

Schwerpunktthema
VR und AR – Virtual und Augmented Reality
im Kontext beruflichen Lernens

lernen & lehren

Elektrotechnik – Informationstechnik
Metalltechnik – Fahrzeugtechnik



Arbeiten, Lernen und Lehren zwischen Realität und Virtualität

Informieren, Agieren und Lernen im Arbeitsprozess im Augmented Reality

Digitalisierung von Erfahrungswissen als AR-Content

Evaluation einer Mixed-Reality-Lernsoftware

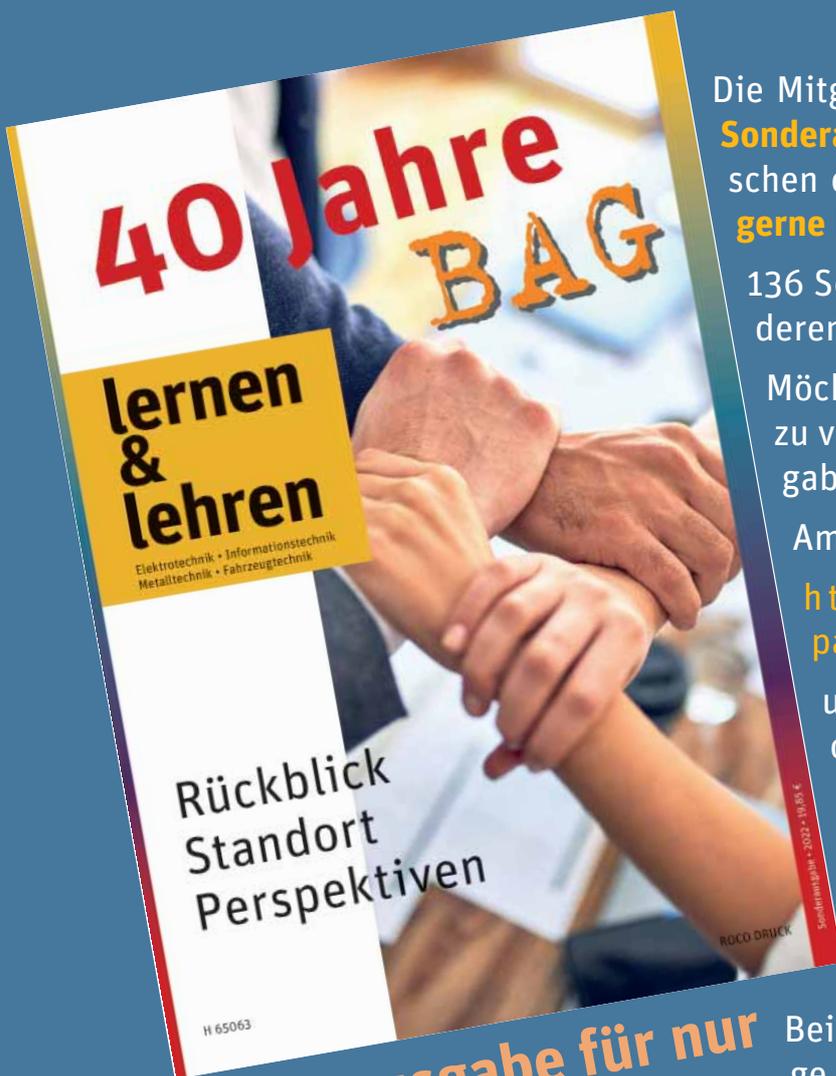
Didaktische Einbettung eines virtuellen Lernspiels

AR, VR und KI als Elemente für visionäres Empowerment

Der Weg von Augmented Reality in die Industrie von morgen

40 Jahre BAG ElektroMetall

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



Sonderausgabe für nur 19,85 €

Ihrer Kontaktdaten, wir melden uns dann zeitnah bei Ihnen.

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

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

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

Am einfachsten geht dies über die Homepage

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

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

Bei Interesse an einer größeren Abnahmemenge (ggf. zu Sonderkonditionen), schreiben Sie bitte an kontakt@bag-elektrometall.de unter Angabe

40 Jahre BAG ElektroMetall

Inhalt

SCHWERPUNKT: VR UND AR – VIRTUAL UND AUGMENTED REALITY IM KONTEXT BERUFLICHEN LERNENS

- Editorial**
- 94 Arbeiten, Lernen und Lehren zwischen Realität und Virtualität
Michael Tärre
- In eigener Sache**
- 96 Diskriminierungs- und gendersensible Schreibweise in lernen & lehren
97 Ein Netzwerker von Theorie und Praxis – Mit Jörg-Peter Pahl verstarb einer der Väter von BAG und „l&l“
- Schwerpunkt**
- 98 Informieren, Agieren und Lernen im Arbeitsprozess im Augmented Reality
Tamara Riehle/Steffen Jaschke/Peter Schuster/Mareike Menzel/Kim Wepner
- 105 Digitalisierung von Erfahrungswissen als AR-Content – ein neuer Aufgabenbereich von Facharbeit
Ralph Dreher
- Praxisbeiträge**
- 111 Evaluation einer Mixed-Reality-Lernsoftware zur Kompetenzentwicklung in der kollaborativen Robotik
Bianca Schmitt/Christoph Leupold/Maren Petersen
- 118 Didaktische Einbettung eines virtuellen Lernspiels zur Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz im Bereich Metall- und Elektrotechnik
Pia Spangenberg/Nadine Matthes
- 124 Praxis Zukunft: AR, VR und KI als Elemente für visionäres Empowerment beruflicher Lehrkräfte im Rahmen modularer Qualifizierung
Sebastian Becker/Jonas Vollmer/Marco Wedel
- 130 Von der überbetrieblichen in die betriebliche Ausbildung: Der Weg von Augmented Reality in die Industrie von morgen
Alexander Reineking
- Forum**
- 135 Fachschule AGIL – Ein Praxisbericht
Jan Schulze/Dieter Holstein
- Ständige Rubriken**
- U2 Werbung "40 Jahre BAG"
I–IV BAG aktuell 3/2022
140 Verzeichnis der Autorenschaft
U3 Impressum

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



Editorial

Arbeiten, Lernen und Lehren zwischen Realität und Virtualität



MICHAEL TÄRRE

In Diskussionen zur Digitalisierung der Berufs- und Arbeitswelt wird davon ausgegangen, dass virtuelle Lern- und Arbeitsumgebungen zunehmend mit realen Lern- und Arbeitsumgebungen verschmelzen und somit neue innovative technologiebasierte Lern-Lehrarrangements möglich werden. Mit den vielfältigen Diskussionen sind häufig überzogene Erwartungen hinsichtlich des kurzfristigen Lernerfolgs bzw. des langfristigen Kompetenzerwerbs verbunden. Die PISA-Sonderauswertung über „Students, Computers und Learning“ (siehe dazu OECD 2015) bestätigt, was sich schon in anderen Studien gezeigt hat. Ländern, die im internationalen Vergleich in der Vergangenheit viel Geld in die informationstechnische Ausstattung ihrer Schulen investiert haben, ist es nicht gelungen, in den vergangenen zehn Jahren in den Bereichen Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler bedeutsam zu verbessern. Eine verstärkte Nutzung digitaler Medien führt offensichtlich nicht per se zu besseren Leistungen der Lernenden. Vielmehr kommt es auf die Lehrperson an, der es gelingen muss, digitale Medien sinnvoll in die Gestaltung der Lern-Lehrprozesse zu integrieren (vgl. DEUTSCHE TELEKOM STIFTUNG 2015, S. 8). Im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ wird erläutert: „Die sinnvolle Einbindung digitaler Lernumgebungen erfordert eine neue Gestaltung der Lehr- und Lernprozesse. Dadurch verändern sich Lehren und Lernen, aber auch die Spannbreite der Gestaltungsmöglichkeiten im Unterricht. Durch die Digitalisierung entwickelt sich eine neue Kulturtechnik – der kompetente Umgang mit digitalen Medien –, die ihrerseits die traditionellen Kulturtechniken Lesen, Schreiben und Rechnen ergänzt und verändert“ (KMK 2016, S. 7 f.). Vor dem o. g. Hintergrund überrascht es nicht, dass mit dem Einsatz von „Augmented Reality (AR)“ und „Virtual

Reality (VR)“ sowohl Potenziale als auch Herausforderungen für Lern- und Lehrprozesse verbunden sind.

Bei AR handelt es sich um eine Kombination aus realer und virtueller Welt, bei der die reale Welt überwiegt. AR schafft keine neue Welt, sondern erweitert und verbessert die bestehende reale Umgebung und somit wird auch von erweiterter Realität gesprochen. Durch die Nutzung von mobilen Geräten, z. B. Smartphones oder Tablets, aber auch von entsprechenden AR-Brillen, werden Zusatzinformationen über die reale Welt eingeblendet. Zusätzliche Informationen können 2D-Elemente (Text, Bild, Video) und Audio-Formate oder aber auch dreidimensionale Modelle und Animationen sein. Drei Merkmale von AR sind zentral (siehe dazu AZUMA et al. 2001): (1) In der realen Umgebung werden Realität und Virtualität kombiniert dargestellt. Realität und Virtualität sind zur selben Zeit und am selben Ort vorhanden. (2) Interaktionen finden in Echtzeit statt. Das Tragen einer Brille erlaubt die Verwendung der Hände für Interaktionen mit virtuellen Objekten sowie mit physischen Objekten der Umgebung, womit z. B. handwerkliche Aufgaben über virtuelle Informationen angeleitet und mit realen Objekten ausgeführt werden können. Die hochgradigen Interaktionsmöglichkeiten können für eine besonders bildungsrelevante Technologie sprechen. (3) Virtuelle Objekte haben scheinbar einen festen Platz (geometrisch registriert und einander ausgerichtet) in der Realität, wobei für Nutzerinnen und Nutzer der Eindruck entsteht, dass es sich bei dem virtuellen Objekt um ein reales handelt, das Teil der physischen Umgebung ist. Nachfolgend sind Potenziale von AR für das Arbeiten, Lernen und Lehren zusammenfassend – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – dargestellt (vgl. Abb. 1).

Potenzial	Vorteile bzw. Chancen beim Arbeiten, Lernen und Lehren
Visualisierung	Nicht sichtbare bzw. nicht wahrnehmbare Phänomene oder nicht zugängliche Inhalte werden mithilfe multimedialer Artefakte präsentiert.
Interaktivität	Lernende und Lehrende können virtuelle Objekte und Darstellungen manipulieren und gestalten, Prozesse über Gesten und andere Bewegungen steuern und mit virtuellen Charakteren kommunizieren.
Echtzeit-Unterstützung	Lernende können während der Bearbeitung einer Lern- und Arbeitsaufgabe Unterstützung im Sinne von Scaffolding bekommen.
Echtzeit-Feedback	Lernende erhalten unmittelbar Rückmeldungen und auch „virtuelle Lehrende/Expertinnen und Experten“ können unmittelbar Feedback geben und somit zu Verbesserungen motivieren.
Bedarfsgerechte Informationen	Notwendige Informationen im Sinne von „Hilfe zur Selbsthilfe“ können für die Bearbeitung einer Lern- und Arbeitsaufgabe abgerufen werden, wenn dies aus Perspektive der Lernenden notwendig bzw. sinnvoll ist, um damit z. B. weiter lernen und arbeiten zu können.
Multimediales Lernen und Arbeiten	Text-Bild-Kombinationen können zeitlich und räumlich simultan präsentiert werden. Lernende müssen die sprachlichen und bildlichen Informationen miteinander verknüpfen, womit über die Gestaltung eine integrative Verarbeitung erleichtert, aber auch als Lernziel zu verfolgen ist.
Immersion (Sinneseindrücke ansprechen)	Lernenden werden authentische und situierte Lern- und Arbeitsumgebungen zur Verfügung gestellt, die kognitiv und emotional anregend sind. Situierte sowie virtuelle Lern- und Arbeitsumgebungen können insbesondere zum Einsatz kommen, wenn Eingriffe in reale Arbeitsprozesse zu Ausbildungszwecken nicht möglich sind und/oder besondere Gefahrenpotenziale bestehen, die ein Erlernen – möglichst nahe an der Realität – erfordern.
Binnendifferenzierung	„Echtzeit-Unterstützung“, „Echtzeit-Feedback“ und „Bedarfsgerechte Informationen“ ermöglichen ein individualisiertes Lernen und Arbeiten im Sinne einer Binnendifferenzierung, da diese Gestaltungselemente eine Berücksichtigung unterschiedlicher Lern- und Leistungsvoraussetzungen ermöglichen.

Abb. 1: Potenziale von AR für das Arbeiten, Lernen und Lehren

Virtual Reality (VR) wird als gänzlich computer-generierte Welt beschrieben, die von Menschen als Simulation der Realität wahrgenommen bzw. erlebt wird, die möglichst viele Sinnesorgane anspricht und die mithilfe von Eingabegeräten (mit-)gestaltet und auch verändert werden kann. VR-Anwendungen sind daher von eher traditionellen Computerschnittstellen deutlich abzugrenzen. Eine egozentrische Perspektive, 3D-Interaktionen mithilfe von Körperbewegungen und -gesten sowie ein immersiver Charakter einer VR-Präsentation sind die bedeutenden Unterschiede. Immersion beschreibt die technischen Voraussetzungen, damit die Sinneseindrücke von Nutzerinnen und Nutzern möglichst umfassend angesprochen werden und somit eine Illusion von Realität entsteht. Das psychologische Gefühl des Präsent-seins in einer virtuellen Welt ist somit ein zentrales Merkmal. Zur Darstellung von immersiven VR-Applikationen kommen spezielle Brillen oder Head-Mounted-Displays zum Einsatz. Meistens erfolgt noch eine Ergänzung um handliche Controller, die beim Eintauchen in die virtuelle Simulation die Hände der Nutzerinnen und Nutzer repräsentieren und damit in gewohnter Weise Bewegungen von computer-generierten Objekten ermöglichen. Als zentrale Anwendungsgebiete von immersiven VR-Anwendungen sind (1) Trainingswelten, (2) Konstruktionswelten und (3)

Explorationswelten zu nennen. (1) Arbeitshandlungen und spezifische Fertigkeiten können eingeübt, ausgebildet und vielfach wiederholt werden. Wichtig bei solchen Trainingswelten ist, dass die Lernenden mit den Objekten in der virtuellen Welt interagieren können und somit ihre Lern- und Arbeitshandlungen zu sicht- bzw. wahrnehmbaren Ereignissen führen. (2) Erstellen und Gestalten eigener virtueller Welten, eigener Artefakte und eigener virtueller Objekte sind möglich. (3) VR-Anwendungen mit explorativen Charakter ermöglichen situiertes und multiperspektivisches Lernen, da z. B. unzugängliche Lern- und Arbeitsorte selbstständig erkundet bzw. erforscht werden können. Sind in diese Erkundungen Handlungsmöglichkeiten von Lernenden integriert, so kann das immersive Lernen auch die Entwicklung von Lernstrategien fördern (vgl. PARONG/MAYER 2018, S. 794).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Augmented Reality ihr Potenzial besonders entfaltet, wenn die reale Umgebung weiter zu sehen ist, aber eine Erweiterung um digitale Informationen erfolgen soll bzw. handlungsleitend sein kann. Bei der Bedienung oder Wartung komplexer Maschinen können z. B. Bedienungs- oder Wartungsanleitungen und Hinweise ins Sichtfeld der Nutzerinnen und Nutzer eingeblendet

oder auch einzelne Maschinenteile hervorgehoben werden. Des Weiteren können auch Remote zugeschaltete Expertinnen und Experten im Blickfeld des Wartungspersonals Hinweise einzeichnen. Virtual Reality hat besonders dann Potenzial, wenn eine virtuelle, digital erzeugte Welt zur Simulation der Realität sinnvoll bzw. notwendig ist. Beispielsweise lassen sich komplexe, gefährliche und herausfordernde Arbeitssituationen realitätsnah und risikolos in die berufliche Aus- und Weiterbildung integrieren. In virtuellen Konferenz- und Konstruktionsräumen lässt sich darüber hinaus remote kollaborieren und konstruieren. Generell lassen sich die Einsatzgebiete Kollaboration, Assistance und Learning unterscheiden, die in unterschiedlicher Ausprägung und mit unterschiedlichen Zielsetzungen auch in den Beiträgen des vorliegenden Heftes thematisiert sowie diskutiert werden. Wir wünschen den Leserinnen und Lesern eine interessante Lektüre der vorliegenden Ausgabe von „lernen & lehren“.

Literatur

- AZUMA, R./BAILLOT, Y./BEHRINGER, R./FEINER, S./JULIER, S./MACINTYRE, B. (2001): Recent advances in augmented reality. In: IEEE Computer Graphics and Applications, 21 (6), S. 34–47.
- DEUTSCHE TELEKOM STIFTUNG (Hrsg.) (2015): Schule digital. Der Länderindikator 2015. Bonn.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (Hrsg.) (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Berlin.
- OECD (2015): Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en> (30.09.2022).
- PARONG, J./MAYER, R. E. (2018). Wissenschaft lernen in immersiver virtueller Realität. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 110 (6), S. 785–797.

In eigener Sache

Diskriminierungs- und gendersensible Schreibweise in lernen & lehren

Herausgeberschaft, Schriftleitung und Layoutverantwortliche von lernen & lehren sowie Mitglieder des BAG-Vorstandes haben in einer Redaktionskonferenz die Nutzung einer diskriminierungs- und gendersensiblen Sprache in der Zeitschrift beraten und diskutiert. Dabei sind die folgenden Feststellungen getroffen worden, die in zukünftigen Ausgaben von lernen & lehren jeweils in Kurzform unterhalb des Inhaltsverzeichnisses zu finden sein werden.

Die bisher genutzten zweigeschlechtlichen, binären Formen (z. B. Ausbilderin und Ausbilder oder Ausbilder/-in) waren und sind aus Sicht der Verantwortlichen nicht geeignet, um alle Personen zu adressieren. Intensiv wurden daher die Möglichkeiten einer diskriminierungs- und gendersensiblen Sprache und damit einhergehende Schreibweisen mit Sonderzeichen, die nicht-binäre Geschlechtsidentitäten einbeziehen, diskutiert. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass entsprechende Zeichen gegenwärtig nicht Bestandteil der offiziellen deutschen Rechtschreibregeln sind und eine Überarbeitung der „Hinweise für Publizierende“ bezüglich des Einsatzes von Genderzeichen erst erfolgen soll, wenn verbindliche Regeln vorhanden sind. Diese Hinweise werden allerdings ab sofort dahingehend überarbeitet, dass vornehmlich geschlechtsneutrale Personenbezeichnungen zu verwenden sind und in Fällen, in denen dies nicht möglich ist, eine vollständige Beidnennung zu gewährleisten ist. Dies geschieht wohlwissend, dass damit nicht alle Personen direkt angesprochen werden. Im Rahmen der derzeitigen Möglichkeiten ist dieses jedoch die Variante, mit der unser Bestreben, alle Menschen anzusprechen und abzubilden am besten umgesetzt werden kann. Sobald im amtlichen Regelwerk der deutschen Rechtschreibung eine angepasste Schreibweise vorgegeben wird, werden wir diese umsetzen.

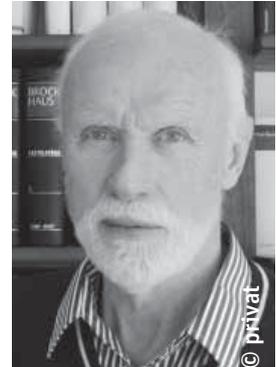
September 2022

Herausgeberschaft, Schriftleitung, Layoutverantwortliche und BAG-Vorstand

Ein Netzwerker von Theorie und Praxis

Mit Jörg-Peter Pahl verstarb einer der Väter von BAG und „l&l“

Die Zeitschrift „lernen & lehren“ lebt – wie die BAG – von den Personen, die sich ihrer verpflichtet fühlen. Als beide in den 1980er Jahren entstanden, war er mittendrin und einer der Hauptbeteiligten: Jörg-Peter Pahl. Der Hamburger hat gerade „l&l“ über mehrere Jahrzehnte als Mitherausgeber geprägt, viele Beiträge selbst verfasst, an noch mehr Beiträgen durch seine konstruktiven Hinweise und Rückmeldungen an Autorinnen und Autoren indirekt mitgewirkt und mit gewichtiger Stimme Positionen in der Herausgeberschaft vertreten. Am Morgen des 25. Juli 2022 ist Jörg Pahl, knapp drei Wochen nach seinem 83. Geburtstag, in seiner Heimatstadt verstorben.



