos und im Anschluss nehmen die Studienteilnehmenden an einer schriftlichen Befragung in Form des Online-Fragebogens teil. Der Fragebogen dient dazu, die Einschätzung zu VWTS von Lehrkräften zu untersuchen, Gründe für eine Nichtnutzung und potentielle Möglichkeiten für eine erfolgreiche Integration in den Unterricht zu identifizieren. Der Fragebogen beinhaltet sowohl geschlossene als auch offene Fragen sowie die Möglichkeit, eigene Antworten zu kommentieren bzw. Antworten nach verschiedenen Schweißverfahren zu differenzieren.

In die Erstellung des Fragebogens fließen theoretische Bezugspunkte ein, die auf Vorstudien zu potentiell möglichen Gründen für bzw. gegen einen Einsatz in berufsbildenden Schulen beruhen. Die theoretischen Bezugspunkte zur Konzeption des Fragebogens werden in nachfolgenden Kapiteln vorgestellt.

Um Studienteilnehmende zu gewinnen, werden zunächst alle Schulleitungen der berufsbildenden Schulen in NRW mit Schwerpunkt Technik per E-Mail kontaktiert. Ggf. wird die Akquise deutschlandweit ausgeweitet. Die Schulen werden gebeten, die Bitte zur Studienteilnahme an die Lehrkräfte weiterzuleiten, die in oben aufgeführten dualen Berufsausbildungen unterrichten bzw. potenziell unterrichten könnten (siehe Kapitel 3). Dabei ist es zunächst nicht von Bedeutung, ob die Lehrkräfte bereits eigene Erfahrungen mit VWTS gesammelt haben. Sie geben dies im Rahmen der Befragung an. Die Auswertung der Fragebögen erfolgt getrennt nach Lehrkräften mit und ohne Vorerfahrung in der Nutzung von VWTS.

5 Theoretische Bezugspunkte zur Konzeption der videobasierten Fragebogenstudie

Die Konzeption des Fragebogens basiert auf Literaturrecherchen, Vorgesprächen mit VWTS-Nutzenden anderer Lernorte und eigenen Erfahrungen. Aus diesen werden mögliche Vor- und Nachteile sowie Chancen und Risiken für die Nutzung von VWTS im schulischen Teil der Berufsausbildung abgeleitet. Auf dieser Basis werden Leitfragen formuliert, um Gründe, die für bzw. gegen eine Nutzung sprechen, messbar zu machen.

Neben wissenschaftlichen Empfehlungen zum Aufbau eines Fragebogens (vgl. Döring & Bortz, 2016) folgt die inhaltliche Gliederung theoretischer Bezugspunkte

grundlegenden didaktischen Überlegungen im Rahmen der Unterrichtsplanung an berufsbildenden Schulen. Hierbei wird auch der Systematisierungsansatz der Kompetenzorientierung in beruflichen Zusammenhängen nach Gillen (2013) zugrunde gelegt. Gillen (2013) unterscheidet in ihrer Systematik die curriculare und die methodische Kompetenzorientierung. „Während der Pol der curricularen Kompetenzorientierung die Zieldimension von Kompetenzentwicklung in den Blick nimmt und der Frage nachgeht, was Lernende im nachfolgenden Arbeits- und Bildungskontext eigentlich können müssen, steht der Pol der methodischen Kompetenzorientierung für die Frage, wie Prozesse der Kompetenzentwicklung unterstützt werden können“ (Gillen, 2013, S. 4). Die Planung des berufsbildenden Unterrichts beginnt dementsprechend mit den Zielen (Outcome als Lernergebnis) im Rahmen einer kompetenzorientierten Didaktik. Im dualen System schließt sich die Frage nach dem Lernort an. Im Kontext der methodischen Kompetenzorientierung wird die Ausgestaltung von Lehr-Lern-Prozessen betrachtet. Dazu gehört es auch, die Lernprozesse nach dem Prinzip einer vollständigen Handlung zu strukturieren. Darüber hinaus wird im Fragebogen auf das im Rahmen der kompetenzorientierten Methodik verwendete Medium, das VTWS, eingegangen. Abschließend werden die Kompetenzen der Lehrenden betrachtet, in einem kompetenzorientierten Unterricht ein komplexes digitales Medium einzusetzen.

5.1 Ziele einer kompetenzorientierten Didaktik

Ziel der Berufsschule ist es, die Entwicklung umfassender beruflicher Handlungskompetenz zu fördern, die „sich in den Dimensionen von Fachkompetenz, Selbstkompetenz und Sozialkompetenz“ (KMK, 2021, S. 15) entfaltet. Literatur- und erfahrungsbasiert wurde für das Schweißen berufliche Handlungskompetenz konkretisiert und als Kompetenzmodell dokumentiert. Es wurde die Fachkompetenz fokussiert und diese durch differenzierte Lernziele zu den Erkenntnissen (Wissen), der Bereitschaft/Motivation und den manuellen Fertigkeiten beschrieben. Vor diesem theoretischen Hintergrund wurde folgende Leitfrage im Fragebogen mit mehreren Items operationalisiert:

- Welche für einen bestimmten Bildungsgang relevanten Kompetenzen können mit dem VWTS gefördert werden?

Berufliche Handlungskompetenz sollte für alle Phasen einer beruflichen Tätigkeit, z. B. der fach- und sachgerechten Planung, Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle einer Kehlnaht mit dem MAG-Schweißverfahren, gefördert werden. Hieraus wurde folgende Leitfrage abgeleitet:

- In welchen Phasen einer beispielhaften beruflichen Handlung für das Schweißen können Kompetenzen mit dem VWTS gefördert werden?

Das VWTS bietet die Möglichkeit, auch fehlerhafte Handlungen gefahrlos durchführen zu können. Aus der Perspektive des konstruktivistischen Lernansatzes bietet das bewusste Zulassen oder gezielte Provozieren von Fehlern potenzielle Vorteile, da solche Erfahrungen Lernende dabei unterstützen können, komplexe Zusammenhänge besser zu verstehen (vgl. Deppe, 2015, S. 13). Frühere behavioristische Ansätze sahen Fehler als

hinderlich an und Lehrende leiteten Lernende ausschließlich zu fehlerfreiem Handeln auch während des Lernens an. Für die Konstruktion des Fragebogens ergab sich folgende Leitfrage:

- Wie bewerten Lehrkräfte die Möglichkeit, fehlerhafte Handlungen mit einem VWTS simulieren zu können?

6 VWTS-Nutzung an Lernorten des dualen Systems

Momentan werden VWTS im Rahmen der dualen Berufsausbildung überwiegend an den Lernorten Betrieb und Überbetriebliche Bildungsstätte eingesetzt. Beide Lernorte sind dominant für die praktische Berufsausbildung zuständig. Für die berufsbildenden Schulen formuliert die Kultusministerkonferenz als „zentrales Ziel [...], die Entwicklung umfassender Handlungskompetenz zu fördern.“ (KMK, 2021, S. 15). Daher ist es sinnvoll, durch die Lehrkräfte berufsbildender Schulen einschätzen zu lassen, ob die Kompetenzen bezogen auf das praktische Schweißen, die mit VWTS gefördert werden können, am Lernort Schule gefördert werden (sollen) oder an anderen Lernorten des dualen Systems. Ein möglicher Einsatz in anderen Bildungsgängen sowie zu übergreifenden Zwecken sollte ebenfalls durch die befragten Lehrkräfte beurteilt werden. Es sind folgende Leitfragen zu beantworten:

- Mit welchem Ziel und unter welchen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von VWTS in der Schule oder an anderen Lernorten des dualen Systems sinnvoll?
- Welche Einsatzmöglichkeiten gibt es in weiteren Bildungsgängen an berufsbildenden Schulen?

6.1 Kompetenzorientierte Methodik: Strukturierung durch Handlungen, fehlerhafte Handlungen und Qualität der Simulation

Der Unterricht an berufsbildenden Schulen im dualen System ist kompetenzorientiert und ist durch realitätsnahe Lernsituationen strukturiert. Lernende profitieren insbesondere, wenn sie vollständige Handlungsabläufe durchlaufen, die sowohl die Vorbereitung als auch eine eigenständige Durchführung und die Kontrolle der Ergebnisse umfassen (Frenz, 2023, S. 119). Daher ist es wichtig, dass sie eine aktive Rolle im Lernprozess übernehmen und berufliche Tätigkeiten wiederholt, selbstständig und mit allen Sinnen ausführen.

Der Mensch nimmt seine Umgebung über seine Sinnesorgane Augen, Ohren, Nase, Zunge und Haut wahr. Die Art und Weise, wie Informationen wahrgenommen und verarbeitet werden, spielt eine entscheidende Rolle beim Einsatz von VWTS in der beruflichen Bildung. Die Qualität der Simulation sowie die technische Realisierung sind kritisch zu betrachten (Dörner et al., 2019), da immer eine Diskrepanz zwischen Simulation und realer Ausführung besteht. Wie realitätsnah eine (visuelle) Simulation für die Praxis sein muss, hängt von den zu fördernden Kompetenzen, gesetzten Bildungszielen und effektiven Lernzielen ab (Pursche et al., im Druck). Hierbei ist zu beachten, dass die Nutzung von VWTS das reale Schweißen nicht komplett ersetzen,

sondern nur vorbereiten bzw. ergänzen soll. Folgende Leitfragen werden aus beschriebenen Überlegungen für den Fragebogen abgeleitet:

- Was kann ein VWTS zur kompetenzorientierten Unterrichtsgestaltung beitragen im Vergleich zu Unterrichtsmedien ohne Simulation (z. B. Schulbuch)?
- Was kann ein VWTS zur kompetenzorientierten Unterrichtsgestaltung beitragen im Vergleich zu Möglichkeiten im Rahmen von Schweißlaboren/ realen Schweißmöglichkeiten, also beruflichen Handlungssituationen, in der Schule?
- Wie umfassend kann ein VWTS Ganzheitlichkeit (im Sinne von Ansprechen mehrerer Sinne) im Lernprozess im Vergleich zu Unterrichtsmedien ohne Simulation ermöglichen?

6.2 Kompetenzen der Lehrenden

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, hat die Förderung von Kompetenzen bezogen auf die Ziele (Kapitel 5.1) und die Methodik (Kapitel 6.1) einen Einfluss auf die Nutzung von VWTS in der beruflichen Bildung. Dementsprechend ist es abhängig von den Bildungszielen und eingesetzten Medien (Arbeitsblätter, VWTS, reale Schweißmöglichkeiten etc.), welche Kompetenzen Lehrende für ihre Unterrichtsgestaltung benötigen bzw. erworben haben. Die Möglichkeiten des realen Schweißens hängen formal von erworbenen DVS-Schweiß-Zertifikaten der Lehrenden ab sowie einzuuhaltenden Sicherheitsvorschriften in Bezug auf Schweißarbeitsplatz, Kleidung, aber auch Lagerung der Gasflaschen usw. Für jedes Schweißverfahren existieren gesonderte Vorschriften und Zertifikate. Bei der Nutzung digitaler Medien, so auch bei VWTS, spielt die Medienkompetenz der Lehrenden eine wichtige Rolle, wie beispielsweise im Medienkompetenzrahmen NRW beschrieben (siehe auch Medienberatung NRW, 2020). Die persönliche Bereitschaft, VWTS im Unterricht zu nutzen, könnte von oben beschriebenen Faktoren bzw. der Selbsteinschätzung der Kompetenzen der Lehrkräfte abhängen. Daraus ergeben sich die Fragestellungen:

- Welche Kompetenzen bzw. Unterrichtserfahrung haben Lehrende, um Lernprozesse für das Schweißen zu gestalten für Unterricht ohne Simulation und ohne reales Schweißen?
- Welche Kompetenzen bzw. Unterrichtserfahrung haben Lehrende, um Lernprozesse für das Schweißen zu gestalten für Unterricht mit einer realen Schweißhandlung?
- Welche Kompetenzen bzw. Unterrichtserfahrung haben Lehrende, um Lernprozesse für das Schweißen zu gestalten für Unterricht mit VWTS?
- Welche digitalen Kompetenzen bzw. Unterrichtserfahrung haben Lehrende im Umgang mit komplexen Lernsystemen?

7 Zusammenfassung und Ausblick

VWTS werden an berufsbildenden Schulen bisher selten eingesetzt. Ihr Potenzial wird nicht ausgenutzt, obwohl ihre Verwendung durch die Simulation einer beruflichen

Handlung neue Möglichkeiten zur Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements bietet, das reale Schweißen (auch für andere Lernorte) vorbereitet werden kann und keine hohen Sicherheitsstandards wie beim realen Schweißen eingehalten werden müssen. Im Rahmen einer Ordnungsmittelanalyse wurden duale Berufsausbildungen identifiziert, in denen der Einsatz von VWTS in berufsbildenden Schulen sinnvoll sein kann. Lehrkräfte dieser relevanten Berufe bestimmen das Sample für eine video-basierte Fragebogenstudie, deren Konzeption der Beitrag fokussiert. Das Video zeigt möglichst umfangreich die Funktionalität eines beispielhaften VWTS. Basierend auf ihren Eindrücken aus dem Video und ihren eigenen Erfahrungen aus dem Unterricht sollen Lehrkräfte im Fragebogen Gründe für eine Nutzung bzw. Nichtnutzung eines VWTS einschätzen. Hierzu wurden Leitfragen entlang einer kompetenzorientierten Unterrichtsplanung entwickelt, um anschließend geeignete Indikatoren ableiten zu können. Nach Durchführung und Auswertung dieser videobasierten Fragebogenstudie werden aus der Gruppe der Befragten mögliche Teilnehmende für eine Nutzerstudie ausgewählt. Nach einer kurzen standardisierten Praxiseinführung und selbstständigen Nutzung von VWTS durch Lehrkräfte im Labor folgen Interviews. Ziel wird es dann sein, Potenziale und Perspektiven für den Einsatz von VWTS in berufsbildenden Schulen konkreter beschreiben zu können. Abschließend werden Gestaltungsempfehlungen formuliert und Ideen für Qualifizierungsmaßnahmen der Lehrkräfte generiert, abseits der möglichen formalen Qualifikation als DVS-VWTS-Schweißlehrkraft.

Literatur

- Anselmann, S., Faßhauer, U., & Windelband, L. (2024). Investigating Learning Factories as a Learning Environment in Vocational Education and Training. *Creative Education*, 15(07), (S. 1337–1358). <https://doi.org/10.4236/ce.2024.157081>
- BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung. (2024). *Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2024: Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung*. <https://www.bibb.de/datenreport/de/189191.php>
- Deppe, M. (2015). *Fehler als Stationen im Lernprozess*. Dissertation. Wirtschaft – Beruf – Ethik: Bd. 34. W. Bertelsmann Verlag.
- Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Makedon, F. (2020). A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training. *Technologies*, 8(4), 77. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.3390/technologies8040077>
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Auflage). Springer-Verlag.
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (Hrsg.). (2019). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2., erweiterte und aktualisierte Auflage). Springer-Verlag.

- DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. *Virtuelle Schweißtrainersysteme (VWTS) in der Aus- und Weiterbildung*. https://www.dvs-home.de/fileadmin/Dokumente/Broschueren/VWTS_Broschuere.pdf (Zugriff am 10.03.2025).
- Eck, C., Atanasyan, A., Roßmann, J., & Frenz, M. (2024). Fehlerbasiertes Lernen mit Augmented, Virtual und Mixed Reality: didaktische Anforderungen und technische Umsetzung. In K. Jenewein, T. Vollmer, S. Schütt-Sayed, W. Reichwein, T. Richter-Honsbrok & T. Karges (Hrsg.), *Transformation und Digitalisierung. Neues berufliches Lehren und Lernen* (S. 115–136). wbv Publikation.
- Frenz, M. (2023). Augmented Reality gestützte handlungs- und gestaltungsorientierte Ausbildungsangebote an Drehmaschinen – Möglichkeiten der Fehlernutzung im Lernprozess. In A. Grimm & V. Herkner (Hrsg.), *Entwicklungen und Herausforderungen einer beruflichen Fachrichtung Metalltechnik und deren Didaktik. Perspektiven auf Berufsbildung, Arbeit und Technik* (Band 8). Peter Lang.
- Gillen, J. (2013). Kompetenzorientierung als didaktische Leitkategorie in der beruflichen Bildung – Ansatzpunkte für eine Systematik zur Verknüpfung curricularer und methodischer Aspekte. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, 24, 1–14. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe24/gillen_bwpat24.pdf (Zugriff am 17.10.2013).
- Kadochnikov, V. (2022). *Digitalized Welding Training Powered by Augmented Reality against Traditional Training Method* (Master Thesis, Hochschule Esslingen). <https://weldplus.de/wp-content/uploads/2023/04/Master-Thesis.-Digitalized-Welding-Training-Powered-by-Augmented-Reality-against-Traditional-Training-Method.-Vladislav-Kadochnikov-2.pdf>
- KMK – Kultusministerkonferenz (Berlin, 2021, 17. Juni). *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*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouská, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Virtual Reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade. *Electronics*, 12(13). Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Medienberatung NRW. (2020). Broschüre Medienkompetenzrahmen NRW. <https://7c660779.flowpaper.com/LVRZMBMKRBroschuere/#page=1>
- Pursche, A., Eck, C., & Frenz, M. (im Druck). Simulation beruflicher Medienhandlungen in einer Mixed Reality – Möglichkeiten mit digitalen Medien (Fach-)Theorie und Praxis beruflichen Handelns zu vereinen. In *Tagungsbuch zur 18. Ingenieurpädagogischen Jahrestagung*.
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>

- Stanney, K. M., Nye, H., Haddad, S., Hale, K. S., Padron, C. K., & Cohn, J. V. (2021). Extended Reality (XR) Environments. In G. Salvendy & W. Karwowski (Hrsg.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (S. 782–815). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119636113.ch30>
- TÜV Rheinland (2025). *Schweißen lernen in 2025: Alles zur Ausbildung, Kursen & Schweißerschein. Digitalisierung in der Schweißausbildung – besser Schweißen lernen mit Simulator.* <https://kurse.tuv.com/bildungsangebot/weiterbildung/technik-und-handwerk/schweissen-lernen>.

Vermittlung als pädagogisch professionelle Herausforderung im Kontext von Digitalisierung

JAN BREUER

Abstract

Der vorliegende Text zielt darauf ab, einen Beitrag zur Bearbeitung der pädagogisch-professionellen Herausforderung der Vermittlung im Kontext von Digitalisierung zu leisten. Durch die Analyse von ‚Entmischungen‘ werden Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Digitalisierung identifiziert, analysiert und im Hinblick auf universelle Bildungserfordernisse untersucht, die über fachliche Grenzen hinausreichen. Dies ermöglicht es, didaktisch-professionelle Lernangebote zu entwickeln, die – gemäß Blankertz (1969/1970) und Lisop & Huiszinga (1984/2004), orientiert an den Lebenswelten der Lernenden – einen flexiblen Umgang mit konkreten Stoffen und Inhalten erfordern und ermöglichen. Dabei spielt die Fähigkeit der Lehrkräfte, das Wesentliche in Stoffen und Inhalten zu erkennen und dieses mit den individuellen Lebenswelten der Lernenden in Bezug zu setzen, eine zentrale Rolle. Durch die Integration der referenzierten Analysemethoden können angehende Lehrkräfte befähigt werden, innovative Lernprojekte zu gestalten, die sowohl fachlich fundiert als auch lebensnah sind. Der Beitrag zielt darauf ab, die Qualität der Bildung im digitalen Zeitalter zu sichern und die Schülerinnen und Schüler optimal auf die Herausforderungen der Zukunft vorzubereiten.

Schlagworte: Vermittlung, Digitalisierung, Subjektbildung, Arbeit, Bildung

Abstract

This text aims to contribute to addressing the professional educational challenge of teaching in the context of digitalization. Through the analysis of ‚seggregations‘, principles and regularities of digitalization are identified, analysed and examined regarding universal educational requirements that extend beyond subject-specific boundaries. This makes it possible to develop didactically professional learning opportunities that – according to Blankertz (1969/1970) and Lisop & Huiszinga (1984/2004), oriented towards the lifeworlds of the learners – require and enable a flexible approach to concrete materials and content. The ability of teachers to recognize what is essential in the material and content and to relate this to the individual lifeworlds of the learners plays a central role. By integrating the referenced analytical methods, prospective teachers can be en-

abled to design innovative learning projects that are both technically sound and relevant to life. The contribution aims to ensure the quality of education in the digital age and to optimally prepare students for the challenges of the future.

Keywords: Mediation, Digitalization, Subject formation, Work, Education

1 Vermittlung: Weit mehr als die Frage nach dem WIE

In allen zeitgemäßen pädagogischen Kontexten fasst der Begriff *Vermittlung* eine wesentliche Zieldimension. Er findet sich bspw. codiert im Bildungs- und Erziehungsauftrag von (außer-)schulischen Institutionen, in den Bildungsgängen und ihren Curricula sowie in ideengeschichtlichen Verständnissen von Bildung, die auf Subjektkonstitution rekurrieren. Auch die (Fach-)Didaktik strebt nach der Gestaltung geeigneter Angebote zur Vermittlung. Dabei bleibt vielfach ungeklärt, was Vermittlung im jeweiligen Kontext bedeutet und auf welche Wissens- und Erkenntnisformen (Buchmann, 2007/2011; Lisop & Huiszinga, 1984/2004) die didaktischen Angebote mit Vermittlungsanspruch rekurrieren.

Bei der Beobachtung und Analyse jüngster pädagogisch-didaktischer Arbeiten und der Betreuung angehender Lehrkräfte in universitären Ausbildungskontexten drängt sich der Eindruck auf, dass die Bedeutung von Vermittlung in der Frage nach dem, WIE Lernprojekte und -situationen be- und erarbeitet werden, aufgehe. Die zahlreich vorhandenen, kreativen, innovativen und vielfältigen Methoden zur Gestaltung von Lern- und Bildungsangeboten dienen dafür ebenso als Beleg wie Unterrichtsplanungen, die sich auf Verfahrensweisen (Methode, Sozialform, zeitliche Struktur etc.) konzentrieren. Ihnen zugrunde liegt die Überzeugung, dass (intrinsische) Motivation – als eine Voraussetzung zur Vermittlung – bei der Auseinandersetzung mit Lernprojekten und -situationen über das WIE entstehe (Lisop & Huiszinga, 1984/2004, S. 242).

Die Fokussierung auf die Frage nach dem WIE und damit auf die Frage nach den Verfahrensweisen lässt sich erziehungswissenschaftlich bspw. zurückverfolgen auf die methodische(n) Leitfrage(n), die Klafki (1963) und Blankertz (1969/1970) in den 1960er-Jahren formulierten:

„die methodische Strukturierung des Unterrichts hat immer, ungeachtet aller sonstigen Differenzen der Verfahrensweisen, die individuell-subjektiven (anthropogenen) Voraussetzungen der Schüler mit dem objektiven Sachanspruch (der seinerseits sozio-kulturelle Bedingungen hat) zu vereinen“ (Blankertz, 1969/1970, S. 99).

Blankertz (1969/1970) und Klafki (1963) jedoch rekurrieren mit der Notwendigkeit zur Vereinigung des objektiven Sachanspruchs und der individuell-subjektiven Voraussetzungen der Lernenden auf die Gleichwertigkeit von WIE und WAS bei der Legitimation didaktischer Entscheidungen. Dies formulieren sie in einer Zeit, in der pädagogische Fachkräfte und Erziehungswissenschaftler*innen vor allem die Frage nach dem

WAS virulent diskutierten. Bereits in den Tübinger Beschlüssen von 1951 ist festgehalten, dass „das geistige Leben durch die Fülle des Stoffes zu ersticken“ drohe (Hilker, 1952, S. 58) und es wird gefordert, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren:

„Ursprüngliche Phänomene der geistigen Welt können am Beispiel eines einzelnen, vom Schüler wirklich erfassenden Gegenstandes sichtbar werden, aber sie werden verdeckt durch eine Anhäufung von bloßem Stoff, der nicht eigentlich verstanden ist und darum bald wieder vergessen wird. [...] Die Durchdringung des Wesentlichen der Unterrichtsgegenstände hat den unbedingten Vorrang vor jeder Ausweitung des stofflichen Bereiches“ (Hilker, 1952, S. 58).

Zu jener Zeit begann eine wissenschaftliche Diskussion darüber, WAS das Wesentliche der Stoffe und Inhalte sei und WELCHE Stoffe und Inhalte sich zur Bildung und Erziehung der nachwachsenden Generationen eignen. Eine Diskussion, die vor dem Hintergrund unterschiedlicher (Erkenntnis-)Interessen, wissenschaftstheoretischer Positionen und Referenzen beteiligter Akteure immer wieder neu auszuhandeln ist.

In den erziehungswissenschaftlichen Diskussionen der 1950er- und -60er-Jahre rückte vor allem die Exemplarik als ein mögliches Erkenntnisprinzip in den Mittelpunkt (Gerner, 1963), da sie eine Alternative zur nicht mehr bewältigbaren Stofffülle anbietet. Die Exemplarik sucht nach den Verdichtungen der Stoffe und Inhalte, d. h. nach ihren Implikationen, in denen und über die sich ihr Wesen aufschließen lässt (Lisop & Huis singa, 1984/2004). Dabei gilt für die Suche nach dem Wesen vor allem und vermutlich aktueller denn jemals zuvor das, was Marx & Engels (1886/2011) bereits ein Jahrhundert zuvor über den Prozess der Erkenntnis formuliert haben: Es komme stets darauf an, die inneren, verborgenen Gesetze zu entdecken, die sich hinter der zufällig erscheinenden Oberfläche verbergen und die sich in der Historizität von Mensch und Natur offenbaren (Engels, 1886/2011, S. 153). Es geht darum, „die treibenden Mächte zu erforschen“, die vornehmlich unbewusst „hinter den Beweggründen der geschichtlich handelnden Menschen stehn [sic!]“ (Engels, 1886/2011, S. 154).

Mit der Exemplarik justiert sich die Frage nach dem, WAS gelernt und zur Erkenntnis gebracht werden soll, neu. Das WAS bezieht sich dann nämlich nicht (mehr) auf die Stoffe und Inhalte an sich, sofern dies überhaupt jemals so war, sondern immer auf die wesentlichen Zusammenhänge, die sich über die Stoffe und Inhalte verdichten, wobei sich die wesentlichen Zusammenhänge erst in Anbetracht der Historizität von Mensch und Natur und damit verortet im gesamtgesellschaftlichen (Entstehungs-)Kontext von Real- und Ideengeschichte einerseits und somit vermittelt zwischen Artefakten/Arbeitsmitteln und ihren Sinn- und Bedeutungsstrukturen (Holzkamp, 1983, S. 234) andererseits, offenbaren. Die Suche nach ebendiesen Verdichtungen/Implikationen hat bspw. die Arbeitsgruppe um Herwig Blankertz geleitet. Ihre Forschungsergebnisse haben sie in 17 Strukturgittern veröffentlicht, die disziplinär orientiert und angelegt auf Verdichtungen der Stoffe und Inhalte in den wissenschaftlichen (Bezugs-)Disziplinen aufmerksam machen, wobei sie die Verdichtungen immer auf für die Disziplin wesentliche Kategorien zurückführen (Kutscha, 1976; Kutscha & Fischer, 2003). Offen bleibt allerdings,

wie die Disziplin auf Unterrichtsfächer bzw. berufliche Fachrichtungen transferiert werden kann.

Zu den Diskussionen um das WAS und das WIE tragen Lisop & Huiszinga (1984/2004) zwei relevante Erkenntnisse bei. Sie führen zum einen aus, dass weder das WAS noch das WIE per se zur Subjektbildung beitragen, sondern erst unter Klärung des WARUM so etwas wie Sinnstiftung erfolgen und Erkenntnis gewonnen werden kann. Mit dem WARUM sprechen sie insbesondere die Bedeutung des WAS hinsichtlich dessen gesellschaftlicher und psychodynamischer Implikationen an. Sie stellen das WAS, das WIE und das WARUM im Modell des Didaktischen Implikationszusammenhangs (DIZ) über die Ziele, Inhalte und Verfahren im Hinblick auf Schülerinnen und Schüler zueinander in Beziehung und entwickeln zwecks weiterer Verdeutlichung der Implikationen und zwecks Unterstützung bei der exemplarischen Suche nach Verdichtungen die beiden Denkfiguren Gesellschaftlicher Implikationszusammenhang (GIZ) und Psychodynamischer Implikationszusammenhang (PIZ). Zum anderen machen sie darauf aufmerksam, dass (intrinsische) Motivation neben dem WIE viel mehr noch erst aus der Abstimmung von WAS, WIE und WARUM entsteht, d. h. sich an der Lebenswelt der Lernenden, ihrer psychodynamischen Verfasstheit und Identität ebenso orientiert wie an äußereren, speziell sozialen Anregungsbedingungen (Lisop & Huiszinga, 1984/2004, S. 242), sich also in professionell gestalteten Bildungsangeboten erst aus dem Didaktischen Implikationszusammenhang herauspeist.

Damit ist auf einen dialektischen und zugleich pädagogisch anspruchsvollen Gesamtzusammenhang verwiesen, den bereits Hegel (1807) mit der Subjekt-Objekt-Dialektik der Erkenntnis aufspannt und der unter anderem von Horkheimer & Adorno (1944/2003) sowie Habermas (1981/1995a; 1981/1995b) für eine kritische Gesellschaftstheorie grundgelegt und von Blankertz (1969/1970), Lisop & Huiszinga (1984/2004) und Buchmann & Kell (2013) für die berufsbildungswissenschaftliche Arbeit zugänglich wurde. Diesen Gesamtzusammenhang soll Abbildung 1: *Implikationen zwischen Subjekt und Objekt* verdeutlichen:

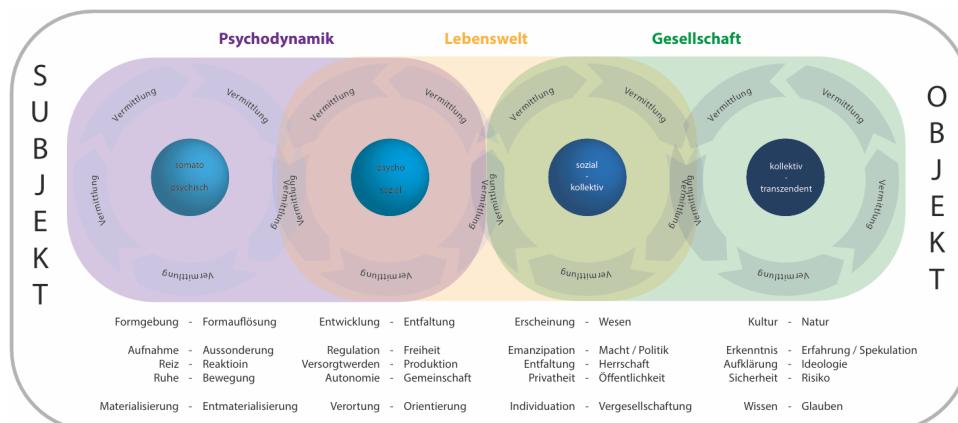


Abbildung 1: Implikationen zwischen Subjekt und Objekt (Breuer 2024, S. 136)

Insgesamt lässt sich die pädagogisch-professionelle Herausforderung der Vermittlung vor dem skizzierten Gesamtzusammenhang als eine Suche nach Implikationen, Verdichtungen und Repräsentationen in den mit- und untereinander vermittelten Dimensionen Psychodynamik, Lebenswelt (vgl. Schütz & Luckmann, 1973/2017) und Gesellschaft fassen, die den Lernenden ein Aufschließen von und Erkenntnisse über die Welt und sich selbst erlauben (zum Weltaufschlussprinzip siehe Holzkamp, 1993/1995). Diese Suche nach sinnstiftenden Repräsentationen zur Vermittlung fassen Buchmann & Kell (2013) als eine theorierückgebundene Begründung und Legitimation, insofern professionelle Auswahl bzw. Konstruktion von Lernprojekten, die

„das ‚Gesamtkunstwerk‘ und mit ihm seine Konstruktionsprinzipien, Gesetzmäßigkeiten, aber auch Konflikte und Widersprüche, die es provoziert, ‚in sich tragen‘ und unabhängig von den sozialisatorischen Vorprägungen der Rezipienten ein Verstehen und In-Beziehung-Setzen ermöglichen“ (Buchmann & Kell, 2013, S. 213)

Das Ermöglichen von Verstehen und In-Beziehung-Setzen erfordert eine Orientierung an der Lebenswelt der Lernenden, die im Erkenntnisprozess nicht hintergangen werden kann. D. h. Lernprojekte, die über curriculare Vorgaben, Arbeitsweltbedeutungen oder mögliche Zukunfts- oder Prüfungsrelevanzen legitimiert werden, können ggf. auf lebensweltliche Repräsentanzen stoßen, jedoch wären diese Treffer wohl zufälliger Natur. Unter Berücksichtigung des seither entwickelten State of the Art der Disziplin ist darüber hinaus umso mehr fraglich, warum Lehrende immer wieder die ihre Profession originär auszeichnende Hoheit über die Stoffe und Inhalte outsourcen zugunsten u. a. privatwirtschaftlicher Bücherverlage, Learning-to-the-(Kammer-)Prüfungen, Online-Tutorials von Influencern etc., deren Ziele und Interessen weniger dem gesellschaftlichen Bildungs- und Erziehungsauftrag verpflichtet, sondern vielfach wirtschaftlich und/oder politisch geleitet sind.