Auf die vielen Stationen im Leben des Jörg-Peter Pahl bis hin zum Professor für Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik am damaligen Institut für Berufliche Fachrichtungen der TU Dresden (1993-2004) kann hier im Einzelnen ebenso wenig eingegangen werden wie auf seine zahlreichen Monographien, Herausgeberbände und Fachbeiträge, die in rund 40 Jahren seines enorm umfangreichen publizistischen Schaffens entstanden sind. Der gelernte Maschinenschlossler, der nach der Lehre ein Abendgymnasium besuchte, hatte in seiner vielfältigen Vita eines angelegt, das auch nach seiner Emeritierung sein Schaffen durchzogen hat: die Verbindung von Praxis mit der Theorie. Er war ein strenger Verfechter dessen, dass betrieblich-berufliche Praxis von (zukünftigen) Lehrkräften an berufsbildenden Schulen erlebt und reflektiert werden müsse, und er war als Universitätsprofessor jemand, der Wert darauf legte, dass der Weg zu Professuren in der Lehrkräfteausbildung nur über ausreichende schulische Praxis als Lehrkraft gehen sollte. Und aufgrund solcher Theorie-Praxis-Verbindungen wird auch erklärbar, dass Jörg Pahl mit Antritt seiner Dresdner Professur auf das Problem einer fehlenden geeigneten Bezugswissenschaft für ein Studium des berufsbildenden Lehramtes stieß. Die Lösung des Bezugswissenschaftsproblems war die Forderung „an die Zukunft“, Berufswissenschaften zu entwickeln und curriculare wie didaktische und methodische Überlegungen an einem berufswissenschaftlichen Ansatz auszurichten. Dieses Denken durchzog sein gesamtes folgendes Schaffen.

Jörg-Peter Pahl war damit einer der treibenden Vertreter der Berufswissenschaften und der berufswissenschaftlichen Forschung. Unter anderem hat er Handbücher zu den beruflichen Fachrichtungen (2010), zum Berufsbildungssystem (2012), zur Berufsforschung (2013) und zu den Beruflichen Didaktiken (2020) vorgelegt, in denen Fragestellungen der Berufsbildung oft als wichtige Meilensteine der berufswissenschaftlichen Disziplin entstanden. Jörg Pahl trat zudem für eine Aufwertung der nicht-akademischen beruflichen Bildung ein und dachte den Hochschulbereich als Teil eines Berufsbildungsgesamtsystems.

Schon sehr früh zeichnete sich der Arbeitsschwerpunkt von Jörg-Peter Pahl ab, wobei für ihn die Verbindung der Berufswissenschaften zur Didaktik eine wichtige Rolle spielte. Seine Überlegungen zu den Berufswissenschaften und seine Brückenbildung hin zur Berufsfelddidaktik fanden Eingang in die Berufsbildung. Sie helfen vielen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, vor allem aber auch Lehr- und Ausbildungskräften bei der Ausgestaltung von Forschungsprojekten, bei der Planung und Umsetzung von Unterricht und betrieblicher Ausbildung, aber ebenso beim Alltag an Universitäten. Die in mehreren Bänden erschienenen „Bausteine beruflichen Lernens“ sind ebenso zu erwähnen wie das Kompendium der „Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren“, das 2021 in der mittlerweile siebenten erweiterten Ausgabe erschienen ist. Immer wieder mahnte er in der Herausgeberschaft von „l&l“ an: „Denkt an Ausbildungs- und Unterrichtspraxis!“ Die Zeitschrift sollte keine nur der Wissenschaft werden.

Herausgeber, Schriftleitung und Layout der Zeitschrift „lernen und lehren“ sind ebenso wie BAG und gtw in tiefer Trauer um Jörg-Peter Pahl. Er hat sich bis zu seinem Lebensende für die berufliche Bildung und die Weiterentwicklung des Berufsbildungssystems im Allgemeinen sowie für die gewerblich-technische Berufsbildung im Speziellen in vielfältiger und bemerkenswerter Weise engagiert und verdient gemacht. Durch seine bleibenden Publikationen wird sein Werk auch in Gegenwart und Zukunft weiterleben.

Herausgeber, Schriftleitung, Layout der Zeitschrift „lernen & lehren“

Vorstand der BAG

Sprecher der gtw

Informieren, Agieren und Lernen im Arbeitsprozess im Augmented Reality



TAMARA RIEHLE



STEFFEN JASCHKE



PETER SCHUSTER



MAREIKE MENZEL



KIM WEPNER

Im Beitrag wird das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess“ vorgestellt. Neben der Grundkonzeption zu Lernen am Arbeitsplatz im Kontext cyber-physischer Systeme sowie der damit verbundenen didaktischen Überlegungen werden Erkenntnisse der ersten Erhebungsphase diskutiert sowie die daraus resultierenden Schlussfolgerungen thematisiert.

AUSGANGSLAGE

Es ist unstrittig, dass sich mit dem Fortschreiten der Digitalisierung Geschäfts- und Arbeitsprozesse in Industrie und Handwerk verändern. Augmented Reality (AR) – die Erweiterung der realen Welt um virtuelle Inhalte – ist eine Facette der Digitalisierung. Die AR-Technik könnte eine Innovation in den Geschäfts- und Arbeitsprozessen darstellen, jedoch scheint sie nur langsam außerhalb von Forschungseinrichtungen Verwendung zu finden. Einiges deutet darauf hin, dass eine erfolgreiche Etablierung im wirtschaftlichen Bereich nicht unbedingt eine Frage der Technik ist (vgl. BUCHNER & MULDER 2020), sondern wesentlich von durchdachten (Arbeitsplatz-)Designs abhängt (ZENDER et al. 2018). Inzwischen zeigt sich, dass die Dispositionen und das Nutzungsverhalten der Anwenderinnen und Anwender wesentlich für den erfolgreichen Einsatz bzw. die Etablierung der Technik sind.

Dieses ist eine Erkenntnis, die sich auch im Rahmen des Projektes Cyberrüsten (2017) des Lehrstuhls für Umformtechnik an der Universität Siegen (UTS) ab-

zeichnete. Weniger die Verwendung der Hardware, also der Head-Mounted-Displays (HMD) stellt das Problem dar, sondern vielmehr die Akzeptanz der Bedienerinnen und Bediener bzw. der Nutzerinnen und Nutzer.



Abb. 1: AR-Technik im Arbeitsprozess

Weitere Studien zeigen, dass diese maßgeblich von der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen (z. B.

Usability oder ergonomische Integration in den Arbeitsprozess), der individuellen Disposition der Fachkräfte (Motivation, Substitutionsängste, Unsicherheit etc.) sowie der Partizipation der Fachkräfte bei der Gestaltung der Systeme abhängen – Faktoren, die eine erfolgreiche Etablierung der Systeme im Produktionsprozess entscheidend beeinflussen.

PROJEKT LAARA

Die zu den cyber-physischen Systemen gehörenden AR-Anwendungen eröffnen neue Perspektiven auf Einsatzmöglichkeiten von Fachkräften sowie deren professionelles Agieren und (informelles) Lernen im Arbeitsprozess. Diese Prozesse sind jedoch aktuell eher Forschungsgegenstand als industrieller Standard. Um hier Forschungslücken zu schließen, forscht und entwickelt eine interdisziplinäre Forschungskoooperation der Universität Siegen (Lehrstuhl für Umformtechnik, Ubiquitous Computing sowie Didaktik der Informatik), der Technischen Universität Dortmund (Lehrstuhl für Berufs- und Betriebspädagogik) sowie der Universität Rostock (Fachdidaktik gewerblich-technischer Fachrichtungen) im Rahmen des Projektes „Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess“ (LAARA) zusammen.

Primäre Ziele sind, Kriterien und Parameter sowie Gestaltungskriterien und Gelingensbedingungen zu eruieren, die einen Einfluss auf das Agieren, Informieren sowie Lernen am Arbeitsplatz im Kontext cyber-physischer Systeme, insbesondere mit AR, haben. Der Schwerpunkt der Studien liegt auf dem Wirken des Menschen im Kontext von Augmented Reality. Neben den technischen Voraussetzungen, die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden, stehen vornehmlich humane, sozial- und lernpsychologische Aspekte im Mittelpunkt der Untersuchung.

CYBER-PHYSISCHE SYSTEME UND AUGMENTED REALITY

AR-Umgebungen sind gekennzeichnet durch die Kombination realer Arbeitsplätze mit einer Technik, die eine computergestützte Wahrnehmung realer und virtueller Objekte ermöglicht. Es begann mit dem Einbinden einzelner, statischer Objekte in das Sichtfeld. Inzwischen können sich bewegende Objekte in Echtzeit verfolgt sowie Videos und animierte 3D-Objekte bzw. sogenannte digitale Zwillinge in die Lern- und Arbeitsumgebung integriert werden. In diesen Räumen können mittels digitaler Endgeräte (Computer, Tablets, AR-Brillen etc.) zahlreiche Daten (CAD-Daten, Sensordaten, Arbeitspläne etc.) bereitgestellt werden. Die transportablen Endgeräte eröffnen dadurch neue Möglichkeiten für das Agieren und das (informelle) Lernen im Arbeitsprozess.

In der Studie wird die AR-Technik bei einem Rüstprozess einer Biegemaschine für die Kleinserienfertigung eingesetzt.



Abb. 2: Modell einer Biegemaschine

Es handelt sich um einen typischen Arbeitsprozess in der industriellen Produktion. Da das Szenario des AR-gestützten Rüstvorgangs zu Schulungszwecken in verschiedenen Bildungsstätten Verwendung finden soll und darüber hinaus Weiterbildungsmaßnahmen in Bildungszentren geplant sind, wurde ein transportables Modell gefertigt. Das Modell weist alle für den Rüstvorgang relevanten Teile einer Biegemaschine auf. Aus arbeitsschutzrechtlichen und sicherheitsrelevanten Gründen mussten geringfügige Modifikationen, wie beispielsweise die Abrundung des Faltenglätters, vorgenommen werden.

Das Modell erlaubt die Simulation eines vollständigen Rüstprozesses – von der Einrichtung der Maschine, der Überprüfung der Einstellung der Biegeparameter bis hin zur Qualitätsprüfung und Dokumentation des Prüfprotokolls. Am Modell kommt ein Tablet, das die grafische Oberfläche der Maschinensteuerung darstellt, zum Einsatz.



Abb. 3: AR realisiert mit einem Tablet

Eine Sichtprüfung nach DIN EN 1330-10 bzw. DIN EN 13018 wird mit Hilfe von bereitgestellten, realen Biegeteilen simuliert. Die experimentelle Studie sieht verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Endgeräten vor. Diese Szenarien unterscheiden sich in Bezug auf die eingesetzten digitalen Devices – eine AR-Brille (HoloLens 2 von Microsoft) oder ein Tablet – sowie in der Form und dem Detaillierungsgrad des zur Verfügung gestellten Datenmaterials. Das breite Angebot an Informationsmöglichkeiten dient dazu, die Präferenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer differenziert zu erfassen.

DIDAKTISCHE ANSÄTZE – LERNEN IM ARBEITSPROZESS

Wenn der Erfolg einer AR-Technik in Lern-Lehrszensarien nicht nur eine Frage der Technik ist (vgl. BUCHNER & MULDER 2020), sondern im Wesentlichen von durchdachten, didaktischen Designs abhängt, was jedoch noch kaum empirisch untersucht ist (vgl. ZENDER et al. 2018), stellt sich die Frage nach theoretisch fundierten Gestaltungskriterien, die Basis für ein solches Design sein könnten. Das Projekt LAARA ist ein Forschungsprojekt, das in der Konstellation aus ingenieur- und berufspädagogischen Partnerinnen und Partnern Modellcharakter hat. Es wird davon ausgegangen, dass eine erfolgreiche Integration von cyber-physischen Systemen in Industrie und Handwerk nur dann gelingt, wenn neben technischen auch humane, sozial- und lernpsychologische sowie didaktische Aspekte berücksichtigt werden. Letztere sind vor allem Gegenstände der Untersuchung. In Anlehnung an die handlungsorientierte Lernkonzeption nach JANK & MAYER (2014, S. 314 ff.) wurde das Modell der vollständigen Handlung als strukturbildendes Element für die Organisation und den Ablauf der Lernprozesse herangezogen. Die didaktische Konzeption und Struktur des arbeitsbezogenen Kompetenzerwerbs (vgl. SCHRÖDER 2019, S. 88) dient im Projekt LAARA als Grundlage für die Entwicklung einer Lernsequenz zur Förderung des arbeitsbezogenen Lernprozesses (siehe Abb. 4).

Der Arbeitsauftrag ist das Rüsten einer Maschine zum Biegen einer Serie von Stuhlbeinen. Ziel ist es, eine

partizipative Planung zu initiieren, die eine möglichst selbstständige Bearbeitung der Aufgabe und Auswertung des Handlungsprodukts ermöglicht, wodurch ein arbeitsprozessbezogener Kompetenzerwerb möglich werden soll. Im Prozess entstehen für die Anwenderinnen und Anwender wiederholt auftretende Herausforderungen, zu deren Bewältigung bereitgestellte Daten (Video, Symbol, 3D-Modelle und Hilfestellungen in Textform) genutzt werden können. Eine besondere Bedeutung für den Kompetenzerwerb hat dabei die Reflexion der Entscheidungen und Erfahrungen, die im Prozess gewonnen wurden.

FORSCHUNGSPROZESS UND ERKENNTNISSE DER ERSTEN ERHEBUNGSPHASE

Der Forschungsprozess ist in drei Phasen gegliedert. In der ersten Phase wird in einer Laborstudie die entwickelte AR-Anwendung mit Studierenden und Auszubildenden innerhalb der Verbundpartner erprobt. Es folgen Feldstudien, in denen die Anwendung sukzessive auf die betriebliche Praxis sowie auf berufsbildende Schulen und überbetriebliche Ausbildungszentren ausgeweitet wird. Abschließend wird der Blick auf den nachhaltigen Einsatz und die Transfermöglichkeiten gerichtet. Die Empirie basiert auf teilnehmender Beobachtung und leitfadengestützten Interviews. Das Forschungsprojekt läuft bis September 2023. Nach den ersten Erhebungen zeichnen sich folgende Erkenntnisse ab.

AR-Technik

Die für die Studie verwendete AR-Brille (HoloLens 2 von Microsoft) wurde gewählt, weil bei dieser labor- und praxistauglichen Version die Adaption von technischen und medizinischen Schutzausrüstungen möglich ist. Die Steuerung des Gerätes kann auf verschiedene Weise erfolgen – durch Sprache, durch Handgesten sowie durch Augenbewegungen. Letztes wird durch ein Eye-Tracking-System realisiert, das in die AR-Brille integriert ist. Dabei kann ein bestimmtes Bedienelement durch „Anstarren“ aktiviert werden. Rückmeldesignale erfolgen akustisch und optisch. Die Steuerungsmög-

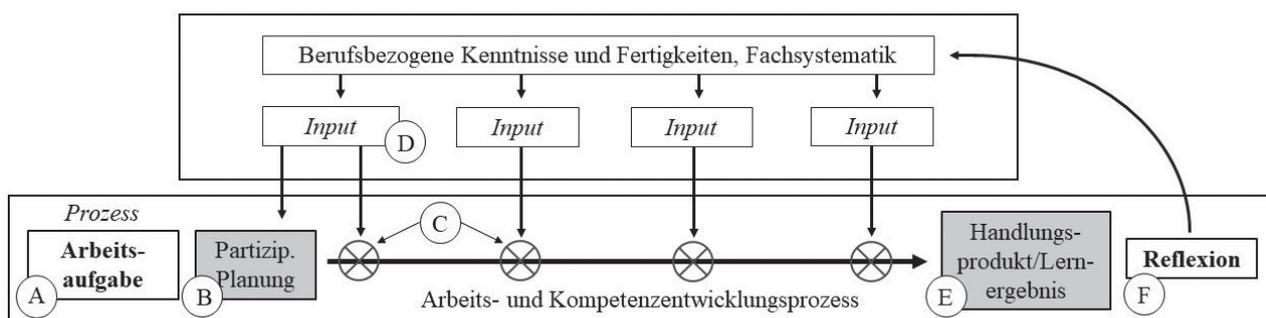


Abb. 4: Didaktische Konzeption und Struktur des arbeitsbezogenen Kompetenzerwerbs (Quelle: SCHRÖDER 2019, S. 88)

lichkeiten in den Anwendungssituationen sind durch die Software vorbestimmt.

Die AR-Brille kann mit unterschiedlicher Software zur Erstellung und Verwendung von holografischen Darstellungen betrieben werden, wobei die Möglichkeiten der Hardware stellenweise durch die Software begrenzt wird. So erwies sich z. B. eine auf Basis von Open-Source konzipierte Software in Bezug auf die räumliche Positionierung von holografischen Darstellungen mit einer Abweichung von mehr als 300 Millimeter als zu ungenau, wengleich die Hardware eine höhere Präzision zulassen würde. Es wurden zwei weitere kommerzielle Software-Produkte getestet. Mit Dynamics 365 Guides von Microsoft konnte der Versatz der Position der virtuellen Objekte im Kontext der realen Maschine auf ca. 20 Millimeter minimiert werden. Kleine Bauteile oder bspw. gleichartige Maschinenelementen mit geringem Abstand vom Objekttracking können nicht differenziert erfasst und somit nicht exakt virtuell wiedergegeben werden. Anzeigen für Kabelverbindungen mit Pins im Millimeterbereich sind aktuell damit nicht möglich. In solchen Fällen sind Alternativen, wie bspw. einblendbare Bilder, vorzusehen.

Bei den ersten Versuchen kristallisierte sich heraus, dass der Arbeitsraum, in dem die AR-Brille sinnvoll eingesetzt werden kann, beschränkt ist. Mit zunehmender Entfernung vom QR-Code, über den das Tracking erfolgt und der das Positionieren von Objekten im AR-Raum mit seinen dazugehörigen Applikationen bestimmt, wird die Positionsgenauigkeit geringer. Bei zu großer Entfernung bricht die Anwendung ab.

Der erste Pre-Test ergab weitere technische Grenzen. Es zeigten sich Probleme bei ungünstigen Lichtverhältnissen, durch die die holografischen Darstellungen und Bedienelemente nur schlecht zu erkennen sind. Des Weiteren ergaben sich Schwierigkeiten durch einen eingeschränkten Sicht- bzw. Interaktionsbereich beim Agieren im Prozess, da der Darstellungsbereich nicht den ganzen menschlichen Sichtwinkel umfasst. Das periphere Sehen ist dadurch erheblich eingeschränkt und die Probandinnen und Probanden berichteten, dass die virtuellen Objekte in den Augenwinkeln leicht zu übersehen wären, wenn sie nicht explizit gekennzeichnet oder hervorgehoben sind. Ein Umschauen ist erforderlich, um Warnhinweise, die nicht in der Blickrichtung eingeblendet werden, zu erfassen. Außerdem können aufgrund des software-bedingten Versatzes die Hinweise nicht immer den Gefahrenquellen zugeordnet werden. Das führte zu einer Verunsicherung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Es wäre zu prüfen, ob diese mit der Etablierung der Technik und der damit einhergehenden Routine nachlässt. Im Rahmen der Studie konnte durch eine aufwendige Augenkalibrierung das Problem minimiert werden.

Bei der Implementierung der Technik in den Arbeitsprozess stellte sich zudem heraus, dass die Akkulaufzeit der Brille gering ist. Für ein realistisches Verwendungsszenario wird eine zusätzliche Powerbank benötigt, welche wiederum bedingt durch ihr Gewicht den Tragekomfort und die Bewegungsfreiheit beeinträchtigt. Auch kam es bei Inanspruchnahme großer Rechenleistung, beispielsweise durch komplexe holografische Darstellungen, zu Überhitzungen der AR-Brille. Das Gerät fährt dann aus Sicherheitsgründen eigenständig zur Abkühlung herunter.

AR-Software

Die kommerzielle Software ermöglicht ein einfaches Einbinden von Texten, Bildern, Videos und holografischen Modellen sowie holografischen Animationen, sofern diese in einem der unterstützten Datenformate vorliegen. Für die Anleitung wurde der Rüstprozess in einzelne Arbeitsschritte zerlegt und die wiederum wurden in Tätigkeiten unterteilt. Mit der Software wird eine entsprechende Prozessstruktur nachgebildet. Auf der Tätigkeitsebene werden dann die verschiedenen Informationselemente eingeblendet – die Entwicklerinnen und Entwickler sprechen in diesem Fall von einer Szene.

Für jede Tätigkeit wird mittels der Brille eine holografisch aufbereitete Szene sichtbar, die aus einem obligatorischen, frei platzierbaren holografischen Anweisungsfenster besteht. Das Fenster beinhaltet neben einem kurzen Text für die jeweilige Tätigkeit die wesentlichen Bedienelemente. Weiter kann die Szene ein optionales, ebenfalls frei platzierbares Medienfenster zur Darstellung von Bildern, Videos oder Webseiten enthalten sowie bis zu acht verschiedenen Hologrammen, die an fester Position erscheinen. Bei den Hologrammen kann es sich sowohl um statische als auch animierte 3D-Modelle handeln. Diese Modelle können jedoch von den Anwenderinnen und Anwendern nicht bewegt oder verändert werden.

Die Ausgestaltung der den Tätigkeiten zuzuordnenden Szenen unterliegt neben der Anzahl und Art der Hologramme weiteren Restriktionen. So sind die Gestaltungsmöglichkeiten für das obligatorische Anweisungsfenster begrenzt. Es können acht Zeilen Text (ca. 300 Zeichen) angezeigt werden. In einem Fenster zur Steuerung des Ablaufes können drei Auswahloptionen angeboten werden und die Textzeilenanzahl ist auf drei begrenzt (vgl. Abb. 5, nächste Seite).

Ein Wechsel von einer Tätigkeit zur nächsten erfolgt entweder durch aktives Bestätigen eines virtuellen Bedienelementes im Anweisungsfenster oder durch automatisches Erkennen, dass die Hand der Nutzerin/ des Nutzers einen vorher festgelegten quaderförmigen räumlichen Bereich passiert hat. Letzteres wird nicht



Abb. 5: Blick durch die AR-Brille mit einer typischen Szene

zuverlässig durch das System erkannt und führte zu Irritationen der Anwenderinnen und Anwender. Da die AR-Daten, die in das Gesichtsfeld eingeblendet werden, in einer Cloud abgespeichert werden, wird eine kabellose, stabile Internetverbindung benötigt.

Informieren im Arbeitsprozess lässt sich mit den aktuell gegebenen Einschränkungen realisieren und könnte somit einen Betrag zu einer effektiven und schnelleren Erledigung von Lern- und Arbeitsaufgaben führen. Für eine AR-basierte Lern- und Arbeitsumgebung sind die eruierten Restriktionen jedoch zu stark, da ein freies Gestalten holographischer Anwendungen auf Basis didaktischer Überlegungen nicht möglich ist.

Entwicklung des Instructional Designs

Ein wichtiger Aspekt in Bezug auf die Effektivität von Augmented-Reality-Anwendungen in der Industrie ist die Benutzerfreundlichkeit der Software zur Erstellung von Anleitungen oder Lernszenarien. Bilder, Videos und 3D-Objekte lassen sich ohne Programmierkenntnisse gut integrieren. Das Erstellen solcher Objekte erfordert weitere (Software-)Kenntnisse in Bild- und Videobearbeitung sowie Graphik- oder Konstruktionsprogrammen. Diese Entwicklungen haben sich im Projekt LAARA als zeitaufwändig herausgestellt.

Die bereits beschriebenen Restriktionen der Textmenge und der Wahlmöglichkeiten für den weiteren Ablauf der Anleitung können für eine Datenbereitstellung, die während des Arbeitsprozesses abgerufen werden kann, durchaus ausreichend sein, nicht jedoch für den Einsatz der Brille im Rahmen von Lehr-/Lerneinheiten.

Fehlende Funktionen erschweren das effektive Arbeiten mit der Software Dynamics 365 Guides. Eine Kopierfunktion, wie in Standardanwendungen, steht bei MS Guides nur eingeschränkt zur Verfügung. Einzelne Arbeitsschritte bzw. deren zugeordnete Szene lassen sich duplizieren und verschieben. Die Hologramme müssen trotzdem in jeder Kopie neu mittels AR-Brille platziert werden (vgl. Abb. 6). Die Szenen werden sequentiell erstellt und zur Bearbeitung einer Szene müssen die Instructional Designerinnen und Designer durch die ganze bestehende Anleitung bis zu der jeweiligen Szene navigieren.

Dazu muss eine holographische Liste der Arbeitsschritte jeweils von Anfang an mittels Handgesten oder Augensteuerung durchgeblättert werden. Schwierigkeiten ergeben sich durch die software-eigene Nummerierung von Szenen. Die Arbeitsschritte, die innerhalb der Software aus mehreren Tätigkeiten bzw. Szenen bestehen, werden zu Beginn eines jeden Arbeitsschrittes neu nummeriert. Die Anzeige dieser Nummer auf dem Anweisungsfenster ist obligatorisch und führt gerade bei aufgabenübergreifenden Sprüngen zu einer nicht-linearen Nummerierung der ausgeführten Tätigkeiten. Darüber hinaus können Sprünge und Verzweigungen zwischen Szenen zwar programmiert werden, jedoch fehlen Software-immanente Flussdiagramme oder Strukturbäume. Die komplexen Anleitungen werden dadurch schnell unübersichtlich. Darüber hinaus erwies sich das Datenmanagementsystem mit nur einem Ordner für Mediendateien als unpraktisch. Eine aufgabenspezifische oder selbsterstellte Ordnerstruktur erscheint praktikabler.

Das Erstellen von Szenen oder ganzen Anleitungen mit Dynamics 365 Guides erfordert verschiedene Zugänge. Während die Positionierung von Hologrammen lediglich mittels der AR-Brille erfolgen kann (siehe Abb. 6), ist das sonstige Erstellen einer Szene einzig über die zugehörige PC-Software möglich. Das endgültige Löschen von ganzen Anleitungen, Szenen oder Medien kann wiederum ausschließlich über ein Internet-Portal erfolgen.

Das Programm arbeitet seit der Version 2021 stabil, abgesehen von wenigen Programmabstürzen während der Erstellung von Szenen. Im Rahmen der Studie war



Abb. 6: Positionierung von Warnhinweisen mittels der AR-Brille

leider nicht zu identifizieren, auf welche Ursachen das zurückzuführen war.

Bedienerfreundlichkeit und Usability

Die erste Erhebungsphase fand mit einer Gruppe von Probandinnen und Probanden, bestehend aus Technikerinnen und Technikern sowie Studierenden mit einem ingenieursspezifischen Schwerpunkt, statt. Die Ergebnisse dieser Phase sind nicht als repräsentativ einzuordnen. Es ergaben sich jedoch erste Hinweise und Aspekte, die bei Re-Design oder der Gestaltung der AR-Umgebung und deren Einsatzplanung berücksichtigt werden sollten. Nach den ersten Versuchsdurchläufen kann konstatiert werden, dass die Teilnehmenden dem AR-System grundsätzlich offen gegenüberstanden, obgleich das neue „Werkzeug“ eine gewisse Einarbeitungszeit erfordert. Die Bedienung sowie Interaktion über Air-Tap – einer Handgeste, die mit dem Klicken der Maus am PC vergleichbar ist – oder durch Blicksteuerung erfordert eine gewisse Übung. Schwierigkeiten bereiteten zunächst die Unbestimmtheit der Bedienung. Manche Funktionen, wie das Öffnen des Startmenüs, sind durch das Tippen auf ein Symbol auf der Innenseite des Handgelenkes auszuführen, andere mit einem Air-Tap.

Mit zunehmender Beherrschung des Systems durch die Teilnehmenden konnten erste Präferenzen festgehalten werden. Die bevorzugte Darstellungsform (Video oder Symbol) ist abhängig von der Vorerfahrung der Probandinnen und Probanden. Erfahrene Fachkräfte bevorzugen in der Regel eine technische oder explorative bzw. schematische Zeichnung. Insgesamt wird diese symbolhafte Darstellung bei einfacheren Aufgaben genutzt. Bei komplexeren Aufgaben griffen die Probandinnen und Probanden auf weitere Informationsangebote zurück. Der Rüstprozess an der Biegemaschine bzw. an dem Demonstrator wurde jedoch von den Fachkräften als kognitiv nicht besonders anspruchsvoll bewertet:

„Vielleicht bei komplexeren Arbeitsschritten würde ein Video mehr Sinn machen, weil man zu kleinschrittig mit den Bildern vorgehen würde mit den Symbolbildern. Aber, wie es jetzt hier war, würde ich die Bilder bevorzugen, da Video nicht überspringbar ist.“ (PO01).

Probandinnen und Probanden, die das Szenario nicht im Sinne einer effektiven Erledigung der Aufgabe

sehen, sondern für die Neugier, Interesse und ein Lerngedanke im Vordergrund stehen, benutzen zusätzlich das vielfältige Informationsangebot. Sie nehmen sich die Zeit, die Videos zu betrachten oder Informationen zu komplexeren Sachverhalten noch einmal nachzulesen. Lerninteressierte haben den Wunsch geäußert, das Programm insofern zu erweitern, dass man in die Elemente oder Baugruppen auch hineinschauen kann oder nicht Sichtbares, wie bspw. Kräfte oder Spannungen, visualisiert. Diese Anregungen sollten bei der weiteren Gestaltung des Systems und der Lern- und Arbeitsmaterialien berücksichtigt werden, sind jedoch aktuell mit der verwendeten Software nicht umzusetzen.

Die Bevorzugung eines Endgerätes, AR-Brille oder Tablet, hing bei den Probandinnen und Probanden im Wesentlichen von äußeren Bedingungen ab. Freie Hände und das Bedienen mit Handschuhen waren entscheidende Kriterien. Bei ungünstigen Lichtverhältnissen wurde das Tablet bevorzugt.

Bezüglich des Tragekomforts der AR-Brille klagten einzelne Probandinnen und Probanden über Schweißbildungs- und Druckstellen. Andere beschrieben die AR-Brille als unbequem und anstrengend für die Augen. Das Tragen einer Sehhilfe hat die Nutzung der AR-Brille nicht beeinflusst, jedoch führte das Tragen einer FFP2-Maske zum Beschlagen der AR-Brille.

Bei den Bedienungsfunktionen sollte nach Meinung der Probandinnen und Probanden nachgesteuert werden. So wurden die virtuellen Bedienelemente als zu klein beschrieben. Um die Hände frei zu haben, wurde eine Sprachsteuerung als hilfreich empfunden. Die Untersuchung zeigte auch, dass manche Hinweise, insbesondere im peripheren Sehfeld, übersehen werden. Dagegen wurde das freie, individuelle Positionieren der Bedien- und Informationselemente sowie der Audioeinstellungen als positiv gesehen.

FAZIT

Nach ersten Einschätzungen scheinen AR-Anwendungen auf Basis selbst erstellter Szenen aufwendig und daher insbesondere für den Lehrkontext kaum marktreif oder massentauglich zu sein. Für handwerkspezifische

Systeme und Software wäre dies noch zu überprüfen. Zudem ist für die Integration und Anpassung auf einen betriebspezifischen Prozess IT-Expertise unerlässlich. Eine individuelle Kosten-Nutzung-Abschätzung seitens der Betriebe oder Bildungsanbietern ist ohnehin obligatorisch.

Die ersten Studienergebnisse weisen darauf hin, dass die größten Hindernisse für den kommerziellen Einsatz von AR im Produktionsprozess v. a. die Auflösung und Restriktionen bei der Gestaltung der AR-Umgebung sind. Als Informations- oder Anlernwerkzeug könnte es zeitnah Einsatz finden, da Anleitungen und Informationen just-in-sequenz bereitgestellt werden können. Ob dies über ein Tablet oder eine AR-Brille effektiver ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab, die nicht generalisiert werden können. Das formelle Lernen im Arbeitsprozess ist aus wirtschaftlicher Sicht umstritten. Daran wird auch die AR-Technik zunächst wenig ändern. Die im Rahmen der Studie erprobten Anwendungen restringierten eine didaktisch sinnvolle Gestaltung von Lehr-/Lerneinheiten erheblich. Im Laufe der weiteren Untersuchung ist daher zu prüfen, ob eine andere Software für die Gestaltung von Lehr-/Lerneinheiten geeigneter scheint.

Unterschätzt wird häufig der Aufwand, der nötig ist, den Informations- oder Lehrinhalt zu erstellen und für die cyber-physischen Systeme aufzubereiten. Es sind Expertisen in Bezug auf die technischen Prozesse, (medien-)didaktischer Gestaltung sowie informatische Kenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit der eingesetzten Software notwendig.

Anwendbare Aussagen zu effektiven Gestaltungskriterien und Gelingensbedingungen sind aktuell nicht mög-

lich. Bei den ersten Erhebungen zeichnet sich ein pragmatischer vorurteilsfreier Umgang mit den „neuen“ Werkzeugen ab. Es zeigte sich, dass in Abhängigkeit der Berufserfahrung gewisse Darstellungsformen präferiert werden. Dies ist in weiteren Durchgängen zu validieren. Ebenfalls deutlich wurde, dass die Komplexität der Aufgabe mit der Nutzungsart und -zeit korreliert. Ist die Aufgabe für Fachkräfte zu „einfach“, werden die vorge-sehene Informationsanboten kaum genutzt bzw. sie sind für die Erledigung des Auftrags nahezu irrelevant.

Die erste Phase der Studie ist abgeschlossen. Nach dem Re-Design des Forschungssettings und der Applikationen sollen nun in einer Feldstudie die Erkenntnisse fundiert werden und erste Gestaltungskriterien zu Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Lern- und Arbeitsprozess herausgearbeitet werden.

Literatur

BUCHNER, J.; MULDER, M. (2020). Lernen in immersiven virtuellen Welten aus der Perspektive der Mediendidaktik. *Medienimpulse* 58 (2), <https://doi.org/10.21243/mi-02-20-22> (17.08.2022).

JANK, W.; MEYER, H. (2014): *Didaktische Modelle*. 11. Auflage. Berlin.

SCHRÖDER, T. (2019): A regional approach for the development of TVET systems in the light of the 4th industrial revolution: the regional association of vocational and technical education in Asia, *International Journal of Training Research*, 17:sup1, 83–95, DOI: 10.1080/14480220.2019.1629728 (28.04.2022).

ZENDER, R.; WEISE, M.; HEYDE, M. VON DER SÖBKE, H. (2018). Lehren und Lernen mit VR und AR-Was wird erwartet? Was funktioniert? In: *Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik*.

Liebe Leserinnen und Leser,

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

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

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Herausgeber und Schriftleitung

Digitalisierung von Erfahrungswissen als AR-Content – ein neuer Aufgabenbereich von Facharbeit

Im Beitrag wird die Fragestellung thematisiert, wie für AR-Medien didaktisch relevanter Inhalt durch Rückgriff auf die Chunktheorie bestimmt werden kann und warum es ein Element zukünftiger Facharbeit sein wird, diesen Inhalt dann in entsprechende Anwendungen umzusetzen. Zugleich wird deutlich, dass sich im Zuge eines derartigen Gestaltungsprozesses immer stärker als Ziel von beruflicher Bildung herauskristallisiert, die Kultur der Digitalität konstruktiv mitzubestimmen. Ob und wie die Lerntheorie des Konnektivismus hier nutzbringend ist, wird abschließend eingeschätzt.



RALPH DREHER

AUSGANGSLAGE

„Operative Exzellenz“ als Erfolgsfaktor im Maschinen- und Anlagenbau

Die Industrieregion Siegen-Wittgenstein ist geprägt vom Maschinen- und Anlagenbau und beherbergt diverse „Hidden Champions“. Diese Unternehmen, in sehr spezifischen Feldern oftmals jeweils Weltmarktführer, geraten aber nach eigenen Angaben zusehends unter globalen Konkurrenzdruck. Ein Unternehmensführer: *„Die DNA meiner Maschinen ist entschlüsselt, eine qualitativ genauso gute Maschine kann auch ein asiatischer Hersteller fertigen – leider nur viel günstiger.“*

Dessen so pointiert geäußerte Einschätzung deckt sich mit den Beobachtungen des Branchenverbands VDMA, der allerdings gerade „Small Champions“ eine gute Zukunftsperspektive prognostiziert – sofern derartige Unternehmen sich mit sehr hoher operativer Exzellenz (vgl. VDMA/McKINSEY 2014, S. 19) von den globalen Wettbewerbern abheben. Die somit nicht geleistete Diversifizierung wird dabei über eine entsprechend sorgfältig angelegte After-Sales-Strategie mehr als ausgeglichen. Bezogen auf die Betriebe der Region erscheint dieses mehr als zutreffend, da diese für sich analysiert haben, dass sich Marktführerschaft genau nicht einstellt, wenn man, so ein hiesiger Unternehmer, *„...versucht, ausschließlich über das Siegel ‚Made in Germany‘ die Maschine als solche als höherwertig zu verkaufen“*, denn tatsächlich würde sich die Wertschätzung des „Made of Germany“ über ein Bündel von Faktoren der spezifischen Kundenbedarfsanpassung, der hohen Liefertreue, der kontinuierlichen Produktoptimierung beim Kunden, einer wertschätzenden Kundenbetreuung über den Kauf hinaus und vor allem einer effizienten Servi-

cestrategie (was analog dazu festgestellt wird in VDMA 2014) ergeben.

Die kontinuierliche Betreuung der Kundinnen und Kunden bzw. der Anlagenbetreiberinnen und Anlagenbetreiber nach Kauf oder Erstinbetriebnahme hatte also bereits in der Vergangenheit für die Region eine hohe Priorität, um notwendige Reparatur- und Wartungsarbeiten durchzuführen und zugleich zu erkennen, welcher Optimierungsbedarf sich aufgrund von Dysfunktionalitäten, Unzulänglichkeiten in der Maschinenkonstruktion und/oder jeweils branchenuntypischen Verschleißzuständen ergibt (mit der Folge hoher Maschineneffizienz). Dieses Modell der Rückkopplung vom Service in die Maschinenkonstruktion (vgl. DCC AACHEN/McKINSEY 2016, S. 8 f.) als eine wesentliche Aufgabe von „After Sales“ wird dabei schon jetzt überwiegend durch digitale Vernetzung geleistet, was meint: Die Sensorik der Maschine oder Anlage leitet netzbasiert wesentliche Produktions- und Maschinendaten an die Herstellerin/den Hersteller zurück, die/der darauf durch ebenfalls netzbasierte Neuparametrierung direkt oder durch entsprechende Wartungs- bzw. Modifikationschritte am Produktionsstandort eine (Re-)Optimierung umsetzen kann.

Was bislang jedoch nicht in notwendiger Qualität geleistet werden konnte (oder auch: als Teil einer immer umfänglicher diskutierten Firmenphilosophie zur Hervorhebung deutscher Arbeitsqualität nicht geleistet werden sollte), war, die Wartung, Instandhaltung und Optimierung an der Maschine vor Ort durch lokale Arbeitskräfte bewerkstelligen zu lassen. Hier wurden bislang im selteneren Fall speziell geschulte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Auslandsvertretungen beschäftigt oder aber im Regelfall Expat-Teams gebildet,

die dann zu den verschiedenen Einsatzorten dirigiert wurden.

Mit Beginn der COVID-19-Pandemie konnten solche Expat-Teams als ein Kernelement der „Operativen Exzellenz“ nicht mehr durch Präsenz vor Ort realisiert werden – was parallel dazu führte, das Repräsentanz- oder Expat-Modell mit seinen hohen Vorhaltungskosten generell zur Disposition zu stellen. Aus dieser Erkenntnis heraus ergab sich die Folgefrage, wie Wartung und Instandhaltungsstrategien soweit digitalisiert werden können, dass Facharbeitskräfte ohne spezielle Schulung für derartig spezifische Maschinen oder Anlagen vor Ort die Ausführenden werden, was wiederum bedeutet: Wie gelingt die Bereitstellung einer Instruktion als Grundlage einer maschinenspezifischen Wartung und Instandsetzung mit dem Mittel der Augmented Reality (AR).