Pädagogisch-professionell legitimieren lassen sich Lernprojekte nur mit der Orientierung an der Lebenswelt der Lernenden, die

- in Aussagen, Handlungen und Reaktionen von Lernenden wahrzunehmen und zu beobachten,
- im skizzierten Gesamtzusammenhang von Psychodynamik, Lebenswelt und Gesellschaft einzuordnen,
- als Potenziale anzuerkennen und
- produktiv für die Legitimation und Gestaltung von Lernprojekten und Unterricht einzusetzen

die pädagogisch-professionelle Herausforderung der Vermittlung auszeichnet. Systematisch identifiziert, analysiert und positiv evaluiert ist dieses In-Bearbeitung-Bringen der pädagogisch-professionellen Herausforderung der Vermittlung in diversen Forschungsprojekten in schulischen und außerschulischen Bildungskontexten (Buchmann & Marr, 2016; Buchmann, 2019; Buchmann et al., 2024; Buchmann et al., 2024).

Wie die pädagogisch-professionelle Herausforderung der Vermittlung in Bearbeitung gebracht werden kann, zeigen die folgenden Abschnitte exemplarisch am Kontext *Digitalisierung*.

2 Eine Suche nach dem Wesen der Digitalisierung: zum WAS und zum WARUM

Im Kontext von Digitalisierung kann das systematische Aufspüren und Aufschließen allgemeiner, wesentlicher Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten für mögliche Lernprojekte im gesamtgesellschaftlichen Handlungsfeld beispielsweise bei konkreten digital-technischen Erscheinungen wie dem Internet, Smartphones, digitalen Plattformen, smarten Gütern, virtueller und erweiterter Realität und künstlicher Intelligenz ansetzen. Sie repräsentieren als konkrete Technikentwicklungen von Rechnern, Rechnernetzen und digitalen Anwendungen vor allem solche Funktionen in Arbeitsprozessen, die auf die Unterstützung und Automatisierung menschlicher Arbeit durch Daten und Algorithmen zielen. Ihre Entfaltung als Repräsentation, als konkrete Erscheinung für einen allgemeinen Weltzusammenhang, lässt sich über die Identifizierung freigesetzter Formen von Arbeit, der Lokalisierung von Vergesellschaftungsprozessen, der Erhebung von Wissensbeständen und Verfügungs routinen und die Identifikation fachwissenschaftlicher Relevanzebenen in Bearbeitung bringen (Buchmann, 2007/2011, S. 448–453). Als herausfordernd erweist sich dabei die Identifizierung jener verborgenen, allgemeinen, sich verändernden gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien, die sich in Form von Entmischungen von Arbeit präsentieren und die sich im Besonderen, in den konkreten bzw. beruflichen Erscheinungen, manifestieren (zum Verhältnis von Allgemeinem und Beruflichem siehe Blankertz, 1969/1970 und Kutscha, 1976).

Entmischungen ist eine theoretische Figur zur genaueren Identifizierung freigesetzter Formen von Arbeit¹. Die Kategorie *Entmischung* fasst Prozesse, die bestehende, institutionell verfasste Arbeitsstrukturen bzw. -komplexe auflösen und restrukturieren zur qualitativen Neuorganisation von Arbeit, sofern diese qualifikationstheoretische Relevanz haben (Buchmann, 2007/2011, S. 244–246). Über Entmischungen von Arbeit lässt sich das WAS und das WARUM thematisieren, identifizieren und analysieren. Die Suche nach und qualifikationstheoretische Bewertung von Entmischungen von Arbeit erfordert eine ganzheitliche, inter- und transdisziplinäre Betrachtung des Gegenstandsbereichs – hier des Gegenstandsbereichs Digitalisierung. Dabei ist das hier verfolgte Ziel die Analyse verschiedener Wissens- und Erkenntnisformen des Gegenstandsbereichs (Bloom et al., 1956; Buchmann, 2007/2011, S. 131; Lisop & Huiszinga, 1984/2004, S. 50; PISA, 2000) und ihre sinnstiftende exemplarische Aufbereitung (zur Exemplarik siehe Wagenschein, 1963; Büthe, 1963; Stenzel, 1963; Derbolav, 1963; Klafki, 1963; Blankertz, 1969/1970; Negt, 1971/1974; Lisop & Huiszinga, 1984/2004).

1 Arbeit versteht sich hier kategorisch im Sinne von Lisop & Huiszinga (1984/2004, S. 428) als jegliche, auch spielerische Tätigkeit. So umfasst Arbeit in einem weiten anthropologischen Verständnis zugleich Erwerbsarbeit, öffentliche Arbeit (u. a. Ehrenamt) und private Reproduktionsarbeit (u. a. Familie, Muße).

Anknüpfend an die Argumentationen von Pollock (1956), Marcuse (1964/2014), Weizenbaum (1978/2018), Kern & Schumann (1984/1990), Rifkin (1995/2016), Sennett (1998) und Buchmann (2007/2011) lancieren Technikentwicklungen potenziell eine Reorganisation bestehender gesellschaftlicher, lebensweltlicher und psychodynamisch vermittelter Strukturen und Prozesse und weisen so auf mögliche Entmischungen hin. In der qualifikationstheoretischen Studie „Subjektbildung im Kontext von Digitalisierung“ analysiert Breuer (2024) einschlägige Forschungen, Fachliteratur, Internetquellen und künstlerische Arbeiten systematisch nach Entmischungen von Arbeit im Kontext von Digitalisierung.

Ausgangspunkt für die Studie waren zunächst philosophische, soziologische und psychologische Untersuchungen des vergangenen Jahrhunderts, die – mit der primären Fokussierung auf die Vergesellschaftungsperspektive (das Allgemeine im Speziellen/Beruflichen) – allesamt auf Veränderungen des Verhältnisses von Subjekt bzw. Individuum und Objekt bzw. Gesellschaft (Adorno, 1975; Beck, 1986; Hegel, 1807; Marcuse, 1964/2014; Polanyi, 1944/2015; Reckwitz, 2006/2020), auf veränderte Modi der Vergesellschaftung (Geulen, 1989; Habermas, 1981/1995b) und auf neue Formen von Arbeit (Buchmann, 2007/2011; Kern & Schumann, 1984/1990; Pollock, 1956; Raehlmann, 2019; Rifkin, 1995/2016; Sennett, 1998) aufmerksam machen. In ihrer Gesamtschau offenbaren sie Umbrüche, Abspaltungen, Orientierungslosigkeit (Fromm, 1941/1973; Keupp, 1999/2004; Zima, 2000/2017), Subjektivierungen (bzgl. Arbeit: Baethge, 1991; aus konstruktivistischer Sicht: Behrens, 2021) und Individualisierungsprozesse (Beck, 1986), auf deren Grundlage beispielsweise ausbleibende Resonanzerfahrungen konstatiert werden (Rosa, 2016/2019). Aus der Vergesellschaftungsperspektive heraus ist die Digitalisierung „nur“ ein Phänomen, das unterschiedlich diskutiert wird.

Anschließend erfolgte eine systematische Recherchearbeit, die in journalistischer Manier den Entmischungen, den psychodynamischen, lebensweltlichen und gesellschaftlichen Bedeutungsstrukturen, ihren Veränderungen im historisch-kulturellen Kontext und ihrer Wirkung auf die Sozialisation und Vergesellschaftung von Menschen in einer sich durch (digitale) Technikentwicklungen verändernden Gesellschaft nachspürt. Ein Leitgedanke der Spurensuche stammt von Nassehi (2019), wonach Digitalisierung nicht erst eine gesamtgesellschaftliche Veränderung durch digitale Technologien beschreibt, sondern auf einen Prozess des Zählens und der Selbstoptimierung zurückzuführen ist (Nassehi, 2019, S. 137 f.), der sukzessive die gesellschaftliche Anschlussfähigkeit der digitaltechnischen Entwicklungen vorbereitet, hergestellt und sichergestellt hat, wodurch „die Digitalisierung unmittelbar verwandt ist mit der gesellschaftlichen Struktur“ (ebd., S. 18). Damit stellt sich die Frage, was, warum und wie die gesellschaftlichen Strukturen und Prozesse über die heutigen digitalen Technologien vermittelt in Erscheinung treten und inwiefern diese als Entmischungen von Arbeit identifiziert für die Subjekt- und Identitätsbildung entscheidend sind.

Ausgehend von einer gesellschaftlichen Reproduktion unter marktbeherrschenden Verhältnissen rückten dabei zunächst ökonomische Veränderungen in den Blick, die sich etwa durch digitale Plattformen manifestieren (Lobe, 2019; Staab, 2019), die auf die technischen Strukturen und Prozesse von Rechnern und Rechnernetzen, ins-

besondere des Internets, aufzubauen. Über das Lokalisieren der Strukturen und Prozesse des Internets eröffneten sich anschließend erste allgemeine Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten, die Digitalisierungsprozesse begünstigt haben.

Tabelle 1: Entmischungskonzept „Digitalisierung“ (Breuer, 2024, S. 204)

Entmischungskonzept „Digitalisierung“			
Bezugsgröße	Entmischungsprozesse durch (Erscheinungsformen)	Funktionen in Arbeitsprozessen	Universale Bildungspotenziale (Basalverben)
Digitalisierung	Modularisierung	Gestaltung austauschbarer (Teil-)Systeme und Programme zur effizienten Nutzung über spezifische Bereiche hinweg	synthesieren, elementarisieren, modularisieren
	Hierarchisierung	Organisation, Priorisierung und Wertung von Strukturen und Prozessen zwecks ihrer Systematisierung	wahrnehmen, erkennen, werten, urteilen, organisieren
	Systematisierung	Zusammenhänge betrachten, Interdependenzen berücksichtigen, Systeme kritisch reflektieren, Modelle entwickeln und optimieren	reflektieren, kritisieren, schließen, problemlösen, konstruieren, modellieren, systematisieren
	Algorithmisierung	Strukturen und Prozesse identifizieren, analysieren, klassifizieren und methodisieren zwecks Formalisierung	analysieren, klassifizieren, methodisieren, algorithmisieren, routinisieren
	Vernetzung	Zusammenhänge erkennen, Schnittstellen schaffen, kommunizieren	übersetzen, interpretieren, kommunizieren, vernetzen
	Speicherung	Zugänglichkeit sichern, Daten replizieren und zur Verwendung bereithalten	erinnern, informieren, codieren, decodieren, replizieren
	Formalisierung	Berechenbarkeit prüfen, Syntax und Semantik anwenden, Abläufe programmieren	formalisieren, programmieren, automatisieren, evaluieren

Zugleich weist die kritische Analyse auf weitreichende gesellschaftliche und individuelle Veränderungen des Gesamtzusammenhangs von Gesellschaft, Lebenswelt und Psychodynamik hin. Als Entmischungen lokalisiert und identifiziert, konkretisieren sie sich in den allgemeinen Prinzipien Modularisierung, Hierarchisierung, Systematisierung, Algorithmisierung, Vernetzung, Speicherung und Formalisierung (siehe Tabelle 1). Ihren Funktionen in Arbeitsprozessen sind ausgewählte universale Bildungspotenziale zugeordnet, die sich den Bildungspotenzialen der OECD-Literacy Competences von PISA (2000) entlehnen.

Insgesamt machen die erforderlichen Bildungspotenziale im Umgang mit digitalen gesellschaftlichen Transformationen darauf aufmerksam, dass sie fast ausschließlich

lich kognitive und reflexive Wissens- und Erkenntnisformen einfordern (Bloom et al., 1956; Buchmann, 2007/2011, S. 131; Lisop & Huiszinga, 1984/2004, S. 50):

Tabelle 2: Formen und Funktionen von Wissen und Erkenntnis

Wissens- und Erkenntnisformen	Elemente	Funktionen in Arbeitsprozessen
Denominatives Wissen	Objekte, Daten, Fakten, Sachverhalte und ihre Begriffe	Benennen zwecks Selbstvergewisserung und Verständigung in Kooperationen
Operatives Wissen	Methoden, Handhabungen und ihre Kriterien, zugehörige Instrumente und Materialien	Routine operational und effizient erledigen
Zusammenhangs- und Wirkungswissen	Strukturen, Funktionen, Prozesse, Kausalitäten und Wechselwirkungen	Zusammenhänge beachten, Interdependenzen berücksichtigen, Probleme erkennen und lösen
Normenwissen	Gewertete Vorgaben, Grenzwerte, Maßstäbe	Qualitätssicherung, Bewertung, Befriedung, Sicherheit
Kognition	Erkennen, Zuordnen, Vergleichen, Bewerten, Urteilen, Analysieren, Synthesieren, Strukturieren	Orientierung und Entscheidungsfähigkeit
Reflexion	Selbstwahrnehmung und Selbstkritik, produktives Infragestellen	Qualitätssicherung, Konfliktregulierung, Innovation

Die Analyse der Entmischungsprozesse verdeutlicht das WAS im Sinne des Wesentlichen und das WARUM von Zielformulierungen möglicher Lernprojekte im Kontext von Digitalisierung. Dabei erweisen sich die qualifikationsanalytisch erhobenen allgemeinen Bildungspotenziale zur Teilnahme an einer digitalen Gesellschaft als Universalie, die sich als Universale jeden fachlichen und disziplinären Grenzen entziehen, was wiederum innovative Möglichkeiten für Schul- und Unterrichtskonzepte eröffnet, sofern im Konkreten und Beruflichen das Allgemeine und Wesentliche wahrgenommen, professionell beurteilt und zur Vermittlung didaktisch aufbereitet wird, wie es bspw. das Lernfeldprinzip vorsieht (Huiszinga & Lisop, 1999; Huiszinga & Buchmann, 2006).

So geht es bei der Subjektbildung in der Dialektik von Beruflichem und Allgemeinem insgesamt um die Aufklärung von Vergesellschaftung und den vergesellschafteten Abhängigkeitsverhältnissen, die die Gesellschaft hervorgebracht hat, die sie auszeichnet und in denen sich die Individuen konstituieren. Entscheidend für die Aufklärung der Abhängigkeitsverhältnisse ist die Gegenüberstellung von Weltsichten, das Aushandeln von (Handlungs-)Möglichkeiten und die Deutung von Relevanzen für das Individuum und für die Gesellschaft, zwischen denen es zu vermitteln gilt. Erst vor diesem Hintergrund lässt sich Digitalisierung als eine gesamtgesellschaftliche Veränderung von Arbeit und Identität fassen, die sich zunehmend komplex mittels Modularisierung, Hierarchisierung, Systematisierung, Algorithmisierung, Vernetzung, Speicherung und

Formalisierung (neu) formal und inhaltlich vergesellschaften². An diese (neuen) Formen und Inhalte der (medialen) Vergesellschaftung knüpfen die digitalen Technologien an (Nassehi, 2019) und beschleunigen (Rosa, 2016/2019) die gesamtgesellschaftlichen Veränderungen, die sich in ihrer Gesamtschau erst inter- und transdisziplinär offenbaren, wie an anderer Stelle (Breuer, 2024) verdeutlicht. Zwar leisten zur Aufklärung über die spezifischen, vergesellschafteten Wahrnehmungen von Welt die einzelnen (Fach-)Didaktiken einen wesentlichen Beitrag, allerdings eröffnet erst die Zusammenführung der einzelnen (fach)didaktischen Perspektiven vor dem Hintergrund zunehmender Komplexität der Vergesellschaftung neue Möglichkeiten für Lern- und Bildungspotenziale, wie sie im QLB-Projekt FAKTUR zwischen der Fachdidaktik Technik am Berufskolleg und der Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Berufs- und Wirtschaftspädagogik erfolgreich erprobt und anschließend im Studiengang für das Lehramt an Berufskollegs für den Schwerpunkt Technik an der Universität Siegen akkreditiert wurde.

3 Zur Sicherung von Arbeit und Gesellschaft: Die Abstimmung von WAS, WIE und WARUM

Das WAS und das WARUM wären für eine professionelle Planung von Lernprojekten didaktisch weiter zu konkretisieren, indem sie mit den jeweiligen Lebenswelten der Lernenden (WIE) kontrastiert und vereint werden. Eine erfolgreiche Konkreszenz (Lisop & Huiszinga, 1984/2004, S. 225) erfordert neben der zuvor skizzierten Wahrnehmung, Einordnung und Anerkennung von Lebenswelten der Lernenden einen flexiblen Umgang mit potenziellen Stoffen und ihren Verdichtungen zwecks lebensweltorientierter Gestaltung von Lernprojekten und -situationen. Damit ist gemeint, dass, wenn etwa Digitalkompetenz auszubilden und die Teilnahme an einer digitalen Welt/Gesellschaft als Bildungsziel formuliert ist, dass dann auf das Verstehen und In-Beziehung-Setzen zum Wesentlichen, zu den allgemeinen Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Digitalisierung rekurriert ist. Das Prinzip Algorithmisierung als Beispiel lässt sich, wie an anderer Stelle (Breuer, 2024) veranschaulicht, über Erscheinungen wie Internet, Saugroboter, künstliche Intelligenz etc. nachvollziehbar machen, sofern ein entsprechender Impuls der Lernenden dies legitimiert. Ausgehend von dem Impuls der Lernenden kann die Legitimation alternativ auch über jegliche andere Stoffe und Inhalte erfolgen, in denen sich Algorithmisierung – als ein wesentliches Prinzip von Vergesellschaftung im Kontext von Digitalisierung – verdichtet. Beispiele für alternative Erscheinungsformen des Prinzips Algorithmisierung sind etwa eine Choreografie beim Tanz, eine Par-

2 Simmel (1908/2016, S. 18 f.) fasst Vergesellschaftung als „die, in unzähligen verschiedenen Arten sich verwirklichende Form, in der die Individuen auf Grund jener – sinnlichen oder idealen, momentanen oder dauernden, bewussten oder unbewussten, kausal treibenden oder teleologisch ziehenden – Interessen zu einer Einheit zusammenwachsen und innerhalb deren diese Interessen sich verwirklichen“. Er unterscheidet zwischen Inhalten und Formen der Vergesellschaftung. Zu den Inhalten zählt er alle im Individuum zu verortenden Beweggründe, die das Miteinander und Füreinander der Individuen gestalten: „Trieb, Interesse, Zweck, Neigung, psychische Zuständlichkeit und Bewegung“ (a. a. O., S. 18). Als bestimmte Formen der Vergesellschaftung fasst er Arbeit, Religion, Liebe, Hunger, Technik und Intelligenz (a. a. O., S. 19).

titur in der Musik, Stilmittel in der Poesie und Bildmalerei und auch Arbeitsabläufe in Fertigungsprozessen, mithilfe derer eine Aufklärung über vergesellschaftete Abhängigkeitsverhältnisse möglich wäre. Welche Impulse die Lernenden auch geben, die pädagogisch professionelle Herausforderung der Vermittlung besteht neben ihrer Wahrnehmung in ebendieser Suche nach alternativen Erscheinungsformen des objektiven Sachanspruchs und ihrer didaktischen Legitimation als alternative Zugänge zur Lebenswelt der Lernenden, um nun neben der bereits weitflächig bereitgestellten Verfügbarkeit von Zugängen eine „gelingende Weltbeziehung“ (Rosa, 2020/2023, S. 120) zu ermöglichen.

Für die berufliche Bildung ist dies ein Appell zur konsequenten Überprüfung und Legitimation von Bildungsangeboten im Sinne der Dialektik von Beruflichem und Allgemeinem, wie sie bereits Herwig Blankertz als eine Gründungsidee im Kollegschatversuch in NRW intendierte. Zugleich ist es auch eine Entlastung für alle in der beruflichen Bildung Tätigen, nicht jeder Veränderung von bspw. Arbeits- und Geschäftsprozessen Folge zu leisten, sondern immer nach den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten hinter den konkreten Erscheinungen zu fragen und zu suchen, denn erst, wenn sich die allgemeinen Prinzipien und/oder Lebenswelten der Lernenden verändern, ergibt sich theoretisch die Notwendigkeit einer neuen Legitimation didaktischer Entscheidungen zwischen WAS, WIE und WARUM. Mit der Dialektik von Beruflichem und Allgemeinem einher geht ebenfalls der Bezug auf die gesamte Klaviatur der Wissens- und Erkenntnisformen, die zwar in den Präambeln der Curricula als Bildungsgangziele und zu entfaltende Kompetenzen formuliert, jedoch in den Zielformulierungen der Lernfelder, etwa mit Benennen und Anwenden, oft nicht hinreichend aufgegriffen und abgedeckt sind. Eine Herausforderung, die es insbesondere in der Lehrkräftebildung als Wahrnehmungs-, Auslegungs- und Entscheidungsnotwendigkeit und damit zugleich als Freiheitsgrade professionellen Handelns zu thematisieren gilt.

Das Forschungsprojekt FAKTUR der Qualitätsoffensive Lehrer*innenbildung hat die Chance eröffnet, die Curricula der lehramtsbildenden Studiengänge für das Berufskolleg an der Universität Siegen inter- und transdisziplinär so zu überarbeiten, dass angehende Lehrende etwa über eine disziplinenintegrierte Studieneingangsphase und eine eigens entwickelte 2D-Welt – im Sinne des Case-Managements als Strukturmodell moderner Arbeit und im Sinne des Case-Prinzips als neuen Typus professioneller Arbeit (Buchmann, 2004; Buchmann, 2020) – die Wahrnehmung, Lokalisierung, Anerkennung und produktive Gestaltung wesentlicher Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten in alternativen Erscheinungsformen einerseits und Zugänge zu Lebenswelten von Lernenden sowie ihrer eigenen Vergesellschaftung andererseits ausbilden (Buchmann et al., 2024). So kann es vielleicht gelingen, die Unverfügbarkeit von Welt in Erreichbarkeit und Resonanz zu transferieren (Rosa, 2020/2023, S. 120) und die Teilnahme aller an Arbeit und Gesellschaft (Buchmann, 2020) zu sichern.

Literatur

- Adorno, T. W. (1975). Gesellschaftstheorie und Kulturkritik. Suhrkamp.
- Baethge, M. (1991). Arbeit, Vergesellschaftung, Identität – Zur zunehmenden normativen Subjektivierung der Arbeit. Soziale Welt. Zeitschrift für sozialwissenschaftliche Forschung und Praxis, 42(1), S. 6–19.
- Beck, U. (1986). Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp.
- Behrens, M. (2021). Komplexen Subjektivierungen auf der Spur. Ein methodologischer Ansatz zur Analyse von Machtverhältnissen. Transcript. Doi: <https://doi.org/10.14361/9783839454527>
- Blankertz, H. (1969/1970). Theorien und Modelle der Didaktik (4. Aufl.). Juventa.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of Educational Objectives. The Classification of Educational Goals. Longmans.
- Breuer, J. (2024). Subjektbildung im Kontext von Digitalisierung. OPUS. Doi: <http://dx.doi.org/10.25819/ubsi/10497>
- Buchmann, U. (2004). Case Management. Eine Bestandsaufnahme in qualifikationstheoretischer Absicht. G. A. F.B.
- Buchmann, U. (2007/2011). Subjektbildung und Qualifikation. Ein Beitrag zur Entwicklung berufsbildungswissenschaftlicher Qualifikationsforschung (2. Aufl.). G. A. F.B.
- Buchmann, U., & Kell, A. (2013). Bildung Architektur Kunst – ein auf(zu)klärender Zusammenhang oder das Bauhaus als Curriculum. In U. Buchmann & E. Diezemann (Hrsg.), Subjektentwicklung und Sozialraumanalyse als Entwicklungsaufgabe: Szenarien einer transdisziplinären Realutopie, S. 201–216. G. A. F.B.
- Buchmann, U., & Marr, S. (2016). Jugend Inklusiv im Kreis Olpe. Entwicklung und Erprobung eines potentialgenerierenden Curriculums für Kriegsflüchtlinge und Asylbewerber am Berufskolleg Olpe. Forschungspapier Universität Siegen.
- Buchmann, U. (2019). Bildungswissenschaftliche Grundlegung einer zeitgemäßen Weiterbildungskultur in Einrichtungen der regionalen Altenhilfe: Entwicklung und Erprobung eines innovativen institutionellen Settings zur Verbindung von Lebens-, Erwerbs- und Weiterbildungssituationen zwecks Optimierung von Handlungs rationalität und zur Qualitätssicherung. Abschlussbericht bmbf. Technische Informationsbibliothek (TIB).
- Buchmann, U. (2020). Inklusion heißt Transformation – Konsequenzen für eine professionelle Handlungslehre. In D. Münk & G. Scheiermann (Hrsg.), Inklusion in der Lehrerbildung für das berufliche Schulwesen: Beiträge zur Professionalisierung in der ersten Phase der Lehramtsausbildung, S. 135–146. Eusl.
- Buchmann, U., Dornhöfer, M., Fathi, M., Kismihók, G., Köhler, S., Rasheed, H. A., Schröder, M., & Weber, C. (2024). KI-basierter digitaler Weiterbildungsraum WBsmart. In U. Weyland, W. Koschel, K. Reiber, L. Dorin & M. Peters (Hrsg.), Digitalisierung in den Gesundheitsberufen, S. 214–234. AGBFN, Barbara Budrich. https://www.agbfn.de/dokumente/pdf/FzbB_Weyland_Gesundheitsberufe_online.pdf

- Buchmann, U., Dreher, R., Gimbel, K., Kesmez, R., Köhler, S., & Reineking, A. (2024). Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Abschlussbericht – Manufaktur Lehrerbildung BK (FAKTUR). BMBF, 01JA2032. Verfügbar unter https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/lehrerbildung/shareddocs/projekte/manufaktur-lehrerbildung-berufs-kolleg-faktur_01ja2032.html?nn=297658&cms_projectView=Ergebnisse
- Büthe, W. (1963). Das exemplarische Verfahren. In B. Gerner (Hrsg.), *Das exemplarische Prinzip. Beiträge zur Didaktik der Gegenwart*, S. 76–112. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Derbolav, J. (1963). Das exemplarische Lernen als didaktisches Prinzip. In B. Gerner (Hrsg.), *Das exemplarische Prinzip. Beiträge zur Didaktik der Gegenwart* (S. 28–49). Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Engels, F. (1886/2011). Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. In: Internationale Marx-Engels-Stiftung (Hrsg.), *Gesamtausgabe: (MEGA)*, S. 122–162. Akademie Verlag.
- Fromm, E. (1941/1973). Die Furcht vor der Freiheit (6. Aufl.). Europ. Verl.-Anst.
- Gerner, B. (1963). Das Exemplarische Prinzip. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Geulen, D. (1989). Das vergesellschaftete Subjekt. Zur Grundlegung der Sozialisationstheorie. Suhrkamp.
- Habermas, J. (1981/1995a). Handlungsrationale und gesellschaftliche Rationalisierung. In J. Habermas (Hrsg.), *Theorie des kommunikativen Handelns* (Bd. 1, 4. Aufl.). Suhrkamp.
- Habermas, J. (1981/1995b). Zur Kritik der funktionalistischen Vernunft. In J. Habermas (Hrsg.), *Theorie des kommunikativen Handelns* (Bd. 2, 4. Aufl.). Suhrkamp.
- Hegel, G. W. F. (1807). Die Phänomenologie des Geistes. In G. W. F. Hegel (Hrsg.), *System der Wissenschaft* (Bd. 1). Goebhardt. Verfügbar unter https://www.deutschestextarchiv.de/hegel_phenomenologie_1807
- Hilker, F. (1952). Mitteilungen und Nachrichten. Zwei Tagungen zur deutschen Schulreform. Bildung und Erziehung. Monatsschrift für Pädagogik, 5(12), S. 58–63. Verfügbar unter https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN509215866_0005
- Holzkamp, K. (1983). Grundlegung der Psychologie. Campus.
- Holzkamp, K. (1993/1995). Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Campus.
- Horkheimer, M., & Adorno, T. W. (1944/2003): Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente. In R. Tiedemann (Hrsg.), *Theodor W. Adorno. Gesammelte Schriften* (Bd. 3). Suhrkamp.
- Huiszinga, R., & Lisop, I. (1999). Wirtschaftspädagogik. Ein interdisziplinär orientiertes Lehrbuch. Franz Vahlen.
- Huiszinga, R., & Buchmann, U. (2006). Zur empirischen Begründbarkeit von Lernfeldern und zur gesellschaftlichen Vermittlungsfunktion von Lehrplänen. In G. Pätzold & F. Rauner (Hrsg.), *Qualifikationsforschung und Curriculumentwicklung*, S. 29–39. ZBW Beiheft 19.
- Kern, H., & Schumann, M. (1984/1990). Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion: Bestandsaufnahme, Trendbestimmung (4. Aufl.). C. H. Beck.

- Keupp, H. (1999/2004). Identitätskonstruktionen. Das Patchwork der Identitäten in der Spätmoderne (4. Aufl.). Rowohlt Taschenbuch.
- Klafki, W. (1963). Grundformen des Fundamentalen und Elementaren. In B. Gerner (Hrsg.), Das exemplarische Prinzip. Beiträge zur Didaktik der Gegenwart, S. 152–177. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Kutscha, G. (1976). Das politisch-ökonomische Curriculum. Wirtschaftsdidaktische Studien zur Reform der Sekundarstufe II. Athenäum.
- Kutscha, G., & Fischer, A. (2003). Der Strukturgitter-Ansatz. Kritische Theorie der ökonomischen Bildung – Perspektiven vor den Herausforderungen der Neuen Ökonomie – Ein virtuelles Gespräch in drei Abschnitten. In A. Fischer (Hrsg.), Im Spiegel der Zeit. Sieben berufs- und wirtschaftspädagogische Protagonisten des zwanzigsten Jahrhunderts, S. 93–124. G. A. F.B.
- Lisop, I., & Huisenga, R. (1984/2004). Arbeitsorientierte Exemplarik. Subjektbildung – Kompetenz – Professionalität (3. Aufl.). G. A. F.B.
- Lobe, A. (2019). Speichern und Strafen. Die Gesellschaft im Datengefängnis. C. H. Beck.
- Marcuse, H. (1964/2014). Der eindimensionale Mensch. Studien zur Ideologie der fortgeschrittenen Industriegesellschaft. zu Klampen.
- Nassehi, A. (2019). Muster. Theorie der digitalen Gesellschaft. C. H. Beck.
- Negt, O. (1971/1974). Soziologische Phantasie und exemplarisches Lernen. Zur Theorie und Praxis der Arbeiterbildung (4. Aufl.). Europäische Verlagsanstalt.
- PISA. (2000). Measuring Student Knowledge and Skills. The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy. OECD. Doi: <https://doi.org/10.1787/9789264181564-en>
- Polanyi, K. (1944/2015). The Great Transformation. Politische und ökonomische Urspünge von Gesellschaften und Wirtschaftssystemen (12. Aufl.). Suhrkamp Taschenbuch.
- Pollok, F. (1956). Automation. Materialien zur Beurteilung der ökonomischen und sozialen Folgen. Europäische Verlagsanstalt.
- Raeilmann, I. (2019). Arbeit in der Digitalwirtschaft (1. Aufl.). Springer VS.
- Reckwitz, A. (2006/2020). Das hybride Subjekt. Eine Theorie der Subjektkulturen von der bürgerlichen Moderne zur Postmoderne (überarb. Neuaufl.). eBook Suhrkamp.
- Rifkin, J. (1995/2016): Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft. Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert (4. Aufl.). Fischer Taschenbuch.
- Rosa, H. (2016/2019). Resonanz. Eine Soziologie der Weltbeziehung (1. Aufl.). Suhrkamp Taschenbuch.
- Rosa, H. (2020/2023). Unverfügbarkeit (9. Aufl.). Suhrkamp Taschenbuch.
- Schütz, A., & Luckmann, T. (1973/2017). Strukturen der Lebenswelt (2. überarb. Aufl.). UVK.
- Sennett, R. (1998). Der flexible Mensch. Die Kultur des neuen Kapitalismus (2. Aufl.). Berlin-Verlag.
- Simmel, G. (1908/2016). Soziologie. Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung (8. Aufl.). Rammstedt, O. (Hrsg.). Suhrkamp.

- Staab, P. (2019). Digitaler Kapitalismus. Markt und Herrschaft in der Ökonomie der Unknappheit. eBook Suhrkamp.
- Stenzel, A. (1963). Stufen des Exemplarischen. In B. Gerner (Hrsg.), Das exemplarische Prinzip. Beiträge zur Didaktik der Gegenwart (S. 58–75). Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Wagenschein, M. (1963). Zur Klärung des Unterrichtsprinzips des exemplarischen Lehrens. Erstmalig erschienen in der Zeitschrift „Die deutsche Schule“ 1959, S. 393–404. In B. Gerner (Hrsg.), Das exemplarische Prinzip. Beiträge zur Didaktik der Gegenwart, S. 1–18. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Weizenbaum, J. (1978/2018). Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft (14. Aufl.). Suhrkamp.
- Zima, P. (2000/2017). Theorie des Subjekts. Subjektivität und Identität zwischen Moderne und Postmoderne (4. Aufl.). Francke.

Entwicklung und Erprobung eines Qualifizierungskonzepts zur Förderung digitaler Kompetenzen von Beschäftigten aus der Produktion

ESTELLA LANDAU; LUDGER SCHMIDT

Zusammenfassung

Im Beitrag wird der Entwicklungsstand eines Qualifizierungskonzepts für kleine und mittlere Produktionsunternehmen am Beispiel eines Augmented-Reality-Schweißtrainers vorgestellt. Ziel ist es, den Beschäftigten ein selbstständiges Austesten neuer Technologien anhand praxisnaher Anwendungsfälle zu ermöglichen. Dabei wurde nach dem Design-Based-Research-Ansatz in einem Mixed-Methods-Design untersucht, ob die pädagogischen und didaktischen Werthaltungen bzw. Überzeugungen, u. a. Anchored Instruction und Cognitive Apprenticeship, umgesetzt und die Lernziele erreicht wurden. Es werden Ergebnisse der Evaluation des Konzepts mit Karosseriebauern des ersten Ausbildungsjahres ($N = 13$) vorgestellt, diskutiert und Maßnahmen für die iterative Überarbeitung abgeleitet.

Abstract

This article presents the development status of a qualification concept for small and medium-sized production companies using the example of an augmented reality welding trainer. The aim is to enable employees to independently test new technologies using practical use cases. Using the design-based research approach, a mixed-methods design was used to investigate whether the pedagogical and didactic values and convictions, including anchored instruction and cognitive apprenticeship, were implemented and the learning objectives achieved. The results of the evaluation of the concept with coachbuilders in the first year of training ($N = 13$) are presented and discussed, and measures for iterative revision are derived.

Schlagworte: Qualifizierungskonzept, KMU, Design-Based Research, Digitalisierung, Augmented Reality, Schweißtrainer, Anchored Instruction, Cognitive Apprenticeship

1 Einleitung

Der technologische Wandel geht mit erheblichen Veränderungen für die Gesellschaft, die Wirtschaft und somit auch für den Berufsalltag der Mitarbeiter einher. Gerade kleine und mittlere Unternehmen (KMU) weisen oftmals, im Vergleich zu großen Unternehmen, einen erheblichen Nachholbedarf bzgl. Digitalisierung auf (Bitkom, 2022, Bosse et al. 2019, S. 31). Zur Unterstützung, Beratung und Qualifizierung von KMU bzgl. Digitalisierung wurde am Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik der Universität Kassel ein Digitallabor zur Vorstellung neuer Technologien eingerichtet. Das Digitallabor umfasst aktuelle Technologien und Best-Practice-Beispiele, z. B. zu Augmented Reality (AR), Virtual Reality, Mensch-Roboter-Kollaborationen sowie 3D-Scan und -Druck. Die Qualifizierungsangebote zu den verschiedenen Technologien sollen Unternehmen ermöglichen, aktuelle Technologien und Anwendungen erproben und testen zu können, sodass Digitalisierung für die Beschäftigten erlebbar wird und sie anhand praxisnaher Anwendungsfälle Rückschlüsse ziehen, wo sie im eigenen Betrieb ansetzen können.

2 Fragestellung

Das zentrale Anliegen des Forschungsvorhabens ist, Beschäftigten aus KMU in Produktion und Handwerk eine *qualitätsvolle* Qualifizierung zu offerieren. In Anlehnung an Berliner (2005), welcher sich mit den Unterschieden eines *guten*, *effektiven* und *qualitätsvollen* Unterrichts auseinandersetzte, setzt dies voraus, dass sowohl die pädagogischen und didaktischen Werthaltungen bzw. Überzeugungen eingehalten (*gute* Qualifizierung) als auch die vorgesehenen Lernziele erreicht werden (*effektive* Qualifizierung). Demzufolge wurden folgende zwei Fragestellungen betrachtet:

1. Welche normativen Prinzipien, insbesondere pädagogischen und didaktischen Werthaltungen bzw. Überzeugungen, sind einzuhalten, damit eine *gute* Qualifizierung gewährleistet wird?
2. Wie wird das Erreichen der Lernziele ermöglicht, damit eine *effektive* Qualifizierung erfolgt?

3 Modellbasierte Grundlagen für die Qualifizierung

Um den Lernenden eine *gute* Qualifizierung anzubieten, wurden etablierte handlungsorientierte bzw. konstruktivistische Modelle, Methoden und Ansätze genutzt (Landau & Schmidt, 2024) und in den Kontext des wirtschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsmodells von Klusmeyer (2021, S. 99) gesetzt. Das Modell gliedert sich in einen *Lernumgebungsbereich* mit dem Akronym *K-A-S-S-E-L* (Tabelle 1) und in einen *Lerngegenstandsbereich* bzw. *Lernzielbereich*.

Tabelle 1: Lernumgebungsbereich K-A-S-S-E-L (in Anlehnung an Klusmeyer (2021, S. 99))

K	A	S	S	E	L
Kontaktaufbau, Lernende abholen und einbinden	Authentische, problemorientierte komplexe Lernsituationen schaffen	Selbstorganisiertes Lernen im Kontext von Handlungsorientierung	Stützen der Lernprozesse und Lernstrategien, Feedback, Scaffolding	Ergebnisse festhalten, formatives und summatives Assessment	Lernschleifen, Lerntransfers

Bezüglich des *Lernumgebungsbereichs* kommen nach Auffassung des gemäßigten Konstruktivismus die Methoden bzw. Ansätze Cognitive Apprenticeship (CA) (Collins et al., 1989) und Anchored Instruction (AI) (CTGV, 1992; CTGV, 1997; Scharnhorst, 2001, S. 479; Wuttke-Hilke et al., 2020) des situierten Lernens zur Anwendung. Bei der Auswahl der Methoden wurde darauf geachtet, dass sich diese für den Erwerb von digitalen Kompetenzen der genannten Zielgruppe eignen (Bünning et al., 2014; Wuttke-Hilke et al., 2020) sowie eine Kombination aus sozialen und technologischen Unterstützungsformen besteht (Scharnhorst, 2001). Im Sinne des AI-Ansatzes wurden Animationsvideos erstellt, welche den Lernenden ermöglichen sollen, bevorzugt in Form eines kollaborativen Arbeitens, authentische, fallbezogene, komplexe Problemstellungen zu bearbeiten, wobei deren Vorwissen miteinbezogen und ein Alltagsdenken ermöglicht wird (CTGV, 1992; Scharnhorst, 2001, S. 472). Die ursprünglichen AI-Merkmale (CTGV, 1997, S. 46) wurden von Wuttke-Hilke et al. (2020, S. 67) im Sinne der Digitalisierung zu *Storytelling, Authentizität, Emotionen, interdisziplinäre Gestaltung, Instruktion, Coaching & Feedback* sowie *schriftliche Kommunikationskompetenz* aktualisiert und bei der Videogestaltung beachtet. Diese sollen zu mehr Identifikation und Motivation, einem vertieften Lernen, Akzeptanz, kritischem Mitlebenken, Teamfähigkeit sowie Wirksamkeit beitragen (Wuttke-Hilke et al., 2020, S. 67). Der gemäß Meister-Lehrlings-Verhältnissen entwickelte CA-Ansatz wird hinzugezogen, um während des Problemlösens passende Formen der Unterstützung zu gewährleisten (Brown et al., 1989). Das Scaffolding erfolgt z. B. über die AI-Videos, welche Hinweise zur Lösung der Problemstellungen enthalten, Anleitungen auf einem digitalen kollaborativen Whiteboard, Unterstützung innerhalb der Lerngruppe und durch die Lehrperson.

Hinsichtlich des *Lerngegenstands-* bzw. *Lernzielbereichs* des wirtschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsmodells (Klusmeyer, 2021, S. 99) wurden für die Qualifizierung mit einem AR-Schweißtrainer die in Tabelle 2 aufgeführten *kognitiven, affektiven* und *psychomotorischen Lernziele* in Anlehnung an Krathwohl et al. (1975) und Bloom (1972) entwickelt. Diese sollen von den Lernenden in einer Qualifizierungseinheit bestmöglich erreicht werden.

Tabelle 2: Lernziele (LZ) mit entsprechender Lernzieldimension

Lernziel		Lernzieldimension
LZ 1	Ich kann mindestens einen potenziellen Einsatzbereich des Augmented-Reality-Schweißtrainers <i>nennen</i> .	kognitiv
LZ 2	Ich kann mindestens eine Chance und eine Herausforderung des Augmented-Reality-Schweißtrainers <i>nennen</i> .	kognitiv
LZ 3	Ich kann <i>beschreiben</i> , was Augmented-Reality ist.	kognitiv
LZ 4	Ich <i>kenne</i> die wichtigsten Unterschiede zwischen MIG/MAG-, WIG- und Elektrodenschweißen.	kognitiv
LZ 5	Ich <i>verstehe</i> , welche Parameter einen Schweißvorgang beeinflussen können (z. B. Material, Schweißposition, Gaszusammensetzung etc.).	kognitiv
LZ 6	Ich <i>kann</i> eine Kopfübernaht mit mindestens 90 Punkten <i>schweißen</i> .	psychomotorisch
LZ 7	Ich <i>kann</i> den Ergebnisbildschirm nach einer Schweißnaht im Simulator <i>interpretieren</i> und daraus Verbesserungsmöglichkeiten <i>ableiten</i> .	psychomotorisch
LZ 8	Ich <i>stufe</i> meine Grundhaltung gegenüber neuen Technologien als positiv <i>ein</i> .	affektiv
LZ 9	Ich habe mögliche <i>Berührungsängste</i> gegenüber den Technologien <i>abgebaut</i> .	affektiv

4 Forschungsdesign und Methode

Das Qualifizierungskonzept soll auf Grundlage der Erkenntnisse mehrerer Evaluierungsschleifen iterativ überarbeitet und verbessert werden. Dies erfolgt unter Hinzuziehung des Design-Based-Research-(DBR)-Ansatzes (Reinmann, 2005). Beim DBR kommen verschiedenste Methoden aus der empirischen Sozialforschung zum Einsatz, da sich der Forschungsansatz nicht über einen spezifischen methodischen Zugang definiert (Jahn, 2014, S. 6; Jahn et al., 2022, S. 398). Deshalb wird für das Forschungsvorhaben ein *Mixed-Methods-Design* verwendet.

Die Probanden nehmen am Ende einer Qualifizierungseinheit an einer Online-Befragung teil, welche sowohl qualitative als auch quantitative Anteile umfasst. Die Befragung beinhaltet eine Erfassung der Technikaffinität (TA-EG) nach Karrer-Gauß et al. (2024). Diese erfasst die Technikaffinität einer Person auf den vier Skalen (1) *selbsteingeschätzte Kompetenz*, (2) *Begeisterung*, (3) *wahrgenommene positive Folgen* und (4) *wahrgenommene negative Folgen*. Weiterhin wird der Vorwissens- bzw. Vorerfahrungsstand erhoben.

Zur Überprüfung, ob es sich um eine *gute* Qualifizierung handelt, werden selbst entwickelte Items zu den AI-Merkmalen und dem Lernumgebungsbereich *K-A-S-S-E-L* abgefragt. Weiterhin wird die *Effektivität* der Qualifizierung überprüft. Dafür enthält die Umfrage eine Selbstevaluierung der Lernziele, bei der die Probanden auf einer Likert-Skala von 1 = „stimme nicht zu“ bis 5 = „stimme zu“ ankreuzen, wie stark sie denken, die Lernziele erreicht zu haben. Am Ende des Fragebogens erfolgt ein Assessment, um

die Selbsteinschätzung bzgl. der Erreichung der Lernziele mit dem tatsächlichen Wissensstand abgleichen zu können. Ergänzend werden zur Beantwortung der Fragen Rückmeldungen der Probanden aus der Qualifizierungseinheit selbst, ein allgemeines Feedback zu der Veranstaltung, die Ergebnisse auf dem dort eingesetzten Whiteboard und die Beobachtung der Lerngruppe zur Klärung der Fragestellungen hinzugezogen.

5 Erprobung der Umsetzung

Exemplarisch wird hier die Umsetzung des Qualifizierungskonzepts mit einem AR-Schweißtrainer und die Erprobung mit 13 Auszubildenden zum Karosseriebauer vor gestellt. Der AR-Schweißtrainer ermöglicht das gefahrlose Erlernen von MIG/MAG-, WIG- sowie Elektrodenschweißen mittels markerbasiertem AR. Im Schweißhelm ist eine Kamera verbaut, welche Marker auf dem Bauteil erkennt und diese mit virtuellen Inhalten ersetzt. Dadurch, dass anstelle des Schutzglases eine Videoanzeige verbaut wurde, entsteht für den Schweißer der Eindruck, es werde an einem tatsächlichen Bau teil geschweißt. Zudem ist eine E-Learning-Software integriert, die es den Ausbildern ermöglicht, Inhalte zu erstellen, Kurse zu verwalten, den Lernfortschritt der Lernenden zu evaluieren sowie mit diesen in Echtzeit zu interagieren.

Beruhend auf den modellbasierten Grundlagen wurden die in Tabelle 3 aufgeführten sechs Elemente des Qualifizierungskonzepts umgesetzt und in einen zeitlichen Rahmen gefasst.

Tabelle 3: Umsetzung der Elemente des Qualifizierungskonzepts und zeitlicher Rahmen

	Elemente des Konzepts	Zeit
K	<i>Kick-off</i>	5 Minuten
	<i>Kognitive Vorwissensaktivierung</i>	20 Minuten
<i>Pause</i>		
A S S	<i>Lernsituation zur praktischen Erprobung</i>	170 Minuten
E	<i>Reflexion des eigenen Handlungsprozesses</i>	20 Minuten
L	<i>Feedback & Evaluation</i>	30 Minuten
	<i>Abschluss & Ausklang</i>	5 Minuten

Für die gesamte Qualifizierungseinheit wurden den Lernenden Laptops und Tablets zur Verfügung gestellt, um kollaborativ an einem digitalen Whiteboard zu arbeiten. Im (1) *Kick-off* wurden den Lernenden Agenda, Lernziele (Tabelle 2) sowie das digitale kol lorative Whiteboard vorgestellt.

Anschließend erfolgte die (2) *Kognitive Vorwissensaktivierung*. Hier wurde eine kurze Kennenlernrunde und Voting-Session zu den Vorerfahrungen mit AR, Schweißen und Simulationstechnologien durchgeführt (Abbildung 1). In einem interaktiven Austausch wurden Erfahrungen und Vorwissen zu AR und Schweißen ausgetauscht. Weiterhin sollten die Lernenden überlegen, was sie zu dem Thema Schweißen wissen möchten.

Folgende Fragen wurden auf dem digitalen Whiteboard festgehalten: Gibt es Metalle, die man nicht schweißen kann? Was ist Laserschweißen? Wozu ist das Gas beim Schweißen da? Wie schweißt man Aluminium?

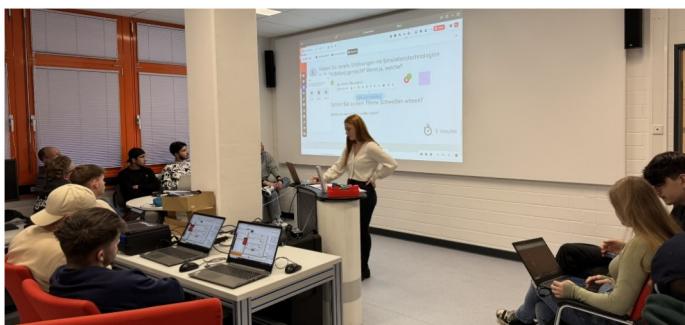


Abbildung 1: Einblick in die Phase Kognitive Vorwissensaktivierung

In der (3) *Lernsituation zur praktischen Erprobung* wurden den Lernenden drei aufeinander aufbauende Animationsvideos nach dem AI-Ansatz gezeigt. Als Kontext wird in den Videos ein fiktives mittleres Unternehmen vorgestellt. Die Lernenden sollen gemeinsam als Gruppe die beiden Angestellten Frau Mayer und Herrn Müller bei der Bewältigung von Problemen aus deren Berufsalltag unterstützen. Im ersten Video erfolgt die Vorstellung des Unternehmens und der Protagonisten. Das Unternehmen muss u. a. aufgrund sinkender Umsätze etwas verändern, weshalb die Geschäftsführerin die Idee hat, AR-Technologien im Bereich des Schweißtrainings zu nutzen. Die Aufgabe der Lernenden ist es, Frau Mayer und Herrn Müller dabei zu unterstützen, eine geeignete Übersicht für die Geschäftsführerin vorzubereiten. Die Übersicht soll die möglichen Stärken und Schwächen, Möglichkeiten und Bedrohungen (SWOT-Analyse) von AR und eines AR-Schweißtrainers aufführen, damit diese als Entscheidungsgrundlage genutzt werden kann. Die Teilnehmenden wurden für die Bearbeitung in zwei Gruppen aufgeteilt. Gruppe 1 recherchierte eigenständig zum Einsatz von AR-Schweißtrainern und Gruppe 2 zu AR. Die Informationen erhielten die Lernenden über eingefügte Links und Videos auf dem digitalen Whiteboard. Auch die Ergebnisse hielten die Lernenden auf dem digitalen Whiteboard fest. Dafür konnten die Auszubildenden die zur Verfügung gestellten Tablets und Laptops nutzen. Anschließend stellten sie die Ergebnisse im Plenum vor.

Die Gruppen wurden für die Bearbeitung der nachfolgenden Aufgaben beibehalten, um allen Teilnehmenden genügend Zeit zur Grundlagenvermittlung und zum

praktischen Erproben zu geben. Gruppe 1 erhielt in einem Nebenraum Informationen zu den theoretischen Grundlagen des Schweißens, insbesondere hinsichtlich Schweißverfahren und -positionen (Abbildung 2 links). Dafür sind die Lernenden mit einem Schweißexperten in einen interaktiven Austausch getreten, erhielten ein Handout und schauten sich ein Video an, in dem sie sehen konnten, wie die verschiedenen Schweißverfahren in der Realität durchgeführt werden. Ebenfalls konnten hier die Fragen beantwortet werden, welche zu Beginn in der Phase *Kognitive Vorwissensaktivierung* gestellt wurden.

Gruppe 2 schaute sich das zweite AI-Video an (Abbildung 2 rechts). Hier wird berichtet, dass die Geschäftsführerin auf Grundlage der Übersicht von Frau Mayer und Herrn Müller die Entscheidung getroffen hat, einen AR-Schweißtrainer anzuschaffen. Die Lernenden erhalten von der Schweißwerkmeisterin Frau Mayer die Aufgabe, sich mit dem Schweißtrainer vertraut zu machen. Dafür sollen sie in Einsteigerschwierigkeit drei Kehlschweißnähte in der Horizontalposition (PB) schweißen. Anschließend sollen die Lernenden überlegen, wie der Schweißvorgang verbessert werden könnte.



Abbildung 2: Gruppe 1 erhält theoretische Grundlagen zum Schweißen (links), Gruppe 2 betrachtet währenddessen das zweite Animationsvideo (rechts).

Die Informationen für die Einstellung des Schweißgerätes erhielten die Lernenden sowohl über das Video als auch über Hinweise auf dem digitalen Whiteboard, sodass die Einstellungen von den Lernenden selbstständig vorgenommen werden konnten. Während eine Person die Nähte schweißte, beobachteten die anderen den Schweißvorgang (Abbildung 3). Am Ende des Schweißprozesses erhielten die Lernenden über den Ergebnisbildschirm der E-Learning-Software Rückmeldung zur Qualität der Schweißnaht, zum Anstell- und Brennerwinkel, der Geschwindigkeit, dem Abstand zum Bauteil und der Geradheit. Ziel sollte es sein, mindestens 90 Punkte in der Anfängerstufe zu erreichen. Am Ende eines jeden Schweißvorganges wurde gemeinsam anhand des Ergebnisbildschirms reflektiert und überlegt, auf welche Aspekte bei dem nachfolgenden Schweißvorgang besonders geachtet werden sollte. Es zeigte sich, dass pro Person und pro Schweißnaht im Durchschnitt 3,5 Minuten benötigt wurden.

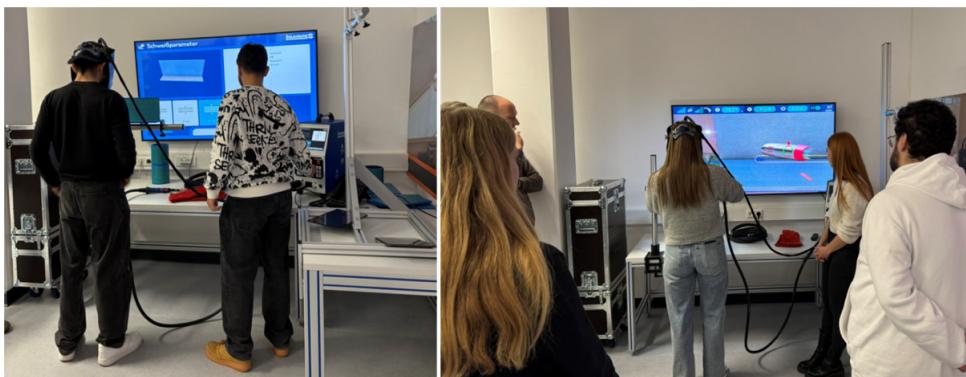


Abbildung 3: Auszubildende ziehen Schweißnaht in Horizontalposition (PB) bzw. beobachten

Im dritten Video erhielten die Teilnehmenden die Information, dass sie nun in der Metallbauabteilung des Unternehmens eingesetzt werden. Dort sollen sie auch gefährlichere Kopftüberschweißnähte anfertigen können und diese deshalb in einer sicheren Arbeitsumgebung erlernen. Sie sollen dazu drei Überkopfschweißnähte in der Horizontal-Überkopfposition (PD) mit identischen Einstellungen ziehen (Abbildung 4). So konnten die Auszubildenden die Herausforderungen des Überkopfschweißens, bspw. hinsichtlich Körperhaltung, praktisch kennenlernen.



Abbildung 4: Überkopfschweißen in Horizontal-Überkopfposition (PD)

Danach rotierten Gruppe 1 und Gruppe 2. Dann erfolgte im Plenum eine *Reflexion der praktischen Erprobung*. Es wurde reflektiert, was gut lief, wo Probleme aufgetreten sind und welche anfänglichen Vorstellungen sich bestätigt bzw. verändert haben. Auch sollte eruiert werden, welche Schwierigkeiten hinsichtlich der Technologie zu Beginn nicht gesehen wurden. Anschließend erfolgten das *Feedback* bzw. die *Evaluation*. Über einen

QR-Code konnten die Lernenden zu einer Online-Befragung mit 30 Fragen gelangen. In der Phase *Abschluss & Ausklang* wurde sich für die Teilnahme bedankt, und letzte Fragen wurden geklärt.

6 Ergebnisse

Es nahmen 13 Karosseriebauer des ersten Ausbildungsjahrs (3 weiblich; 10 männlich) an der fünfstündigen Erprobung mit dem AR-Schweißtrainer teil. Das Alter der Probanden lag zwischen 16 und 33 Jahren ($M = 19,9$ Jahre; $SD = 5,5$ Jahre). Sieben Probanden hatten einen Hauptschulabschluss (54%), zwei die Mittlere Reife (15%) und vier Personen Abitur bzw. Fachabitur (31%). Der TA-EG-Wert der Probanden lag insgesamt bei $M = 3,54$ ($SD = 1,15$). Hinsichtlich der Lernvoraussetzungen ergab sich, dass 39% der Auszubildenden bereits vor der Erprobung Erfahrungen mit AR gesammelt haben. Dahingegen haben 77% der Probanden noch nicht mit einem digitalen Kollaborationstool, ähnlich zu Mural oder Miro, gearbeitet. Weiterhin haben 23% der Auszubildenden vor der Erprobung noch keine Vorerfahrungen mit einem PC bzw. Laptop gesammelt, und eine Person hat vorher noch nie mit einem Tablet gearbeitet. Darüber hinaus haben 54% der Auszubildenden Vorerfahrungen mit einem Schweißgerät. Im praktischen Teil stellte sich heraus, dass zwei der Probanden bereits in ihrem Ausbildungsbetrieb an das MAG- und WIG-Schweißen herangeführt wurden.

Zur Überprüfung, dass nicht nur die Planung (Soll), sondern auch die Durchführung (Ist) des Qualifizierungskonzepts unter Einhaltung der pädagogischen und didaktischen Wertvorstellungen erfolgte (*gute* Qualifizierung), werden die Ergebnisse der AI-Merkmale, des Lernumgebungsbereichs *K-A-S-S-E-L* und des offenen Feedbacks hinzugezogen. Als Gesamtergebnis der AI-Merkmale ergibt sich der Boxplot in Abbildung 5 mit einem Durchschnittswert von 3,43 ($SD = 1,25$).

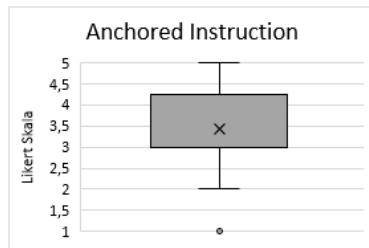


Abbildung 5: Boxplot Gesamtergebnis AI-Merkmale

Im Nachfolgenden werden insbesondere die Merkmale *Storytelling*, *Authentizität*, *Emotionen* und *Instruktion* thematisiert. Dabei zeigte sich hinsichtlich des *Storytellings* der Animationsvideos, dass sich die Lernenden mit einem Mittelwert von 2,92 ($SD = 1,38$) mit den Geschehnissen der Geschichte identifizieren konnten. Zudem hat der Einbezug in die Geschichte die Lernenden zum Tätigwerden motiviert ($M = 3,69$; $SD = 1,18$).

Das Merkmal *Authentizität* erreichte durchschnittlich 3,77 ($SD = 0,91$) und damit den höchsten Mittelwert der sieben Merkmale. Die in den Animationsvideos erzählte Geschichte wies für die Lernenden einen hohen Realitätsbezug auf ($M = 3,85; SD = 0,81$) und erschien nicht unglaublich ($M = 3,69; SD = 1,03$). Zu dem Merkmal *Emotionen* gaben die Lernenden mit einem Mittelwert von 3,46 ($SD = 1,05$) an, dass die Geschehnisse in den Videos deren Neugier geweckt haben, die Technologien auszuprobieren. Ebenfalls wurde mit durchschnittlich 3,00 ($SD = 1,35$) angegeben, dass sich in die emotionale Lage der Protagonisten Herrn Mayer und Frau Müller hineinversetzt werden konnte. Hinsichtlich des Merkmals *Instruktion* ergab sich, dass die Lernenden nicht mehr Handlungsanweisungen von der Lehrperson bevorzugt hätten ($M = 3,85; SD = 1,14$) sowie das eigenständige Erkunden der Technologien nicht zu kurz kam ($M = 3,31; SD = 1,32$).

Bezüglich des Lernumgebungsbereichs *K-A-S-S-E-L* ergab sich insgesamt der Durchschnittswert 3,76 ($SD = 1,21$) sowie die einzelnen Werte in Tabelle 4. Es zeigte sich, dass z. B. die Kennenlernrunde zu Beginn der Qualifizierungseinheit von den Teilnehmenden positiv wahrgenommen wurde. Denn durch das Berichten der Vorerfahrungen zu den Technologien haben sich die Teilnehmenden in das Geschehen einbezogen gefühlt ($M = 4,38; SD = 0,77$). Auch habe diese positiv zur Gruppenatmosphäre beigetragen ($M = 4,08; SD = 1,38$). Außerdem wurde der Anteil an Unterstützung als nicht zu gering empfunden ($M = 3,77; SD = 1,30$). Ebenfalls ergab sich mit einem Durchschnittswert von 4,00 ($SD = 1,16$), dass der Einsatz des digitalen Whiteboards als Ergebnissicherung als sinnvoll erachtet wurde. Weiterhin stimmten 46 % der Probanden „voll zu“, dass sie das erlangte Wissen und die Kompetenzen auf andere Situationen in der Praxis übertragen können ($M = 3,85; SD = 1,21$).

Tabelle 4: Ergebnisse des Lernumgebungsbereichs K-A-S-S-E-L

	K	A	S	S	E	L
Mittelwert	4,23	3,65	3,89	3,73	3,46	3,73
Standard-abweichung	1,11	1,26	1,21	1,22	1,21	1,15

Um zu überprüfen, ob eine *effektive* Qualifizierung vorliegt, erfolgte eine Auswertung der Selbstevaluation der Lernziele 1 bis 9 (Tabelle 5). Insgesamt wurde für die neun LZ ein durchschnittlicher Wert von 4,26 ($SD = 0,98$) erreicht. Den höchsten Mittelwert erreichte LZ 3 „Ich kann beschreiben, was Augmented Reality ist.“ mit 4,46 ($SD = 0,88$) (Tabelle 5). Zudem stimmten 62 % der Probanden dem LZ 7 „Ich kann eine Kopfübernaht mit mindestens 90 Punkten schweißen“ „voll zu“. Gleichwohl wurden im Assessment durchschnittlich nur 7 von 18 Punkten erreicht. Das beste Ergebnis, das erzielt werden konnte, sind 15 von 18 Punkten.

Tabelle 5: Selbstevaluation der Lernzielerreichung (LZ)

	LZ 1	LZ 2	LZ 3	LZ 4	LZ 5	LZ 6	LZ 7	LZ 8	LZ 9
Mittelwert	4,31	4,00	4,46	4,25	4,31	4,23	4,23	4,31	4,23
Standard-abweichung	1,18	1,00	0,88	0,85	0,85	0,85	1,09	1,01	1,24

Im offenen Feedback wurde von 46 % der Probanden genannt, dass ihnen besonders der AR-Schweißtrainer bzw. der praktische Teil gut gefallen hat. Weiterhin wurde hinsichtlich des digitalen Whiteboards aufgeführt, dass dessen Einbindung als kreativitätsfördernd wahrgenommen wurde und so eigene Ideen beigesteuert werden konnten. Ebenfalls wurde die Aufteilung in zwei Gruppen positiv angemerkt. Schließlich wurde geäußert, dass die Erwartungen an die Veranstaltung mit einem Mittelwert von 4,31 ($SD = 0,75$) als erfüllt betrachtet wurden sowie das Lernformat den Weiterbildungsbedarf und das Interesse in Sachen KI bzw. Digitalisierung entsprach ($M = 4,08$; $SD = 1,26$). Darüber hinaus stimmten 46 % der Probanden „voll zu“, dass die Inhalte anschaulich und verständlich vermittelt wurden ($M = 4,38$; $SD = 0,65$). Es wurde mit einem Mittelwert von 3,77 ($SD = 1,17$) angegeben, dass das Lernformat praxisnahe Ansatzpunkte für die Umsetzung in dem eigenen Unternehmen bietet.