FORSCHUNGSFRAGE

Möglichkeiten zur Offenlegung von Erfahrungswissen

Mit Aufkommen der Idee, digitalisierte Wartungs- und Instandsetzungsanleitungen mit hohem Transferpotenzial bereitstellen zu wollen (vgl. hierzu auch den Beitrag von REINEKING in diesem Heft), wurde zugleich deutlich: Diejenigen, die diese Arbeiten bislang erfolgreich bewältigt haben, müssen nunmehr in der Lage sein, vor allem ihre bislang nicht dokumentierten Erfahrungen als Teil ihres Erfahrungswissens sich selbst zum Zwecke der Dokumentation zu vergegenwärtigen, um darauf aufbauend dann zur Vermeidung von Informationsverlusten die digitale Informationsweitergabe aktiv (!) zu gestalten.

Die Benennung solcher eigenen Erfahrungen in der Detailgenauigkeit, dass eine transferierbare Aufbereitung in AR-Content erfolgt, kann dabei als Forderung nach Offenlegung von implizitem Wissen (in der Definition nach NEUWEG 2021) verstanden werden, sofern die von BÖHLE begründete Gleichsetzung von implizitem Wissen mit Erfahrungswissen akzeptiert wird (BÖHLE 2020, S. 44).

Im Zuge des in diesem Beitrag ausgeführten Erstversuchs „Radialwellendichtring erneuern“ zeigte sich, dass zunächst nicht zwangsläufig alles Wesentliche aus dem eigenen Arbeitsethos heraus als erklärungsbedürftig gilt („Wer das nicht weiß, sollte da nicht rumpfuschen!“).

Als weiteren Faktor, dass Wesentliches nicht benannt wurde, wurde das Nichterkennen der Notwendigkeit, dass es sich hier um Wesentliches handelt identifiziert („Das mache ich so wie immer!“) – mit der Folge, dass eine solche eigentlich wesentliche Arbeitsanweisung auch bei bestem Bemühen nicht beschrieben werden konnte.

Als ein dritter Faktor wurde zudem deutlich, dass es sich bei derlei Arbeitsprozesswissen nach Einschätzung der Facharbeiter um etwas außerordentlich Wesentliches handeln würde, was man zur Wahrung des eigenen Herrschaftswissens und dem damit in Verbindung gebrachten Erhalt der Arbeitsmarktfähigkeit („Es genügt, dass ich das kann!“) besser verschweigt.

Die vorab dargestellten faktoriell dargestellten Erfahrungen decken sich dabei mit den pessimistischen Einschätzungen hinsichtlich der Erfassbarkeit dessen, was professionelles Handeln determiniert (vgl. beispielhaft RYLE 2009, S. 227; REBER 1976, S. 94; LOENHOFF 2012, S. 62 oder BÖHLE 2020, S. 41), was zugleich den Verdacht aufkommen lässt, dass genau das, was für digitales Mentoring von Arbeitsprozessen wesentlich ist, nicht erfasst werden kann.

Ausgehend hiervon erscheint deshalb zunächst die Forschungsfrage wesentlich, wie es gelingen kann, ohne eine Vielzahl von Iterationsschleifen, didaktisch abgesicherte digitale Contents für Montage- und Wartungsprozesse zu dokumentieren.

„Digitalität“ als Kultur und Herausforderung für die Auffassung von Berufsbildung

Facharbeit in der Montage- und Instandhaltungstechnik bedeutet demnach zukünftig zugleich in Anlehnung an die von STALDER identifizierte Kultur der Digitalität die Fähigkeit zur

- Referentialität (Herstellen von Bezügen zur Absicherung bzw. zum Erreichen von Professionalität, vgl. STALDER 2021, S. 97),
- Gemeinschaftlichkeit (Konstituieren als Community of Practice mit spezifischen Erfahrungen und Voraussetzungen aus der jeweiligen Arbeits- und Lebenssituation, ebd., S. 136) und
- Algorithmizität (Erschaffen von verbindlichen Arbeits- und Handlungsanweisungen als Absicherung des durch Referentialität und Gemeinschaftlichkeit erzielten Konsens und zugleich soziale Abgrenzung gegenüber dem freischaffenden Hacking, also dem bewussten Ersetzen von Regeln durch ungebundene Kreativität, ebd., S. 164 ff.).

STALDER benennt diese Faktoren als Herausforderungen, denen sich der mündige Mensch in der ihm aufoktroierten, digitalisierten und damit medialisierten Welt nicht entziehen kann (2021, S. 70 ff.) und die er über die kulturell zwangsläufig bedingte Nutzung und Erzeugung mitgestaltet bzw. hier konkret am Beispiel AR-Erstellung künftig mitgestalten soll.

Mitgestalten im Sinne eines Innovierens entsteht aus dem konstruktiven (!) Überwinden vorhandener Algorithmen, also der Reproduktion des bereits Bekannten.

Bewusstes Hacking (nicht als krimineller Akt, sondern als schöpferisches Moment des Ersetzens bislang bekannter, algorithmierter Verfahrensweisen) und damit das eigene Entziehen von Beeinflussung mit dem Ziel, eine objektive (!) Verbesserung herbeizuführen, die es dann jedoch wiederum zu referenzieren und zu vergesellschaften gilt, wird somit zu einem wesentlichen Merkmal schöpferischer Facharbeit. Das darin implizierte Vorhandensein einer Disposition zur reflexiv abgesicherten, wie diskursiv vertretenen kreativen und Vorgaben in Frage stellenden Gestaltungsfähigkeit, stellt somit (in Anlehnung an die Zielvorstellung von beruflicher Bildung gemäß der KMK, KMK 2021, S. 10) eine wesentliche berufsdidaktische Zielformulierung dar. Zumindest für die vorab beschriebenen beruflichen Arbeitsaufgaben aus dem Bereich der industriellen Wartungs- und Instandhaltungstechnik entsteht damit die zukünftig berufsimmanente Arbeitsprozessaufgabe der Gestaltung digitalisierter Informationsweitergabe und somit eine direkte Chance zur Förderung des generellen Ziels von beruflicher Bildung. Die zu fördernde Befähigung zur Mitgestaltung sollte dabei, didaktisch ausgehend von der konkreten Arbeitsaufgabe, soweit verallgemeinert werden, dass den Lernenden deutlich wird, dass sie mit ihren Ansätzen dazu zur Kultur von Digitalität gestaltend und damit selbstverantwortend beitragen.

Letzteres erscheint als Bildungsziel dabei umso wesentlicher, wenn berücksichtigt wird, dass die Alternative einer personalen Unfähigkeit, sich in dieser nicht mehr abstreitbaren Kultur der Digitalität zu bewegen, zu einem individuellen Verlust von gesellschaftlicher Partizipation als Kernelement demokratischer Mitbestimmung führt, was dann zu einer zunehmend totalitär bestimmten Gesellschaftsordnung (in Form einer die Digitalität bestimmenden populistischen Elitenherrschaft) führt (vgl. hierzu die Forderungen nach einer erneuten Aufklärung nach PINKER 2018, S. 421 ff., sowie den „New-Enlightenment“-Ansatz von DREHER 2021).

Als berufsdidaktische Fragestellung folgt daraus: Wie kann es mir als Lehrkraft gelingen, ausgehend von der Lernsituation, der Gestaltung einer spezifisch funktionsorientierten Medienkonzeption die Einsicht zu stärken, dass jede/jeder sich selbst eine subjektbezogene möglichst umfassende „Digital Literacy“ als Gesamtheit ihrer/seiner digitalen Interaktions- wie Gestaltungsmöglichkeiten aneignen muss (NARR/FRIEDRICH 2021), wobei ein jeweils subjektiv erlebtes Wechselspiel aus innovativer Algorithmuserstellung, referentieller Absicherung und Vergesellschaftung den Zustand eines „Permanent Beta“ erzeugt, also eines Lebens im ständigen Prototypstadium (vgl. LÜBER 2019, S. 27).

VORÜBERLEGUNGEN UND ERSTE ERGEBNISSE

Chunks als Kernelemente impliziten Wissens

Implizites Wissen erscheint gemäß gängiger Annahme (NEUWEG 2021) zusammenfassend zunächst als subjektives Konstrukt kontextgebunden und ist damit per se als allgemeingültige Regel weder transkribierbar noch erkenntnisgewinnend transferierbar.

Für die hier anstehende Aufgabe, bestimmte Best-Case-Handlungsmomente als didaktisch relevante Inhalte (und damit als AR-Content) zu erkennen und zu beschreiben, erscheinen die vorab genannten Einschränkungen zur Erfassung impliziten Wissens jedoch anzweifelbar, weil zu einschränkend, wenn im Gegenzug die wissenspsychologisch gut begründete Theorie der Chunkbildung und Chunkwirkung gesetzt wird (vgl. zusammenfassend WEIßGERBER/GRATTENTHALER/HOFFMANN 2019, S. 12 ff.).

Als Chunks werden nach MILLER gebildete handlungsleitende Wissensinhalte (MILLER 1956) verstanden, die ausgehend vom Reiz des Situativen, hier angenommen als konkrete berufliche Handlungsaufgabe, im Kurzzeitgedächtnis jeweils für die Phase des Handelns repräsentiert werden. Novizin und Novize sowie Expertin und Experte unterscheiden sich dabei nicht nur in der Quantität der insgesamt zur Verfügung stehenden Chunks (also der validierten Erfahrung durch häufiges Vollziehen der beruflichen Handlung mit ihren Variationen), sondern auch durch deren Qualität und Ausdifferenzierung (MALONE 2012). Chunks sind dabei nicht gleichzusetzen mit den behaviouristischen Reiz-Reaktions-Schemata als feste Regelvorgaben, die es zu lernen gilt, sondern als subjektbasiert gefundene und als „stabil“ im Sinne von erfolgreich empfundenen Verbindungen von fachwissenschaftlichen Inhalten mit daraus sich ableitenden, personal gebundenen und somit subjektiv als richtig empfundenen Handlungsanweisungen zu einer handlungsleitenden Einheit (CHASE/SIMON 1973). Handlungsauslösend ist dabei eine Kombination von nur wenigen Chunks (eher spekulativ wird hier auf eine Maximalzahl von sieben verwiesen, MILLER 1956). Allerdings gelingt es versuchsweise, eine partielle, heuristische Gedächtnisstruktur von Chunks bevorzugt auf Expertenebene (eben weil Expertinnen und Experten im hohen Maße durch Problembezogenheit und Domänenbezug stabile Beziehungen erzeugt haben) durch selbstreflexives Problemlösen offenzulegen (vgl. PUTZ-OSTERLOH 1988, S. 252 f.).

Diese Möglichkeit aufnehmend wurde nunmehr ein Setting gesucht, das es effizient (!) ermöglicht, wesentliche Chunks als expertenseitig benannte „Elemente des Handlungserfolgs“ und somit als möglichen AR-Content zu identifizieren (nachfolgend zur besseren fachkräfteseitigen Verständigung als „Erfolgsstrategie“ tituliert).

Die hierzu bekannten kooperativen Methoden der Wissensweitergabe (Mentoring, Barcamps, Open Space, Fishbowl-Diskussion, Lessons Learned; vgl. WINTERMANN et al. 2020, S. 72 ff.) erscheinen für ein solches Vorhaben zwar nicht grundsätzlich ungeeignet, allerdings stand bei der Findung eines Settings vor allem das Kriterium der Effizienz im Vordergrund. Letztlich wurde für den Erstversuch eine Kombination aus berufswissenschaftlichen und arbeitsprozessdokumentierenden Instrumenten gewählt, von denen angenommen werden kann, dass sie in ihrer Gesamtheit dem Prinzip der freien Reproduktion (KLUWE 1988) entsprechen, das sich wiederum als sehr passend zur Erfassung von Chunks erwiesen hat (REITMAN/RUETER 1980). Konkret verwendet wurde ein aufeinander aufbauendes Instrumentarium von mikroanalytischer, videobasierter Arbeitsprozessanalyse, Selbstbericht der Facharbeiterinnen und Facharbeiter als jeweils selbst erstellter Powerpoint-Präsentation und einem die Ergebnisse zusammenfassenden Facharbeiter-Experten-Workshop (F-E-Workshop). Als Aufgabe wurde das in einem Unternehmen exemplarisch als wesentlich benanntes Problem der Erneuerung eines Radialwellendichtrings als typische Instandhaltungsaufgabe gewählt.

Erstes Ergebnis: Chunkfindung am Beispiel „Radialwellendichtring“

Die Erneuerung eines Radialwellendichtrings (RDW, Wellendichtring, Gleitringdichtring) stellt oftmals eine erhebliche Herausforderung dar, da auch ein neu montierter RDW anschließend oftmals nicht abdichtet. Zu fragen ist, ob subjektbasiert entwickelte Erfolgsstrategien hier als jeweilige Chunks beschrieben werden können, die dann wiederum als Information im AR-Medium zur Verfügung gestellt werden können. Mittels des vorab dargestellten Erfassungsinstrumentariums wurden hier folgende Erfolgsstrategien, fachkräfteseitig, als wesentlich benannt (vgl. Tab. 1).

Deutlich wird hierbei: Diese als explizit wesentlich und damit in eine AR-Umgebung zu implementierenden Hinweise stellen aus fachlicher Sicht keine Besonderheiten dar, sondern erscheinen oftmals schon trivial, werden aber tatsächlich in ihrer Ganzheitlichkeit nie so genannt (beispielhaft: VERLAG BUECHELI, o. J.; BMW 2000). Allerdings: Die hier herausgearbeiteten Hinweise werden ebenso gern nicht beachtet, sei es durch das Fehlen von Werkzeug (Endoskop, Eintreibdorn) oder aber durch eine ungünstige Arbeitsposition (Sicht-/Tastkontrollen). Eine im Rahmen des Facharbeiter-Experten-Workshops über die konkrete Aufgabenstellung („Erneuerung RDW“) hinausgehende Forderung war deshalb, dass das AR-Medium zum einen eine Bestätigungsfunktion haben sollte („Wenn ich klicken muss, es gemacht zu haben, hat das eine andere Verbindlichkeit und ist dokumentierbar.“) und zum anderen eine Werkzeugliste (konkret z. B. mit dem Maß des Eintreibdorns) vorhalten sollte, die ebenfalls bestätigt werden muss, bevor das System zu den eigentlichen Arbeitsanweisungen weiterschaltet („Sonst versucht man es ja doch wieder mit halbwegs passender Stecknuss und langer Verlängerung.“).

Als Fazit dieses Erstversuchs zur Offenlegung von Chunks als didaktisch abgesicherte Elemente von zu visualisierendem Handlungswissen kann somit festgestellt werden: Es gelingt offenbar, über das genannte Instrumentarium von Beobachtungs- wie Reflexionsverfahren Wissensinhalte zu formulieren, die ihren Ursprung in Erfahrungen haben und wesentlich sind, um spezifisches (i. S. von situatives) berufliches Handeln zu steuern (analog zur erfahrungsbasierten Diagnose in technischen Systemen, vgl. KREMS 1997) . Diese kleinen Einheiten von Erfahrungswissen können (!) daher als Entsprechungen von Chunks angesehen werden (vgl. hierzu ergänzend deren Definition gemäß ihrer Wirkung nach NEWELL 1990) und erscheinen nach den vorliegenden Befunden als didaktisch wesentlich begründbarer Content für AR-Umgebungen.

Demontage	<u>ausschließlich mit Messingwerkzeug</u>
	luftseitiges Einstechen, um dann mit einem <u>selbst herzustellenden Hilfswerkzeug (gebogener Messingdraht) hinter die Schlauchfeder zu greifen</u>
	optische Kontrolle/Tastkontrolle der Welle auf eine mögliche <u>Einlaufkerbe</u>
Säubern	Säubern der Gehäuseführung zunächst chemisch, dann mit <u>Messingkratzer</u>
	Kratzen muss sich „weich“ und „nachgiebig“ oder „nicht kratzig“ anfühlen
Montage	Einölen des neuen Dichtrings vor der Montage an den Dichtflächen, dann gerade aufsetzen
	Eintreiben des stationären Dichtrings mit einem <u>Werkzeug (Eintreibdorn) von d = Dichtringaußenkante abzgl. 2/10 Millimeter und leichten Hammerschlägen</u>
	Wenn möglich: Welle von Hand drehen und Sitz der <u>Dichtlippe durch Augenschein kontrollieren</u>

Tab. 1: Ermittelte Chunks (Unterstreichung: Betonung als wesentlich im F-E-Workshop)

Konnektivismus als Lerntheorie für die Kultur der Digitalität

Das Lernfeldkonzept wird heute als eine Realisierung von „gemäßiger“ konstruktivistischer Lerntheorie betrachtet (vgl. hierzu die Ausführungen von BREUER et al. 2009, S. 77 mit deutlicher Klarstellung gegenüber SEEL).

Die vorab skizzierte berufsdidaktische Forderung nach Mitgestaltung von Digitalität fordert hier jedoch nicht nur Funktionalität als Merkmal eigener mentaler Konstruktion, sondern vor allem den Abgleich der eigenen Handlung und die Überprüfung der Folgen dieser Funktionalität im Zuge deren Vergesellschaftung. Gemeint ist hiermit die Übernahme von Verantwortung für das Anwenden und Weitergeben der eigenen mentalen Konstruktionen („*Das mache ich darum so*“) bzw. der kritischen Überprüfung aufoktrozierter Handlungsweisen als vorgeblich richtig („*Das macht man eben so, genügt mir nicht*“).

Die Kernidee des Konstruktivismus, sehr subjektbezogen zu einem spezifischen, konstruierten Handlungswissen zu gelangen, wird damit expliziter als bislang durch die Forderung nach direkter Folgeabschätzung erweitert. Nicht das Ich, das Problem und die individuelle Lösung sind länger das Gestaltungsprodukt, sondern das generelle Problem, in dessen Lösung ich mich gestaltend einbringen und das wir gemeinsam lösen wollen. Aus dieser Begrenzung des Konstruktivismus, welche die Freiheit und Wirklichkeitsauffassung des Subjekts als primär für den Erkenntnisgewinn relativiert, entstand ab 2005 die Lerntheorie des Konnektivismus, im Wesentlichen formuliert von SIEMENS unter dem Eindruck der Möglichkeiten des digitalen, selbständigen Lernen formuliert (SIEMENS 2005, erweitert durch DOWNES 2012). Ausgangspunkt des Konnektivismus ist hierbei, dass ich stärker als bislang nicht Wissen als neue Erfahrung konstruieren muss, sondern aufgrund der hohen Verfügbarkeit von digitalisiertem Wissen Erkenntnis darüber gelangen muss, wie und warum Wissen zu verbinden ist, das nicht länger an (menschliche) Institutionen gebunden ist, sondern sich im steten Spiel zwischen personaler Anforderung und deren Bewältigung reguliert. DOWNES betont in diesem Zusammenhang die Fähigkeit, als falsch erkannte Verbindungen lösen zu können. Dabei gilt (allein schon aus Gründen des Erhalts einen subjektbezogenen Innovationspotenzials) in Analogie zum Konstruktivismus personale Autonomie als wesentlich. Eine (Selbst-)Regulation entsteht dabei durch die Möglichkeiten, welche die selbstgeschaffene Konnektivität zum Abgleich zwischen dem Ich und der Gemeinschaft schafft.

Ob es sich beim Konnektivismus wirklich um eine eigenständige Lerntheorie des Lernens und Erkennens handelt oder aber nur um den Hinweis, dass ein selbst-

bestimmtes und selbstgesteuertes Lernen (wie es das Lernfeldkonzept schon in den Phasen des Informierens, Planens und vor allem Reflektierens als Teile der vollständigen beruflichen Handlung kennt), soll an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden. Stattdessen gilt es zu fragen, was die Idee des Konnektivismus leisten kann, wenn das Erschaffen von digitalen Elementen und damit die Fähigkeit zur Beteiligung an der Kultur der Digitalität zum Bildungsziel erhoben werden.