7 Diskussion, Fazit und Ausblick

Im Nachfolgenden wird diskutiert, ob in Anbetracht der Ergebnisse die Frage beantwortet werden kann, ob das entwickelte Qualifizierungskonzept als *qualitätsvoll* zu betrachten ist (vgl. Berliner 2005).

Die durchschnittlichen Bewertungen erreichten für AI einen Wert von 3,43 ($SD = 1,25$) und für K-A-S-S-E-L 3,76 ($SD = 1,21$), sodass von einer *guten* Qualifizierung ausgegangen werden kann. Zudem wurden die Lernziele von den Probanden zusammenfassend mit einem Mittelwert von 4,26 ($SD = 0,98$) als erreicht eingestuft. Dementsprechend kann angenommen werden, dass nicht nur eine *gute*, sondern auch eine *effektive* Qualifizierung erfolgte. Allerdings konnten sich die Ergebnisse der Selbstevaluation in dem Assessment nicht hinreichend bestätigen lassen. Zukünftig sollen objektive Lernergebnisse anhand des Assessments und eine Bewertung der praktischen Ergebnisse stärkere Berücksichtigung finden.

Gleichwohl deuten die Ergebnisse darauf hin, dass das Ziel, die Probanden mit dem Konzept an neue Technologien heranzuführen und ihnen einen praxisorientierten, realitätsnahen sowie an deren Vorerfahrungen und Interessen ausgerichteten Zugang zu den Technologien zu ermöglichen, erreicht werden konnte. Denn 46 % der Probanden äußerten im offenen Feedback von sich aus, dass ihnen besonders der praktische Part bzw. das Schweißen gefallen hat.

Das Ziel besteht darin, das Qualifizierungskonzept im Sinne des DBR-Ansatzes weiter zu erproben, zu evaluieren und iterativ zu überarbeiten. In Bezug auf die Um-

setzung mit dem AR-Schweißtrainer ist eine Reduktion des Theorieanteils zugunsten einer verstärkten praktischen Erprobung des AR-Schweißtrainers vorgesehen, wobei insbesondere die Erprobung verschiedener Schweißverfahren ermöglicht werden soll. Darüber hinaus ist darauf zu achten, den theoretischen Teil in einfacher Sprache vorzutragen und am Ende ausreichend Zeit für die Reflexion der praktischen Erprobung einzuplanen. Die Unterlagen zur Qualifizierung sind zudem auf weitere Technologien des Digitallabors übertragbar. Der universale Einsatz des Qualifizierungskonzepts wird insbesondere durch das digitale kollaborative Whiteboard sowie das Online-Tool zur Erstellung der AI-Videos ermöglicht, da die Unterlagen flexibel an die Lernvoraussetzungen der Teilnehmenden angepasst werden können. So soll letztlich eine zielgerichtete Qualifizierung Beschäftigter aus KMU ermöglicht werden.

Literatur

- Berliner, D. C. (2005). The near impossibility of testing for teacher quality. *Journal of Teacher Education*, 56(3), 205–213.
- Bitkom. (2022). *Industrie 4.0 – so digital sind Deutschlands Fabriken*. Verfügbar unter: [\(Zugriff am 19.08.2025\).](https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-01/221125StudieIndustrie-40-1.pdf)
- Bloom, B. S. (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Beltz.
- Bosse, C. K., & Zink, K. J. (2019). *Arbeit 4.0 im Mittelstand. Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU*. Springer Gabler.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Bünning, F., Faustin, K. & Röhming, M. (2015). *Situiertes Lernen im Technikunterricht. Entwicklung von Lernumgebungen für einen innovativen Technikunterricht*. Mitteldeutscher Wissenschaftsverlag.
- Collins, A., Brown, J., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (S. 453–494). Lawrence Erlbaum Associates.
- CTGV. (1992). *The Jasper Series as an Example of Anchored Instruction: Theory, Program Description, and Assessment Data*. In *Educational Psychologist*, 27(3), 291–315.
- CTGV. (1997). *The Jasper project Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Jahn, D. (2014). Durch das praktische Gestalten von didaktischen Designs nützliche Erkenntnisse gewinnen: Eine Einführung in die Gestaltungsforschung. In *Wirtschaft und Erziehung*, 66(1), 3–15.
- Jahn, D., Tischer, M., Baldioli, C., & Gerbeschi, L. (2022). Erfahrenen Moderatorinnen über die Schulter schauen. Eine Studie in Progress zur Gestaltung authentischer Lehrvideos. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent & A. Eßer-Lüghausen (Hrsg.), *Hochschullehre erforschen: Innovative Impulse für das Scholarship of Teaching and Learning* (S. 387–407). Springer VS.

- Karrer-Gauß, K., Roesler, E., & Siebert, F. W. (2024). Neuauflage des TAEG Fragebogens. Technikaffinität valide und multidimensional mit einer Kurz- oder Langversion erfassen. *Z. Arb. Wiss.*, 78, 387–406.
- Klusmeyer, J. (2021). Entwicklung eines wirtschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsmodells auf Grundlage der Basisdimensionen lernförderlichen Unterrichts. In J. Klusmeyer & M. Söll (Hrsg.), *Unterrichtsplanung in der Wirtschaftsdidaktik* (S. 85–122). Springer VS, Edition Fachdidaktiken, 85–122.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1975). *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich* (2. Aufl.). Beltz.
- Landau, E. & Schmidt, L. (2024). Erprobung eines innovativen Unternehmensberatungskonzepts für neue Technologien am Beispiel von 3D-Scannern und -Druckern. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) *Arbeitswissenschaft in-the-loop. Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung: 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft* (S. 1–6).
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In *Unterrichtswissenschaft*, 33, 52–69.
- Scharnhorst, U. (2001). Anchored Instruction. Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften, 23(3), 471–492.
- Wuttke-Hilke, I., Wagner, D. N. & Widmayer, F. (2020). Anchored Instruction 2020 – von der Instruktion zur Konstruktion. In *die hochschullehre*, 6(1), 61–82

Förderhinweis: Das Projekt „Zukunftszentrum für menschzentrierte KI in der Produktionsarbeit (ZUKIPRO)“ wird im Rahmen des Programms „Zukunftszentren“ durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales und die Europäische Union über den Europäischen Sozialfonds Plus (ESF Plus) gefördert.

Anforderungen an KI-Projektmanager im produzierenden Gewerbe – erfahrungsbasierte Fallbeispiele aus dem Projekt WIRKsam

EVA HANAU

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag untersucht anhand einer qualitativen Fallstudie die Anforderungen an betriebliche Projektverantwortliche bei der Entwicklung und Implementierung von KI-Assistenzsystemen im produzierenden Gewerbe. Basierend auf 18 leitfadengestützten Experteninterviews mit Beteiligten in sechs betrieblichen Teilprojekten des BMBF-geförderten Verbundprojekts WIRKsam werden zentrale Herausforderungen in der Konzeptions- und Umsetzungsphase analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die wesentlichen Anforderungen insbesondere für Projektverantwortliche in den Unternehmen weniger in der KI-Entwicklung selbst liegen, sondern in der Schaffung der technischen und sozialen Rahmenbedingungen für betriebliche KI-Anwendungen. Neben umfangreichen Kommunikations-, Moderations- und Projektmanagementkompetenzen erscheinen systemische Analysefähigkeiten sowie ein Grundverständnis über arbeitsorganisatorische Aspekte der Technologiegestaltung als entscheidend. Der Beitrag liefert damit praxisnahe Erkenntnisse zu Kompetenz- und Unterstützungsbedarfen für die humanzentrierte Gestaltung von KI-Technologien in Unternehmen.

Abstract

This article uses a qualitative case study to analyse the demands made on project managers in companies when developing and implementing AI assistance systems in the manufacturing industry. Based on 18 guideline-based expert interviews with participants in six company projects of the BMBF-funded project WIRKsam, key challenges in the concept and implementation phase are analysed. The results show that the main challenges, particularly for those managing AI projects in companies, lie less in AI development itself than in creating the technical and social framework conditions for operational AI applications. In addition to extensive communication, moderation and project management skills, systemic analysis skills and a basic understanding of work design aspects for technology design appear to be crucial. The article thus provides practical insights into the skills and support required for the human-centred design of AI technologies in companies.

Schlagwörter: Künstliche Intelligenz, Arbeitsgestaltung, Kompetenzen, Fallstudie

1 Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung, Vernetzung und Nutzung intelligenter Systeme verändert die Arbeitswelt grundlegend. In der gesellschaftspolitischen und wissenschaftlichen Debatte wird dabei immer wieder die normative Forderung bzw. das „Technologieversprechen“ (Hirsch-Kreinsen, 2023) formuliert, dass der Mensch im Zentrum dieser Transformation stehen müsse. Doch wie kann eine humanzentrierte Gestaltung technologischer Innovationen in der Praxis gelingen? Betriebliche Akteure, die über die Einführung und Integration neuer Technologien in betriebliche Prozesse entscheiden und entsprechende Projekte verantworten, können hier eine Schlüsselrolle spielen. Eine Fallstudie, die im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojekts Kompetenzzentrum WIRksam durchgeführt wurde, geht deshalb der Frage nach, welche spezifischen Anforderungen und Herausforderungen sich für betriebliche Akteure ergeben, die auf operativer Ebene für die Konzeption und die Umsetzung von KI-Systemen in betriebliche Prozesse verantwortlich sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die konkreten Anforderungen an betriebliche Projektverantwortliche weit über technische Kompetenzbedarfe hinausgehen. Dabei erscheinen in der Rolle als „kritisch mitdenkende“ Ideengeber, Bindeglied und Gestalter eines KI-freundlichen Umfelds im Betrieb vor allem systemische Analysefähigkeiten, umfangreiche Kommunikations-, Moderations- und Projektmanagementkompetenzen sowie ein Grundverständnis über arbeitsorganisatorische Aspekte der Technologiegestaltung entscheidend. Der vorliegende Beitrag leistet einen qualitativ-empirischen Beitrag zur Diskussion um die humanzentrierte Gestaltung von KI-Technologien und liefert praxisnahe Hinweise auf Kompetenz- und Unterstützungsbedarfe, um Unternehmen bei der Realisierung einer humanzentrierten Nutzung neuer Technologien wie KI zu unterstützen.

2 Das Projekt WIRksam: Zielsetzung und Aktivitäten

Das BMBF-geförderte *Kompetenzzentrum WIRksam* erforscht im Zeitraum von 2021 bis 2026 in einem interdisziplinären Verbund aus zwölf Teilprojekten, wie KI-gestützte Assistenzsysteme in Unternehmen der Textil- und Metallindustrie im Rheinischen Revier Beschäftigte in ihren Tätigkeiten unterstützen können. Ziel der im Projekt entwickelten KI-Anwendungen ist es, menschliche Arbeitsprozesse aufgabenangemessen und lernförderlich zu unterstützen, ohne sie zu ersetzen. Dies kann durch ein angemessenes Maß an Komplexität und Variabilität sowie die Möglichkeit zur selbstständigen inhaltlichen und zeitlichen Ausgestaltung von Arbeitstätigkeiten sichergestellt werden, deren Bedeutung für den gesamten betrieblichen Prozess Beschäftigte verstehen und zu denen sie Feedback erhalten (Bigalk, 2006, S. 38–51). Die besondere Herausforderung bei der Entwicklung lernförderlicher KI-Assistenzsysteme besteht somit darin, dass *nicht* die (Teil-)Automatisierung menschlicher Tätigkeiten bzw. Arbeitsplätze Zielsetzung ist, sondern die Erleichterung von Tätigkeiten, welche durch den Einsatz von KI-Anwendungen zugleich Lernprozesse ermöglichen.

Innerhalb des Projekts lassen sich die betrieblichen Anwendungsfälle in drei zentrale Schwerpunkte unterteilen (Jeske et al., 2023, S. 8–9):

- *Wissen sichern und transferieren:* Wie kann Erfahrungswissen und als „Bauchgefühl“ bezeichnetes implizites Wissen von Beschäftigten erfasst und mittels eines KI-Assistenzsystems neuen Beschäftigten vermittelt werden?
- *Prozesse planen und flexibilisieren:* Wie können KI-Systeme Planungs- und Produktionsprozesse flexibilisieren, um Veränderungen in den Rahmenbedingungen zu erleichtern?
- *Qualität sichern und steigern:* Wie könnten KI-Assistenzsysteme Beschäftigte bei der Qualitätskontrolle bzw. -sicherung entlasten und unterstützen?

Weiterhin wird über den Projektverlauf erforscht, welche Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe sich aus der Entwicklung und Einführung von KI-Assistenzsystemen und damit verbundenen Maßnahmen der Arbeitsgestaltung für Beschäftigte ergeben. Die nachfolgend dargestellte Fallstudie bildet das erste empirische Element zur systematischen Untersuchung der Anforderungen an betriebliche Akteure.

3 Anforderungen an Betriebe bei der Entwicklung von KI-Anwendungen zur Arbeitsgestaltung

3.1 Untersuchungsgegenstand/-design und Umsetzung

Ziel ist es, Anforderungen an betriebliche Projektbeteiligte zu analysieren, die in Zusammenarbeit mit externen Partnern die Konzeption und Entwicklung maßgeschneideter KI-Assistenzsysteme mitverantworten. Die Fallstudie folgt einem qualitativen Forschungsansatz, um differenzierte Perspektiven der beteiligten Akteure zu erfassen und praxisnahe Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu wurden mit den Beteiligten aus insgesamt sechs betrieblichen Teilprojekten leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt, um den bisherigen Planungs- und Umsetzungsprozess von KI-Anwendungen zu reflektieren.

Die untersuchungsleitenden Fragestellungen lauten:

- Welche Anforderungen ergeben sich für betriebliche Verantwortliche bei der Konzeption und Entwicklung lernförderlicher KI-Assistenzsysteme? Wo liegen besondere Herausforderungen?
- Welches (Problem-)Verständnis haben die für das KI-Projekt Verantwortlichen bezüglich Chancen und Risiken von KI für den Betrieb und die menschliche (Fach-)Arbeit in ihrem spezifischen Anwendungsfall?
- Welche Rückschlüsse lassen sich hinsichtlich der (Kompetenz-)Anforderungen an KI-Projektmanager in Unternehmen ziehen?

Um ein möglichst differenziertes Bild der Anforderungen zu erhalten, wurden drei unterschiedliche Gruppen in der folgenden Reihenfolge befragt, um die Zielsetzung

und bisherigen Aktivitäten im Teilprojekt, die eigenen Aufgaben sowie bislang aufgetretene Herausforderungen und den Umgang damit zu reflektieren:

- Wissenschaftliche Koordinatoren der betrieblichen Teilprojekte
- Betriebliche Projektverantwortliche auf operativer Ebene
- IT-Experten bzw. KI-Entwickler

Die betrieblichen Projektverantwortlichen waren zum Zeitpunkt der Interviews seit 2,5 Jahren mit der KI-Entwicklung befasst. Sie sind in der Produktentwicklung, im technischen Projektmanagement, im Qualitätsmanagement, in der Forschung und Entwicklung ($n = 2$) oder in der Geschäftsführung tätig. Sie verfügen über eine handwerklich-technische Ausbildung ($n = 1$) oder ingenieurwissenschaftliche ($n = 3$), informationstechnische ($n = 1$) sowie betriebswirtschaftliche ($n = 1$) akademische Qualifikation mit einer Berufserfahrung von drei bis dreißig Jahren (Median: 16 Jahre).

Von Anfang Juli bis Mitte August 2024 wurden insgesamt 18 Interviews geführt, davon 17 per Videotelefonie (Microsoft Teams) und ein Interview in Präsenz. Die Interviews folgten einem halbstrukturierten Leitfaden, der sich an den forschungsleitenden Fragen orientierte. Nach einer kurzen Vorstellung der Interviewerin sowie Informationen zur Zielsetzung und zum Ablauf des Interviews wurden die Teilnehmenden zunächst um eine kurze Vorstellung ihrer Person, Qualifikation, Berufserfahrung, Position und Aufgaben innerhalb ihrer Organisation bzw. im Betrieb gebeten. Anschließend beschrieben sie den im Rahmen des Projektes bearbeiteten Anwendungsfall, die Gründe für dessen Auswahl sowie die Zielsetzung des jeweiligen KI-Assistenzsystems und die bis dato stattgefundenen Projektaktivitäten. Als Orientierungs- und Erinnerungshilfe wurden bereits im Vorfeld mittels einer Dokumentenanalyse die bisherigen Projektaktivitäten ermittelt und per Gantt-Diagramm in ihrer zeitlichen Abfolge gegliedert während der Interviews dargestellt. Im Rahmen der Betrachtung wurden die Teilnehmenden gebeten, ihre spezifischen Aufgaben innerhalb der einzelnen Aktivitäten und ihre Rolle im Projekt insgesamt zu beschreiben. Daran anschließend wurde erfragt, ob und welche Herausforderungen im Verlauf der jeweiligen Aktivitäten für die Interviewten persönlich aufraten und wie sie damit umgingen. Im Zuge dieser Reflexion wurden durch die Interviewerin gezielt Nachfragen zu etwaigen Herausforderungen in spezifischen Bereichen gestellt, beispielsweise hinsichtlich der technischen Umsetzung, IT/Daten, in der arbeitswissenschaftlichen Analyse bzw. Arbeitssystemgestaltung sowie entlang des Konzeptions- und Entwicklungsprozesses (inhaltliches und technisches Verständnis, Planung, Umsetzung, Kommunikation oder Projektmanagement). Auch erschwerende Rahmenbedingungen wurden thematisiert. Diese differenzierte Betrachtung sollte vermeiden, dass sich die Interviewten einseitig, beispielsweise auf technische oder datenbezogene Herausforderungen, fokussierten. Zum Abschluss wurden die Befragten nach möglichen Erfahrungen und „Lessons Learned“ gefragt, welche sie für künftige Projekte mit vergleichbarer Zielsetzung berücksichtigen oder ggf. anders gestalten würden. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug 60 Minuten. Die Interviews wurden audiovisuell aufgezeichnet und mit der KI-gestützten Open-Source-Software *noScribe* wortwörtlich transkribiert. Alle automatisch erstellten Tran-

skripte wurden anschließend manuell überprüft und Fehler in der automatisierten Transkription korrigiert.

Die Auswertung erfolgte in der Open-Source-Software *QualCoder* und folgte den methodischen Vorgaben der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Dabei wurde ein deduktiv-induktiver Ansatz für die Ermittlung von Kategorien verwendet: Ausgehend von den forschungsleitenden Fragen und auf Basis von fünf Interviews wurden zehn thematische Hauptkategorien gebildet. Anschließend wurden alle Interviews entlang dieser Kategorien kodiert. Im nächsten Schritt erfolgte eine erneute Analyse zur Identifikation von Subkategorien.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Profil und Rolle betrieblicher Projektverantwortlicher

Als Projektverantwortliche übernehmen sie eine zentrale Rolle in der Koordination zwischen betriebsinternen und -externen Projektbeteiligten und wirken aktiv an Entwicklungsaktivitäten mit. Sie tragen Verantwortung für den „Aufbau eines KI-freundlichen Umfelds“ [U2] innerhalb des Unternehmens, was sowohl technische als auch soziale Aspekte umfasst. In ihrer Rolle bezeichnen sie sich als „Bindeglied zwischen Unternehmen und Projektpartnern“ [U1], als „Vermittler“ [U5] oder auch „Ping-Pong-Ball“ [U3] in der Kommunikation zwischen verschiedenen Beteiligten. Gleichzeitig wirken sie aktiv an Entwicklungsaktivitäten mit, sorgen für den „Transfer des Unternehmens-Wordings [...] zu den externen Kollegen“ [U2], „schaukeln Daten hin und her“ [U5] oder agieren als „Ideegeber“ [U4, U6].

Nicht zuletzt tragen betriebliche Projektverantwortliche qua ihrer Rolle die Verantwortung für das KI-Projekt. Dies bedeutet einerseits, dass von ihnen konkrete Ergebnisse, beispielsweise seitens der Geschäftsleitung, erwartet werden. Andererseits verstehen sie sich als Vertreter der Interessen des Betriebes und treten im Bedarfsfall als „moderierende Instanz“ auf.

[U6]: „Meine Rolle ist ganz schlicht, [...] die Umsetzung zu begleiten, die Fragestellung im Zweifel auch zu aktualisieren. So sehe ich meine Position zu sagen, okay, das können wir vielleicht so oder so machen. Also aus der praktischen Arbeitssicht zu sagen, das macht Sinn oder das macht keinen Sinn.“

Herausforderungen über den gesamten Projektverlauf ergeben sich für betriebliche Ansprechpartner durch den mit ihrer Rolle verbundenen, umfangreichen Koordinations- und Kommunikationsaufwand. Dies erfordert ein hohes Maß an kommunikativer Kompetenz, da es zwischen unterschiedlichen Interessen zu vermitteln und verschiedene „sprachliche Kulturen“ zu berücksichtigen gilt. Dabei ist es einerseits wichtig, komplexe technische Informationen für die jeweiligen Adressaten verständlich zu vermitteln und andererseits Aufklärungsarbeit zu leisten.

[U3]: „[...] ich sage mal, das Konzept, was man machen möchte, oder wozu soll die KI eingesetzt werden, was ist das für eine Methode? [...] Das war nicht das Problem. Also zumindest für mich persönlich nicht. Das wiederum den anderen zu erklären, das kam halt wirklich

immer darauf an. Also [Abteilung im Betrieb], der habe ich das in drei Sätzen erklärt [...]. Bei den Mitarbeitern in der Produktion war es am Anfang etwas schwieriger, aber mittlerweile ist das deutlich besser geworden. Dadurch, dass ich sie aber auch nicht mit irgendwelchen Einzelheiten quäle, wie das System funktioniert.“

[U2]: „[...] du musst ja gucken, dass du die Kollegen auch dazu bringst, dass die das machen wollen. Ich hätte ja jetzt sagen können, ich komme mit [den externen Projektpartnern], let's go. Das hätte aber nicht funktioniert. Das heißt also [...] konkret Arbeitsergebnisse, die wir schon erreicht haben, sowohl Ziele aufarbeiten, sodass jemand auf dem Shopfloor das verstehen kann, zu zeigen, was ist die Vision, wo wollen wir hin? Gleichzeitig schon mal den Backup von deren Vorgesetzten [...]. einholen, dass die sehen, naja, da kommt jetzt nicht der [...] und zeigt mir das einfach, sondern ich habe im Prinzip eine Storyline [...].“

Von manchen betrieblichen Projektverantwortlichen werden Anforderungen, die sich von den bisherigen persönlichen Erfahrungen der betrieblichen Alltagspraxis unterscheiden, als herausfordernd erlebt.

[U1]: „Ja, die Projektarbeit an sich [...] ist gewöhnungsbedürftig für jemanden, [...] also wir sind (...) teilweise dauern Dinge länger oder sind etwas zäher als im operativen Geschäft. Und da muss man sich dran gewöhnen. Man muss halt auch viel mehr abstimmen und manchmal ist es auch ein bisschen, also fordert ein bisschen Geduld.“

[U5]: „Also bei dem [partizipativ gestalteten] Workshop [...], wir haben uns nett unterhalten, jeder hat ein bisschen was gesagt und das war's. Das hat für mich, das ist schwierig. Da sitzen dann auch Leute, die kosten richtig viel Geld. Und die können natürlich, wenn sie denen Zeit geben und so, dann erzählen die den ganzen Tag. Aber wozu? Was ist das Ergebnis? Was ist daraus geworden?“

Im Folgenden werden spezifische Anforderungen an betriebliche Projektverantwortliche in verschiedenen Arbeitsphasen des Projekts dargestellt und spezifische Herausforderungen beleuchtet.

3.2.2 Anforderungen in der Konzeptions- und Planungsphase

Neben technischem Wissen und dem Verständnis zur Bedeutung von Daten erfordert die Konzeption neuer KI-Anwendungen ein tiefes Verständnis der Arbeitsprozesse und des angestrebten Zielzustands. In den betrachteten Projekten wurden die Einsatzbereiche für ein KI-Assistenzsystem oft bereits im Vorfeld durch die Unternehmen mit Blick auf betriebswirtschaftliche und arbeitsgestalterische Nutzenpotenziale identifiziert. Dagegen hatten betriebliche Projektverantwortliche keine Erfahrungen mit partizipativen Methoden, um Beschäftigte an der Neugestaltung des durch KI-Anwendungen veränderten Arbeitssystems zu beteiligen. Hier übernahmen arbeitswissenschaftliche Projektpartner die methodische und inhaltliche Gestaltung partizipativer Aktivitäten. Herausforderungen in der Konzeptions- und Planungsphase ergaben sich im Zusammenhang mit den folgenden Anforderungen:

Verständnis über die erforderliche Datenqualität und -menge

In vier von sechs Fällen konnten Betriebe nicht hinreichend selbst beurteilen, ob für den als KI-Anwendungsfall in Frage stehenden Prozess ausreichend Daten in angemessener Qualität und die notwendigen technischen Komponenten zur Datenerfassung und -übertragung (sog. Schnittstellen) vorliegen. In drei von sechs Teilprojekten stellte sich erst in Zusammenarbeit mit den technischen Entwicklern heraus, dass die Menge und Qualität existierender Daten unzureichend für die Entwicklung einer KI-Anwendung waren. In einem Fall verzögerte sich der Zugriff auf vorhandene Daten erheblich, da externe Dienstleister nachträglich Schnittstellen implementieren mussten (siehe auch Abschnitt 3.2.3).

Abwägung zwischen Kosten, Nutzen und Notwendigkeit zusätzlicher Investitionen

Die Implementierung neuer Technologien bringt oft erhebliche Kosten mit sich. In drei Teilprojekten, wo „nachholende Investitionen“ in die IT-Infrastruktur erforderlich wurden (siehe Abschnitt 3.2.3), fehlte den Unternehmensverantwortlichen das Wissen, um technische Anforderungen präzise zu spezifizieren oder die Qualität von Angeboten zu beurteilen. Die für die technische Umsetzung verantwortlichen Projektpartner unterstützten deshalb bei der Bedarfsanalyse und Beauftragung externer Dienstleister. Für die Verantwortlichen war es zudem herausfordernd, die mit einem KI-Projekt verbundenen Kosten gegen den (noch) unklaren Nutzen neuer Technologien und existierende Budgetbeschränkungen abzuwegen und Investitionsentscheidungen zu treffen.

Analyse und Modellierung von Geschäftsprozessen

Für die Gestaltung wirksamer KI-Assistenzsysteme ist eine detaillierte Analyse der relevanten Arbeitsprozesse erforderlich. In mehreren Projekten existierten entweder keine (aktuellen) Prozessdokumentationen oder diese entsprachen nicht der gelebten Praxis. Die betriebliche Analyse und Dokumentation der im Fokus stehenden Prozesse erforderte deshalb einen intensiven Austausch mit betrieblichen Domänenexperten, von dessen Komplexität Letztere in mindestens drei von sechs Teilprojekten überrascht wurden.

[U4]: „Es fällt halt auch immer mehr auf, ich weiß nicht, nennt man es betriebsblind, aber das sind ja so ein paar Sachen, die ich als selbstverständlich ansehe, [die] sind für die anderen nicht selbstverständlich. Und dann muss man wirklich jeden einzelnen Schritt logisch gehen und nicht alles, also nicht die selbstverständlichen Dinge zu vergessen.“

Angemessene Balance zwischen Partizipation und Zielorientierung

Eine frühzeitige Beteiligung betrieblicher Stakeholder in den Konzeptions- und Veränderungsprozess gilt als essenziell, um Widerstände zu überwinden und Akzeptanz und Nutzen der neuen Technologien zu fördern. In fünf von sechs Teilprojekten wird auch deutlich, dass Partizipation kein „Selbstläufer“ ist. Vielmehr müssen Stakeholder gezielt angesprochen und über den Sinn und Zweck partizipativer Formate informiert werden, um breite Akzeptanz sicherzustellen:

[U2]: Als wir mit diesem MTO-Workshop angefangen haben [...] da ist hier so eine ganze Horde eingefallen und da hat der Betriebsrat gesagt, Moment, so aber nicht. War aber in dem Sinne auch wieder total unkompliziert, indem wir [...] gesagt haben, naja, komm, dann schnappen wir uns die mal und holen die direkt mit ab. [...] die erste Reaktion auf dieses Thema KI war so das Klassische wie bei den Werkern auch: Der Computer nimmt mir meinen Job weg. Das haben wir aber relativ gut geschafft. Ich habe denen mal gezeigt, was wir genau vorhaben, habe den aktuellen Projektstand aufgearbeitet und mit denen besprochen [...].“

In drei Interviews berichten die betrieblichen Projektverantwortlichen, dass sich die beteiligten Mitarbeitenden durch partizipative Formate überfordert fühlten. Somit können auch gut gemeinte Beteiligungsangebote ungewollt zu Überforderung führen.

[U1]: „Die Werker an der Maschine waren teilweise damit überfordert, also bei den Workshops [...] war zu viel Input für die, was die gar nicht betrifft oder wo die nicht direkt mit in Berührung kommen. Da sind viele Themen angesprochen worden, die die eher verwirrt haben und gar nicht dieses Thema KI betroffen haben [...].“

[U5]: „Die [Mitarbeitenden] haben daran teilgenommen und haben gesagt, was machst du?“ [lacht] Interviewerin: „Okay, also tatsächlich an Sie zurückgespiegelt, wir haben es nicht verstanden?“ [U5]: „Nicht so richtig. Wenn wir eine Besprechung machen, dann geht es um irgendwas. Da muss ein Ziel, wohin, was ist passiert? Und das ist bei allen Besprechungen so.“

3.2.3 Anforderungen in der Umsetzungsphase

Betriebliche Projektverantwortliche arbeiten in der Umsetzung eng mit verschiedenen Abteilungen zusammen, um sicherzustellen, dass die technischen Anforderungen für eine KI-Anwendung erfüllt werden. Neben dem notwendigen technischen Verständnis gilt es, neue Technologien im Einklang mit betrieblichen Standards und Vorschriften zu integrieren, um Störungen und Sicherheitsrisiken zu vermeiden. Wesentliche Herausforderungen bei der Integration neuer Technologien ergaben sich in den folgenden Bereichen:

Technische Implementierung und Datenintegration

In drei von sechs Projekten führten fehlende Datenschnittstellen und die Anbindung älterer Maschinen an entsprechende IT-Module zu beträchtlichen Verzögerungen. Zur Lösung mussten externe Dienstleister (Maschinenhersteller, IT-Dienstleister) beauftragt werden, was längere Wartezeiten verursachte. Auch die Beschaffung notwendiger IT-Ausrüstung (z. B. Server) nahm aufgrund externer Marktverhältnisse mehr Zeit in Anspruch. Für den Erfolg von KI-Anwendungen ist es zudem entscheidend, dass Daten aus verschiedenen Quellen miteinander verknüpft werden können, damit Algorithmen Muster und Zusammenhänge erkennen können. Die dafür notwendige Integration von Daten aus verschiedenen Quellen bzw. IT-Systemen in ein einheitliches System (sog. Single Source of Truth) führte in vier von sechs Projekten zu Problemen und Verzögerungen.

Gewährleistung des betrieblichen Datenschutzes und -sicherheit

In drei Projekten erschwerte die Kommunikation und Zusammenarbeit mit der IT-Abteilung die Umsetzung, da detailliertere Informationen zum Datenschutz und zur Datensicherheit benötigt wurden. In zwei Fällen wurde berichtet, dass Absprachen dazu mit der IT nicht rechtzeitig erfolgten bzw. Informationen nicht im erforderlichen Detail bereitgestellt wurden. In zwei Fällen wurde den Verantwortlichen erst im Projektverlauf klar, dass betriebliche Daten außerhalb des Betriebs verarbeitet werden sollen, was zu internem Diskussionsbedarf führte. Direkte Kommunikationswege, etwa persönliche Gesprächstermine mit der IT-Abteilung und insbesondere der Geschäftsleitung, erwiesen sich als hilfreich, um offene Fragen und Missverständnisse zu klären.

[U5]: „Das ist sicherlich keine Weltraumtechnik, was wir da machen, aber es hat auch nicht jeder und das soll so bleiben. Und deswegen tun wir uns da schwer mit [...]. Also die Entscheidung, da wurde drum gerungen und nachdem das passiert war, ist nun klar, dass wir gewisse Daten eben abgeben müssen und von da an war es auch kein Problem. Das entscheidet dann auch die IT nicht, ob die das dürfen [sondern die Unternehmensleitung].“

Umgang mit Mehrbelastungen für Beschäftigte

In vier von sechs Projekten führte die Einführung von KI-Anwendungen bereits in der Entwicklungsphase zu zusätzlichen Arbeitsbelastungen für Beschäftigte. Insbesondere in der Datenerfassung fielen neue, zusätzliche Arbeitsschritte an. Auch wenn langfristig eine Entlastung durch KI-Anwendungen erwartet wird, kann der anfängliche Mehraufwand zu Frustration führen, wenn der direkte Nutzen für die eigene Tätigkeit (noch) nicht ersichtlich ist. Betriebliche Verantwortliche müssen gegenüber Mitarbeitenden den „richtigen Ton“ finden, um Widerstände gegenüber Prozessveränderungen abzubauen, welche in der Anfangsphase womöglich noch nicht einwandfrei funktionieren.

[U1]: " Also für die Kollegen [...] ist es erst mal [...] ein zusätzlicher Arbeitsschritt und auch Aufwand [...]. Wenn dann so Sachen auftreten, wie ich [führe den zusätzlichen Arbeitsschritt aus] [...] und das dauert und hält die auf. Dann ist das natürlich erstmal Mist. Funktioniert nicht, ist der erste Punkt. Dann wird es vielleicht auch nicht mehr mit der Genauigkeit gemacht, wie es gemacht werden müsste. Dann bekommt man nur Beschwerden. [...] Interviewerin: „Okay. Und wie gehen Sie damit um, bislang?“

[U1]: Ich sag mal so, ich bin ja jetzt nicht der Typ, der dann ausrastet oder sich da mit denen streitet. Ich erklär denen das. Ich poche meistens darauf, wir müssen ein bisschen Geduld haben. Wir sind ja selber noch neu darin und versuchen ja gerade selber, das in einem vernünftigen Umfang umzusetzen.“

Realisierung des Nutzenpotenzials von KI-Technologien

Für die weitere Umsetzung wird von den Verantwortlichen in drei von sechs betrieblichen KI-Projekten die Realisierung des Nutzenpotenzials von KI-Technologien als potenzielle Herausforderung gesehen. Dafür gilt es, neue Technologien in Geschäftsprozesse so zu integrieren, dass diese mit geltenden internen oder externen Prozessstandards im Einklang stehen und im Störfall nicht zu einem Risiko für die Prozessstabilität oder die Erfüllung von Produktionsverträgen werden.

[U5]: „Die Maschine ist eingestellt und die muss so laufen, weil wir sie nicht verändern können, es sei denn, wir müssen unseren ganzen Prozess, die Dokumentation, Validierung usw. verändern. Das macht keiner.“

[U2]: „Da müssen wir auch noch überlegen, wie wir da irgendwelche Backdoors einbauen, dass wir dieses Ding auch notfalls abkoppeln können und sagen können, wir produzieren jetzt [...] Denn wir haben da Abrufkontrakte. Das heißt, da interessiert keinen, ob wir da jetzt mit KI forschen oder ob wir den Prozess besser machen wollen, wenn die ihre Menge abrufen wollen, dann muss die hier stehen.“

Mit zunehmendem Verständnis, wie voraussetzungsvoll die Generierung hochwertiger Daten und die Gestaltung der dafür erforderlichen IT-Infrastruktur ist, stellen einzelne betriebliche Verantwortliche vorsichtig infrage, ob tatsächlich ein lernförderlicher Nutzeneffekt für den betreffenden Arbeitsprozess erzielt werden kann. In etlichen Fällen wurde den betrieblichen Verantwortlichen und den beteiligten Projektpartnern die Komplexität der im Fokus stehenden Arbeitstätigkeiten erst durch die intensive Auseinandersetzung im Projektverlauf deutlich.

[U6]: „Ich glaube, diese Fragestellung haben alle Beteiligten am Anfang in ihrer Komplexität total unterschätzt [...]. Ich hab gedacht, das Ganze ist vom Verständnis her viel einfacher. Ja, dass es nicht so kompliziert wird. Aber wie gesagt, die Erkenntnis, dass es komplex ist, die ist halt gewachsen und damit ist auch die Wertschätzung [für die eigene Arbeitstätigkeit] gewachsen [lacht].“

4 Schlussbetrachtung: Herausforderungen und Perspektiven für eine humanzentrierte Technologiegestaltung in der betrieblichen Praxis

Die Ergebnisse der Fallstudie im Projektverbund Kompetenzzentrum WIRksam verdeutlichen die Komplexität in der Gestaltung und Umsetzung von KI-Anwendungen für Unternehmen. Die wesentliche Herausforderung für Unternehmen liegt dabei nicht in der KI-Entwicklung selbst, sondern in der Schaffung der erforderlichen technischen und sozialen Rahmenbedingungen. Strukturelle Voraussetzungen, insbesondere eine funktionierende IT-Infrastruktur und eine hochwertige Datengrundlage, müssen geschaffen werden, bevor KI-Projekte erfolgversprechend umgesetzt werden können. Die Einbindung relevanter Stakeholder ist frühzeitig und methodisch geplant umzusetzen, um die Bereitschaft für Partizipationsprozesse sicherzustellen und langfristig Widerstände zu minimieren.

Die illustrierten Erfahrungen zeigen, dass ein Großteil der Herausforderungen in der technischen Umsetzung auftritt, deren Bewältigung in der Regel zeitintensiv ist, zugleich aber auch näher am persönlichen Kompetenzprofil der betrieblichen Verantwortlichen liegt. In der Konsequenz fehlt es oft an Zeitressourcen, oft auch an Bereitschaft, um sich vertieft mit arbeitsgestalterischen und strategischen Fragestellungen bzgl. des KI-Einsatzes im Betrieb auseinanderzusetzen. Für Beschäftigte, die an der

Konzeption und Entwicklung von KI-Anwendungen beteiligt werden, welche sie künftig in ihren Tätigkeiten unterstützen sollen, zeigt sich, dass sich die Qualität der Partizipationserfahrung maßgeblich auf die Akzeptanz und damit auch den Erfolg des Vorhabens auswirkt. Einzelne Erfahrungsberichte, etwa zu den Reaktionen von Produktionsmitarbeitern auf zusätzliche Aufgaben „im Dienste“ der angestrebten KI-Anwendung, verdeutlichen, dass die eigentlichen „Begünstigten“ technologischer Innovationen zunächst Beteiligte eines Experimentes sind, dessen Erfolg keineswegs vorbestimmt ist. Die Ergebnisse unterstreichen, dass die Einführung von KI-Systemen in Zusammenarbeit mit externen Partnern durch Betriebe – idealerweise in Kooperation der Sozialpartner – kritisch-konstruktiv begleitet werden sollte. Die betriebliche Innenperspektive ist entscheidend, um die Realisierbarkeit soziotechnischer Visionen und damit verbundene Risiken für den Betrieb als Gesamtorganisation zu beurteilen.

Die Anforderungen an betriebliche Projektverantwortliche gehen damit weit über technische Kompetenzen hinaus. Während vertiefte IT- und datenbezogene Fachkompetenzen für die Entwicklung und Umsetzung konkreter KI-Anwendungen nach Einschätzung der meisten Projektverantwortlichen auch zukünftig durch externe Partner oder Dienstleister bereitgestellt werden müssen, erscheinen für die Rolle als „kritisch mithdenkende“ Ideengeber, Bindeglied und Gestalter eines KI-freundlichen Umfelds im Betrieb vor allem folgende Kompetenzen von Bedeutung:

- Die Fähigkeit zur multiperspektivischen Analyse der Einsatzmöglichkeiten von KI-Technologien im betrieblichen Kontext, welche die Beurteilung der Machbarkeit, Potenziale, Grenzen und Risiken einschließt. Dabei gilt es, sowohl soziale als auch strukturelle Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.
- Umfangreiche Fähigkeiten in der Kommunikation, Moderation und im Projektmanagement zur Steuerung interdisziplinärer Teams und Projekte.
- Ein grundlegendes Verständnis für arbeitsgestalterische Aspekte der Technologienutzung.

Für die erfolgreiche Umsetzung eines KI-Projekts erscheint es in einem ersten Schritt förderlich, wenn anstatt einzelner Projektverantwortlicher ein kleines Kernteam als betriebsinterne Schnittstelle agiert. Dies erhöht die Kapazitäten, kontinuierlich und strukturiert den Projektfortschritt zu steuern. Langfristig wird es für Betriebe mit einem strategischen Interesse am betrieblichen Einsatz von KI entscheidend sein, ein systematisches Kompetenzmanagement zu etablieren, das über technische Schulungen hinausgeht und auch arbeitsorganisatorische, rechtliche und strategische Aspekte des KI-Einsatzes abdeckt.

Auch für Beschäftigte ergeben sich erhöhte Anforderungen an haltungsbezogene Kompetenzen, wie die Bereitschaft zur aktiven Teilnahme an partizipativ ausgerichteten Projekten sowie Lern- und Anpassungsbereitschaft im Zuge von Veränderungen in betrieblichen Abläufen. Als Expertinnen und Experten ihres Arbeitsbereichs benötigen sie zudem fortgeschrittene Analyse- und Kommunikationsfähigkeiten sowie Teamkompetenz, um im Rahmen ihrer Tätigkeit erworbene Wissen und Fertigkeiten in den Konzeptions- und Entwicklungsprozess einzubringen. Darüber hinaus ist ein

grundlegendes Verständnis der Funktionsweise von KI-Technologien hilfreich, um sich maßgeblich in die Konzeption KI-gestützter Assistenzsysteme einzubringen, einzelne Entwicklungsschritte nachzuvollziehen und mitunter die Notwendigkeit daraus resultierender Änderungen in betrieblichen Abläufen zu verstehen.

Da die Ergebnisse der Fallstudie auf einer begrenzten Anzahl an Interviews mit Projektbeteiligten aus sechs betrieblichen Teilprojekten im Kompetenzverbund basieren, ist die Generalisierbarkeit der hier dargestellten Erkenntnisse vorerst eingeschränkt. In einem weiteren Schritt werden diese mit den Ergebnissen einer Literaturanalyse zu betrieblichen Kompetenzbedarfen im Themenbereich KI trianguliert. Die Ergebnisse können so für die Entwicklung bedarfsoorientierter Schulungs- und Beratungsangebote nutzbar gemacht werden und Unternehmen wichtige Hinweise für ihr betriebliches Kompetenzmanagement geben.

Literatur

- Bigalk, D. (2006). Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen – Spiegelbild der Organisation? Eine vergleichende Analyse von Unternehmen mit hoch und gering lernförderlichen Arbeitsplätzen. Kassel University Press.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2023). Das Versprechen der Künstlichen Intelligenz. Gesellschaftliche Dynamik einer Schlüsseltechnologie. Campus Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-658-43521-9_9
- Jeske, T., Harlacher, M., Altepost, A., Schmenk, B., Ferrein, A., & Schiffer, S. (2023). Kompetenzzentrum WIRksam – Wirtschaftlichen Wandel in der rheinischen Textil- und Kohleregion mit Künstlicher Intelligenz gemeinsam gestalten. Leistung & Entgelt.
- Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz Juventa.

Förderhinweis: Der Beitrag ist im Projekt „Kompetenzzentrum WIRksam“ (FKZ: 02L19C600) entstanden, welches im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

Bildungspersonal

Konflikte in der betrieblichen Berufsausbildung: Eine systematische Literaturanalyse zu Konfliktursachen, -verläufen und -folgen

JULE MARIE DRESSEN; MARTIN FRENZ

Zusammenfassung

Ausbildungsabbrüche und vorzeitige Vertragsauflösungen nehmen immer weiter zu. Dies trägt zu einer Verschärfung des ohnehin schon massiven Fachkräftemangels bei. Die Gründe für Vertragsauflösungen oder Ausbildungsabbrüche liegen oft in Konflikten. Dieser Beitrag stellt eine systematische Literaturanalyse zur Beschreibung von Konfliktursachen, -verläufen und -folgen in der Berufsausbildung vor.

Abstract

Training dropouts and premature contract cancellations are on the rise. This is exacerbating the already massive shortage of skilled labour. The reasons for contract cancellations or training drop-outs often lie in conflicts. This article presents a systematic literature analysis to determine the description of the causes, progression and consequences of conflicts in vocational training.

Schlagworte: Berufsausbildung, Konflikte, Systematische Literaturanalyse

1 Ziel und methodische Konzeption des Beitrags

Ausbildungsabbrüche und Vertragsauflösungen nehmen immer weiter zu und die Zahl unbesetzter Ausbildungsplätze steigt ebenso wie die Anzahl unversorgter Bewerber*innen. Im Jahr 2022 wurden 155.325 Ausbildungsverträge der dualen Berufsausbildung vorzeitig aufgelöst (Bundesinstitut für Berufsbildung [BIBB], 2024, S. 101), Betriebe, aber auch Bewerber*innen stehen vor der Herausforderung, zueinander zu finden. So blieben 2023 73.400 Ausbildungsstellen unbesetzt (BIBB, 2024, S. 16). Insbesondere das betriebliche Bildungspersonal trägt maßgeblich zur Qualität der beruflichen Bildung, speziell der Kompetenzentwicklung, bei. Sie begleiten junge Menschen auf dem Weg in die berufliche Sozialisation und versuchen, diese erfolgreich zu gestalten (Harms & Preißler, 2024, S. 21; Pascoe, 2023). Eine Herausforderung, mit der das berufliche Bildungspersonal dabei konfrontiert ist, liegt in der zunehmenden Heterogenität der Auszubildenden (Harms & Preißler, 2024; Pascoe, 2023). Hinzu kommen stetig ändernde fachliche Anforderungen (Frenz & Pascoe, 2023, S. 90). Unter anderem ausgelöst durch moderni-

sierte Ausbildungsordnungen kommt es zu Konflikten (Bahl et al., 2015, S. 434). Die beschriebenen Herausforderungen und Konflikte im beruflichen Alltag von Ausbilder*innen und Auszubildenden erfordern tiefergehende Analysen. Dieser Beitrag wird die Ergebnisse einer systematischen Literaturanalyse nach PRISMA-ScR¹ vorstellen. Hierzu wurde der Forschungsfrage: *Wie werden Konflikte in der beruflichen Bildung beschrieben?* nachgegangen. Ziel des Beitrags ist es, bestehende Konflikte in der Berufsausbildung systematisch hinsichtlich Konfliktursachen, -verläufen und -folgen analysieren zu können.

Im ersten Abschnitt wird die methodische Konzeption unter Rückbezug der genannten Forschungsfrage, der Auswahl der Suchkomponente und -begriffe sowie der entwickelten Ein- und Ausschlusskriterien dargelegt. Darüber hinaus werden das inhaltsanalytische Vorgehen und die Entwicklung deduktiv-induktiver Kategorien zur Beschreibung von Konflikten in der beruflichen Bildung aufgeführt. Das inhaltsanalytische Vorgehen wurde auf alle ausgewählten Volltexte angewendet. Im Anschluss folgt die Darstellung der Ergebnisse der Analyse. Beispielhaft wird eine Tabelle Konfliktursachen, -verläufe und -folgen für die in der Analyse berücksichtigten Volltexte dargestellt.

2 Konzeption einer systematischen Literaturrecherche zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung

Dieser Abschnitt beschreibt die Konzeption einer systematischen Literaturanalyse nach PRISMA-ScR zu Konflikten in der beruflichen Bildung. Der Vorteil der Methode liegt darin, Literatur explorativ zu unterschiedlichen Zwecken wie Vielfalt und Eigenschaften des Forschungsgegenstandes zu untersuchen. Im Hinblick auf die Frage, ob weitere Untersuchungen notwendig werden, sowie zur Identifikation von Forschungslücken eignet sich dieses Verfahren besonders (Tricco et al., 2018, S. 467). Im Vergleich zu anderen systematischen Reviews unterscheiden sich Scoping Reviews dahingehend, dass diese breit definierten Fragen nachgehen und einen anderen methodischen Ansatz verfolgen (Tricco et al., 2018, S. 467), daher wurde diese Methode zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung gewählt. Hinsichtlich der Relevanz von Konflikten in Ausbildungsbetrieben sowie zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde ein sensibles² Rechercheprinzip gewählt und Suchkomponenten sowie -begriffe festgelegt. Hierzu wurde die Forschungsfrage „zerlegt“ und in Suchkomponenten gegliedert:

Wie werden **Konflikte** in der **beruflichen Bildung** beschrieben?
Suchkomponente 4 Suchkomponente 1, 2, 3³

1 PRISMA-ScR: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (Tricco et al., 2018, S. 467).

2 Sensitives Rechercheprinzip: Hohe Trefferanzahl mit großem Anteil nicht relevanter Texte führt dazu, dass die Wahrscheinlichkeit, relevante Texte zu übersehen, gering ist (vgl. Hirt & Nordhausen, 2022, S. 4).

3 Suchkomponente 1, 2, 3 bestehen aus den Begriffen: Bildung, Beruf und Arbeit.

Ausgehend von den Suchkomponenten wurden Suchbegriffe abgeleitet. Diese beinhalten zentrale Begriffe der Volltexte. Für die durchgeführte Recherche wurden individuelle Suchbegriffe und -Strings unter Verwendung des Booleschen Operators AND und der Trunkierung * verwendet:

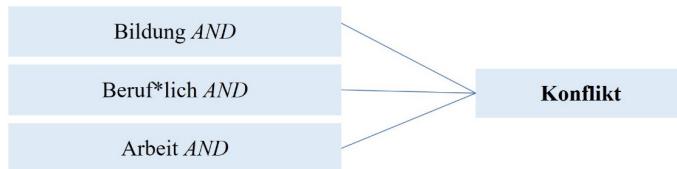


Abbildung 1: Suchbegriffe zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung (Eigene Darstellung)

Aufgrund der Zielsetzung der Forschungsfrage sowie des thematischen Schwerpunkts der beruflichen Bildung und der Berufspädagogik wurden Datenbanken aus den Bereichen Beruf, Bildung und Pädagogik sowie dem geisteswissenschaftlichen Gebiet gewählt. Die Recherche wurde auf deutsch- und englischsprachige Titel beschränkt. Im August 2024 erfolgte die Durchsuchung der Datenbanken. Nach der ersten Durchsicht der Titel wurden entsprechend der Forschungsfrage und dem Ziel Ein- und Ausschlusskriterien gebildet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Datenbanken und Kriterien zur Beurteilung der Quellen hinsichtlich der Beschreibung von Konflikten in der beruflichen Bildung (Eigene Darstellung)

Datenbanken	PeDocs, Fachportal Pädagogik, BIBB Literatursuche, BIBB Fachpublikationen, SSOAR
Einschluss-kriterien	Beruf: berufliche Bildung, Berufsausbildung/Ausbildung/Ausbildungsstätte, Betrieb/Unternehmen/Organisation Konflikt: Konfliktforschung/Konflikt, soziale Konflikte, Probleme, Herausforderungen Arbeit: Arbeit, Arbeitsplatz, Arbeitsverhältnis ... Zielgruppe: Berufsbildungspersonal (Ausbilder, ausbildende Fachkraft etc. ...) Auszubildende
Ausschluss-kriterien	Beruf: schulische Bildung, Erwachsenenbildung Konflikt: politische Konflikte Arbeit: kein Bezug zu Arbeit Zielgruppe: kein Bezug zu den genannten Zielgruppen

Die Kriterien beziehen sich auf vier Domänen: Beruf, Konflikt, Arbeit und Zielgruppe. In der ersten Phase, der Sichtung der Titel, wurden alle Titel beibehalten, bei denen mindestens ein Einschlusskriterium erfüllt wurde. In der Phase der Sichtung der Abstracts wurden dann alle Texte beibehalten, die eine Kombination aus den Einschlusskriterien der Domänen Arbeit und Konflikt oder Beruf und Konflikt erfüllten. Zudem wurden alle Titel von zwei unabhängigen Ratern gesichtet und die Entscheidung zum Ein- und Ausschluss in die Analyse getroffen. Zur Überprüfung der Übereinstimmung der Rater wurde mittels Cohens Kappa (κ) die Intercoderreliabilität berechnet. Das

gesamte Vorgehen wurde in einem Rechercheprotokoll dokumentiert. Das nachfolgende Kapitel wird sowohl die deskriptiven Ergebnisse als auch die inhaltsanalytische Auswertung und das hierzu verwendete Kategoriensystem vorstellen.

3 Ergebnisse zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung

Die Ergebnisse der Recherchephasen werden mittels des PRISMA-Flowdiagramms (vgl. Abbildung 2) abgebildet. Danach folgen die deskriptiven Ergebnisse sowie das inhaltsanalytische Vorgehen und die hierzu verwendeten Kategorien. Diese wurden in Anlehnung an Kuckartz und Rädiker (2022) über deduktives und induktives Ableiten von Kategorien erschlossen.

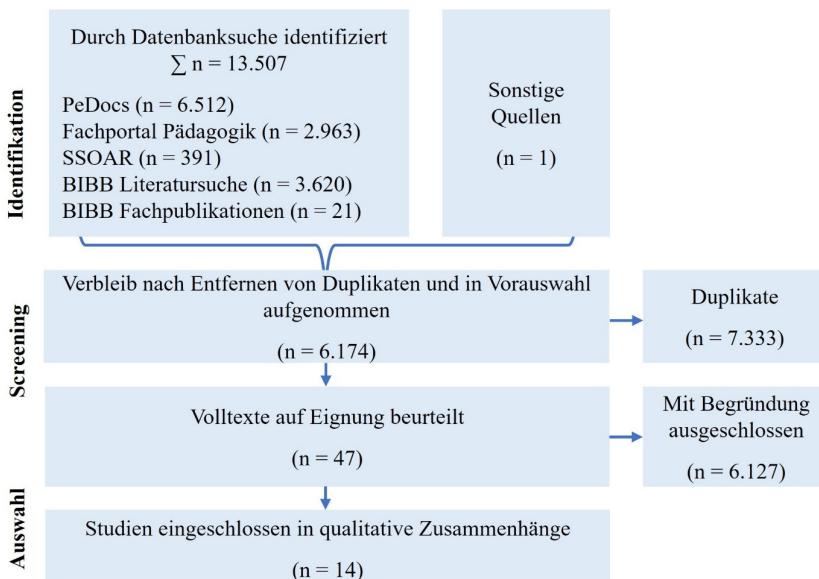


Abbildung 2: Phasenmodell der systematischen Literaturrecherche zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung (Eigene Darstellung nach Page et al., 2021; Tricco et al., 2018)

3.1 Deskriptive Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

Die Volltexte (n = 14) wurden deskriptiv als auch inhaltsanalytisch untersucht. Die deskriptiven Kategorien wurden deduktiv unabhängig vom Datenmaterial gebildet. Sie beschreiben die Texte hinsichtlich des Erscheinungsjahrs, der Textart und -form sowie der Zielgruppe/dem Adressaten. Ein Großteil dieser Texte beinhaltet konkrete Praxisbeispiele bzw. Erfahrungsberichte. Fast die Hälfte der Texte sind Zeitschriftenartikel. Wie bereits erwähnt, wurde der Zeitraum der Recherche nicht eingegrenzt. Betrachtet

man nun die in der Analyse berücksichtigten Quellen hinsichtlich des Erscheinungsjahrs, so fällt auf, dass die Titel im Zeitraum von 1991 bis ca. 2012 erschienen sind (vgl. Abbildung 3).

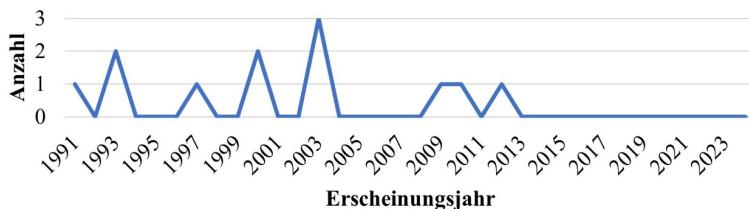


Abbildung 3: Erscheinungsjahre der in der Analyse berücksichtigten Volltexte zur Beschreibung von Konflikten in der Berufsausbildung (Eigene Darstellung)

3.2 Inhaltliche Analyse und Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse

Die inhaltsanalytische Auswertung erfolgte in Anlehnung an Kuckartz und Rädiker (2022). Die Analyse der Texte wurde mithilfe der Software MAXQDA durchgeführt, die für die computergestützte Auswertung qualitativer Daten konzipiert ist. So wurden die Texte systematisch anhand deduktiv-induktiver Kategorienanalyse ausgewertet.

Die deduktiven Kategorien wurden basierend auf Erkenntnissen aus dem Forschungsstand sowie der Literatur gebildet und induktiv am Material erweitert. Wie für die inhaltsanalytische Analyse typisch, wurde das gesamte Material codiert und schrittweise in mehreren Durchgängen systematisch bearbeitet (Kuckartz & Rädiker, 2022, S. 71). Das erarbeitete Kategoriensystem wurde auf alle Texte angewendet. Aufgrund des Umfangs kann hier nur ein Auszug des Kategoriensystems vorgestellt werden. Die Analyse der Quellen bezieht sich auf die Kategorie Konflikte. Daher ist *Konflikt* eine wesentliche Kategorie mit folgenden Subkategorien: *Beschreibung/Erläuterung*, *Ursachen*, *Dynamik*, *Ausgang/Folgen*, *Konfliktverhalten*, *Setting*, *Konfliktpotenzial*. Ausgehend von der Anwendung der Kategorien und der inhaltlichen Beurteilung der Texte konnten unter Rückbezug zu der Forschungsfrage verschiedene Erkenntnisse über Konflikte ausgemacht werden. Die Ergebnisse der systematisch inhaltsanalytisch ausgewerteten Quellen ($n = 14$) werden in Tabelle 2 hinsichtlich Konfliktursachen, Verlauf und den Folgen dargelegt.

Tabelle 2: Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse zur Beschreibung von Konflikten hinsichtlich der Konfliktursache, -verläufe und der -folgen

Bahl (2012)	<p>Ursachen: Zwickmühle zwischen Lern- und Arbeitsansprüchen (vgl. S. 235) Auszubildende haben nur unzureichendes Fachwissen → „normale“ Ausbildung ist zu akademisch (vgl. S. 233) Ausbildung: Das Praktische kommt zu kurz (vgl. S. 233 f.) Facharbeiter*innen beklagen, dass Auszubildende weniger „Arbeiten-Können“ (vgl. S. 234.) Unterschiedliche Arbeits- & Wissensstrukturen (vgl. S. 227)</p> <p>Verlauf: /</p> <p>Folgen: /</p>
Bahl (2015)	<p>Ursachen: Betriebsabteilungen äußern fehlende Wertschätzung der Grundarbeit (Sach- & Fachkompetenz) (vgl. S. 434) Neue Rekrutierungsformen für Auszubildende setzen unterschiedliche Ansätze: kognitive Fähigkeiten vs. betriebsnahe Wissen und Integration in den Betrieben (vgl. S. 437) Konflikte nur vordergründig eine Altersfrage → unterschiedliche Auffassungen aufgrund verschiedener Perspektiven des Erfahrungswissens sowie der Wertigkeit von Wissensbeständen (vgl. S. 438)</p> <p>Verlauf: Keine sinnvollen Umgangswisen → hierzu weitergehende Analysen notwendig (vgl. S. 435)</p> <p>Folgen: /</p>
Bundesagentur für Arbeit (1991)	<p>Ursachen: Veränderte Wertevorstellungen der Mitarbeitenden in Unternehmen (vgl. S. 30)</p> <p>Verlauf: Konstruktiver Verlauf der Konflikte ist notwendig, damit es nicht zu langfristigen Unstimmigkeiten und Beeinträchtigungen der Effektivität der Arbeit kommt (vgl. S. 31)</p> <p>Folgen: Langfristige Unstimmigkeiten und Beeinträchtigungen der Effektivität der Arbeit (vgl. S. 31)</p>
Cronewald, Grotian (2001)	Diese Quelle beschreibt Maßnahmen bzw. Lösungsmöglichkeiten bei Konflikten.