Digitalität als Forderung an eine konnektive Reflexionsphase

Der Phase des Reflektierens wird innerhalb der vollständigen beruflichen Handlung eine hohe bildende Wirkung zugewiesen (BREUER et al. 2009, S. 179 mit Verweis auf ROTH), denn gerade das Hinterfragen dessen, was, wie gemacht wurde, wie es alternativ gemacht werden könnte und welche Erfolgs- wie Misserfolgskriterien den eigenen Arbeitsprozess bestimmt haben (und folglich künftig verstärkt bzw. minimiert werden sollten), stellen das Potenzial bereit, die eigene Gestaltungskompetenz als Grundlage von gesellschaftlicher Mitbestimmung und Fortentwicklung auszudifferenzieren.

Es erscheint deshalb sinnfälliger, die Phase der Reflexion im Rahmen der ganzheitlichen beruflichen Handlung zugleich als unterrichtsgestaltende Antwort auf die Frage zu verstehen, wie der Mensch dazu befähigt werden kann, sich in der Digitalität nicht nur zu behaupten, sondern diese mitzugestalten und zu kontrollieren. Typische Leitfragen, ausgehend von der konkret facharbeiterseitig definierten AR-Anwendung, können dabei sein:

- Auf welche Quellen mit welcher Glaubwürdigkeit beziehen sich die in der AR gegebenen Hinweise?
- Wie können die für die AR generierten Hinweise als fachlich richtig begründet werden?
- Welche Alternativen wurden dabei nicht berücksichtigt oder aber bewusst als unwahr ausgeschlossen?
- Warum können AR-generierte Hinweise als zielführend und machbar (mit dem Ziel: Transfer des perfekten Arbeitsprozesses) verstanden werden – oder eben genau nicht?
- Und: Wir befinden uns niemals am Endpunkt, sondern immer in einem Prozess der steten Vervollkommnung, Modifikation und Korrektur derartiger AR-Anwendungen (Akzeptanz der Obsoleszenz der eigenen Gestaltungsarbeit gem. des Prinzips von Permanent Beta). Wie begegne und gestalte ich diesen steten Revisionsprozess für mich?

Die Antworten auf derartige Reflexionsfragen können über einen konnektiven Abgleich in der Reflexions-

phase, fokussiert auf die nach STALDER geforderte Referentialität (Worauf fußt meine AR-Anwendung als kommunikativer Akt?), Verallgemeinerung (Welchen Gültigkeitsraum, mit welcher tatsächlichen Wirkung, hat meine AR-Anwendung?) und Algorithmizität (Wie habe ich die Information, warum, miteinander verbunden?) gleichermaßen als Akte subjektbasierter Entscheidungen vergegenwärtigt werden.

FAZIT

Die Schaffung und Bereitstellung von AR-Anwendungen zur Wartung und Instandsetzung werden von einem erheblichen Vorteil und zugleich eine nicht ignorierbare Forderung für den Maschinen- und Anlagenbau sein. Das hierzu aufzubereitende Wissen muss als ein Wissen verstanden werden, das facharbeiterseitig erfahrungsbasiert gebildet wurde und folglich auch nur facharbeiterseitig artikuliert werden kann.

Damit entsteht die zunächst unüberwindbar erscheinende Forderung, die Offenlegung von implizitem Wissen (wie vorab begründet gleichgesetzt mit Erfahrungswissen) als einen neuen Aufgabenbereich von Facharbeit zu verstehen. Hier konnte in einem ersten Versuch gezeigt werden, dass über einen Rückgriff auf die Chunktheorie und deren Prinzipien zur Offenlegung von handlungsregulierendem Wissen im Kurzzeitgedächtnis wesentliche Wissensinhalte und deren Verknüpfung als Grundlage für professionelles berufliches Handeln aufgezeigt werden können. Überdies konnte hier ein zusätzliches Funktionsmoment von AR-Anwendungen (integrierte Bestätigungsfunktion für das Vorhandensein von Werkzeug und der tatsächlichen Durchführung von Kontrollen) als wesentlich ermittelt werden.

Ein solcher Akt der reflexiven und moderierten Informationsoffenlegung und Vergegenwärtigung der Verbindungen von Informationen entspricht wesentlichen Forderungen der konnektivistischen Lerntheorie, die wiederum mit ihren wesentlichen Forderungen bereits vom Konzept der vollständigen Handlung als Unterrichtsstrukturmodell von Lernsituationen aufgegriffen wurde.

Was es nun gilt: die Hinweise von STALDER zur Befähigung eines Lebens in und mit der Kultur der Digitalität als Forderung an eine zeitgemäße Berufsbildung zu begreifen, um darauf aufbauend gerade die Reflexionsphase im berufsbildenden (und nicht berufsausbildenden) Unterricht so auszugestalten, dass eine Gestaltungsfähigkeit für die Kultur der Digitalität entsteht.

Literatur

BMW (BAYERISCHE MOTORENWERKE) (2020) (Hrsg.): Werkstatthandbuch. Modelle R1100S, R1100R, GS 1100. München.

BÖHLE, F. (2020): Implizites Wissen und subjektivierendes Handeln – Konzepte und empirische Befunde aus der Arbeitsforschung. In: HERMKES, R.; NEUWEG, G. H.; BONOWSKI, T. (Hrsg.): Implizites Wissen. Berufs- und wirtschaftspädagogische Annäherungen. Bielefeld, S. 37-64.

BREUER, K.; TAUSCHECK, R.; BECKER, H.; ETTMÜLLER, W.; ETZKORN, K. (Hrsg.) (2009): Der Modellversuch KoLA. Vom Lernfeld zum schulspezifischen Jahresarbeitsplan – von der Lernsituation zum selbstgesteuerten Lernen und zu ersten Ergebnissen einer Längsschnittstudie. Frankfurt.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. (1973): The mind's eye in chess. In: CHASE, W. G. (Hrsg.): Visual information processing. New York, S. 215-281.

DIGITAL CAPABILITY CENTER (DCC, Hrsg.) AACHEN; MCKINSEY (2016): Developing the future of manufacturing. Aachen.

DOWES, S. (2012): Connectivism and Connective Knowledge. Essays on meaning and learning networks. https://www.downes.ca/files/books/Connective_Knowledge-19May2012.pdf (29.03.2022).

DREHER, R. (2022): Digitality as a Challenge – Digital Learning as an Answer? Consequences of Engineering Teaching. In: AUER, M. E.; HORTSCH, H.; MICHLER, O.; KÖHLER, T. (Hrsg.): Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6_110 (29.03.2022).

KLUWE, R. H. (1988): Methoden der Psychologie zur Gewinnung von Daten über menschliches Wissen. In: MANDL, H., SPADA, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. München/Weinheim, S. 359-385.

SEKRETARIAT DER KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (Hrsg.) (2021): Handreichung für die Erarbeitung ... für anerkannte Ausbildungsberufe. Berlin. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf. (28.3.2022).

KREMS, J. F. (1997): Expertise und diagnostische Urteilsbildung. In: SONNTAG, K.; SCHAPER, N. (Hrsg.): Störungsmanagement. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen und Diagnosekompetenz. Zürich, S. 77-94.

LOENHOFF, J. (2012): Implizites Wissen. Epistemologische und handlungstheoretische Perspektiven. Weilerswist.

LÜBER, K. (2019): Permanent Beta. In: Frankfurter Allgemeine Verlagsspezial: New Work. Die Zukunft der Arbeit. Frankfurt/M.

MALONE, S. (2012): Computerbasierte Messung von Teilaspekten der Fahrkompetenz. Besonderheiten des Expertiserwerbs beim Autofahren. Dissertation an der Universität des Saarlandes. Saarbrücken.

MILLER, G. A. (1956): The magical number seven, plus minus two. Some limits on our capacity for processing information. In: Psychology Review, 63, S. 81-96.

NARR, K; FRIEDRICH, C. (2021): Medienkompetenz und Digital Literacy. <https://www.bpb.de/lernen/digitale-bildung/politische-bildung-in-einer-digitalen-welt/324982/medienkompetenz-und-digital-literacy> (04.02.2022).

NEUWEG, G. H. (2021): Was ist implizites Wissen? Vortrag am 20. Juni 2021 am 7. Festival der Philosophie in Hannover. https://www.researchgate.net/publication/352681211_Was_ist_implizites_Wissen_Vortrag_am_20_Juni_2021_am_7_Festival_der_Philosophie_in_Hannover (29.03.2022).

NEWELL, A. (1990): Unified theories of cognition. MA: Harvard University Press. Cambridge.

- PINKER, S. (2018): Aufklärung jetzt. Für Vernunft, Wissenschaft, Humanismus und Fortschritt. Frankfurt/M.
- PUTZ-OSTERLOH, W. (1988): Wissen und Problemlösen. In: MANDL, H.; SPADA, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. München/Weinheim, S. 247-263.
- REBER, A. S. (1976): Implicit Learning of Synthetic Language. The Role of Instructional Set. In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory 2, Nr. 1, S. 88-94.
- REITMAN, J.; RUETER, H. (1980): Organization revealed by recall orders and confirmed by pauses. In: Cognitive Psychology, Vol. 8, S. 554-581.
- RYLE, G. (2009): Knowing how and knowing that. In: RYLE, G. (Hrsg.): Collected Essays 1929 - 1968. Volume 2. London/New York, S. 222-235.
- SIEMENS, G. (2005): Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. <https://www.academia.edu/2857071/Connectivism>. (29.03.2022).
- STALDER, F. (2021): Kultur der Digitalität. Berlin.
- VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU (VDMA) (Hrsg.) (2014): Mehr Erfolg im Global Service. Frankfurt/M.
- VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU (VDMA) (Hrsg.)/McKinsey (2014): Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau. Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren. Frankfurt/M.
- VERLAG BUECHELI (o. J.): Reparaturanleitung. Volvo 240, 242, 244. Zürich.
- WEIßGERBER, T.; GRATTENTHALER, H.; HOFFMANN, H. (2019): Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft F126. Bergisch Gladbach.
- WINTERMANN, O.; WINTERMANN, B.; HOFFMANN, A. (Hrsg. Bertelsmann Stiftung) (2020): Erfolgskriterien betrieblicher Digitalisierung. <https://doi.org/10.11586/2020058> (29.03.2022).

Evaluation einer Mixed-Reality-Lernsoftware zur Kompetenzentwicklung in der kollaborativen Robotik



BIANCA SCHMITT



CHRISTOPH LEUPOLD



MAREN PETERSEN

In diesem Beitrag wird eine Mixed-Reality-Lernanwendung für den Einsatz von kollaborativen Robotern in der Montage sowie das dazugehörige Evaluationskonzept vorgestellt. Zur Evaluation werden Vergleichsuntersuchungen zur Gegenüberstellung von Lernen in virtueller Lern- und Arbeitsumgebung und an realer Anlage eingesetzt. Außerdem wird ein Kompetenzerfassungsinstrument angewendet, das aus einer Selbsteinschätzung der Lernenden und einer Fremdeinschätzung von Ausbildungspersonal oder Lehrkräften besteht. Ergänzend werden eine schriftliche Befragung bei den Lernenden sowie Interviews mit Lehrkräften durchgeführt.

AUSGANGSLAGE

Durch die Verbreitung von Brillen für Virtual Reality (VR) und Apps für Augmented Reality (AR) für Smartphones kommen immer größere Teile der Bevölkerung in Kontakt mit diesen Visualisierungstechnologien (vgl. STATISTA 2021; TEICHMANN/FROMME 2019, S. 152–153). Neben den immersiven Eindrücken einer kompletten virtuellen Umgebung, wie sie bei Filmen und Spielen

bereits länger genutzt wird, bieten die, unter dem Begriff Mixed-Reality (MR) zusammengefassten, VR und AR-Technologien jedoch auch im industriellen Umfeld eine Reihe neuer Möglichkeiten: Geplante Gebäude können bereits vor Baubeginn virtuell betreten und ggf. optimiert werden, Montagearbeitsplätze werden durch das Einblenden von passenden Bauteilen vereinfacht und auch bei der Fehlerdiagnose an Maschinen können defekte Teile virtuell hervorgehoben werden (vgl.

FREYER 2020, S. 414; ORSOLITS/LACKNER 2020, S. 53; WEGNER 2020, S. 421).

Die innovativen Visualisierungstechnologien bieten jedoch nicht nur Potential für die industrielle Praxis, sondern auch für die berufliche Aus- und Weiterbildung (vgl. BERKEMEIER et al. 2018, S. 143; NIEGEMANN / NIEGEMANN 2018, S. 35). Insbesondere die Gestaltung von Prozessen in einer zunehmend automatisierten Produktion, die Integration von neuen Technologien in die Arbeitswelt und die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen erweisen sich als Herausforderungen. Exemplarisch sind hier kollaborative Roboter (kurz: Kobots) zu nennen. Diese können beispielsweise in Automatisierungslösungen für Kleinserien und für die kundenindividuelle Produktion eingesetzt werden (vgl. KRAUS/BAUERNHANSL 2021, S. 652–653; MÜLLER et al. 2019, S. 1-2). Kobots sind durch unterschiedliche Sicherheitsfunktionen und Sensorik für die direkte schutzzaunlose Zusammenarbeit mit dem Menschen gestaltete Roboter (vgl. MALIK/BILBERG 2019, S. 665). Doch der Einsatz von Kobots und die dadurch veränderten Arbeitsprozesse erfordern eine entsprechende Kompetenzentwicklung der Beschäftigten durch Aus- und Weiterbildung. Die Verwendung des virtuellen Ansatzes liegt darin begründet, dass die Planung und Optimierung von kobotgestützten Prozessen einer hohen Komplexität unterliegen und diese in der virtuellen Umgebung einfach simuliert und modifiziert werden können. Im Forschungsprojekt „Kompetenzentwicklung zur Gestaltung von Mensch-Roboter-Kollaboration unter Anwendung eines Mixed-Reality-basierten Lehr-Lernkonzeptes“ (KoRA)¹ wird untersucht, wie kollaborative Robotik mittels MR-Technologie in berufliche Bildungsprozesse integriert werden kann. KoRA adressiert dabei folgende Ausbildungsberufe: Mechatroniker/Mechatronikerin, Elektroniker/Elektronikerin für Automatisierungstechnik, Industriemechaniker/Industriemechanikerin, Fachinformatiker/Fachinformatikerin (Fachrichtung Systemintegration) und Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin.

Inwieweit der Transfer des Gelernten von der virtuellen Anwendung zu realen Arbeitsaufgaben dabei möglich ist, wurde bisher nur wenig wissenschaftlich betrachtet. Daher ist die Evaluation von besonderer Bedeutung. Zudem existieren bisher keine Evaluationskonzepte, die eine differenzierte Betrachtung dieser Form von Lernanwendungen ermöglicht. Zur Schließung der Lücke wird in diesem Beitrag ein Konzept zur Evaluation einer MR als Lernmedium in arbeitsprozessorientierten beruflichen Bildungsprozessen dargestellt.

VIRTUAL REALITY, AUGUMENTED REALITY UND AUGMENTED VIRTUALITY

Da die unterschiedlichen Begriffe rund um die Visualisierung von virtuellen Welten oftmals unterschied-

lich verwendet werden, wird hier zunächst eine Definition vorgenommen. MILGRAM/KISHINO (vgl. 1994, S. 1324 ff.) unterscheiden die Visualisierungsformen Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Augmented Virtuality (AV). VR beschreibt demnach die Visualisierung einer rein virtuellen Umgebung. Bei AR dagegen werden in die reale Umgebung virtuelle Informationen eingeblendet. Dies führt zum Beispiel beim Head-Up-Display im Auto dazu, dass Navigationsdaten oder Verkehrsschilder über eine Projektion auf der Windschutzscheibe in die reale Umgebung eingebettet werden können. Augmented Virtuality (AV)-Anwendungen dagegen betten reale Objekte in eine virtuelle Umgebung ein. Diese realen Objekte können die eigenen Hände oder physisch vorhandene Werkzeuge sein, die in eine virtuelle Welt eingebunden werden. MR beschreibt zusammengefasst die beiden Möglichkeiten, reale und virtuelle Informationen zu verbinden, also AR und AV.

GRUNDLAGEN DER GESTALTUNG UND DER EVALUATION

Die Gestaltung von Lernanwendungen kann unter anderem aus der Perspektive des Instructional Design (ID) betrachtet werden. Bei ID handelt es sich um eine bildungswissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Gestaltung von Lernangeboten und Lernumgebungen auf Basis von empirisch fundierten Erkenntnissen beschäftigt (vgl. NIEGEMANN 2020, S. 96). Eines der wissenschaftlich fundiertesten Modelle ist das 4C/ID-Modell von VAN MERRIËNBOER (vgl. NIEGEMANN 2020, S. 107). Es eignet sich besonders für die Konzeption von problembasierten Lernumgebungen mit dem Fokus auf der Entwicklung von komplexen kognitiven Fähigkeiten (vgl. VAN MERRIËNBOER 2020, S. 154). Daneben ist auch das Pebble-in-the-Pond-Modell von MERRIL (ebd. 2002, S. 40 f.) weit verbreitet, das auf Basis einer prototypischen Aufgabe sukzessive die Problemstellung ausarbeitet. Da in diesen Modellen zentrale Elemente wie beispielsweise die nachträgliche Evaluation des Lernangebotes nicht oder nur oberflächlich adressiert wird, nutzt KoRA das Decision Oriented Instructional Design Modell (DO ID Modell) von NIEGEMANN (vgl. 2020, S. 112). In diesem Modell werden alle notwendigen Aspekte der Konzeption von multimedialen Lernangeboten in zehn Entscheidungsfeldern zusammenfasst (siehe Abb. 1). NIEGEMANN stellt ergänzend zu dem Modell ein dazugehöriges Erhebungsinstrument und einen Leitfragenkatalog zur Evaluation bereit. Zielgruppen der Evaluation sind Lernende, Lehrende sowie Expertinnen und Experten für Instruktionsdesign (vgl. NIEGEMANN/NIEGEMANN 2018, S. 162 ff.). Das Modell sowie das Erhebungsinstrument dienen im Rahmen von KoRA als theoretische Basis für die Konzeption sowie für die Evaluation der MR-Lernanwendung.

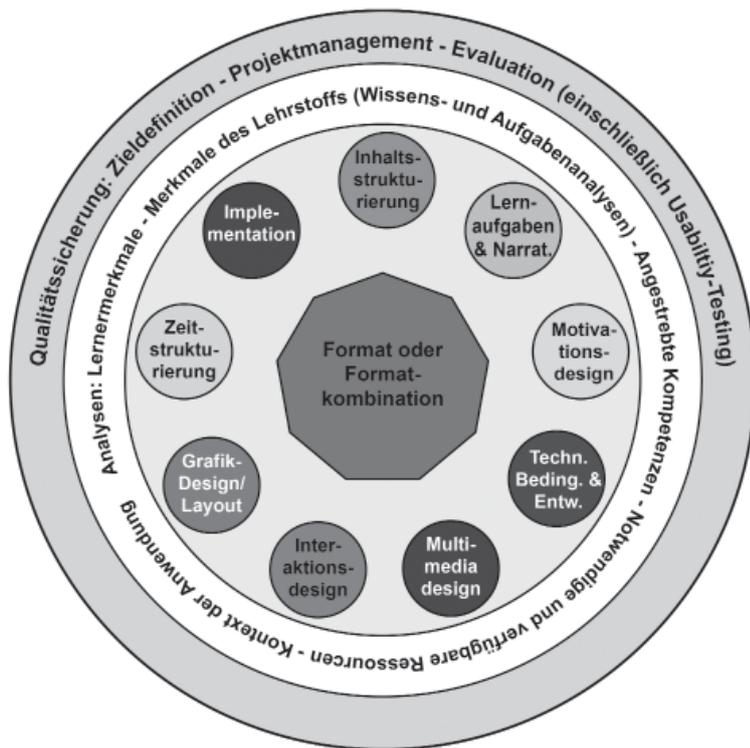


Abb. 1: DO ID Modell v. 8.0 (Quelle: H. NIEGEMANN 2020, S. 112)

Das DO ID Modell ist als Rahmenmodell zu verstehen, das andere Modelle nicht ausschließt, sondern vielmehr die Kombination mit diesen innerhalb der einzelnen Entscheidungsfelder zulässt. Deshalb wird zur Untersuchung zusätzlich das Technology-Acceptance-Model nach DAVIS (1987) herangezogen. Nach diesem Modell sind zwei Variablen für die individuelle Einstellung gegenüber der Verwendung einer Technologie maßgebend: die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit. Das heißt, der Mehrwert des Einsatzes der Technologie und der Aufwand, der zum Erlernen des Umgangs mit der Technologie aufgebracht werden muss, sind entscheidend für den tatsächlichen Einsatz der Technologie. Daher stellen die folgenden Fragestellungen die Basis für die Erforschung der Akzeptanz von MR in der beruflichen Bildung dar:

1. Welche Einflussfaktoren sind bei der Gestaltung von MR-gestützten Lernanwendungen in Bezug auf die Akzeptanz zu berücksichtigen?
2. Welche Gelingensbedingungen gibt es für den Transfer des Gelernten in den realen Arbeitsprozess?

Die Einflussfaktoren und Gelingensbedingungen sind nicht nur im Hinblick auf die Didaktik zu untersuchen. Vielmehr ist auch die Technologie zu betrachten, da MR zum einen ein innovatives Lern- und Arbeitsmedium darstellt, das neue Möglichkeiten zur Gestaltung von Lern- und Arbeitsprozessen bietet. Zum anderen haben aber auch Interaktions- und Designkonzepte

innerhalb der Software einen großen Einfluss auf den erfolgreichen Einsatz des Lern- und Arbeitsmediums bzw. der Lern- und Arbeitsanwendung.

MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION IN DER KoRA-SOFTWARE

Die im Projekt KoRA entwickelte Anwendung teilt sich in zwei Modi auf: den Layout- und den Performance-Modus. Im Layout-Modus wird die Montagelinie oder der Montagearbeitsplatz geplant, das heißt, alle notwendigen Werkbänke, Elemente zur Bereitstellung oder Ablage von Montageteilen und Werkzeuge sowie Hilfsmittel wie beispielsweise Akkuschauber sind in einer virtuellen Werkhalle konfigurierbar. Auch Kobots werden mit Hilfe dieses Modus platziert. Dafür stehen zum einen Bibliotheken mit vordefinierten Objekten zur Verfügung (siehe Abb. 2). Zum anderen können aber auch individuelle Objekte aus sogenannten „Boxen“ erzeugt werden

(siehe Abb. 3). Diese sind nachträglich beliebig oft in Größe, Orientierung, Platzierung im Raum und Farbe veränderbar (siehe Abb. 4).



Abb. 2: Auswahl einer Werkbank aus der Bibliothek in der KoRA-Software

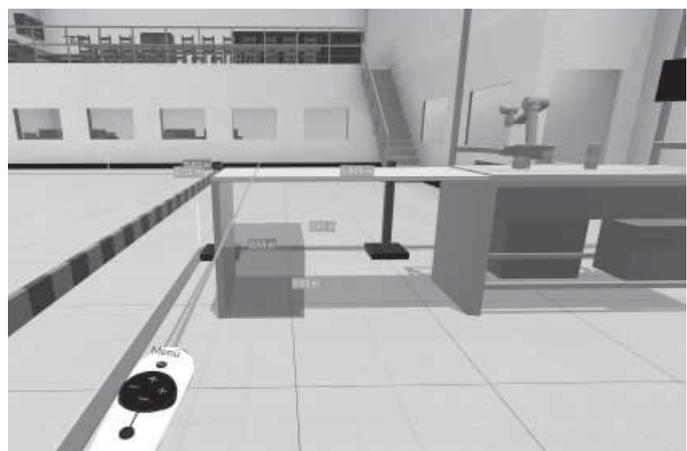


Abb. 3: Erzeugen eines neuen Elementes aus einer Box

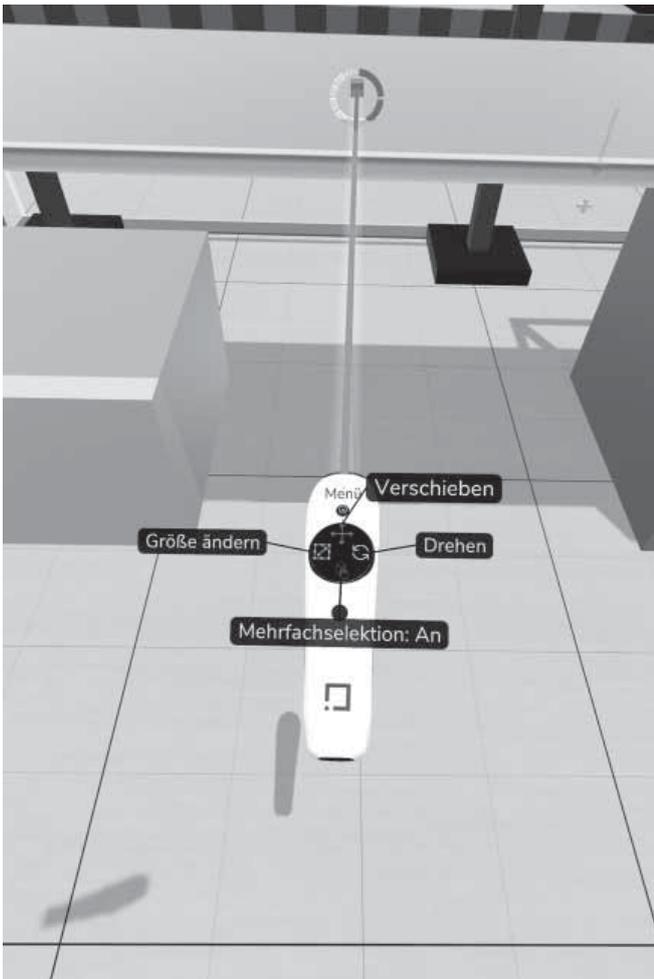


Abb. 4: Funktionen zum Anpassen der Werkbank

Anwender und Anwenderinnen können die Anordnung der einzelnen Elemente des Montagearbeitsplatzes beliebig oft modifizieren. Hier bietet die VR einen entscheidenden Vorteil, da die Anpassung eines Arbeitsplatzes oder gar einer kompletten Linie in der Realität meist mit viel Aufwand verbunden ist. Die Anordnungen der Montagearbeitsplatzelemente können zudem auch als unterschiedliche Shopfloor-Varianten abgespeichert werden, um die Arbeitsabläufe bei alternativen Konfigurationen vergleichen zu können. Neben der Einrichtung sind auch die Bauteile in der Anwendung konfigurierbar oder alternativ als CAD-Import integrierbar.

Im Performance-Modus wird anschließend der Montageprozess simuliert. Das heißt, die Anwenderinnen und Anwender durchlaufen den Prozess an dem vorher geplanten Montagearbeitsplatz und können so

überprüfen, ob der Ablauf fachlich, ökonomisch sowie ergonomisch sinnvoll ist. In Bezug auf die Mensch-Roboter-Kollaboration sind hier vor allem die Platzierung des Kobots am Arbeitsplatz sowie die Programmierung der Wegpunkte zu berücksichtigen. Zur Programmierung wird das sogenannte Teach-In-Verfahren genutzt. Hierbei wird der Roboter in die Zielposition verfahren und diese wird gespeichert (vgl. MÜLLER et al. 2019, S. 42). Die Anwenderinnen und Anwender haben – wie beim Teach-In am realen Kobot – in der Software die Möglichkeit, durch Bewegung des Kobots über das Verfahren des Greifers Wegpunkte zu setzen und dem Kobot für diese Positionen bestimmte Funktionen zuzuweisen (siehe Abb. 5).

Die Positionen, die für den Kobot nicht erreichbar sind, d. h. der Bereich der außerhalb des Arbeitsraumes des Roboterarms liegt, werden durch eine Rotfärbung des Greifers markiert. Dort ist es dementsprechend auch nicht möglich, Wegpunkte zu setzen. An einem Wegpunkt kann der Kobot für einen zu definierenden Zeitraum (in Sekunden) warten oder den vorinstallierten Greifer öffnen bzw. schließen. Wenn alle Wegpunkte „geteached“ sind, kann der gesamte kobotgestützte Montageprozess durchlaufen und ggf. optimiert werden.

Praktische Werkzeuge für die Organisation und Unterstützung des Lern- und Arbeitsprozesses stellen die Funktionen „Notizblock“, „Malen“ und „Aufzeichnungen“ dar. Notwendige Informationen für die Lernenden wie beispielsweise Erläuterungen zu Problem- oder Aufgabenstellungen können in den sogenannten „Notizblock“ geladen und jederzeit über das Menü aufgerufen werden (siehe Abb. 6, S. 115). Zudem ist es möglich, über die Funktion „Malen“ Notizen mit einem virtuellen Stift direkt „in die Luft“ zu schreiben (siehe Abb. 7, S. 115).

Damit können sowohl Lernende als auch Lehrende wichtige Informationen – auch spontan – festhalten.



Abb. 5: Zuweisen einer Aktion zu einem Wegpunkt



Abb. 6: Funktion Notizblock mit exemplarischem betrieblichem Auftrag (links)

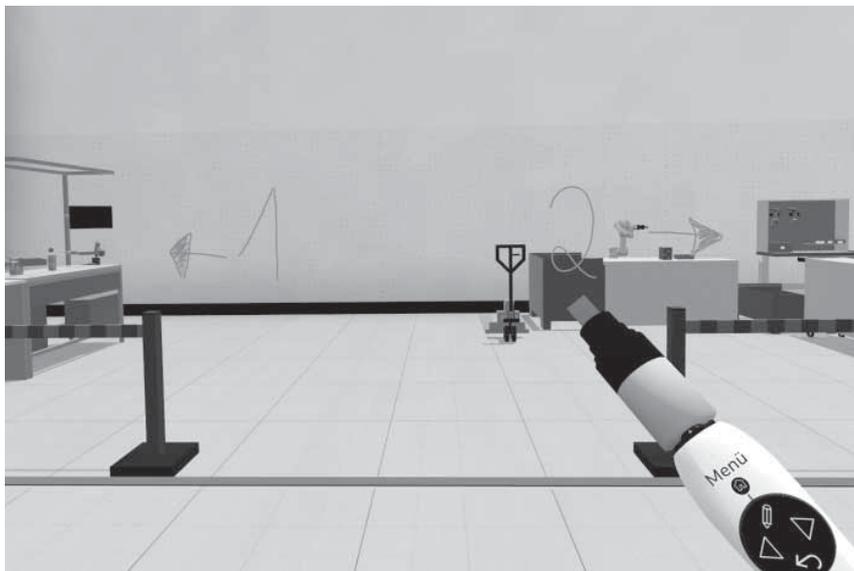


Abb. 7: Funktion „Malen“

Diese sind permanent sichtbar, d. h., sie müssen nicht erst über ein Menü oder Ähnliches geöffnet werden. Die Aufnahme von Filmen der Montageprozesse ist ebenfalls direkt möglich. Für diese werden die Bewegungen der Anwenderinnen und Anwender aufgenommen und mittels eines Avatars in der gespeicherten Aufnahme abgebildet. Somit lassen sich die Aufzeichnungen nachträglich aus beliebigen Perspektiven betrachten und zur Analyse sowie Optimierung des Prozesses einsetzen. Gleichzeitig kann es als lernorganisatorisches Mittel genutzt werden, um beispielsweise Musterlösungen für einen Prozess durch Lehrkräfte oder Ausbildungspersonal zu erstellen. Die Lernenden können ebenfalls die entwickelten Lösungen aufzeichnen, um diese zum Beispiel in der Klasse zu präsentieren.

EVALUATIONSKONZEPT FÜR DIE KoRA-ANWENDUNG

Die oben beschriebene KoRA-Anwendung wird mithilfe von drei Instrumenten evaluiert:

1. Das erste Instrument ist der Kompetenzcheck nach HOWE/KNUTZEN (vgl. KNAUF et al. 2014, S. 140 ff.), der der Kompetenzerwerb mittels Fremd- und Selbsteinschätzung erfasst. Der Kompetenzcheck wird in einem Setting aus Test- und Vergleichsgruppe angewendet. Um eine Grundlage für das Verständnis von Mensch-Roboter-Kollaboration zu legen, durchlaufen die Lernenden zwei Module in einem gemeinsamen Unterricht. Damit sollen die Schülerinnen und Schüler einen relativ ähnlichen Kompetenzlevel in Bezug auf kollaborative Robotik erreichen. Gleichzeitig ist damit die notwendige Ausgangsbedingung für die Evaluation und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse geschaffen. Nach einer Aufteilung in zwei Gruppen starten beide mit der ersten Lern- und Arbeitsaufgabe, einem betrieblichen Auftrag. Während die eine Gruppe eine Problemstellung an der realen Anlage bearbeitet, nutzt eine weitere Gruppe für die identische Aufgabenstellung die MR-Lernsoftware. Nach einem anschließenden Kompetenzcheck erhalten beide Gruppen für die Bearbeitung an der realen Anlage

einen zweiten betrieblichen Auftrag mit einer vergleichbaren Problemstellung, bei dem die gleichen inhaltlichen Schwerpunkte und notwendigen Kompetenzen adressiert werden. Nach Abschluss dieser Aufgabe erfolgt ein zweiter Kompetenzcheck. Das hier eingesetzte Instrument des Kompetenzchecks sieht dabei die Selbsteinschätzung der entwickelten Kompetenzen der Lernenden sowie die Fremdeinschätzung durch Lehrkräfte oder Ausbildungspersonal vor, um die entwickelten Lösungen aus fachlicher Sicht zu beurteilen. Der Vergleich zwischen den beiden Gruppen ermöglicht eine Beurteilung des Transfers des Gelernten aus der MR-Anwendung auf die reale Anlage (Abb. 8, S. 116).

2. Neben dem Kompetenzcheck wird eine ergänzende schriftliche Befragung durchgeführt. Die Lernenden füllen den oben aufgeführten und modifizierten Fragenkatalog von NIEGEMANN in Bezug auf die KoRA-

Lerngruppe

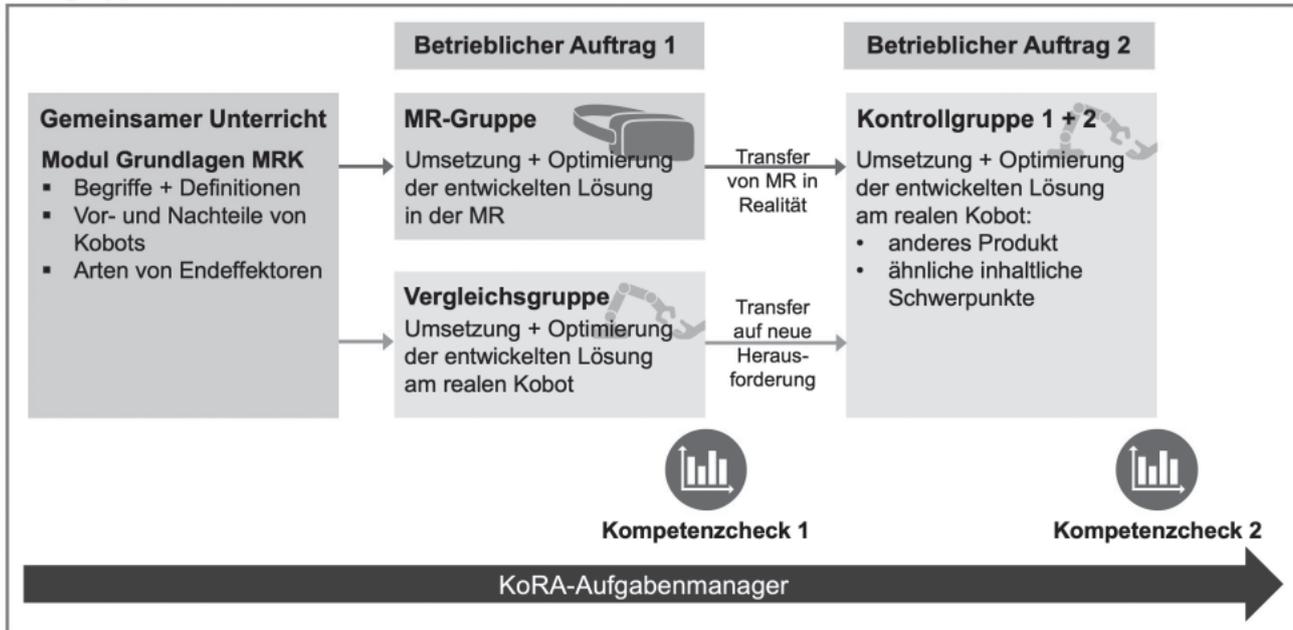


Abb. 8: KoRA Evaluationskonzept

Software und den Aufgabenmanager aus. Der Aufgabenmanager ist ein Lernmanagementsystem (LMS), das für die Bereitstellung des betrieblichen Auftrags sowie dazugehörige Lern- und Arbeitsmaterialien nutzbar ist. Die Besonderheit dieses LMS liegt in der Strukturierung der Plattform und den Materialien anhand des typischen Ablaufs einer Lern- und Arbeitsaufgabe in den vier Phasen „Annahme“, „Planung“, „Durchführung“ und „Abschluss (inkl. Reflexion)“.

3. Zudem werden neben den Lernenden auch die Lehrkräfte befragt. Dazu dienen leitfadengestützte Interviews, die mit den teilnehmenden Lehrkräften geführt werden. Der Interviewleitfaden orientiert sich ebenfalls an dem Fragenkatalog von NIEGEMANN.

Alle Bestandteile des KoRA-Konzeptes, das heißt die KoRA-Software, die ausgewählte Hardware, das Lernmanagementsystem inkl. der Lern- und Arbeitsmaterialien und das dazugehörige didaktische Konzept werden durch die Kombination dieser beiden Erhebungen evaluiert. Aus den Ergebnissen werden relevante Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von MR-Lern- und Arbeitsanwendungen und die Gelingensbedingungen für den Transfer in den realen Arbeitsprozess abgeleitet.

FAZIT

In diesem Beitrag wurde eine immersive Software zur Gestaltung von kobotgestützten Montageprozessen sowie ein Konzept zur Evaluation einer MR-Lernanwendung vorgestellt. Der Fokus der geplanten Erhebung liegt auf der Akzeptanz von MR-Anwendungen in der beruflichen Bildung. Ein zentraler Aspekt dabei stellt

der Transfer des Gelernten in den realen Arbeitsprozess dar. Die Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Weiterentwicklung der Lernanwendung sowie eine dazugehörige Train-the-Trainer-Schulung für Lehrkräfte und Ausbildungspersonal.

Perspektivisch ist die Integration immersiver Medien in die Ausbildung von Lehrkräften zu unterstützen, um zum einen die zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer frühzeitig mit den Potentialen sowie Herausforderungen dieser Technologie vertraut zu machen. Zum anderen haben so die Lehrkräfte der Zukunft bereits in der Ausbildung die Möglichkeit, sich auf die zielgerichtete und lernhaltige Gestaltung von Lern- und Arbeitsprozessen mittels immersiver Lern- und Arbeitsmedien vorzubereiten. Nur wenn die innovativen Visualisierungsmöglichkeiten durch VR sowie MR aus medienpädagogischer Perspektive konstruktiv genutzt werden, können die Technologien ihren Mehrwert für den Lernprozess entfalten.

Anmerkung

- 1) KoRA ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Verbundprojekt (Förderkennzeichen: 01PV18009A) des Institutes Technik und Bildung (ITB), des Bremer Institutes für Strukturmechanik und Produktionsanlagen (bime) und halocline GmbH & Co. KG.

weiter auf Seite 117

**31. BAG-Fachtagung vom
16.–17. September in Hamburg****ALL DAYS FOR FUTURE!****Energievielfalt in der gewerblich-technischen Berufsbildung**

Angeregt durch die sich gerade etablierende Gruppe engagierter Menschen, vor allem aber Schülerinnen und Schüler, die sich in der Auseinandersetzung mit der Klimakrise zur Bewegung FRIDAYS FOR FUTURE zusammenfanden, war bereits im Frühjahr 2020 die anstehende BAG-Fachtagung mit dem Titel ALL DAYS FOR FUTURE geplant, organisiert und vorbereitet worden ... und dann kam das Corona-Virus ...