(Fortsetzung Tabelle 2)

Mahlberg-Wilson, Mehlis, Quante-Brandt (2009)	<p>Ursachen: Strukturelle Problemlagen (vgl. S. 29) Ausbildungskonflikte (vgl. S. 29) Konflikte ergeben sich aus individuellen und strukturellen Problemsituationen (vgl. S. 29) Enge Beziehungen sowohl vertraglich als auch persönlich (vgl. S. 15) Ursachen im betrieblichen, privaten und schulischen Kontext; daher können Konflikte nicht nur mit der fehlenden Ausbildungsreife begründet werden (vgl. S. 29) Mängel im Betrieb: schlechter Umgangston, fehlende Anerkennung (vgl. S. 29) Machtgefälle zwischen Ausbildungsbetrieb und Auszubildenden (vgl. S. 32)</p>
Müller (1993)	<p>Verlauf: Alle Akteure, die an der Ausbildung beteiligt sind, sind ebenfalls am Konflikt beteiligt (vgl. S. 15) Ausgeprägte Sozialkompetenz ist hilfreich, um Probleme für sich zufriedenstellend zu lösen (vgl. S. 18) Durch Beratungs- und Vermittlungsangebote kann eine Eskalation verhindert werden (vgl. S. 17)</p>
Noll, Weick (1997)	<p>Folgen: Ausbildungsabbrüche (vgl. S. 3) Betriebe nehmen weniger am Vermittlungsprozess teil, wenn der Konflikt eskaliert ist (vgl. S. 20)</p>
Pascher (2012)	<p>Ursachen: Konfliktspirale → „ungerechte Beurteilung“ (vgl. S. 16) Bemühungen, Konflikte mit Kommunikation zu lösen, wirken nicht (vgl. S. 16)</p>
	<p>Verlauf: Fallbeispiel: Ausbildungsleiterin bemühte sich, die Ursachen einer ungerechten Beurteilung einer Auszubildenden zu finden; daraus entwickelte sich eine „Konfliktspirale“ (vgl. S. 16 f.) Ausbildungsleiterin kann durch eingeschränkte Handlungsmöglichkeiten keine Besserung des Konflikts herbeiführen (vgl. S. 16 f.)</p>
	<p>Folgen: Rolle als Leiterin wird geschwächt, wenn sie Auszubildende nicht vollumfänglich unterstützt (vgl. S. 16)</p>
	<p>Ursachen: /</p> <p>Verlauf: /</p>
	<p>Folgen: Wenn das Verhältnis zum Vorgesetzten als konfliktreich wahrgenommen wird, reduziert sich die Arbeitszufriedenheit (vgl. S. 12)</p>

(Fortsetzung Tabelle 2)

	Ursachen: /
Quante-Brandt (2000)	<p>Verlauf: Strategieentwicklung, um Konflikte bearbeiten zu können; nach Bedarf Weiterleitung zu anderen Beratungsangeboten (vgl. S. 43)</p> <p>Folgen: /</p>
Quante-Brandt, Breden, Grotian, Mahlberg-Wilson, Schirmacher (2003)	<p>Ursachen: Konflikte aufgrund betrieblicher Strukturen: Fremdbestimmung, Regeln, Anpassung, Machtkampf (vgl. S. 48) Konflikte wg. Arbeitsumfang: Überstunden, Doppelbelastung (vgl. S. 49) Probleme mit Arbeitsanforderungen: ausbildungs fremde Arbeit, mangelndes Zutrauen (vgl. S. 49) Umgangsstil: Kritik, Ignoranz (vgl. S. 49) Persönliche Probleme (vgl. S. 49) Konflikte in Rolle als Ausbilder*in: mit Auszubildenden, in der Struktur der dualen Berufsausbildung, Anforderungen, Ohnmachtsgefühl, häufige Machtkämpfe, schlechte Absprache zwischen Theorie und Praxis (vgl. S. 50) Mangelnde Pflichterfüllung, Verhalten und Voraussetzungen auf Seiten der Auszubildenden als auch der Ausbildungsbetriebe (vgl. S. 18) Fehlende positive Rückmeldungen (vgl. S. 49) Ausbildungs fremde Arbeit, Versagensängste (vgl. S. 49) Inhaltliche Schwierigkeiten (vgl. S. 49)</p> <p>Verlauf: 1. Stufe Win/Win (Verhärtungen, Debatten etc.), 2. Stufe Win/Lose (Gesichtsverlust, Drohstrategien etc.), 3. Stufe: Lose/Lose (Gemeinsam in den Abgrund) (vgl. S. 19) Ungelöste Konflikte führen zu einer Konfliktescalation (vgl. S. 19)</p> <p>Folgen: Bei Konfliktlösung findet immer ein Lernprozess statt (vgl. S. 18)</p>
Quante-Brandt, Schirmacher (2003)	<p>Ursachen: Interkulturelle Konflikte im Betrieb (vgl. S. 43) Umgang miteinander (vgl. S. 43) Mangelnde fachliche Fähigkeiten (vgl. S. 43) Unverlässlichkeit (vgl. S. 43)</p> <p>Verlauf: /</p> <p>Folgen: Ausbildungsabbruch (vgl. S. 38)</p>

(Fortsetzung Tabelle 2)

Quante-Brandt (2003)	<p>Ursachen: Viele Probleme, wie Macht- und Interessenkonflikte (vgl. S. 113) Wertedifferenzen zwischen Betrieb und Auszubildenden (vgl. S. 136) Unterschiedliche Interessen (vgl. S. 145) Diskrepanz in der Selbst- und Fremdwahrnehmung, speziell in der Bewertung (vgl. S. 148) Strukturelle Konflikte im Ausbildungssystem, verschiedene Ausbildungsordnungen (vgl. S. 153) Thema jedes Konfliktes: Beziehung zueinander (vgl. S. 166) Generationenspezifische Distanz (vgl. S. 167) Rollenkonflikte (vgl. S. 170) Diskrepanz zwischen fachlicher Anforderung und praktischer Durchführung (vgl. S. 171) Individuelle Einstellungsschwierigkeiten gegenüber persönlichen Anforderungen → Rollenkonflikte (vgl. S. 171) Ausgangspunkt für Konflikte: Beziehungsebene (vgl. S. 174)</p> <p>Verlauf: /</p> <p>Folgen: Vorzeitige Vertragsauflösung (vgl. S. 150)</p>
TU Berlin (1993)	<p>Ursachen: /</p> <p>Verlauf: /</p> <p>Folgen: Ausbildungsabbruch (vgl. S. 1 f.)</p>
Zügner (2010)	<p>Ursachen: Konflikte zwischen den hierarchischen Ebenen und innerhalb, wenn Parteien zusammenarbeiten (vgl. S. 23) Werden assoziiert mit: Ärger, Aggression, Stress, Unsicherheit, Zeitverschwendungen (vgl. S. 66) Werden als Störung empfunden, verursachen psychische Belastungen → Verschlechterung der Leistungsfähigkeit und Arbeitszufriedenheit (vgl. S. 66) Konflikte als Risikofaktor für das Wohlbefinden im Arbeitskontext (vgl. S. 71)</p> <p>Verlauf: 1. Wahrnehmung/Bewertung des Konflikts 2. Entwicklung einer Intention 3. Verhalten, das sich aus der Intention entwickelt 4. Reaktion der Gegenpartei; gibt Input für nächste Interaktion 5. Kreislauf wiederholt sich, bis ein Ende des Konflikts bestimmt wird (vgl. S. 26 f.) Konflikte können als echte und als verschobene Konflikte ausgetragen werden (vgl. S. 27)</p> <p>Folgen: Stimulation von Interesse, Kreativität und Innovation Eigene Position hinterfragen Alternative Herangehensweisen, neue Lösungsmöglichkeiten Verbesserung des Entscheidungsprozesses, Qualität der Entscheidungen Förderung der individuellen und Gruppenleistungen Stress und Unzufriedenheit mit der Arbeitssituation Misstrauen gestörte Kommunikation Beeinträchtigungen in der Beziehungsqualität reduzierte Leistungsfähigkeit Widerstand gegen Veränderungen Loyalitätsverlust gegenüber dem Unternehmen mehr Fehlzeiten und Kündigungsabsichten (vgl. S. 66 f.)</p>

4 Zusammenfassung der Erkenntnisse der systematischen Literaturanalyse zur Beschreibung von Konflikten

Ausgehend von der Problematik, dass Ausbildungsabbrüche in Folge ungelöster Konflikte (Mahlberg-Wilson et al., 2009, S. 3) dazu führen, dass zahlreiche Betriebe ihre Ausbildungsplätze nicht besetzen können und zugleich junge Menschen keinen geeigneten Ausbildungsbetrieb finden (BIBB, 2024, S. 16), wurde eine systematische Literaturanalyse zur Beschreibung der Konfliktursachen, von Konfliktverläufen und von Konfliktfolgen durchgeführt. Hinsichtlich der deskriptiven Ergebnisse der Recherche ist auffallend, dass Konflikte in der beruflichen Bildung ein zunehmend relevantes Thema sind, so verdeutlichen es die Fallzahlen des Berufsbildungsberichts und weitere Studien (BIBB, 2024; IHK, 2025; Uhly & Neises, 2023) und dennoch konnten im Rahmen dieser Studie keine aktuelleren Quellen als aus dem Jahr 2012 identifiziert werden. Für berufspädagogische Diskussionen zu Konflikten in der Berufsausbildung ist es daher dringend notwendig, weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet zu leisten.

Auch die Ergebnisse der inhaltsanalytischen Auswertung bestärken dies. Bezogen auf die Forschungsfrage: *Wie werden Konflikte in der beruflichen Bildung beschrieben?* können nun Konfliktursachen, -verläufe und Folgen beschrieben werden:

I. Konfliktursachen

Zunächst erscheinen die in den 14 Quellen ausgewerteten Ursachen sehr divers, bei näherer Betrachtung jedoch sind folgende Aspekte häufige Ursachen für Konflikte: fachliche Differenzen, Wertedifferenzen, strukturelle Konfliktursachen im Ausbildungssystem, Ausbildungsordnungen sowie Konfliktursachen bezogen auf den Umgang, die Beziehung und das Arbeiten miteinander. Zudem wurden Konflikte in der Ausübung der Rolle als Ausbilder*in genannt.

II. Konfliktverläufe

Die Analyse der Texte hinsichtlich Konfliktverläufe hat kaum Erkenntnisse hervorgebracht und verdeutlicht, dass ein Forschungsbedarf besteht.

Festzuhalten ist dennoch, dass Beratungsangebote dazu beitragen können, Konflikte zu lösen, während ungelöste Konflikte zu einer Eskalation führen können. In diesem Zusammenhang wurde auf das Eskalationsmodell von F. Glasl verwiesen, welches drei Phasen der Konfliktescalation beschreibt: (1) Win/Win, (2) Win/Lose und (3) Lose/Lose. Ungelöste Konflikte führen zu weitreichenden Konsequenzen.

III. Folgen von Konflikten

Wie in der Ausgangslage dieses Beitrags beschrieben, sind Ausbildungsabbruch bzw. die vorzeitige Vertragsauflösung eine häufige Folge von Konflikten in der Berufsausbildung. Dies konnte mittels der Analyse der Quellen belegt werden. Zudem konnten weitere Folgen wie langfristige Unstimmigkeiten und Beeinträchtigung der beruflichen

Tätigkeit, z. B. Fehlzeiten, ausgemacht werden. Wenn es zu Lösungen von Konflikten in der Berufsausbildung kommt, können diese auch positive Auswirkungen haben, wie etwa ein persönlicher Lernprozess.

5 Ausblick und Implikationen für weitere Forschungsarbeiten zu Konflikten in der betrieblichen Bildung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Konflikte in der Berufsausbildung, insbesondere für Ausbildungsbetriebe und das Berufsbildungspersonal eine Herausforderung darstellen. Die Heterogenität von Konfliktursachen sowie auch die Folgen von Konflikten haben die Relevanz und den Forschungsbedarf zu Konflikten in der beruflichen Bildung hervorgehoben. Hierzu kann die durchgeführte Studie als VORARBEIT für weitere empirische Untersuchungen dienen. Es ist geplant, die Ergebnisse in weiteren qualitativen Studien wie Interviews mit Auszubildenden, Ausbildungsabbrechenden und dem Berufsbildungspersonal zu verwenden, um zu klären, wie das betriebliche Bildungspersonal und Auszubildende Konflikte wahrnehmen, welche spezifischen Folgen Konflikte für das betriebliche Bildungspersonal und Auszubildende haben und wie schließlich Strategien und Konzepte entwickelt werden können, sodass Konflikte im Ausbildungsaltag leichter zu bewältigen sind. Zudem können quantitative Befragungen ebenfalls mit der genannten Zielgruppe die vorgestellten Ergebnisse validieren.

Literatur

- Bahl, A., Koch, G. & Setter, J. (2015). Welches Wissen? Welche Werte? – Zusammenarbeit und Konflikte zwischen Generationen in Industrieunternehmen. In W. Widuckel, K. de Molina, M. J. Ringlstetter & D. Frey (Hrsg.), *Arbeitskultur 2020* (S. 429–441). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bundesinstitut für Berufsbildung. (2024). *Berufsbildungsbericht 2024*.
- Frenz, M. & Pascoe, C. (2023). Zum Rollenverständnis des betrieblichen Bildungspersonals jenseits der beruflichen Fachlichkeit. *lernen & Lehren Elektrotechnik – Informationstechnik – Metalltechnik – Fahrzeugtechnik*, 38(3), 90–92.
- Harms, J. & Preißler, R. (2024). Betriebliches Bildungspersonal – Einführung in den wissenschaftlichen Diskurs. In M. Kaufhold, U. Weyland, E.-L. Stratmann & S. Höke (Hrsg.), *Betriebliches Bildungspersonal als Promotor betrieblicher Bildungsprozesse: Zur Legitimation und Konzeption berufsbegleitender Studienangebote* (S. 21–50). wbv Publikation.

- Hirt, J. & Nordhausen, T. (2022). *Impulsvortrag „RefHunter – Systematische Literaturrecherche“*. Institut für Gesundheits- und Pflegewissenschaft, Medizinische Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland; Institut für Angewandte Pflegewissenschaft, Departement Gesundheit, OST, St. Gallen, Schweiz; Departement Klinische Forschung, Universität Basel, Basel, Schweiz, EbM-Kongress.
- IHK. (2025). *Konflikte in der Ausbildung*. <https://www.ihk.de/karlsruhe/fachthemen/uebersicht-ausbildung/azubis/ausbildungsabc/probleme-konflikte-2462196>
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Page, M. J., McKenzie, E. J., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A. [Elli A.], Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pascoe, C. (2023). „Ab heute bist du Ausbilder“. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-43808-1>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A. [Elie A.], Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garrity, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of internal medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Uhly, A., & Neises, F. (2023). *Vorzeitige Vertragslösungen in der dualen Berufsausbildung: Aktuelle empirische Befunde der Berufsbildungsstatistik und Maßnahmen – Ein Überblick*.

In der Analyse verwendete Literatur

- Bahl, A. (2012). Die Ausbildung von Fachkräften als Konflikt um Wissens- und Vermittlungsformen: Reflexionen anhand eines Fallbeispiels aus der Metallindustrie. In G. Koch & B. J. Warneken (Hrsg.), *Arbeit und Alltag – Band 5: v.5. Wissensarbeit und Arbeitswissen: Zur Ethnografie des kognitiven Kapitalismus* (Online-Ausg., S. 227–246). Campus Verlag.
- Bahl, A., Koch, G. & Setter, J. (2015). Welches Wissen? Welche Werte? – Zusammenarbeit und Konflikte zwischen Generationen in Industrieunternehmen. In W. Widuckel, K. de Molina, M. J. Ringlstetter & D. Frey (Hrsg.), *Arbeitskultur 2020* (S. 429–441). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bundesagentur für Arbeit (1991). Konstruktive Konflikte: Führungsqualifikationen. *Abi: dein Weg in Studium und Beruf*, 15(10), 30–31.
- Gronewald, D., & Grotian, A. (2001). Konflikte lösen – Ausbildungsabbrüche vermeiden – Qualität der beruflichen Bildung steigern. *Berufsbildung: Zeitschrift für Theorie, Praxis, Dialog*, 67, 33–35.

- Mahlberg-Wilson, E., Mehlis, P. & Quante-Brandt, E. (2009). *Dran bleiben: Sicherung des Ausbildungserfolgs durch Beratung und Vermittlung bei Konflikten in der dualen Berufsausbildung; eine empirische Studie. Bremer Beiträge zur Praxisforschung: 1/2009.* Univ., Akad. für Arbeit und Politik.
- Müller, K. R. (1993). Das ist ungerecht. Eine Ausbilderin entwickelt neue Formen kollegialer Kommunikation und Zusammenarbeit. *Berufsbildung: Zeitschrift für Theorie, Praxis, Dialog*, 47(24), 16–21.
- Noll, H. H. & Weick, S. (1997). Starke Beeinträchtigung der Arbeitszufriedenheit durch Konflikte mit Vorgesetzten: eine Längsschnittanalyse der Arbeitszufriedenheit auf der Basis des Sozio-oekonomischen Panels.
- Pascher, U. (2012). Interkulturelle Kommunikation und Konfliktmanagement für Ausbildungs- und Lehrkräfte: Erfahrungen und Beispiele aus einem Modellprojekt im Handwerk. In K. Scharrer, S. Schneider & M. Stein (Hrsg.), *Übergänge von der Schule in Ausbildung und Beruf bei jugendlichen Migrantinnen und Migranten: Herausforderungen und Chancen* (S. 203–216). Verlag Julius Klinkhardt.
- Quante-Brandt, E. (2000). „Bleib dran“ – Ein konstruktiver Weg im Bearbeiten von Ausbildungskonflikten. In „Konflikte lösen – Ausbildungsabbrüche vermeiden – Qualität der beruflichen Bildung steigern“: Beiträge anlässlich der Fachtagung vom 10. Juli 2000 (Reihe Arbeitsmaterialien/Kooperation Universität-Arbeiterkammer Bremen; Nr. 7; Bremer Beiträge zur Arbeiterbildung, S. 43–53): Akademie für Arbeit und Politik.
- Quante-Brandt, E. & Schirmacher, A. (2003). Ausbildung-Bleib dran: ein Netzwerk zur Prävention von vorzeitigen Vertragslösungen und zur Intervention bei Ausbildungskonflikten im Lande Bremen. In *Informationen für die Beratungs- und Vermittlungsdienste/Bundesanstalt für Arbeit* (Bd. 25, S. 37–44).
- Quante-Brandt, E. (2003). *Konflikte im Spannungsfeld von Arbeit und Beruf: Chancen für die Gestaltung arbeitsorientierter Bildungsprozesse. Berufsbildung, Arbeit und Innovation: Bd. 21.* wbv.
- Quante-Brandt, E., Breden, M., Grotrian, A., Mahlberg-Wilson, E. & Schirmacher, A. (2003). *Konflikt als Chance: Tagung im Landesinstitut für Schule am 5. November 2002 in Bremen* (Reihe Arbeitsmaterialien/Akademie für Arbeit und Politik der Universität Bremen).
- TU Berlin (1993). TU Berlin – Arbeit und Bildung in Berlin: Konflikt als Chance. Möglichkeiten von Beratung zur Verhinderung von Ausbildungsabbruch. *Berufsausbildung, Jugendarbeitslosigkeit*, 18, 1–4.
- Zügner, C. (2010). *Konfliktverhalten in Arbeitsteams: Selbst- und Fremdwahrnehmung von Konfliktstilen in kollegialen Beziehungen. Schriften zur Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie: Band 51.* Kovač.

EduAR Workbook: Methodisch-didaktische Unterstützung für Ausbilder:innen beim Design von AR-Lernanwendungen für technische Berufe

Darlegung einer Design-based-Research-Entwicklungsarbeit für eine Design-Methodologie

MARC KRÜGER; NILS STALLMEIER; CELINA KHONGKLAD; JEANNE LENGERSDORF

Zusammenfassung

Im Rahmen des BMBF-Projektes „Augmented Reality in der handwerklichen Ausbildung“ hat sich das Institut für Berufliche Lehrerbildung der FH Münster zusammen mit der Handwerkskammer für Unterfranken der Qualifizierung des betrieblichen Ausbildungspersonals gewidmet¹. Für die dort tätigen Ausbilder:innen wurden Leitlinien entwickelt, erprobt und bereitgestellt, mit denen eine professionelle Gestaltung von AR-Lernanwendungen sichergestellt werden kann. Dieses methodisch-didaktische Konzept, final als EduAR Workbook bezeichnet, bietet bei der Planung und Gestaltung von AR-Lernanwendungen, im Schwerpunkt für gewerblich-technische Bildungsprozesse, eine systematische Unterstützung. Das EduAR Workbook führt schrittweise einen Prozess zur Gestaltung von AR-Lernanwendungen auf und bietet für jeden Prozessschritt korrespondierende didaktische Werkzeuge an. Die einzelnen Prozessschritte, wie auch im Ergebnis das EduAR Workbook, wurden mittels des Design-Based-Research-Ansatzes entwickelt. Die Darlegung des Design-Based-Research-Prozesses zur Entwicklung des EduAR Workbooks ist Gegenstand des Beitrages.

Abstract

As part of the BMBF project ‚Augmented Reality in Craft Training‘, the Münster School of Vocational Education at FH Münster – University of Applied Sciences, together with the Chamber of Crafts for Lower Franconia, has focussed on the qualification of in-company training staff. Guidelines were developed, tested and provided for the trainers working there to ensure the professional design of AR learning applications. This meth-

¹ Danksagung: Wir möchten dem Bundesministerium für Bildung und Forschung unseren Dank aussprechen, dessen Unterstützung durch das Sonderprogramm ÜBS-Digitalisierung die Durchführung des AriHa-Projektes möglich gemacht hat. Ebenso danken wir der Handwerkskammer für Unterfranken für das entgegengebrachte Vertrauen und die Einbeziehung in das Projekt über eine Auftragsarbeit. Ihre Unterstützung und Zusammenarbeit waren von großem Wert für das EduAR Workbook.

odological-didactic concept, finally referred to as the EduAR Workbook, offers systematic support in the planning and design of AR learning applications, with a focus on industrial-technical training processes. The EduAR Workbook provides a step-by-step process for designing AR learning applications and offers corresponding didactic tools for each process step. The individual process steps, as well as the EduAR Workbook as a result, were developed using the design-based research approach. The presentation of the design-based research process for the development of the EduAR Workbook is the subject of this article.

Schlagworte: Ausbilder:innen, Augmented Reality (AR), Betriebliches Ausbildungspersonal, Design-Based Research, Design Methodologie, EduAR Workbook

1 Ausgangspunkt: Sonderprogramm & Entwicklungsziele

Die nachfolgend vorgestellte Entwicklungsarbeit wurde im Rahmen des Sonderprogramms ÜBS-Digitalisierung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (2020) durchgeführt. Ziel des Sonderprogramms war es, die Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten (ÜBS) bei der Digitalisierung der Ausbildungskurse zu unterstützen. Die Ausbildung von Fachkräften kleiner und mittelständischer Unternehmen sollte somit innoviert werden, sodass diese Fachkräfte als Multiplikatoren digitaler Fertigkeiten in den Unternehmen wirken. Gefördert wurden „digitale Ausstattung sowie Entwicklungs- und Erprobungsprojekte für neue Technologien in der Ausbildung, neue Qualifizierungskonzepte und deren Transfer in die Berufsbildungslandschaft“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2020). Auch das Projekt „Augmented Reality in der handwerklichen Ausbildung (ARihA)“ der Handwerkskammer für Unterfranken (Standort Schweinfurt; fortlaufend abgekürzt als HWK-UFR) wurde in diesem Rahmen gefördert. Mit dem Projekt erprobte das Projektteam gemeinsam mit Ausbilder:innen und Auszubildenden, wie AR-Technologien im Handwerk eingesetzt und in den Lehrplänen der überbetrieblichen Ausbildung verankert werden können (Handwerkskammer für Unterfranken, 2024). Hierfür stand das notwendige AR-Equipment, Personalmittel und ein Budget für die Einbindung externer Expertisen und Dienstleistungen zur Verfügung.

Das Institut für Berufliche Lehrerbildung (IBL) der FH Münster bewarb sich im Rahmen des ARihA-Projektes erfolgreich auf die Ausschreibung der HWK-UFR, in dem ein methodisch-didaktisches Konzept zu entwickeln und bereitzustellen war. Entwicklungsziel war es, dass die Ausbilder:innen Lehr-/Lernprozesse in AR-Lernanwendungen kompetenzorientiert gestalten können. Hierzu sollte bei der Planung, insbesondere für technische Berufe, eine systematische Unterstützung entlang eines Leitfadens entwickelt werden. AR-Technologien sollten hierbei auch zur Förderung von Kompetenzen wie kritisches Denken, Kreativität, digitales Mindset und Methodenkompetenz instrumentalisiert werden. Ebenso sollten AR-Lernanwendungen an das Kompetenzniveau der Auszubildenden angepasst werden, um Überforderung zu vermeiden

und einen effektiven Lernprozess sicherzustellen. Seitens des IBL wurde der Leitfaden dahingehend interpretiert, dass er sowohl den Gestaltungsprozess – im Sinne aufeinander aufbauender Schritte – als auch die Methoden, die zur zielgerichteten Durchführung jedes einzelnen Prozessschrittes nutzbringend sind, umfasste. Explizit gefordert war, das methodisch-didaktische Konzept im Hinblick auf die Anforderungen der HWK-UFR zu entwickeln, durchzuführen, zu evaluieren und entlang der gesammelten Erfahrungen weiterzuentwickeln. Dabei sollte eine enge Zusammenarbeit mit den im ARihA-Projekt handelnden Akteuren sichergestellt werden. Das erarbeitete methodisch-didaktische Konzept wurde im Rahmen des Projektes final als EduAR Workbook bezeichnet.

2 Methodologie: Design-based Research

Die Entwicklung des angestrebten methodisch-didaktischen Konzepts für Ausbilder:innen konzentrierte sich angesichts des zur Verfügung stehenden Projektbudgets auf die Sichtung bestehender Lösungen und die reflektierte Gestaltung von Lehr-/Lernprozessen für AR-Lernanwendungen. Hierbei standen die Zielgruppe der Ausbilder:innen und der didaktische Entwicklungsgegenstand im Fokus.

Entsprechend ordnet sich der Auftrag nicht als Forschungs-, sondern als Entwicklungsarbeit ein. Im Sinne der Vorgabe der Durchführung, Evaluation und Weiterentwicklung eines Konzepts erwies sich ein iterativer Ansatz, der aus einem Entwicklungsprozess mit mehrfacher Wiederholung gleicher oder ähnlicher Handlungen zur Annäherung an das Entwicklungsziel besteht, als sinnvoll. Für solch eine Zielsetzung zeigt sich, dass design- und entwicklungsorientierte Ansätze auch in der beruflichen Bildung nutzbringend sind (Kremer et al., 2023). In diesem Kontext wurde unsererseits auf den Ansatz des „Design-based-Research (DBR)“ gesetzt. Dieser Ansatz kann das Theorie-Praxis-Problem in der pädagogischen Forschung überbrücken (Fischer et al., 2004; Sandoval & Bell, 2004; Stark & Mandl, 2001), indem er wissenschaftliche Erkenntnisse mit praktischen Erfahrungen verknüpft und offen für verschiedene methodische Zugänge bleibt, jedoch mit der Verpflichtung einer formativen Evaluation daherkommt (Reinmann, 2005). Edelson (2002) postuliert für DBR drei mögliche Ergebnisse, die anvisiert werden können (deutsche Übersetzung nach Krüger, 2011 sowie Reinmann, 2005):

- a) Design-Theorien bieten theoretische Erklärungen für das Funktionieren von Designs,
- b) Design-Frameworks strukturieren den Designprozess und bieten dafür eine organisatorische Grundlage und
- c) Design-Methodologien liefern Werkzeuge und Techniken zur Umsetzung und Verbesserung von Bildungsdesigns.

Design-Theorien sind durch ihren deskriptiven Charakter – Erklärungen für das Funktionieren von Designs – forschungsorientiert und damit nicht passend für das anvisierte

Entwicklungsvorhaben. Näher am dargelegten Entwicklungsziel sind die Design-Frameworks, da sie eine verallgemeinerte Designlösung darstellen. Reinmann (2005) spricht hier „von kohärenten Leitlinien für die Gestaltung von Lernumgebungen“. Design-Methodologien fokussieren hingegen die Entwicklung von Richtlinien für einen Designprozess, die ein bestimmtes Bildungsziel verfolgen, z. B. die reflektierte Entwicklung von Lernanwendungen. Im Vergleich fokussieren Design-Frameworks auf ein konkretes Ziel, indem sie Werkzeuge und Techniken zur Umsetzung und Verbesserung von Bildungsangeboten liefern und die Methode im Bildungsprozess vorgeben. Das Entwicklungsziel des ARihA-Projekts war, eine kompetenzorientierte Gestaltung von Lehr-/Lernprozessen von AR-Lernanwendungen durch die Ausbilder:innen zu gewährleisten, nicht aber spezifische Bildungsanliegen zu verfolgen. Entsprechend ordnen wir die vorliegende Arbeit im Ergebnis als Design-Methodologie ein.

In der Umsetzung des DBR-Prozesses empfiehlt Edelson (2002) vier Phasen: die Entwurfs-, die Umsetzungs-, die Analyse- und die Interpretationsphase, welche nacheinander und iterativ vollzogen werden. Konkreter wird Fraefel (2014) im Kontext der Lehrerbildungsforschung, indem er die Phasen in sieben Schritte differenziert.

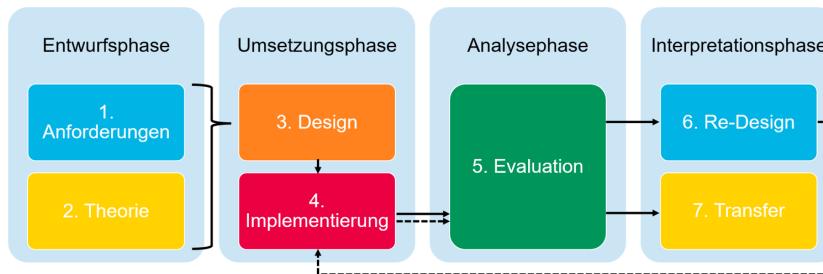


Abbildung 1: DBR-Prozess (in Anlehnung an Edelson (2002) und Fraefel (2014))

Abbildung 1 zeigt in einer Übersetzung in die deutsche Sprache, wie diese beiden Vorgehensweisen zueinanderstehen. Der Verlauf der Schritte ist dabei durch Pfeile illustriert. In der *Entwurfsphase* wird einerseits eine Anforderungsanalyse der realen, auch praktischen Rahmenbedingungen vorgenommen. Dies kann u. a. durch Beobachtungen vor Ort und Interviews mit der Zielgruppe geleistet werden. Im Schritt *Theorie* werden im Hinblick auf das Entwicklungsziel und die Ergebnisse der Anforderungsanalyse Erkenntnisse recherchiert, die zur Gestaltung des Entwicklungsvorhabens beitragen. In dieser Phase entsteht dahingehend ein erster Entwurf, weil die praktischen Anforderungen und die Theorien aufeinander abgestimmt werden. So zeichnet sich eine Skizze ab, welche in der nachfolgenden *Umsetzungsphase* in ein ausdifferenziertes Design überführt wird. Es empfiehlt sich aus eigener Erfahrung (Krüger et al., 2023; Krüger, 2011), diese beiden Schritte in einem Entwicklungsvorhaben parallel und durchaus iterativ zueinander zu absolvieren, um auf Erkenntnisse der Anforderungsanalyse und der theoretischen Auseinandersetzung wechselseitig reagieren zu können. Entsprechend ist dies von uns mit einer geschweiften Klammer und nicht durch einfache Pfeile illustriert. Das Design in der Umsetzungsphase führt anschließend

den Entwurf systematisch zusammen und liefert eine konkrete Lösung für das Vorhaben. In der Implementierung kommt diese zum Einsatz, in der Analysephase werden die damit gemachten Erfahrungen evaluiert. Es ist folglich zu Beginn der Implementierung zu planen, wie eine Datenerhebung für die nachfolgende Evaluation bewerkstelligt wird. Die *Interpretationsphase* ermöglicht aufgrund der Erkenntnisse aus der Analyse ein Re-Design und idealerweise – wie über den gestrichelten Pfeil dargestellt – eine erneute Implementierung mit nachgelagerter Evaluation. Unsererseits ergänzt wurde die Interpretationsphase um den Transfer. In diesem Schritt wird das Ergebnis finalisiert, nachhaltig bereitgestellt und z. B. zwecks weiterer Verbreitung beworben oder in die Organisationsentwicklung einer Bildungseinrichtung überführt.

3 Durchführung: 4 Phasen in 7 Schritten

Die Durchführung des Entwicklungsvorhabens gliedert sich in sieben Schritte, die sich in den vier Phasen des DBR-Ansatzes verorten lassen. Diese Schritte umfassen die Anforderungsanalyse, die Sichtung theoretischer Ansätze, die bei der Planung von Lernanwendungen unterstützen, die Konzeption und Implementierung des Designs, dessen Evaluation, die Weiterentwicklung und die Aufbereitung dieser für den Transfer. Die Durchführung jedes einzelnen Schrittes ist nachfolgend chronologisch dargelegt.

3.1 Anforderungen: Durchführung der Anforderungsanalyse an der HWK-UFR

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses stand die Anforderungsanalyse, um die Rahmenbedingungen und Bedürfnisse der Zielgruppe zu erfassen. Diese Analyse wurde durch eine Auftaktveranstaltung eingeleitet, bei der der aktuelle Stand der Projektentwicklung evaluiert und zentrale Themen wie vorhandenes Equipment und methodisch-didaktische Aspekte diskutiert wurden. Hierbei wurde festgestellt, dass das Projektteam der HWK-UFR einen ersten Prototyp – die KFZ-Beleuchtungswand – entwickelt hatte. Dabei zeigte die Analyse aber auch, dass viele Planungsfragen noch offen waren, z. B. welche Kompetenzziele verfolgt werden sollten und wie die AR-Lernanwendung in das Kurskonzept eingebettet werden kann. Darüber hinaus wurden weitere Anforderungen formuliert, u. a. der Wunsch, dass das Entwicklungsergebnis auch anderen Handwerkskammern als Grundlage dient, AR-Lernmedien selbstständig zu erstellen und in den Unterricht einzubinden. Für den Transfer war konkret ein Train-the-Trainer-Ansatz gewünscht, der die Weitergabe des methodisch-didaktischen Konzepts an weitere Bildungseinrichtungen ermöglicht.

3.2 Theorie: Ansätze, die bei der Konzeption von AR-Lernanwendungen unterstützen

Im Hinblick auf die in der Anforderungsanalyse gesammelten Erkenntnisse und die intendierte Zielsetzung des Vorhabens galt es, in einem nächsten Schritt Ansätze zu

sichten, die bei der Planung von AR-Lernanwendungen nutzbringend sind. Hierfür wurde mit Blick auf die technische Bildungsarbeit das Analyseraster Technischer Wissensinhalte (nachfolgend als ArTWin abgekürzt) als Grundlage für eine lebenswelt- und ressourcenorientierte Planung von AR-Lernanwendungen identifiziert. Mit ArTWin können die zu vermittelnden Wissensinhalte im Spannungsfeld von Sachwissen und Handlungswissen sowie deklarativem und prozeduralem Wissen differenziert in 16 Feldern erfasst werden (Erlebach et al., 2020). Da in der Auftragsvergabe explizit die Berücksichtigung technikübergreifender Wissensinhalte gefordert war, wurden darüber hinaus die „Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik“ von Ropohl (2009, S. 32) aufgegriffen, um bei der Planung von AR-Lernanwendungen eine kognitive Auseinandersetzung mit der sozialen, humanen und naturalen Dimension zu erwirken. Die Auswahl der hier dargelegten Werkzeuge zeigt bereits, dass es in einem ersten Schritt darum ging, eine didaktische Analyse von technischen Bildungsgegenständen vorzunehmen. Aufbauend auf die Analyse schien es notwendig, den Ausbilder:innen auch Hilfestellung bei der Gestaltung zu geben. Vor dem Hintergrund der begrenzten mediendidaktischen Kenntnisse bei den Ausbilder:innen erschien uns dies als ein schwieriges Unterfangen. Wie sollten wir hier Unterstützung liefern, ohne dass wir zu einem mediendidaktischen Studium raten, welches im Alltag von vollzeitbeschäftigte Ausbilder:innen kaum zu leisten ist? Unsere Überlegungen gingen schnell dahin, sich an bestehenden AR-Lernanwendungen zu orientieren, die uns als gelungen erschienen. Hierbei sollte jedoch keine simple Kopie fertiger AR-Lernanwendungen vorgenommen werden, sondern vielmehr die Aufmerksamkeit auf bewährte Teillösungen gelegt werden, die von Ausbilder:innen für ihre eigenen AR-Lernanwendungen – und technischen Themen – instrumentalisiert werden können, wie z. B. Navigationskonzepte oder Lernhandlungen. Hier erschien uns der Entwurfsmusteransatz bzw. die Hinwendung zu didaktischen Patterns nützlich, mit denen z. B. E-Learning-Lernszenarien so dokumentiert werden, dass sie in anderen Kontexten aufgegriffen werden können (Baumgartner & Bauer, 2012; Kohls & Wedekind, 2008). Darüber hinaus erschien es uns notwendig, die Mehrwerte bei der Gestaltung einer AR-Lernanwendung zu bestimmen. Hierfür haben wir das SAMR-Modell herangezogen (Puentedura, 2013).