Zwar hielt sich die Hoffnung, die Tagung nach Abflachen der Pandemie auf einen geeigneten Termin in den darauf folgenden Monaten verschieben zu können, doch konnte man nicht ahnen, welche Dynamik und die damit verbundenen Einschränkungen sich über den Zeitraum ergaben. Aus Anlass der einschränkenden Situation wurde im Frühjahr 2021 stattdessen die Online-Konferenz HYBRIDES LERNEN: EIN ZUKUNFTSKONZEPT FÜR DIE GEWERBLICH-TECHNISCHE BERUFSBILDUNG – INNOVATION NICHT NUR IN KRISENZEITEN organisiert, die sich speziell mit hybriden Lern- und Unterrichtsformen auseinandersetzte (Bericht in I&L 141, Tagungsbeiträge in I&L 142).

Inzwischen sind seit der ursprünglichen Tagungsplanung knapp drei Jahre vergangen, doch durch den menschenverach-

INTRO

Diese Ausgabe der „BAG aktuell“ steht ganz im Zeichen der Dokumentation der erfolgreich verlaufenen BAG-Fachtagung 2022 in Hamburg.

Nach längerer Coronapause und der Online-Fachtagung im letzten Jahr, konnte diesmal endlich wieder in Präsenz getagt, diskutiert und im Rahmen des Tagungsfestes natürlich auch gefeiert werden.

Zwischen „tagen, diskutieren und feiern“ wurde auch die gutbesuchte BAG-Mitgliederversammlung durchgeführt und u. a. ein neuer Vorstand gewählt.

Genug Stoff also, um sowohl die Fachtagung in Form eines Tagungsberichts ein wenig Revue passieren zu lassen, als auch das Protokoll der BAG-Mitgliederversammlung hier zu veröffentlichen, um alle Mitglieder der BAG über das Tagungsgeschehen und die Mitgliederversammlung zu informieren. Viel Spaß beim Lesen!

Michael Sander

tenden, völkerrechtswidrigen Überfall Russlands auf die Ukraine und die dadurch verursachte Energiekrise ist das Thema aktueller denn je.

Und so fand, eingebettet zwischen Norder- und Süderelbe (und mit ein bisschen Verspätung von zweieinhalb Jahren), vom 16. bis 17.09.2022 an der Beruflichen Schule für Anlagen- und Konstruktionstechnik am Inselepark (BS13) in Hamburg-Wilhelmsburg die 31. BAG-Fachtagung statt – und diesmal endlich wieder in Präsenz!



Zum Tagungsthema ALL DAYS FOR FUTURE kamen aus allen Bundesländern

nahezu 100 Akteurinnen und Akteure aus den unterschiedlichen Bereichen der beruflichen Bildung zusammen, um an verschiedenen Vorträgen teilzunehmen, sich in mehreren Symposien informieren zu lassen oder um sich in Workshops zu gemeinsamen Themen auszutauschen.

Unter der Moderation von StD Matthias Kupfernagel berichtete Prof. Dr. Klaus Jenewein im Symposium 1 unter dem Titel „Das Berufliche Gymnasium für Ingenieurwissenschaften – Konzeption, Erkenntnisse, Erfahrungen“ zunächst von den Entwicklungen und Erfahrungen, die bereits seit 2014 zunächst in Nordrhein-Westfalen und in Sachsen-Anhalt und später auch in Hamburg gemacht wurden, wenn anstelle „klassischer“ Disziplinen wie Bau-, Elektro-, Informations- oder Metalltechnik ein integriertes Profulfach „Ingenieurwissenschaften“ im Beruflichen Gymnasium neu entwickelt und aufgebaut wird.

WAS UND WANN

30.11.2022 – Fachtagung „Berufsorientierung im Wandel – Bildung für nachhaltige Entwicklung im Berufswahlprozess verankern“ 10-16 Uhr in Frankfurt am Main im House of Labour, Wissenschaftsladen Bonn in Kooperation mit dem Netzwerk Grüne Arbeitswelt . <https://www.gruene-arbeitswelt.de/1372-fachtagung-berufsorientierung-im-wandel-bne-im-berufswahlprozess-verankern>

20.–22. März 2023 – 22. Hochschultage Berufliche Bildung „Fachkräftesicherung – Zukunftsweisende Qualifizierung, gesellschaftliche Teilhabe und Integration durch berufliche Bildung“ an der Universität Bamberg

Im Anschluss an den Vortrag konnten sich Interessierte einen Einblick über die Umsetzung auf einem Marktplatz mit Präsentationen zu vielfältigen Lernstationen verschaffen.

Prof. Dr. Axel Grimm sowie Mitarbeiter des BiBB und der Europa-Universität Flensburg informierten im Symposium 2 „Veränderungen im IT-Bereich“ über die anstehenden bzw. bereits vollzogenen Modernisierungen im Bereich der vier IT-Berufe zu den Fragestellungen: Welche Ziele sind bereits erreicht? Inwieweit entsprechen die curricularen Neuerungen den Forderungen der Berufs- und Bildungspraxis? Wie lassen sich die Neuerungen in einer spiralcurricularen Lernfeldumsetzung wiederfinden?

Nach der Tagungseröffnung durch den BAG-Vorsitzenden Prof. Dr. Thomas Vollmer boten die sich anschließenden Vorträge ein großes Spektrum aktueller Fragestellungen. So ging der Geschäftsführer des ZDH, Dirk Palige in Vertretung des ZDH-Präsidenten Hans Peter Wollseifer (ZDH), mit dem Vortrag „Wie nachhaltig ist das Deutsche Handwerk?“ auf die Nachhaltigkeitsaktivitäten des Handwerks, den aktuellen Fachkräftemangel und Ausbildungssituation im Handwerk ein mit Blick auf zukünftige Entwicklungen und politische Erfordernisse. Christian Bach (Steffen und Bach GmbH) warf einen pointierten und erhellenden Blick auf die so genannte „Generation Z“ aus der Sicht eines Unternehmensberaters. Prof. Dr. Henning Klaffke (BHH) bot in seinem Vortrag ein Beispiel für die aktuell an Bedeutung gewinnenden Verzahnung von beruflicher und akademischer Bildung. Und schließlich zeigte OStD Stefan Nowatschin (Berufsbildende Schule Uelzen I) in seinem Beitrag, wie es gelingen kann, das Verständnis von Nachhaltigkeit auf das Konzept einer gesamten Schule zu übertragen.

Am Abend des Tages konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei

einem wunderbarem Buffett und angenehmer musikalischer Untermalung durch den Jazz-Gitarristen Tomy Høeg den Tag mit anregenden Gesprächen im Restaurant „Wilhelms im Wäldchen“ in entspannter Atmosphäre ausklingen lassen.

Gemäß dem bereits in vielen Fachtagungen bewährten Tagungskonzept bekamen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Folgetag Gelegenheit, sich in drei parallelen Workshops über innovative und aktuelle Impulsvorträge mit den Referent*innen auszutauschen:

Workshop 1 (Moderation Prof. Dr. Martin Hartmann, TU Dresden) legte unter dem Thema „Wie setzt sich Schule mit Digitalisierung auseinander?“ den Schwerpunkt auf moderne Industrie- sowie Unterrichts- und Ausbildungskonzepte (Stichworte Industrie 4.0 und SMART Factory) und zeigte ein breites Spektrum an praxisnahen Umsetzungsbeispielen auf.



Im Workshop 2 (Moderation StD Uli Neustock, Max-Eyth-Schule Kassel) unter dem Titel „Fach- und gewerkeübergreifende Vernetzung – Herausforderung für die Zukunft“ wurden im ersten Teil neue Perspektiven auf die Position der Fachschulen im Spannungsfeld von beruflicher und akademischer Bildung gerichtet. Im zweiten Teil wurde der Umsetzungserfolg der neu eingeführten Zusatzqualifikationen kritisch hinterfragt und ein weiteres Praxisbeispiel für die Aufwertung der dualen Berufsbildung durch studienintegrierende Anteile dargestellt.

Workshop 3 (Moderation Dr. Wilko Reichwein, TU Berlin) rückte mit dem Oberthema „Berufshandeln in einer

bedrohten Welt – Lehr-Lernarrangements gestalten“ den Nachhaltigkeitsaspekt in den Fokus. Dort wurden aus Forschung und Praxis Beispiele curricularer und didaktischer Analysen sowie unterrichtspraktischer Umsetzung nachhaltigkeitsbezogener Themenstellungen präsentiert und zur Diskussion gestellt.

Den Abschluss der 31. Fachtagung bildete Prof. Dr. Günter Kutscha, Universität Duisburg-Essen, mit seinem Vortrag „Moderne Beruflichkeit und berufliche Bildung im Zeitalter der Digitalisierung – ein Blick nach vorn“. Er schlug damit einen weiten historischen Bogen über einschneidende Entwicklungsphasen der Berufsbildung bis hin zum subjektiven Berufsverständnis in einer Zeit, in der die Digitalisierung immer weiter Raum greift.

Die einzelnen Abstracts der Vorträge sowie die Übersicht über die einzelnen Workshopbeiträge können auf unserer Homepage www.bag-elektrometall.de abgerufen. Darüber hinaus werden die meisten Beiträge in Kürze als Tagungsband bei wbv Publikation veröffentlicht.

Eingebettet in die Fachtagungen des Arbeitskreises Versorgungstechnik (15.-16.09.) sowie des Bundesarbeitskreises Fachschule für Technik (19.-20.09.) am gleichen Ort stattfanden (was auch die Nähe aktueller Fragestellungen der drei Fachtagungen widerspiegelt), bleibt der Blick zurück auf eine gelungene Fachtagung mit vielen Impulsen und Anregungen, aber auch mit offenen Fragen für die kommende Zeit.

Unser Dank gilt allen Akteurinnen und Akteuren, die diese Tagung vorbereitet, organisiert und durchgeführt haben, insbesondere aber Jörn Buck als Schulleiter und Hausherr der BS13, der uns die Schule als Tagungsort zur Verfügung gestellt hat sowie den dortigen Mitarbeiter*innen, die mit ihrer engagierten Unterstützung für einen reibungslosen Verlauf der Veranstaltung gesorgt haben.

September 2022, Ulrich Neustock

PROTOKOLL

der ordentlichen 6. Mitgliederversammlung der Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik e.V. im Rahmen der Fachtagung 2022 am 16.09.2022 in Hamburg-Wilhelmsburg, Berufliche Schule für Anlagen- und Konstruktionstechnik (BS13); Beginn: 18:00 Uhr, Ende 19:30 Uhr, Protokoll: Wilko Reichwein

TOP 1 Formalia

Der Vorsitzende der BAG Elektro-, Informations-, Metall und Fahrzeugtechnik e.V., Thomas Vollmer, begrüßt die Anwesenden, weist auf die fristgerecht erfolgte Einladung, eröffnet die Mitgliederversammlung, stellt die Beschlussfähigkeit fest und weist auf das 40-jährige BAG-Bestehen hin, verbunden mit dem Dank aller Anwesenden und Aktiven für ihr Engagement in den vergangenen Jahren.

TOP 2 Wahl des Protokollführers

Die Mitgliederversammlung wählt einstimmig bei einer Enthaltung Wilko Reichwein zum Protokollführer der anstehenden Sitzung.

TOP 3 Grundsätze der Tätigkeit und Bericht des Vorstandes

Herr Vollmer informiert die Mitgliederversammlung über die Aktivitäten des Vorstandes. Einzelheiten und detaillierte Informationen können beim Vorstand der BAG nachgefragt werden

- Herr Vollmer gibt zunächst einen Überblick über die Entwicklung der Mitgliederzahlen. Danach hat sich die Zahl der Mitglieder auch in den letzten Jahren stabilisiert seit der letzten MV im März 2019 (s. Anlage 3). Er appelliert jedoch auf eine verstärkte Mitgliederakquise in den unterschiedlichen Bereichen und Arbeitskreisen.
- Herr Vollmer veranschaulicht in einer Grafik die regional ungleiche Verteilung der Mitglieder. Hier lässt sich weiterhin ein recht starkes Gefälle zwischen dem Nordwesten und dem Südosten Deutschlands ausmachen. Er motiviert die Anwesenden, insbesondere in den nicht so stark vertretenen Regionen um Mitglieder zu werben.
- Seit der letzten Fachtagung im Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung (HTBB) 2019 musste die 2020 geplante Fachtagung an der BS 13 in Hamburg-Wilhelmsburg coronabedingt abgesagt werden. Die daraufhin im Folgejahr vorbereitete musste aufgrund der Pandemie ebenfalls abgesagt werden. Stattdessen wurde kurzfristig eine Online-Tagung „Hybrides Lernen – ein Zukunftskonzept für die gewerblich-technische Berufsbildung“ organisiert, die mit 190 Teilnehmenden sehr gut wahrgenommen wurde
- Herr Vollmer erläutert die Teilnehmendenzahlen und den Erlös aus den letzten Fachtagungen (FT). Demnach gab es zur FT 2018 an der Georg-Schlesinger-Schule Berlin 96 Anmeldungen und einen Nettoüberschuss von 1.711,17 €, der für die Publikation des Tagungsbandes verwendet wurde. Die FT 2020 hatte 93 Anmeldungen und einen Überschuss von nur 398,15 €, da wie immer bei den HTBB keine Tagungsgebühr erhoben werden durfte. Bei der Online-Tagung 2021 wurde dank Sponsoring ein Überschuss von 1.035,45 € erzielt, da keine durch die Realisierung durch Ulrich Schwenger kaum Kosten anfielen. Bei der diesjährigen FT wird ein Überschuss von ca. 2.500 € erwartet. Die Überschüsse werden für Publikationen verwendet.
- Zum 40-jährigen Bestehen der BAG ist eine Sonderausgabe der Zeitschrift lernen&lehren herausgegeben worden. Diese Sonderausgabe enthält Artikel über die Gründungen der BAG Elektrotechnik und der BAG Metalltechnik, über deren Fusion, die Fachtagungen und die Entwicklung von lernen&lehren. Ferner werden Schlaglichter der Entwicklung der Berufsbildung und die Einflussnahme der BAG darauf skizziert. Zudem wurde eine Auswahl von wegweisenden Artikel aus den letzten 146 Heften nochmals aufgenommen. Abschließend zeigt sie Perspektiven der BAG für die nächsten Zeit auf.
- Herr Vollmer weist auf die Publikation der beiden Bücher „Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten“ (2020) und „All Days for Future – Energievielfalt in der gewerblich-technischen Berufsbildung“ (2022) hin, welche als Tagungsbande seitens der BAG mit den Überschüssen aus den Fachtagungen und dank externen Sponsoren finanziert wurden. Der Tagungsband der Online-Tagung im letzten Jahr ist in Form eines lernen&lehren Schwerpunktthemas zum hybriden Lernen erschienen
- Die Sprecher der Arbeitskreise Versorgungstechnik (Harald Strating), Fahrzeugtechnik (Matthias Becker) sowie des Bundesarbeitskreises Fachschule für Technik (Wolfgang Hill; hier vertreten durch Ulrich Schwenger) berichteten kurz über die von ihnen durchgeführten Tagungen und Aktivitäten (s. Anlage 3).

TOP 4: Bericht des Schatzmeisters, Bericht der Kassenprüfer

In Abwesenheit von Herrn Sander als Schatzmeister der BAG berichtet Herr Vollmer über die Finanzlage der BAG (s. Anlage 3). Der Kassenstand am 13.09.22 betrug 17.289,30€ und der mittlere jährliche Überschuss 861€. Aufgrund der großen Schwankungen beim Kontostand und der Preissteigerungen kann auf die Mitglieder in Zukunft eine Beitragserhöhung zukommen.

Herr Ringkewitz und Herr Nagel haben den Bericht nach eigenen Angaben gründlich und gewissenhaft geprüft und kommen zu dem Ergebnis, dass er sehr korrekt geführt wurde und sachlich sowie rechnerisch stimmig ist. Sie bedanken sich beim Schatzmeister.

TOP 5: Entlastung des Vorstandes

Die Kassenprüfer stellen den Antrag, den Schatzmeister und den Vorstand zu entlasten. Der Vorstand und der Schatzmeister werden mit 27 Ja-Stimmen bei 5 Enthaltungen entlastet.

TOP 6: Neuwahl des Vorstandes, Bestellung besonderer Vertreter, Wahl der Beiräte gemäß §§ 6 und 7 und Berufung der Landesvertreter gemäß §8

Herr Reichwein erklärt sich bereit die Wahl des Vorstandes zu moderieren.

Wahl des Vorstandes

Funktion	Name*	Ergebnis
Erster Vorsitzender	Ulrich Neustock	27 Ja, 0 Nein, 1 Enth.
Erster Stellvertreter und Sprecher (ET/IT)	Martin Hartmann	27 Ja, 0 Nein, 1 Enth.
Zweiter Stellvertreter und Sprecher (MT/FT)	Torben Karges	27 Ja, 0 Nein, 1 Enth.
Weitere Vorstandsmitglieder		
Stellvertr. Sprecher (ET/IT)	Sören Schütt-Sayed	27 Ja, 0 Nein, 1 Enth.
Stellvertr. Sprecher (MT/FT)	Tim Richter-Honsbrok	27 Ja, 0 Nein, 1 Enth.
Schatzmeister	Michael Sander	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Erster Kassenprüfer	Thomas Vollmer	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Zweite Kassenprüferin	Stefan Nagel	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.

Ulrich Neustock, Martin Hartmann, Torben Karges und alle weiteren Gewählten nehmen die Wahl an. Ferner wurden die besonderen Vertreter der einzelnen Arbeitskreise, die Beiräte für I&I sowie die Landesvertreter gewählt bzw. bestätigt.

*Personendaten siehe Anlage A1

Bestätigung der besonderen Vertreter

Funktion	Name	Ergebnis
Bundesarbeitskreis Fachschule für Technik (BAK FST)	Wolfgang Hill	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Arbeitskreis Fahrzeugtechnik (AK KFZ)	Matthias Becker	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Arbeitskreis Versorgungstechnik (AK VT)	Harald Strating	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.

Bestätigung und Wahl der Beiräte

Funktion	Name	Ergebnis
Ständiger Beirat f. die Hrsg. v. Literatur	Thomas Vollmer	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
1. Ständiger Beirat für Tagungsmanagement	Ulrich Schwenger	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
2. Ständiger Beirat für Tagungsmanagement	Sören Schütt-Sayed	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Ständiger Beirat für Produktionstechnik	Andreas Lindner	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.

Alle Beiräte nehmen die Wahl an.

Wahl der Landesvertreter gem. §8

Die Berufung der Landesvertreterin und der Landesvertreter erfolgte als Listenwahl.

Bundesland	Namen	Ergebnis
Baden-Württemberg	Lars Windelband	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Bayern	Peter Hoffmann	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Berlin/Brandenburg	Bernd Mahrin	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Bremen	Olaf Herms	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Hamburg	Wilko Reichwein	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Hessen	Uli Neustock	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Mecklenburg-Vorpommern	Christine Richter	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Niedersachsen	Matthias Becker	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Nordrhein-Westfalen	Thomas Wesseler	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Rheinland-Pfalz	N.N.	
Saarland	N.N.	
Sachsen	Martin Hartmann	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Sachsen-Anhalt	Frank Wengemuth	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Schleswig-Holstein	Reiner Schlausch	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.
Thüringen	Matthias Grywatsch	27 Ja, 0 Nein, 0 Enth.

Alle Landesvertreter nehmen die Wahl an.

Der Vorstand wird beauftragt, Landesvertreter Saarland und Rheinland-Pfalz zu finden und für andere Bundesländer, wenn in der Zeit bis zur nächsten Mitgliederversammlung ein Wechsel erforderlich sein sollte.

TOP 7: Entwicklung und Zukunft der BAG Elektro-, Informations-, Metall und Fahrzeugtechnik

Aus Zeitgründen entfallen.

TOP 8: Verschiedenes

Es werden keine weiteren Themen eingebracht.

Herr Neustock bedankt sich für die Teilnahme und schließt die Mitgliederversammlung.