3.3 Design: Entwurf des methodisch-didaktischen Konzepts

Das entworfene methodisch-didaktische Konzept wurde als DMK-Ampel bezeichnet (DMK = Didaktisch-Methodisches Konzept; Bezeichnung entsprechend der Auftragsvergabe). Es gliederte den Entwicklungsprozess für die Ausbilder:innen umgangssprachlich reduziert in die drei Phasen: *Erfassen*, *Gestalten* und *Umsetzen*. Jede der drei Phasen wurde in vier Schritte gegliedert, damit ergaben sich zwölf Schritte, die handlungsleitend für die Entwicklung einer AR-Lernanwendung waren. In der ersten Phase wurden relevante Informationen zu Kursen, Zielsetzungen und zu den Wissensinhalten (ArTWin, Dimensionen und Erkenntnisperspektiven von Technik) gesammelt, um die Implementierung der AR-Lernanwendung vorzubereiten. Die zweite Phase *Gestalten* widmete sich der Gestaltung der AR-Lernanwendungen und instrumentalisierte den Entwurfsmusteransatz. Hierfür wurden AR-Lernanwendungen gesichtet und acht

gestalterische Bausteine von AR-Lernanwendungen identifiziert, die als Werkzeuge zur inhaltlichen Ausgestaltung dienen können. Diese Bausteine wurden mit fünf wiederkehrenden Handlungskonzepten kombiniert, die typische Muster der AR-Lernanwendungen widerspiegeln. Die dritte Phase *Umsetzen* widmete sich der Umsetzung der Planungsergebnisse. Diese Phase wurde von uns zur Vervollständigung des gesamten Prozesses angehängt, auch wenn die eigentliche methodisch-didaktische Unterstützung mit dem Schritt *Gestalten* abgeschlossen war.

Der oben eingeführte DMK-Ampel-Begriff ist dabei an eine Metapher geknüpft: Ohne das Erfassen der Bildungsziele und -inhalte sowie einer entsprechenden Dokumentation derselben sollte keine Konstruktion einer AR-Lernanwendung angegangen werden, hierfür steht das rote Licht der Ampel. Beim Gestalten darf es bereits erste Entwürfe in Form kleiner Prototypen geben, welche die designerische Auseinandersetzung im Team gut sichtbar werden lassen. Im Hinblick auf die nachfolgende Umsetzung stellt dies eine Vorbereitung dar, gemäß der Ampel-Metapher: Gelb – Der Gang darf schon eingelegt werden. Selbstredend steht die grüne Ampel dann für die Umsetzung, sprich, es darf jetzt entwickelt werden.

3.4 Implementierung: Anwendung der DMK-Ampel

Die Implementierung des Konzepts erfolgte im Rahmen eines Workshops mit der HWK-UFR. Die Ausbilder:innen arbeiteten hierfür an einem Kurs mit dem Thema Schließtechnik für Metallbauer:in und Metallfachwerker:in, der von uns (Krüger & Stallmeier) begleitet wurde. Die Ausbilder:innen arbeiteten zunächst gemeinsam an der Erfassung relevanter Kursziele und -inhalte. In Kleingruppen wurden dann sowohl die Kursgestaltung als auch die Entwicklung von AR-Lernanwendungen vertieft. Das Ergebnis war ein Kurskonzept, das Lernabschnitte mit dem Modell der vollständigen Handlung verknüpfte und eine konkrete Gestaltung für eine AR-Lernanwendung unter Anwendung der 4-Stufen-Methode umsetzte. Dementsprechend wurden nur ausgewählte Lernhandlungen des bestehenden Kurses zur Schließtechnik in eine AR-Anwendung überführt.

3.5 Evaluation: Befragung der am AR-Entwicklungsprozess Beteiligten

Die Evaluation der DMK-Ampel erfolgte durch strukturierte Interviews mit den Beteiligten aus den Bereichen Management, Implementierung und Ausbildung. Der Interviewleitfaden umfasste Fragencluster zum Auftakt, zur Verwendung, zur Durchführung und zum Transfer. Die Ergebnisse zeigten, dass die DMK-Ampel weitgehend positiv aufgenommen wurde. Zudem wies die Analyse der Interviews Optimierungspotenziale auf. So wurde beispielsweise der Wunsch nach einer sprachlichen Vereinfachung der DMK-Ampel geäußert, und die Dokumentation der Planungsschritte wurde als ausbaufähig bewertet. Weiter zeigte sich, dass nicht alle Beteiligten an der DMK-Ampel geschult worden waren, was deren Nutzung für diesen Personenkreis einschränkte.

3.6 Re-Design: Überarbeitung des methodisch-didaktischen Konzepts

Auf Grundlage der Evaluationsergebnisse wurde die DMK-Ampel überarbeitet. Ziel des Re-Designs war es, diese klarer, einfacher und praxisnäher zu gestalten. Die DMK-Ampel wurde um eine zusätzliche Phase *Anwenden* erweitert. Diese Änderung verlagerte die Anwendung und Erprobung der AR-Lernanwendung aus der Phase *Umsetzen* in eine eigenständige Phase, wodurch der Fokus stärker auf die Erstellung und das Testen der AR-Lernanwendung gelegt werden konnte. Zudem wurden Analysewerkzeuge vereinfacht und somit das gesamte methodisch-didaktische Konzept sprachlich überarbeitet.

3.7 Transfer: Übertragung der DMK-Ampel in das EduAR Workbook

Für den Transfer in andere Handwerkskammern wurde die überarbeitete DMK-Ampel in Form eines Workbooks bereitgestellt. Dieses enthält erklärende Texte, Beispiele und Arbeitsmaterialien, die idealerweise ohne eine Fortbildung genutzt werden können. Alle vorab lose verwendeten Planungsdokumente wurden im Workbook digital zusammengefasst, um eine durchgängige Nutzung, d. h. ohne weitere Dokumente zu verwenden, zu gewährleisten. Das Workbook dient nicht nur als Anleitung für die Entwicklung und Implementierung von AR-Lernanwendungen, sondern auch als Grundlage für Fortbildungen im Train-the-Trainer-Format. Um die Ausrichtung auf AR-Lernanwendungen kurz und prägnant sichtbar werden zu lassen, wurde es final als EduAR Workbook benannt und somit Abstand vom Arbeitstitel DMK-Ampel genommen, der als zu unpräzise kritisiert wurde.

4 Ergebnis: Das EduAR Workbook

Die bisherigen Ausführungen sind im Hinblick auf die Darstellung der DMK-Ampel sowie das EduAR Workbook knapp gehalten, um den Fokus auf den DBR-getriebenen Entwicklungsansatz zu legen. Dieses Kapitel liefert einen kurzen Einblick in das EduAR Workbook.

Das EduAR Workbook ist ein 47 Seiten langes interaktives PDF-Dokument, das wie in Abbildung 2 ersichtlich in vier Phasen mit jeweils vier Schritten (4×4 -Konzept) unterteilt wurde. Jede Phase beginnt mit einer Erklärung und Zusammenfassung des Inhalts. Für die erste Phase folgen anschließend die vier aufgeführten Schritte, die jeweils mit einer Erklärung, einem Beispiel und einer interaktiven Vorlage versehen sind, die direkt im Dokument ausgefüllt werden können. Um den Ausbilder:innen die Weiterarbeit mit ihren zuvor erarbeiteten Ergebnissen zu vereinfachen, werden die ausgefüllten Vorlagen aus der Phase *Erfassen* im EduAR Workbook immer wieder eingeblendet. Dadurch werden die Ausbilder:innen in der Erarbeitung unterstützt und können so Bildungsziele, die in der ersten Phase erfasst wurden, direkt einsehen und auch in der Planung berücksichtigen. Das fertige EduAR Workbook ist über die Website der FH Münster (FH Münster, 2024) vollständig einsehbar und kann dort für die persönliche Nutzung kostenlos heruntergeladen werden. Dabei wird sichtbar, dass es speziell auf die Entwicklung von technischen AR-Lernanwendungen ausgerichtet ist.



Abbildung 2: Inhaltsverzeichnis des EduAR Workbooks (FH Münster 2024)

5 Abschluss: Was steht, was kommt?

Bei der Durchführung der Auftragsarbeit hat sich der DBR-Prozess wie dargestellt bewährt. Er zeigt einen klaren Weg auf und leistet durch seine iterative Vorgehensweise eine schrittweise Annäherung an das Entwicklungsziel. Eine entsprechende Vorgehensweise in ähnlich gelagerten Vorhaben zur Entwicklung von Design-Methodologien kann entlang der gesammelten Erfahrungen folglich empfohlen werden.

Auch das EduAR Workbook hat sich bewährt, wobei festgestellt werden muss, dass dessen Verwendung ohne entsprechende Begleitung oder Fortbildung der Ausbilder:innen nur bedingt zum Erfolg führt, gar ein Abbruch des reflektierten Gestaltungsprozesses von AR-Lernanwendungen zu befürchten ist. Die Ursache sehen wir darin, dass die Entwicklung von AR-Lernanwendungen etliche didaktische Komplexitätsmomente aufweist, die sich in einer entsprechenden Komplexität des EduAR Workbooks bemerkbar machen. Diese Komplexitätsmomente lassen sich trotz der vorgenommenen Vereinfachungen des EduAR Workbooks kaum weiter reduzieren, weil die reflektierte methodisch-didaktische Auseinandersetzung mit dem Bildungsgegenstand sowie dem Medium AR notwendig ist. So ist z. B. eine Mehrwertanalyse unerlässlich, um nicht

Bildungsgegenstände in AR-Lernmedien zu überführen, die keine gesteigerte oder gar eine reduzierte Lernleistung erwirken. Wir empfehlen für die nutzbringende Verwendung des EduAR Workbooks deswegen die folgenden beiden Vorgehensweisen:

- a) Fortbildung der Ausbilder:innen in der Entwicklung von AR-Lernanwendungen entlang eines konkreten AR-Entwicklungsprojekts unter Zuhilfenahme des EduAR Workbooks. Hierfür setzen wir als Kontaktzeit zwei bis drei Workshoptage an.
- b) Das EduAR Workbook wird von mediendidaktisch versierten Experten:innen verwendet, um gemeinsam mit den Ausbilder:innen AR-Lernanwendungen zu entwickeln.

Bei beiden Vorgehensweisen kann das Planungsergebnis zur Implementierung an AR-Entwickler:innen (Developer) als Auftragsarbeit übergeben werden. Denn die Überführung der Planungen in konkrete AR-Lernanwendungen erfordert weitere, im Schwerpunkt medientechnische Kompetenzen, die Ausbilder:innen zusätzlich erwerben müssten. Trotz der hier vorgenommenen Einschränkungen muss dargelegt werden, dass die Einbindung von Ausbilder:innen in den Entwicklungsprozess von AR-Lernanwendungen äußerst wünschenswert ist, weil sie häufig sowohl ihren Bildungsgegenstand als auch die Auszubildenden sehr gut kennen und wertvolle Hinweise zur Entwicklung von AR-Lernanwendungen beitragen können. Wir sehen folglich nur die autodidaktische Verwendung des EduAR Workbooks durch Ausbilder:innen kritisch.

In Zukunft ist angedacht, das EduAR Workbook auch in anderen Kontexten einzusetzen, im Sinne des DBR-Prozesses erneut zu evaluieren und die damit gesammelten Erkenntnisse in ein Re-Design zu überführen. Konkret findet dies derzeit im Rahmen des EU-Projektes „Pedagogical Alliance for XR-Technology in (Teacher) Education“ statt (Projektnummer 101139827 – PAX), indem es auch für die Entwicklung von VR-Lernanwendungen eingesetzt werden soll. Zielgruppe für das modifizierte Workbook sind hier XR-Entwickler:innen in Medienunternehmen, die häufig über keine methodisch-didaktische Ausbildung verfügen und entsprechende Unterstützung erfahren sollen. Dabei wird das EduAR Workbook an die neuen Begebenheiten angepasst und in die englische Sprache übersetzt. Die Ergebnisse können im Laufe des Jahres 2025 auf der Projekt-Website (PAX 2024) eingesehen werden.

Literatur

- Baumgartner, P., & Bauer, R. (2012). Didaktische Szenarien mit E-Portfolios gestalten – Mustersammlung statt Leitfaden. In G. Csanyi, F. Reichl & A. Steiner (Hrsg.), *Digitale Medien – Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre*, Medien in der Wissenschaft. Waxmann.

- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2020). *Überbetriebliche Ausbildung – modern, digital und attraktiv. Sonderprogramm zur Digitalisierung in überbetrieblichen Berufsbildungsstätten* [Fachinformation]. Abgerufen von https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/DE/3/31629_Ueberbetriebliche_Ausbildung.html
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of Learning Sciences*, 11(1), 105–112.
- Erlebach, R., Leske, P., & Frank, C. (2020). Ein Analyseraster Technischer Wissensinhalte als Grundlage für eine lebenswelt- und ressourcenorientierte Unterrichtsplanung. *bwp@*, 38, ISSN 1618–8543. Abgerufen von <https://www.bwpat.de/ausgabe/38/erlebach-etal>
- FH Münster. (2024, 7. Oktober). *EduAR Workbook – 4 × 4 Schritte zum AR-Lernkonzept* [Didaktische Handreichung]. Institut für Berufliche Lehrerbildung (IBL), Arbeitsbereich Technikdidaktik. Abgerufen von <https://www.fh-muenster.de/ibl/arbeitsbereiche/transfer.php>
- Fischer, F., Waibel, M., & Wecker, C. (2004). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 8 (3), 427–442.
- Fraefel, U. (2014). Professionalization of pre-service teachers through university-school partnerships Partner schools for Professional Development: Development, implementation and evaluation of cooperative learning in schools and classes. *WERA Focal Meeting at Edinburgh*. Abgerufen von <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1979.5925>
- Handwerkskammer für Unterfranken. (2024, 12. Dezember). *Projekt ArihA*. Abgerufen von <https://www.projekt-ariha.de/projekt-ariha>
- Kohls, C., & Weekind, J. (2008). Die Dokumentation erfolgreicher E-Learning-Lehr/Lernarrangements mit didaktischen Patterns. In S. Zauchner, P. Baumgartner, E. Blaschitz & A. Weissenbäck (Hrsg.), *Offener Bildungsraum Hochschule – Freiheiten und Notwendigkeiten*. Waxmann.
- Kremer, H.-H., Ertl, E., Hubert, S., & Peter, F. E. (Hrsg.). (2023). *Wissenschaft trifft Praxis – Designbasierte Forschung in der beruflichen Bildung*. Barbara Budrich.
- Krüger, M. (2011). *Selbstgesteuertes und kooperatives Lernen mit Vorlesungsaufzeichnungen. Das Lernszenario VideoLern – Eine Design-Based-Research-Studie*. Werner Hülsbusch.
- Krüger, M., Kastrup, J., Cejas Sainz, M. V., & Koch, S. (2023). Können „Digitale Flipcharts“ kollaborative Lehr-/Lernprozesse unterstützen? Wie Design-Based-Research-Studien über einen vergleichenden Ansatz diese Frage in der beruflichen Lehrerbildung beantworten. In H.-H. Kremer, H. Ertl, S. Hubert; F. E. Peter (Hrsg.), *Wissenschaft trifft Praxis – Designbasierte Forschung in der beruflichen Bildung* (S. 67–84). Barbara Budrich.
- PAX. (2024, 12. Dezember). *Pedagogical Alliance for XR-Technology in (Teacher) Education* [Projekt-Website]. Abgerufen von <https://pax-project.eu>
- Puentedura, R. R. (2013). *SAMR and TPCK: An introduction*. Abgerufen von https://web.archive.org/web/20180418020536id_/http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/03/28/SAMRandTPCK_AnIntroduction.pdf
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung*, 33(1), 52–69.

- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik* (3. Aufl.). Universitätsverlag. Abgerufen von <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000011529>
- Sandoval, W. A., & Bell, P. (2004). Design-Based-Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. *Educational Psychologist*, 39 (4), 199–201.
- Stark, R. & Mandl, H. (2001). *Die Kluft zwischen Theorie und Praxis – ein unlösbare Problem für die pädagogisch-psychologische Forschung?* München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.

Bildungskonzepte für gewerblich-technische Lehramtsstudiengänge im Kontext von Industrie 4.0

NATALI BECKER

Zusammenfassung

Ziel des Beitrages ist es, die Entwicklung, Erprobung und Qualitätssicherung von Bildungskonzepten mit den Schwerpunkten digitaler Transformation und Industrie 4.0 für das Lehramtsstudium für gewerblich-technische Fächer darzustellen. Die Erwartung an das hier beschriebene Konzept ist, Erfahrungen mit der Umsetzung der Maßnahmen in den Modulen des Lehramtsstudiengangs für gewerblich-technische Fächer (GTF) zu sammeln und Erkenntnisse für eine umfangreichere Umsetzung zu gewinnen.

Im Mittelpunkt steht die Frage, wie Technologien der Industrie 4.0 in Bildungsprozesse integriert werden können, um zukunftsrelevante Kompetenzen zu fördern. Die Analyse gestaltungsoffener Arbeitsprozesse sowie deren Einbettung in eine Lernsituationmatrix bieten dafür eine Grundlage. Ein zentraler Arbeitsprozess ist die prototypische Entwicklung eines Smartphone-Gehäuses und dessen Integration in den Produktionsprozess unter Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte, die mithilfe der Kompetenzdiagnostik COMET evaluiert werden.

Empirische Ergebnisse zeigen, dass die Integration von Industrie 4.0-Technologien entscheidend zur zukünftigen Beschäftigungsfähigkeit und Qualifizierung beiträgt.

Abstract

The aim of the article is to present the development, testing and quality assurance of educational concepts focusing on digital transformation and Industry 4.0 for the teacher training programme for industrial-technical subjects. The expectation of the concept described here is to gain experience with the implementation of the measures in the modules of the teacher training programme for industrial-technical subjects (GTF) and to gain insights for a more extensive implementation.

The focus is on the question of how Industry 4.0 technologies can be integrated into educational processes in order to promote future-relevant skills. The analysis of open work processes and their embedding in a learning situation matrix provides a basis for this. A central work process is the prototypical development of a smartphone with additive manufacturing technologies and sustainable production principles, which is evaluated with the help of the COMET Competence Diagnostic.

Empirical results show that the integration of Industry 4.0 technologies makes a decisive contribution to future employability and qualification.

Schlagworte: Industrie 4.0, Cyber-physische Systeme (CPS), Mensch-Maschine-Interaktion

1 Einleitung

Die Technologien der Industrie 4.0 ermöglichen eine intelligente Kommunikation und Interaktion zwischen Maschinen, Produkten und Menschen (Rückert, 2016). Dies führt zu zahlreichen wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Vorteilen, die die Effizienz, Nachhaltigkeit und Innovationsfähigkeit von Unternehmen und Bildungssystemen maßgeblich steigern.

In gewerblich-technischen Bereichen transformiert Industrie 4.0 bestehende Produktionsprozesse und verändert zugleich die Anforderungen an Fachkräfte, betriebliche Organisationsformen und didaktische Konzepte grundlegend. Die Qualifikation von Fachkräften, die in der Lage sind, neuartige Technologien wie künstliche Intelligenz, cyber-physische Systeme (CPS) und datengetriebene Produktionsprozesse zu erfassen, anzuwenden und weiterzuentwickeln, ist eine zentrale Voraussetzung für die Sicherung langfristiger Innovationsfähigkeit im industriellen Kontext (Lasi et al., 2014).

Die damit einhergehenden prozessualen und technologischen Umbrüche führen zu einem kontinuierlich steigenden Bedarf an zielgerichteten Bildungs- und Weiterbildungsmassnahmen im Zuge der digitalen Transformation (Ullrich et al., 2017, S. 92).

Dies führt zu der Notwendigkeit, neue Bildungskonzepte zu entwickeln, die technologische Innovationen systematisch integrieren und somit den Erwerb zukunftsrelevanter Kompetenzen ermöglichen. Zwar erfolgt die Qualifizierung im Sinne von Industrie 4.0 bisher vorrangig durch berufsbegleitende Schulungen und Weiterbildungsformate (Hofmann, 2016, S. 267), doch stellen deren hoher Ressourcenbedarf und zeitlicher Aufwand eine erhebliche Hürde für eine flächendeckende Umsetzung dar.

In Anbetracht dessen erfahren digitale Lehr- und Lernumgebungen eine zunehmende Relevanz. Der Einsatz simulationsgestützter Verfahren, Augmented Reality (AR) und hybrider Labore eröffnet neue didaktische Möglichkeiten zur praxisnahen Förderung berufsbezogener Handlungskompetenzen. Gleichzeitig ermöglichen diese Technologien die Entwicklung individualisierter und adaptiver Lehr-Lern-Settings, die stärker auf die heterogenen Voraussetzungen der Lernenden eingehen.

Eine zentrale Herausforderung besteht jedoch darin, Lehrkräfte auf die neuen Anforderungen der Industrie 4.0 vorzubereiten. Solange ihre Kompetenzen nicht systematisch weiterentwickelt werden, können sie ihre Rolle als Gestaltende digital gestützter Bildungsprozesse nur eingeschränkt wahrnehmen. Deshalb steht die Entwicklung didaktischer Konzepte und Strategien im Fokus, die die Integration Industrie-4.0-relevanter Inhalte in die berufliche Lehrkräftebildung gezielt fördern. Ziel ist es, Lehrpersonen

zu befähigen, digitale und automatisierte Produktionsprozesse nicht nur technisch zu verstehen, sondern diese auch didaktisch fundiert in den Unterricht zu integrieren.

Die Identifikation geeigneter Kompetenzmodelle, Lernformate und curricularer Umsetzungsstrategien bildet dabei einen wesentlichen Bestandteil zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Kontext beruflicher Bildung unter den Bedingungen der Industrie 4.0.

2 Didaktische Überlegungen

2.1 Didaktische Prinzipien einer praxisorientierten Lehre

Die gewerblich-technischen Berufsfelder erleben angesichts der digitalen Transformation tiefgreifende Veränderungen. Industrie 4.0 und der Übergang zu Industrie 5.0, die eine verstärkte Mensch-Maschine-Interaktion sowie eine nachhaltige und resiliente Industrieentwicklung fokussieren, bringen neue Technologien, komplexe Arbeitsprozesse und veränderte Kompetenzanforderungen mit sich. Damit eine erfolgreiche Umsetzung gewährleistet ist, müssen die Konzepte, Technologien und Leitbilder der vierten industriellen Revolution in neue sowie bestehende Studiengänge, Ausbildungssstrukturen, Lehr-/Lernformate und Bildungsmethoden integriert werden (Sendler, 2016, S. 15).

Die Orientierung am Konzept der vollständigen Aufgabenlösungen begründet sich in der Kompetenzdiagnostik, die auf Basis der Kriterien versucht, Kompetenzentwicklungen messbar zu machen. Das Vorgehen ist angelehnt an die Entwicklung gestaltungsorientierter Lern- und Arbeitsaufgaben (Howe, 2001, S. 128). Die einzelnen Lernsituationen werden durch eine Masterlösung im Sinne einer „Best-Practice“-Lösung (Dreher, 2015, S. 3) ergänzt. Diese soll zum einen zeigen, dass die Lernsituationen lösbar sind, und zum anderen Potenziale für Gestaltungsspielräume offenlegen. Die qualitative Evaluation basiert darauf, dass im Anschluss Lösungsräume entsprechend der Kriterien vollständiger Aufgabenlösungen (Rauner, 2021, S. 115) formuliert und in die Phasen der vollständigen Handlung eingebettet werden können.

2.2 Kompetenzdiagnostik und Evaluationskonzepte als Schlüssel zum Bildungserfolg

Eine gezielte Förderung von Kompetenzen erfordert eine kontinuierliche Kompetenzdiagnostik und ein systematisches Evaluationskonzept. Das COMET-Kompetenz- und Messungsinstrument bietet einen etablierten Ansatz, um berufliche Handlungskompetenz ganzheitlich zu diagnostizieren. Dabei werden Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen in komplexen Handlungssituationen gemessen und bewertet. Die Kompetenzentwicklung wird durch klar definierte Niveaustufen erfasst. Novizen verfügen über ein grundlegendes Verständnis einzelner Technologien und können diese in strukturierten Kontexten anwenden, während Gewandte in der Lage sind, technische Systeme selbstständig anzupassen und zu optimieren.

Für die Bewertung der Teilkompetenzen des COMET-Modells wird eine Kombination aus Beobachtungsmethoden und einem Testverfahren angewendet (Lissmann, 2013, S. 87). Es wird eine strukturierte (ausdifferenziertes Bewertungssystem), offene (Bekanntgabe der Beobachtungsabsicht) und passive (Beobachter ist kein aktives Mitglied der Gruppe) Beobachtungsmethode verwendet, da diese Beobachtungsformen den realistischen berufsbildenden Unterricht bestmöglich simulieren (Lissmann, 2013, S. 88). Die Kriterienvalidität wird dabei durch die qualitativ abgesicherten COMET-Kriterien sichergestellt (vgl. Rauner & Piening, 2018, S. 889).

3 Umsetzung

3.1 Technologieeinsatz innerhalb des Lernvorhabens

Das Modul „Gewerblich-technische Facharbeit“ im Bachelorstudium für das Lehramt der gewerblich-technischen Fächer (GTF) wurde entwickelt, um die Studierenden im beruflichen Lehramt einzumünden. Ein besonderer Mehrwert liegt in der konzeptionellen Verankerung einer berufsorientierten Lehre, die eine enge Verzahnung von fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und berufspraktischen Elementen ermöglicht. Zu den angebotenen Seminaren zählen „Diagnose und Instandhaltung“, „Fertigungsprozesse“, „Nachhaltigkeit in der Facharbeit“ sowie „Mathematische Grundlagen für Cyber-physische Systeme (CPS)“.

Innerhalb der Seminare „Nachhaltigkeit in der Facharbeit“ und „Mathematische Grundlagen für CPS“ erarbeiten die Studierenden projektbasierte Lernvorhaben, die auf die Anwendung von Industrie-4.0-Technologien und Nachhaltigkeit abzielen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Potenzielle Themen und Technologieeinsatz

Potenzielle Themen	Technologien der Industrie 4.0
Additive Fertigung der Smartphonehülle in Absprache mit den gewünschten Anforderungen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten	Produktentwicklung sowie konstruktive Optimierung des Smartphoneprototyps (CAD, KI-Tools) Fertigung des Prototyps (3D-Druck) Qualitätssicherung (smarte Kamera und KI-basierte Auswertungstools)
Optimierung von Produktionsprozessen	Implementierung von Smartphoneprototypen im Produktionsprozess (CP-Lab, MES, RFID) Optimierung von Produktionsprozessen (CP-Lab, MES, RFID, IoT-Sensoren) dynamische Anpassung der Produktionsprozesse (SPS, MES, RFID, IoT-Sensoren) Predictive Maintenance (KI, ML (C#, Python))
Bereitstellung von Materialien entsprechend den Produktionsanforderungen	Mensch-Roboter-Kollaboration autonome Robotino-Navigation zwischen den Stationen des CP-Labs (Robotino, Robotino View, Matlab)

Das Konzept integriert eine Vielzahl von Technologien, darunter Cyber-physische Systeme (CPS), speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), additive Fertigung, Roboteranwendung sowie Ansätze der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Maschinellen Lernens (ML) in ein Gesamtkonzept. Dabei werden die Potenziale dieser Technologien für die nachhaltige und ressourcenschonende Gestaltung von Produktionsprozessen hervorgehoben.

Die additive Fertigung verbindet ressourceneffiziente Herstellungsprozesse mit innovativen Gestaltungsansätzen in der Konstruktion und Produktion. Insbesondere durch die Reduktion des Materialverbrauchs und die flexible Anpassung der Bauteile leistet diese Technologie einen Beitrag zu einer nachhaltigen Fertigung.

Cyber-physische Systeme (CPS) und speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) ermöglichen den Studierenden, praxisnahe Erfahrungen in der digitalen Steuerungs- und Automatisierungstechnik zu sammeln. Durch die direkte Interaktion mit diesen Technologien erwerben sie ein tiefgehendes Verständnis für die Vernetzung von Hardware- und Softwarekomponenten, die Echtzeit-Datenverarbeitung sowie die Implementierung intelligenter Steuerungsstrategien. Gleichzeitig fördert die Arbeit mit CPS und SPS die Entwicklung problemlösungsorientierter Kompetenzen, indem die Studierenden lernen, komplexe Produktionsprozesse zu analysieren, zu optimieren und nachhaltige Lösungen zu entwerfen.

Parallel dazu erfolgt eine systematische Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) und Maschinellem Lernen (ML) in das Lernkonzept mit dem Ziel, den Studierenden fundierte Kenntnisse über intelligente Steuerungssysteme und datengetriebene Prozessoptimierung zu vermitteln. Maschinelles Lernen, ein Teilbereich der KI, befähigt Computersysteme, Muster und Zusammenhänge autonom aus Daten zu extrahieren und ihre Leistung kontinuierlich ohne explizite Programmierung zu steigern. Diese Ansätze eröffnen neue Perspektiven für die vorausschauende Steuerung und Optimierung industrieller Prozesse.

Die Verknüpfung der Nachhaltigkeitsaspekte als fundamentales Prinzip in das übergreifende Curriculum des Lernprojekts stellt einen besonderen Aspekt des Projekts dar. Das übergeordnete Ziel besteht in der Befähigung der Studierenden, technologische Innovationen im Sinne der ökologischen und sozialen Anforderungen zu gestalten. Im Fokus steht dabei die kritische Reflexion darüber, wie technischer Fortschritt verantwortungsvoll genutzt werden kann, um sowohl wirtschaftliche Effizienz als auch gesellschaftliche Nachhaltigkeitsziele zu unterstützen.

Durch die Verknüpfung dieser thematischen Schwerpunkte zu einem interdisziplinären Lernkonzept entwickeln die Studierenden umfassende Kompetenzen, die sie befähigen, in ihrem späteren beruflichen Handeln flexibel und reflektiert auf komplexe Herausforderungen zu reagieren und die digitale und nachhaltige Transformation aktiv mitzugestalten.

3.2 Gestaltung von Lernszenarien

Im Rahmen eines interdisziplinären Projekts entwickeln Studierende eine smarte und nachhaltige Produktionslinie für individualisierte Smartphonehüllen (Tabelle 2) und

setzen innovative Technologien ein, um den gesamten Fertigungsprozess effizient und nachhaltig zu gestalten.

Die Studierenden konzipieren die Fertigung des Smartphone-Gehäuses. Zu diesem Zweck erstellen sie mittels 3D-CAD-Modell die Prototypen des Smartphone-Gehäuses, wobei sie Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen. Die Fertigung erfolgt mittels 3D-Druckverfahren, wobei die Individualisierung der Produkte im Vordergrund steht. Die optische Qualitätsprüfung erfolgt durch eine Smart-Kamera, die kontinuierlich Videodaten erfasst. Diese werden in Echtzeit an eine ML-Software übermittelt, die Mängel und Abweichungen erkennt und analysiert. Dadurch lernen die Studierenden, wie maschinelles Lernen zur Qualitätskontrolle eingesetzt wird, und entwickeln ein Verständnis für automatisierte Prüfprozesse.

Die Fertigung des Smartphone-Gehäuses erfolgt automatisiert auf der CP-Lab-Anlage von Festo, wobei die Produktionskette durch ein Manufacturing Execution System (MES) koordiniert wird. Neben der Prozessautomatisierung liegt ein besonderer Fokus auf der Implementierung energieeffizienter Strategien zur nachhaltigen Produktionsoptimierung. Des Weiteren wird den Studierenden durch die Simulation von Predictive Maintenance die Möglichkeit geboten, Wartungsbedarfe frühzeitig zu identifizieren und Ausfallzeiten durch gezielte präventive Maßnahmen zu reduzieren.

Ein mobiler Roboter (Robotino) übernimmt die Materiallogistik und steuert den Transport zwischen den verschiedenen Stationen der Festo CP-Factory. Die Studierenden programmieren und steuern den Roboter, um einen reibungslosen Materialfluss sicherzustellen und damit die Produktionsabläufe zu optimieren.

Tabelle 2: Lernsituationsmatrix

Lernsituation	Novize	Gewandter	Experte
<i>Additive Fertigung eines Smartphone-Gehäuses</i>			
Druckauftrag ausführen und dokumentieren	Grundlegende Druckparameter einstellen	Schichtstärken, Positionierung, Druckgeschwindigkeiten anpassen	Zusätzlich: Füllmuster und -dichte, Wandlinien optimieren
Durchführung einer Konstruktionsänderung am Smartphone-Gehäuse	Einfache Anpassungen mit vorgegebenen Parametern	Selbstständige Konstruktionsänderungen: Materialverbrauch, Maßhaltigkeit, Druckzeit, Druckbarkeit optimieren	Zusätzlich: Nutzung der KI-Tools zur Optimierung der Fertigungsdaten
Produktentwicklung und Fertigung	Einfache Produktentwicklung nach Vorlage sowie Berücksichtigung grundlegender Kundenanforderungen	Smartphone-Gehäuse in Absprache mit Kunden den gewünschten Anforderungen gestalten	Zusätzlich: Nutzung der KI-Tools und smarter Kamera zur Erkennung von Mängeln beim 3D-Druck

(Fortsetzung Tabelle 2)

Lernsituation	Novize	Gewandter	Experte
<i>Optimierung von Produktionsprozessen</i>			
Erstellung der Master Data im MES für die einfarbige Fertigung des Smartphone-Gehäuses	Grundlegende Dateneingabe mit vorgegebenen Parametern	Erstellung der vollständigen Master Data (Parts, Work Plans, Operation und Utilities) mit vorgegebenem Work Plan und mit Hilfestellung	Zusätzlich: Erstellung des Work Plans sowie selbstständige Parameterbestimmung der Operation
Anpassung des MES zur parallelen Herstellung von Smartphone-Gehäusen in verschiedenen Farben	Einfache Anpassungen unter Anleitung sowie Anpassung für begrenzte Varianten	Anpassung der Stammdaten im MES, um Smartphone-Gehäuse in verschiedenen Farben zu produzieren	Zusätzlich: Implementierung eines neuen RFID-Systems und Anpassung der Master Data im MES, um verschiedenfarbige Smartphone-Gehäuse zu produzieren
Einsatz von KI zur Optimierung von Produktionsprozessen durch Echtzeitdaten und Predictive Analytics	Verständnis grundlegender KI-Konzepte sowie Anwendung vorgegebener KI-Modelle auf Produktionsdaten	Analyse historischer Produktionsdaten, Maschinelles Lernen und Deep Learning im Produktionskontext	Zusätzlich: Modellbildung und Training von KI-Systemen, Fernsupport mit RealWear HMT-1

Nach jeder Projektphase werden strukturierte Reflexionszyklen eingebaut:

- Technische Reflexion: Was funktioniert? Wo gibt es Optimierungspotenzial?
- Didaktische Reflexion: Wie kann das Gelernte schülergerecht transformiert werden?
- Nachhaltigkeitsreflexion: Welche ökonomischen, ökologischen und sozialen Implikationen hat das Projekt?

Der Anteil der Studierenden, die die Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau repräsentieren, ist signifikant, was zu einer heterogenen Wissensbasis und unterschiedlichen praktischen Vorerfahrungen in dem Lernumfeld führt. Um dieses Potenzial gezielt zu nutzen, arbeiten sie in interdisziplinären Teams. Diese fördern den fachlichen Austausch und tragen zur Entwicklung integrativer Problemlösungskompetenzen bei. Diese Arbeitsweise reflektiert die Anforderungen der beruflichen Praxis, in der die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen von essentieller Bedeutung ist.

Für eine erfolgreiche Umsetzung werden Lehrkräfte regelmäßig geschult, um sicherzustellen, dass sie mit den neuesten Technologien und didaktischen Ansätzen vertraut sind. Dies umfasst nicht nur die Handhabung von CPS und 3D-Druckern, sondern auch den Einsatz von KI-Tools und datenbasierter Prozessoptimierung. Diese kontinuierliche Weiterentwicklung der Lehrkompetenz schafft die Grundlage für eine moderne und technologieorientierte Bildungspraxis.

4 Fazit und Ausblick

Ein zentraler Aspekt des vorgestellten Ansatzes ist die Entwicklung, Erprobung und Qualitätssicherung innovativer Bildungskonzepte für das Lehramtsstudium gewerblich-technischer Fachrichtungen. Im Fokus stehen die Integration von Technologien im Kontext von Industrie 4.0 sowie die Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit. Dies eröffnet vielfältige didaktische Möglichkeiten für eine Kompetenzentwicklung mit variierenden Komplexitäts- und Anforderungsniveaus. Die Gestaltung binnendifferenzierter Lernsituationen trägt maßgeblich zur Qualitätssicherung der Lehre bei. Ein weiterer bedeutender Aspekt ist der Einsatz KI-basierter Instrumente, die für künftige Lehrkräfte von hoher Relevanz sind.

Der arbeitsprozessbezogene Lernansatz intensiviert die Verbindung zu realen industriellen Abläufen, indem Studierende an konkreten betrieblichen Prozessen arbeiten. Die Simulation vollständiger Arbeitsprozesse – von der Planung über die Umsetzung bis hin zur Qualitätssicherung – schafft eine praxisnahe und anwendungsorientierte Lernumgebung. Die enge Verzahnung von Theorie und Praxis steigert nicht nur die Motivation der Lernenden, sondern verbessert auch den Wissenstransfer in berufliche Anwendungskontexte.

Zukünftige Forschungsarbeiten werden sich auf die Weiterentwicklung dieses Konzepts konzentrieren. Trotz der erzielten Fortschritte bestehen weiterhin Herausforderungen, insbesondere im Bereich der Echtzeitdatenverarbeitung sowie der Datensynchronisation. Eine Optimierung sollte sich daher auf die Erweiterung der Datengrundlage zur Verbesserung der Modellvorhersage sowie auf die direkte Integration von Produktionsdaten aus dem CP-Lab in die Anwendung und das zugrunde liegende Python-Skript konzentrieren.

Ein weiteres zukunftsweisendes Entwicklungsfeld ist der Einsatz von Chatbots zur Unterstützung eines menschenzentrierten Unterrichts. Die Implementierung dieser Technologien kann die Interaktivität im Lernprozess erhöhen und adaptive, personalisierte Lernumgebungen schaffen, die gezielt auf die individuellen Bedürfnisse der Studierenden abgestimmt sind. Der gezielte Einsatz von KI-gestützten Assistenzsystemen kann somit eine nachhaltige Verbesserung der Lehr-Lern-Prozesse im gewerblich-technischen Bildungskontext erreichen.

Literatur

- Dreher, R., Schwenger, U., Geffert, R., Vollmer, T. & Neustock, U. (2015). Möglichkeit der Entwicklung binnendifferenzierender Lernsituationsmatrizen am Beispiel „Saugrohreinspritzung“. In Schwenger, U.; Geffert, R.; Vollmer, T.; Neustock, U.(Hg.). *bwp@ Spezial 8 – Arbeitsprozesse, Lernwege und berufliche Neuordnung*. S. 1–10. Online: www.bwpat.de/spezial8/dreher_bag-elektro-metall-2015.pdf [Zugriff am: 05.01.2025]

- Howe, F. (2001). Gestaltungsorientierte Lern- und Arbeitsaufgaben. In Ebling, U.; Gronwald, D.; Stuber, F. (Hg.). *Lern- und Arbeitsaufgaben als didaktisch-methodisches Konzept. Arbeitsbezogene Lernprozesse in der gewerblich-technischen Ausbildung*. Bielefeld: Bertelsmann. S. 126–146.
- Hofmann, J. (2016). Voraussetzungen für den Einsatz von MES schaffen – Erfahrungsbericht aus Sicht einer Fertigung. In Obermaier, R. *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 255–270. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08165-2_15
- Lave, J., Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. In *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), S. 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lissmann, U. (2013). Forschungs- und Erhebungsmethoden. In Frey, A.; Lissmann, U.; Schwarz, B. (Hrsg.). *Handbuch berufspädagogische Diagnostik*. Weinheim und Basel: Beltz, S. 87–121.
- Obermaier, R. (2016). Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe. In Obermaier, R. (Hrsg.). *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 3–34. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08165-2_1
- Rauner, F., Piening, D. (2018). Kompetenzdiagnostik und Prüfen. In Rauner, F.; Grollmann, P. (Hrsg.). *Handbuch Berufsbildungsforschung*. Bielefeld: wbv, S. 886–894. <https://doi.org/10.36198/9783838550787>
- Rauner, F. (2021). *Gestaltungskompetenz. Leitidee der modernen Berufsbildung*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-34353-8>
- Rückert, T. (2016). Das IoT ebnet den Weg zur vernetzten Wirtschaft. In Sendler, U. (Hrsg.). *Industrie 4.0 grenzenlos*. Berlin: Springer Vieweg, S. 217–228. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48278-0_13
- Sendler, U. (2016). Einleitung. In Sendler, U. (Hrsg.). *Industrie 4.0 grenzenlos*. Berlin: Springer Vieweg, S. 3–16. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48278-0>
- Ullrich, A., Thim, C., Vladova, G., Gronau, N. (2017). Wandlungsbereitschaft und Wandlungsfähigkeit von Mitarbeitern bei der Transformation zu Industrie 4.0. In Reinheimer, S.: *Industrie 4.0. Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele*. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 91–113. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18165-9_7

Autorenverzeichnis

Becker, Matthias, Prof. Dr., Professur für die Didaktik der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM), Leibniz Universität Hannover, Appelstraße 11, 30167 Hannover, becker@ibm.uni-hannover.de

Becker, Natali, Dr., Lehrstuhl für Technikdidaktik am Berufskolleg, Universität Siegen, Breite Straße 11, D-57076 Siegen, becker.tvd@uni-siegen.de

Bergmann, Viktoria, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, IBAP – Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, viktoria.bergmann@kit.edu

Breuer, Jan, Dr., Fakultät II: Bildung, Architektur, Künste, Universität Siegen, Span-dauer Str. 40, 57072 Siegen, jan.breuer@uni-siegen.de

Castillo Velasquez, Lina Rocio, M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM), TH Köln, Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach, lina.castillo@th-koeln.de

Dreher, Ralph, Prof. Dr., Gründer und Leiter des Lehrstuhls für Technikdidaktik an Berufskollegs, Universität Siegen. dreher.tvd@uni-siegen.de

Dreßen, Jule Marie, Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Abteilung Bildung für technische Berufe, RWTH Aachen, Eifelschornsteinstr. 18, 52062 Aachen, j.dressen@iaw.rwth-aachen.de

Frenz, Martin, Prof. Dr., Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Abteilungsleitung Bildung für technische Berufe, RWTH Aachen, Eifelschornsteinstr. 18, 52062 Aachen, m.frenz@iaw.rwth-aachen.de

Gerhardus, Anna Kathrin, Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Abteilung Bildung für technische Berufe, RWTH Aachen, Eifelschornsteinstr. 18, 52062 Aachen, k.gerhardus@iaw.rwth-aachen.de

Grantz, Torsten, LandBauTechnik – Bundesverband e. V., Ruhrallee 80, 45136 Essen, torsten.grantz@landbautechnik.de

Gunnemann, Lisa, Prof. Dr.-Ing., Professur für Fertigungsverfahren und Qualitätsmanagement, Dekanin der Fakultät für Maschinenbau, Fachhochschule Dortmund, Sonnenstraße 96–100, 44139 Dortmund

Haack, Matthias, Prof. Dr.-Ing., Inhaber der Professur für Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik am Institut für Berufsbildung der Universität Kassel,
haack@uni-kassel.de

Hanau, Eva, M. A., ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V., Fachbereich Unternehmensexzellenz und Transformation, Uerdinger Str. 56, 40474 Düsseldorf, e.hanau@ifaa-mail.de

Isik, Berivan, M.Ed., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Lehrstuhl Fachdidaktik für gewerblich-technische Fachrichtungen und Lehrstuhl Berufspädagogik, Institut für Berufspädagogik, Universität Rostock, August-Bebel-Str. 28, 18055 Rostock, berivan.isik@uni-rostock.de

Jambor, Thomas N., Dr.-Ing. habil., Privatdozent an dem Fachgebiet Didaktik der Elektrotechnik und Informatik der Leibniz Universität Hannover,
jambor@dei.uni-hannover.de

Kalisch, Claudia, Dr., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Lehrstuhl Berufspädagogik, Institut für Berufspädagogik, Universität Rostock, August-Bebel-Str. 28, 18055 Rostock, claudia.kalisch@uni-rostock.de

Kaufmann, Axel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Arbeitsbereich 2.3 Gewerblich-technische Berufe, Friedrich-Ebert-Allee 114–116, 53113 Bonn, kaufmann@bibb.de

Khongklad, Celina, M.Ed., Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fach- und Technikdidaktik, Institut für Berufliche Lehrerbildung (IBL), FH Münster, Leonardo-Campus 7, 48149 Münster, celina.khongklad@fh-muenster.de

Klaffke, Henning, Prof. Dr., Professor für Angewandte Informatik, Berufliche Hochschule Hamburg, Anckelmannstraße 10, 20537 Hamburg,
henning.klaffke@bhh.hamburg.de

Krüger, Marc, Prof. Dr., Professur für Fach- und Technikdidaktik, Institut für Berufliche Lehrerbildung (IBL), Leonardo-Campus 7, FH Münster, 48149 Münster,
marc.krueger@fh-muenster.de

Landau, Estella, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel, Mönchebergstraße 7, 34125 Kassel, E.Landau@uni-kassel.de

Lengersdorf, Jeanne, M.Ed., Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachdidaktik Mediendesign/Designtechnik, Institut für Berufliche Lehrerbildung (IBL), FH Münster, Leonardo-Campus 7, 48149 Münster, jeanne.lengersdorf@fh-muenster.de

Müller, Mattia Lisa, Dr., Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Abteilung Bildung für technische Berufe, RWTH Aachen, Eilfschornsteinstr. 18, 52062 Aachen, m.mueller@iaw.rwth-aachen.de

Nagel, Stefan, Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, IBM – Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Leibniz Universität Hannover (LUH), Appelstraße 11, 30167 Hannover, nagel@ibm.uni-hannover.de

Permin, Eike, Prof. Dr.-Ing., Professur für Digitale Produktion, Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM), TH Köln, Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach, eike.permin@th-koeln.de

Pothoff, Leonie, M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Fachhochschule Dortmund, Sonnenstraße 96–100, 44139 Dortmund

Pursche, Anne, M.Sc., Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Abteilung Bildung für technische Berufe, RWTH Aachen University, Eilfschornsteinstr. 18, 52062 Aachen, a.pursche@iaw.rwth-aachen.de

Reich, Mario, Wiss. Mitarbeiter an der Juniorprofessur für Berufspädagogik mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung gewerbl.-technischer Berufe, Fakultät für Humanwissenschaften, Institut I: Bildung, Beruf und Medien, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, mario.reich@ovgu.de

Richter-Honsbrok, Tim, Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, IBM – Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Leibniz Universität Hannover (LUH), Appelstraße 11, 30167 Hannover, richter@ibm.uni-hannover.de

Roesges, Soeren, Lehrerbildungszentrum (LBZ), RWTH Aachen, Kármánstr. 17–19, 52056 Aachen, roesges@lbz.rwth-aachen.de

Riehle, Tamara, Prof. Dr., Professur Berufspädagogik – Fachdidaktik gewerbl.-technischer Fachrichtungen, Universität Rostock, August-Bebel-Str. 28, 18055 Rostock, tamara.riehle@uni-rostock.de

Schmidt, Ludger, Univ.-Prof. Dr.-Ing., Professur für Mensch-Maschine-Systemtechnik, Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement, Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel, Mönchebergstraße 7, 34125 Kassel, L.Schmidt@uni-kassel.de

Schütt-Sayed, Sören, Dr., Oberingenieur, Technische Universität Hamburg (TUHH), ITBH – Technische Bildung und Hochschuldidaktik, Am Irrgarten 3–9, 21073 Hamburg, soeren.schuett@tuhh.de

Spöttl, Georg, Prof. Dr. Dr., UBC-Zentrum für Technik, Arbeit und Berufsbildung, Universität Bremen, Universitätsallee 11–13, 28359 Bremen, spoettl@uni-bremen.de

Stallmeier, Nils, M.Ed., Pictorius Berufskolleg Coesfeld, Borkener Str. 23, 48653 Coesfeld, nilsstallmeier@gmail.com

Windelband, Lars, Prof. Dr., Professur für Berufliche Metalltechnik, Institut für Berufswissenschaft der Metalltechnik (IBMT) an der Technischen Universität Hamburg, Am Schwarzenberg-Campus 2, lars.windelband@tuhh.de

Winkler, Florian, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellvertretender Arbeitsbereichsleiter, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Arbeitsbereich 2.4 Elektro-, IT- und naturwissenschaftliche Berufe, Friedrich-Ebert-Allee 114–116, 53113 Bonn, florian.winkler@bibb.de

Zimpelmann, Eike, Dipl.-Ing.-Päd., Dipl. -Ing. (BA), Akademischer Mitarbeiter, Institut für Schulpädagogik und Didaktik (ISD), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Engler-Bunte-Ring 1–7, 76131 Karlsruhe, eike.zimpelmann@kit.edu

Zopff, Andreas, Prof. Dr., Juniorprofessur für Berufspädagogik mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung gewerblich-technischer Berufe, Institut I: Bildung, Beruf und Medien, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Humanwissenschaften, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, andreas.zopff@ovgu.de

Siegener Erklärung 2024

Die Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw) in der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. hat sich im Rahmen der 23. gtw-Herbstkonferenz 2024 mit Transformationsprozessen in der gewerblich-technischen Facharbeit mit einer Schwerpunktsetzung auf die Bedeutung des Mittelstandes und neuer Lernkonzepte auseinandergesetzt. Sie fasst ihre Einschätzungen zu notwendigen Entwicklungen in den Didaktiken und der Lehrkräftebildung in der folgenden Erklärung zusammen.

Transformatoren in der gewerblich-technischen Facharbeit

Gerade am Konferenzstandort 2024 in Siegen wird am Campus Buschhütten exemplarisch deutlich, dass eine große Stärke der industriellen Produktion aus dem Ideenreichtum der miteinander vernetzten Forschenden, Lehrenden und Lernenden erwächst. Sie wirken zusammen als Transformatoren der gewerblich-technischen Facharbeit im Kontext von Industrie-4.0-Umgebungen. Die gtw hat in Siegen sehr innovative Lernkonzepte gesehen, diskutiert und unterstützt solche Konzepte, die eine flexible und zukunftsgerichtete Ausbildung in gewerblich-technischen Berufsfeldern ermöglichen. Die Lernorte Betrieb, Berufsschule und Hochschule sowie eher nicht-institutionalisierte Lernorte wie Maker-Labs und Realwerkstätten können ihre jeweiligen Stärken ausspielen, um die Herausforderungen der digitalisierten Produktion und Arbeitswelt gemeinsam zu meistern. Alle genannten Lernorte benötigen Raum und Ressourcen wie am Campus Buschhütten, um Vernetzungen im transformativen Sinne zu realisieren. Wir fordern Bund und Länder auf, Lernkonzepte zu unterstützen, die eine solche lernortübergreifende, auf gewerblich-technische Berufe ausgerichtete Kompetenzentwicklung möglich machen. Ebenso sollten solche Konzepte wissenschaftlich begleitet und weiterentwickelt werden, um einen Beitrag zur Innovation des dualen Systems zu leisten.

Weichen für die Nachwuchssicherung stellen

Jüngste Veröffentlichungen und Statistiken zum Lehrkräftenachwuchs in gewerblich-technischen Fachrichtungen offenbaren eine ungewollte Kontinuität: Es sind so gut wie

keine Studienstandorte zu finden, die zweistellige Einschreibebezahlen für eine gewerblich-technische Fachrichtung in Masterstudiengängen verzeichnen können. Der Bedarf an Lehrkräften ist hingegen weiterhin hoch und die Bugwelle an ausscheidenden Lehrkräften erscheint gerade erst am Horizont. Die Länder sind daher mehr denn je bemüht, Lehrkräfte für Berufsbildende Schulen zu rekrutieren. Um die Nachwuchssicherung zu gewährleisten, fehlt es also einerseits an einer ausreichenden Zahl an Studierenden und andererseits sind die Studienstandorte, Seminare und Schulen gerade deswegen stark unter Druck: Statt eines Ausbaus gewerblich-technischer Fachrichtungen mit wissenschaftlichem Personal und Professuren wird weiter an Sondermaßnahmen und -wegen festgehalten und es werden Bereichsdidaktiken an den Hochschulen ausgebaut. Das wiederum schwächt die Standorte, sodass sie kaum mehr in der Lage sind, die Attraktivität für Studium und auch Forschung aus eigener Kraft zu erhöhen.

Deshalb fordern wir den Erhalt und den Ausbau der gewerblich-technischen Fachrichtungen an den Universitäten und Hochschulen. Zugleich fordern wir, dass in den bereits vorhandenen Seiten-, Quer- und Direkteinstiegsmodellen der Länder immer eine forschungsorientierte Lehrkräfteausbildung in Zusammenarbeit mit den Hochschulen bzw. Universitäten eingeführt werden muss.

Als ein neuer, weiterer Weg werden nun praxisintegrierende duale Studiengänge erprobt, die Unterrichtstätigkeit und Masterstudium kombinieren. In NRW sind bereits fünf Studienstandorte mit diesem Modell konfrontiert. Ein Vorbereitungsdienst nach in der Regel drei Jahren Schulpraxis als Lehrkraft folgt, der häufig berufsbegleitend absolviert wird (Beispiel: OBAS in NRW). Auch eine Analyse in allen anderen Bundesländern macht deutlich, dass bislang die Vielzahl an Maßnahmen wenig erfolgreich ist. Die gtw setzt sich dafür ein, bundeseinheitliche Standards zu wahren und spricht sich für eine intensive Nachwuchsförderung aus, sodass Forschung und Lehre an den Hochschulen den Ausbildungsansprüchen auch gerecht werden können.

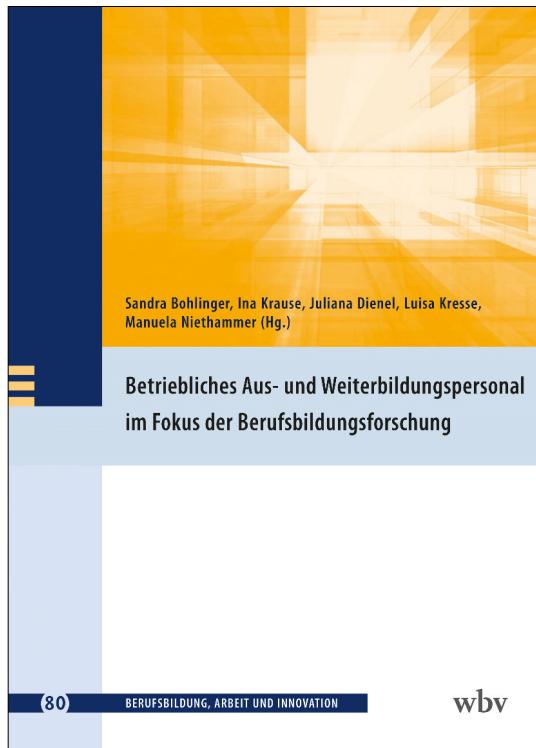
Stärkung der Berufsbildung durch ganzheitlich angelegte Berufsbildungskonzepte

Die Berufsausbildung sowie die berufliche Aufstiegsfortbildung müssen enger miteinander verzahnt werden. Die Verzahnung sichert systematische Karrierewege und leistet einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung einer Beruflichkeit. Ganzheitlich angelegte Berufsbildungskonzepte stärken die berufliche Bildung und fördern eine kontinuierliche berufliche Entwicklung. Solche Konzepte sichern den Stellenwert von Berufen für Individuen wie auch für Gesellschaft und Wirtschaft ab und sollten nicht in Form von Micro-Credentials kumulativ angerechnet werden können, weil solche von-einander isolierte Teilqualifikationen die ganzheitliche Entwicklung behindern und zu einer Fragmentierung der beruflichen Bildung mit der Gefahr einer Entberuflichung führen. Daher ist es essenziell, ganzheitliche Berufsbildungskonzepte zu fördern, um eine nachhaltige und umfassende berufliche Qualifikation sicherzustellen und somit die Beruflichkeit zu erhalten. Die gtw tritt dafür ein, Teilqualifikationen und damit

auch ggf. Micro-Credentials immer in einen Zusammenhang mit umfassenden beruflichen Abschlüssen zu setzen. Sie spricht sich deutlich gegen eine Anrechnung von Micro-Credentials aus, die diesem Anspruch nicht genügen.

Die Sprecher der gtw

Siegen, 10.10.2024 Prof. Dr. Matthias Becker, Leibniz Universität Hannover
 Prof. Dr. Martin Frenz, RWTH Aachen
 Prof. Dr. Torben Karges, Europa-Universität Flensburg
 Prof. Dr. Lars Windelband, Karlsruher Institut für Technologie



80

BERUFSBILDUNG, ARBEIT UND INNOVATION

wbv

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 80
2024, 328 S., 49,90 € (D)
ISBN 978-3-7639-7635-5
E-Book im Open Access

Sandra Bohlinger, Ina Krause, Juliana Dienel, Luisa Kresse,
Manuela Niethammer (Hg.)

Betriebliches Aus- und Weiterbildungspersonal im Fokus der Berufsbildungsforschung

Unsere Gesellschaft steht vor zahlreichen Herausforderungen, die die Berufsbildung im Kern betreffen. Digitalisierung, Technologisierung, Transformation, Nachhaltigkeitsfragen und internationale Konflikte sind Themen, die neben vielen anderen gesellschaftlichen Bereichen auch die Berufsbildung und die Fachkräftequalifizierung betreffen. Mit diesen Herausforderungen müssen allerdings nicht nur Auszubildende und Fachkräfte umgehen, sondern auch all diejenigen, die diese Personen in Unternehmenskontexten aus- und weiterbilden. Erstaunlich ist dabei, dass vergleichsweise wenig über diese Personengruppe bekannt ist, gleichwohl im letzten Jahrzehnt eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt worden sind.

Wer verbirgt sich hinter dieser Personengruppe? Gemeint sind damit im weitesten Sinne „Personen, die mit Prozessen der betrieblichen Aus- und Weiterbildung sowie mit der Kompetenzentwicklung von Beschäftigten in Unternehmen betraut sind bzw. dazu einen organisatorischen Beitrag leisten. Dazu gehören z. B. ausbildende Fachkräfte, Ausbilder, Personal- und Organisationsentwickler wie auch Trainer und Dozenten in der beruflichen und betrieblichen Weiterbildung. Sie leisten einen wesentlichen Beitrag zur Qualität der Bildungsprozesse.“

Der vorliegende Sammelband nimmt mit dem betrieblichen Bildungspersonal eine Personengruppe in den Blick, der in Forschung und Politik vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt wird und für die bis zum heutigen Tag keine einheitlichen Professionalisierungsstandards oder Qualifizierungsangebote existieren. Ziel des vorliegenden Bandes ist es daher, einen Beitrag zur Debatte um das betriebliche Aus- und Weiterbildungspersonal zu leisten und den Diskurs über deren Professionalisierung und Herausforderungen zu stärken.

wbv.de/bai



 Berufsbildung, Arbeit und Innovation –
Dissertationen und Habilitationen, 89
2025, 216 S., 44,90 € (D)
ISBN 978-3-7639-7857-1
E-Book im Open Access

Lena Sachse

Formale Unterqualifikation in der Pflege

Bildungs- und Berufswege im Fokus

In der Dissertation von Lena Sachse werden berufliche Übergänge und Unterqualifikation aus einer habitus- und milieutheoretischen Perspektive untersucht. Im theoriebasierten Teil wird der Forschungskontext erläutert und die Studie im Rahmen des Projekts „Validierungsverfahren und Nachqualifizierung in Nordrhein-Westfalen (Valinda)“ verortet. Dabei werden zentrale Begriffe wie formale Geringqualifikation, ‚An- und Ungelernte‘ sowie berufliche Entscheidungsprozesse definiert und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Bildungs- und Berufsverläufe analysiert. Ein besonderer Fokus liegt auf der Anwendung der Habitus-Theorie nach Bourdieu, um die Bedeutung milieuspezifischer Zugehörigkeiten und beruflicher Gelegenheitsstrukturen für Übergänge im Arbeitsmarkt zu beleuchten.

Im empirischen Teil geht die Autorin auf die methodologischen und methodischen Grundlagen der praxeologischen Wissenssoziologie und der dokumentarischen Methode ein. Die Erhebung und Analyse der Daten erfolgt unter Einsatz einer sinngenetischen Typenbildung sowie einer Korrespondenzanalyse. Dabei werden Tendenzen einer soziogenetischen Interpretation herausgearbeitet, die neue Perspektiven auf Bildungsbeteiligung im Erwachsenenalter sowie die Situation unterqualifizierter Beschäftigter ermöglichen.

Mit der vorliegenden Veröffentlichung wird ein wichtiger Beitrag zur berufspädagogischen Forschung geleistet, indem theoretische Konzepte mit empirischen Befunden verknüpft werden und Konsequenzen für Bildungs- und Arbeitsmarktpolitik aufzeigt. Eine abschließende methodische Reflexion rundet die Untersuchung ab. Die Arbeit richtet sich an Wissenschaftler:innen der Bildungs- und Berufsforschung, Entscheidungsträger:innen in der Bildungs- und Arbeitsmarktpolitik sowie Praktiker:innen im Bereich der beruflichen Beratung und Qualifizierung.

wbv.de/bai

Der Band dokumentiert die 23. gtw-Herbstkonferenz (10.–11. Oktober 2024, Universität Siegen) zum Thema „Lern- und Arbeitsprozesse für die Transformation gewerblich-technischer Facharbeit“. Über 20 Beiträge der gewerblich-technischen Wissenschaft und ihrer Didaktik (gtw) befassen sich mit den Auswirkungen von Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Künstlicher Intelligenz auf Facharbeit, Berufs- und Lehrerbildung. Thematisiert werden Berufsgestaltung und Qualifizierung, Nachhaltigkeit und Energiewende, digitale Transformation sowie das Bildungspersonal als zentraler Akteur. Die Publikation verbindet (berufs)wissenschaftliche Analysen und praxisnahe Konzepte und liefert Impulse für die Weiterentwicklung beruflicher Bildung.

Die Reihe **Berufsbildung, Arbeit und Innovation** bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung.

Die Reihe wird herausgegeben von Prof.in Marianne Friese (Justus-Liebig-Universität Gießen), Prof.in Susan Seeber (Georg-August-Universität Göttingen) und Prof. Lars Windelband (TUHH Technische Universität Hamburg)

Die Herausgeber des Bandes sind:

Prof. Dr. Matthias Becker: Professur für die Didaktik der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik am IBM an der Leibniz Universität Hannover.

Prof. Dr. Ralph Dreher: Gründer und Leiter des Lehrstuhls für Technikdidaktik an Berufskollegs an der Universität Siegen.

Prof. Dr. Martin Frenz: Abteilungsleitung Bildung für technische Berufe, Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) an der RWTH Aachen.

Prof. Dr. Lars Windelband: Professur für Berufliche Metalltechnik, Institut für Berufswissenschaft der Metalltechnik (IBMT) an der Technischen Universität Hamburg.



ISBN: 978-3-7639-7809-0

wbv.de/bai

wbV