Hamburg, 16.09.2022, Wilko Reichwein

IMPRESSUM:

Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.
c/o ITB – Institut Technik und Bildung • Am Fallturm 1 • 28359 Bremen 1 • 04 21/2 18-66 301 • kontakt@bag-elektrometall.de

Redaktion
Michael Sander

Layout
Brigitte Schweckendieck

Gestaltung
Winnie Mahrin

Literatur

- BERKEMEIER, L.; NIEMÖLLER, C.; METZGER, D.; THOMAS, O. (2018): Akzeptanz von Smart Glasses für die Aus- und Weiterbildung. In: THOMAS, O.; METZGER, D.; NIEGEMANN, H. (Hrsg.): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Heidelberg, S. 143–156.
- DAVIS, F. D. (1987): User acceptance of information systems: the technology acceptance model (TAM). Michigan.
- FREYER, B. (2020): Simulation der Produktion. In: ORSOLITS, H.; LACKNER, M. (Hrsg.): Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden, S. 399–417.
- KNAUF, B.; DÜRKOP, A.; KNUTZEN, S. (2014): Mobile Kompetenzerfassung zur gezielten Unterstützung von Kompetenzentwicklungsprozessen in der dualen Ausbildung. DeLFI 2014-Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik, S. 139–144.
- KRAUS, W.; BAUERNHANSL, T. (2021): Wie Automatisierung die Zukunft der Produktion verändern wird. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 116 (10), S. 652–656.
- MALIK, A. A./BILBERG, A. (2019): Collaborative robots in assembly: A practical approach for tasks distribution. In: Procedia CIRP, 81, S. 665–670.
- MERRILL, M. D. (2002): A pebble-in-the-pond model for instructional design. In: Performance improvement, 41 (7), S. 41–46.
- MILGRAM, P.; KISHINO, F. (1994): A taxonomy of mixed reality visual displays. In: IEICE Transactions on Information and Systems, 77 (12), S. 1321–1329.
- MÜLLER, R.; FRANKE, J.; HENRICH, D.; KUHLENKÖTTER, B.; RAATZ, A.; VERL, A. (Hrsg.). (2019): Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration. München.
- NIEGEMANN, H. (2020): Instructional Design. In: NIEGEMANN, H.; WEINBERGER, A. (Hrsg.): Handbuch Bildungstechnologie. Berlin/Heidelberg, S. 95–151.
- NIEGEMANN, H. M.; NIEGEMANN, L. (2018): IzELA: Ein Instructional Design basiertes Evaluationstool für Lern-Apps. In: LADEL, S.; KNOPF, J.; WEINBERGER, A. (Hrsg.): Digitalisierung und Bildung. Wiesbaden, S. 159–175.
- NIEGEMANN, L./NIEGEMANN, H. (2018): Potenziale und Hemmnisse von AR- und VR- Medien zur Unterstützung der Aus- und Weiterbildung im technischen Service. In: THOMAS, O.; METZGER, D.; NIEGEMANN, H. (Hrsg.): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Heidelberg, S. 35–48.
- ORSOLITS, H.; LACKNER, M. (Hrsg.) (2020): Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden.
- STATISTA (2021): Prognose zum Absatz von Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Brillen weltweit von 2020 bis 2025. Hamburg.
- TEICHMANN, G.; FROMME, H. F. (2019): „Mixed und Virtual Reality – Anwendungen und Zukunftsvisionen“. In: Wirtschaftsinformatik & Management, 11 (3), S. 152–157.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (2020): Das Vier-Komponenten Instructional Design (4C/ID) Modell. In: NIEGEMANN, H.; WEINBERGER, A. (Hrsg.): Handbuch Bildungstechnologie. Berlin/Heidelberg, S. 153–170.
- WEGNER, K. (2020): Kreativprozesse in VR. In: ORSOLITS, H.; LACKNER, M. (Hrsg.): Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden, S. 419–430.

Save the Date + + Save the

BAG-Fachtagungen 2023

auf den  2023
22. HOCHSCHULTAGE BERUFLICHE BILDUNG

22. Hochschultage Berufliche Bildung

Fachkräftesicherung – Zukunftsweisende Qualifizierung, gesellschaftliche Teilhabe und Integration durch berufliche Bildung

vom 20.–22. März 2023

an der Universität Bamberg

<https://www.uni-bamberg.de/wipaed-htbb2023/>

Didaktische Einbettung eines virtuellen Lernspiels

zur Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz im Bereich Metall- und Elektrotechnik



PIA SPANGENBERGER



NADINE MATTHES

Die spielerische Virtual Reality (VR)-Lernanwendung MARLA wurde zur Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz in der Ausbildung im Bereich Metall- und Elektrotechnik entwickelt. Auf einer virtuellen Offshore-Windenergieanlage erproben Auszubildende das strategische Vorgehen einer Fehlerdiagnose. Das Spiel kann im Unterricht an berufsbildenden Schulen und Ausbildungszentren zum Einsatz kommen. Entsprechendes didaktisches Begleitmaterial liefert konkrete Hinweise zu Planung und Ablauf einer Unterrichtseinheit. Im vorliegenden Beitrag werden die Lernziele und Lerninhalte des Spiels näher beschrieben, das didaktische Begleitmaterial vorgestellt und abschließend werden erste Erfahrungen mit der VR-Anwendung in der schulischen Praxis berichtet.¹

PROBLEMSTELLUNG

In Untersuchungen zur Fehlerdiagnosekompetenz wird beobachtet, dass junge Facharbeiterinnen und Facharbeiter die Fehlerdiagnose nicht ausreichend beherrschen (SCHAAFSTAL et al.). Es fehlt ihnen an Erfahrung. Lehrkräfte wünschen sich daher mehr didaktisches Material und mögliche Anwendungsszenarien an vollständigen Anlagen für den Unterricht (siehe dazu MATTHES et al. 2021). Ziel des Forschungsvorhabens MARLA war es daher, unter Verwendung der Virtual Reality (VR)-Technologie, den Mehrwert solcher neuartigen Technologien für die Förderung der Fehlerdiagnosekompetenz von Auszubildenden genauer zu untersuchen (siehe dazu SPANGENBERGER et al. 2021). Virtual-Reality-(VR) Technologie gerät im Zuge immer kostengünstigerer Produkte, wie bspw. der Google Cardboard oder der Oculus Quest, stärker in den Fokus der Unterrichtsgestaltung an berufsbildenden Schulen (siehe dazu HELLRIEGEL/CUBELA 2018). Mithilfe von VR-Brillen und Steuergeräten (Controllern) wird eine immersive virtuelle Realität erzeugt, in der die Lernenden interaktiv Aufgaben bearbeiten können. Forschungserkenntnisse belegen, dass Erlebnisse in immersiver virtueller Realität vergleichbar sind mit realen Erfahrungen (siehe dazu SLATER 2009). Darüber hinaus können Auszu-

bildende virtuelle Maschinen erkunden, Werkzeuge benutzen und konkrete Anwendungsszenarien im geschützten Raum erproben, ohne, dass sie echten Gefahren ausgesetzt sind.

Gründe für ein systematisches Vorgehen im Rahmen der Fehlerdiagnose sind Zeit- und Kosteneinsparungen. Diese haben bei der Arbeit an Offshore-Windenergieanlagen durch die anspruchsvolle Logistik eine besondere Relevanz. Deutlich wird dies, wenn die kostenintensive (Besatzung, Treibstoff) und zeitaufwendige (90 Minuten Fahrzeit für die 22 Kilometer lange Anfahrt zum Windpark vom Festland) An- und Abreise in den Blick genommen wird. Auch kritische Situationen (Wetter), und damit eine begrenzte Arbeitszeit vor Ort, können die Notwendigkeit einer maximal effektiven Fehlerdiagnose noch erhöhen. Aus Gründen der Effektivität und auch vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit ist ein systematisches Vorgehen bei der Störungsbeseitigung generell anzustreben. Ein gezieltes Tauschen von defekten Bauteilen im Gegensatz zu dem Vorgehen einer „Tauschmonteurin“/eines „Tauschmonteurs“, die/der versuchsweise so lange Teile tauscht, bis der Fehler verschwunden ist, vermeidet den unnötigen Verbrauch von Ressourcen.

Vor diesem Hintergrund wurde im BMBF-Forschungsvorhaben MARLA (Masters of Malfunction) eine immersive VR-Anwendung entwickelt und als virtuelles Serious Game umgesetzt. Als primäres Lernziel adressiert das Spiel das Beherrschen der Fehlerdiagnose. Auszubildende übernehmen in der VR-Anwendung die Rolle einer technischen Fachkraft für Windkraftanlagen, die mithilfe einer virtuellen pädagogischen Agentin, einen Fehler im hydraulischen Bremssystem einer Offshore-Anlage diagnostiziert und sie wieder Instand setzt. Das didaktische Konzept orientiert sich am Cognitive Apprenticeship-Ansatz (siehe dazu BROWN/COLLINS/DUGUID 1989), indem die Auszubildenden im ersten Durchgang durch die virtuelle pädagogische Agentin angeleitet werden. In einem zweiten Durchgang wird die Hilfestellung schrittweise reduziert und die systematische Fehlerdiagnose selbstständig durchgeführt. Die Methode des Cognitive Apprenticeship zielt darauf ab, dass die Unterstützung der Lernenden im Lernprozess Schritt für Schritt abnimmt. Den Auszubildenden bietet dieser Ansatz die Möglichkeit, die einzelnen Teilschritte eines systematischen Fehlerdiagnoseprozesses nachzuvollziehen und nach anfänglicher Hilfestellung immer selbständiger in der Fehlerdiagnose zu werden. Entwickelt hat das Spiel und das dazugehörige Material ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderter Forschungsverbund. Verbundpartner sind die Technische Universität Berlin (Projektleitung und wissenschaftliche Begleitung), das Game Studio the Good Evil (Spielentwicklung), die Handwerkskammer Koblenz (Verbreitung) und die Handwerkskammer Osnabrück-Emsland-Grafschaft Bentheim (Verbreitung). An der Konzeption waren außerdem Berufsschülerinnen und Berufsschüler der Hein-Moeller Schule in Berlin sowie Fachkräfte des Offshore Windparks Arkona beteiligt. Der Wissenschaftsladen Bonn e. V. entwickelte das didaktische Begleitmaterial.

Zunächst wird das didaktisch-methodische Konzept, das dem Spiel MARLA (Masters of Malfunction) zu Grunde liegt, näher beschrieben. Darauf aufbauend wird das didaktische Begleitmaterial präsentiert, mit dem Ziel, die Anwendung im Unterricht zu nutzen und eine reflektierende und vertiefende Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zu ermöglichen. Zum Abschluss werden erste Erfahrungen aus der schulischen Praxis berichtet und es wird ein Ausblick auf künftige Anwendungsfelder gegeben.

VIRTUELLES LERNSPIEL MARLA

Im virtuellen Lernspiel MARLA schlüpfen die Auszubildenden in die Rolle einer Service-Fachkraft für Offshore-Windenergieanlagen. Bevor sie mit dem Boot auf die Windenergieanlage im offenen Meer übersetzen, wird ihnen zu Beginn anhand eines virtuellen Mini-Mo-

dells deren Funktionsweise erklärt. Auf der Windenergieanlage angekommen, durchlaufen sie die einzelnen Schritte einer Fehlerdiagnose. Sie betreten die virtuelle Offshore-Anlage, um den Fehler zu erfassen, mögliche Fehlerursachen zu überprüfen und den Fehler zu beheben. Sollte es zu Schwierigkeiten kommen, steht ihnen die virtuelle Fachkraft „Alex“ zur Seite.

Lernziele und Lerninhalte

Ziel im Spiel MARLA ist es, die Ursachen für verschiedene komplexe Fehler im hydraulischen Bremssystem aufzuspüren. Ein systematisches und logisches Vorgehen ist gefragt. Mit Hilfe der VR-Technologie tauchen die Spielenden in ein virtuelles Erlebnis ein und erweitern ihr Wissen zur Fehlerdiagnose direkt an einer Offshore-Windenergieanlage, eingebettet in maritime An- und Herausforderungen an die Facharbeit an Offshore-Anlagen, wie Schiffstransfer zum Windpark, Wind und Höhe vor Ort. Das alles geschieht vollkommen gefahrlos für Mensch und Material. Die Spielenden probieren sich im geschützten, virtuellen Raum aus, ohne dabei einen Schaden zu verursachen, der auf einer realen Windenergieanlage dramatische Folgen haben könnte. Dem Bedarf, Erfahrungen an komplexen Anlagen in den Unterricht einzubeziehen (siehe dazu MATTHES et al. 2021), wird MARLA damit gerecht. Immersive virtuelle Anwendungen ermöglichen ein Ausprobieren, Interagieren und Reagieren in Bezug auf technische Arbeitsaufgaben. Die Vorteile von immersiver virtueller Realität bestehen darin, dass das Erlebte, obwohl es eine Illusion ist, vom Körper wie ein reales Erlebnis empfunden und verarbeitet wird: „This is the real power of VR, and, like any illusion, even though you know it is an illusion, this does not change your perception or your response to it.“ (SLATER, 2018, S. 432).

Grundlage der virtuellen Umsetzung war die Zusammenarbeit mit den Fachkräften des Offshore-Windparks Arkona. Auf Basis von Gesprächen mit Expertinnen und Experten, Arbeitsprozessbeobachtungen, dem Einbeziehen von Originaldokumenten sowie Videoaufnahmen von realen Arbeitsprozessen durch Fachkräfte auf der Windenergieanlage, gelang es den Spielentwicklerinnen und Spielentwicklern eine den realen Gegebenheiten angepasste virtuelle Offshore-Windenergieanlage zu gestalten, die in einem Windpark auf See situiert ist. Dabei wird dem Spiel der Arbeitsablauf einer Offshore-Service-Technikerin bzw. eines Offshore-Service-Technikers zu Grunde gelegt. Das Spiel startet an Land im Betriebsgebäude, bevor das Übersetzen zum Windpark per Boot erfolgt, um die Windenergieanlage in Stand zu setzen. Neben einem realitätsnahen Eindruck in eine Offshore-Windpark-Betriebsstruktur bietet die Anwendung die Möglichkeit, räumliches Vorstellungsvermögen zu Windenergieanlagen (zum Beispiel Transition Piece, Turm, Gondel, Heli-Deck)

zu vermitteln. Realitätsnahe Arbeitsabläufe werden direkt ins Klassenzimmer geholt. Die Auszubildenden erhalten einen Einblick in eine für Ausbildungsberufe der Metall- und Maschinentechnik sowie Elektrotechnik relevanten Branche, für die es darüber hinaus keinen grundständigen Ausbildungsberuf gibt. Fehlerdiagnosekompetenz ist Gegenstand in der Ausbildung aller Metall- und Elektroberufe. Schlagworte wie Fehler systematisch eingrenzen und beseitigen oder Diagnose und Behebung der Mängel sind in Zielformulierungen und Inhaltsbeschreibungen der Lernfelder der Rahmenlehrpläne als auch in den Ausbildungsrahmenplänen der Ausbildungsordnungen zu finden.

Ziel von MARLA ist es, den Fehlersuchprozess zu ermöglichen und damit Methoden und Strategien zur systematischen Fehlereingrenzung und -beseitigung zu erlernen. Im Spiel wird die vollständige Handlung im Kontext einer Störungsbeseitigung, vom Erkennen des Fehlers bis zur Kontrolle und Dokumentation der Fehlerbeseitigung, umgesetzt. Das Vorgehen bei der systematischen Fehlerdiagnose orientiert sich dabei an den nachfolgend dargestellten acht aufeinander aufbauenden Schritten.

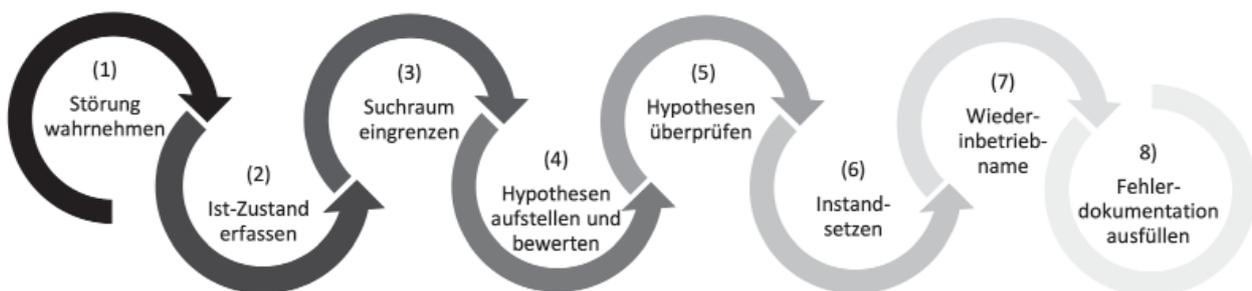


Abb. 1: Fehlerdiagnoseprozess in acht Schritten

Die Aufgabe der Spielerinnen und Spieler ist es, diese acht Schritte im Rahmen der Instandsetzung einer Windenergieanlage auszuführen. Die Hintergründe und Zusammenhänge der einzelnen Teilhandlungen werden aufgezeigt, um die Notwendigkeiten eines systematischen Vorgehens bei der Fehlerdiagnose sichtbar und erfahrbar zu machen.

Konkret wird im Spiel ein Fehler im hydraulischen Bremssystem der Windenergieanlage simuliert. Ein Sensor meldet einen Druckabfall im System, der über das HMI (Human Machine Interface) auszulesen ist. Die Spielenden erfassen im Anschluss Auffälligkeiten in der Gondel und prüfen, ob daraus Rückschlüsse auf die Fehlerursache zu ziehen sind. Der Suchraum wird mittels Hydraulikplan, auf Bauteile eingeschränkt, welche mit dem fehlermeldenden Sensor in Zusammenhang stehen. Für diese werden mögliche Fehlerursachen erfasst und in Hinblick auf Wahrscheinlichkeit und Überprüfungsaufwand bewertet. Auf Basis dieser

Bewertung erfolgt ein Überprüfen der einzelnen Fehlerursachen. Neben Messhandlungen, Nutzung von Informationen aus dem HMI und Sichtprüfungen werden im Anschluss die möglichen Ursachen überprüft. Final folgt der Austausch des defekten Bauteils, die Wiederinbetriebnahme und das Ausfüllen der Fehlerdokumentation. Die Fehlerdokumentation macht dabei noch einmal das Vorgehen der acht Schritte deutlich.

Das erfolgreiche Bewältigen einer Fehlerdiagnoseaufgabe setzt Fachwissen zum jeweiligen technischen System, in dem Fall der Funktionsweise einer WEA und im Speziellen des hydraulischen Bremssystems voraus. Die Möglichkeiten der VR wurden dabei in der MARLA-Anwendung genutzt, um interaktive virtuelle Minimodelle einer WEA abzubilden. In einem ersten Mini-Modell zu Beginn des Spiels wird das grundlegende Funktionsprinzip der Offshore-Windenergieerzeugung erläutert. Ein weiteres Mini-Modell einer WEA führt in die Funktionsweise des hydraulischen Bremssystems der Offshore-WEA ein. Ablaufende Prozesse werden dabei durch optisches und akustisches Hervorheben sichtbar gemacht. Auf diese Weise ist es den Auszubildenden leichter möglich, während der Fehlerdiagnose-

aufgabe einzelne Bauteile in der vollständigen Anlage zu verorten.

Technische Umsetzung/Game Design

Die MARLA-Anwendung umfasst zwei Spielmodi „Training“ und „Missionen“ in Anlehnung an das Prinzip des Cognitive-Apprenticeship-Ansatzes (siehe Abschnitt Virtuelles Lernspiel MARLA). Dieser beinhaltet, dass im Sinne eines Meister-Lehrlings-Verhältnisses eine lernende Person durch eine Expertin bzw. einen Experten angeleitet wird, im Spiel umgesetzt durch die virtuelle pädagogische Agentin „Alex“. Kognitive Prozesse, die in der Regel nicht sichtbar ablaufen, wurden dabei für die Lernenden sichtbar gemacht. So durchlaufen die Auszubildenden im „Trainingsmodus“ zunächst, angeleitet von der virtuellen Troubleshooting-Expertin Alex, die acht Schritte der Fehlerdiagnose. Diese verbalisiert dabei das Handeln und gibt den Auszubildenden klare Vorgaben, welche Arbeitsschritte im Rahmen der Fehlerdiagnoseaufgabe durchlaufen werden müssen. Auch Denkprozesse werden im Spiel visualisiert. Die

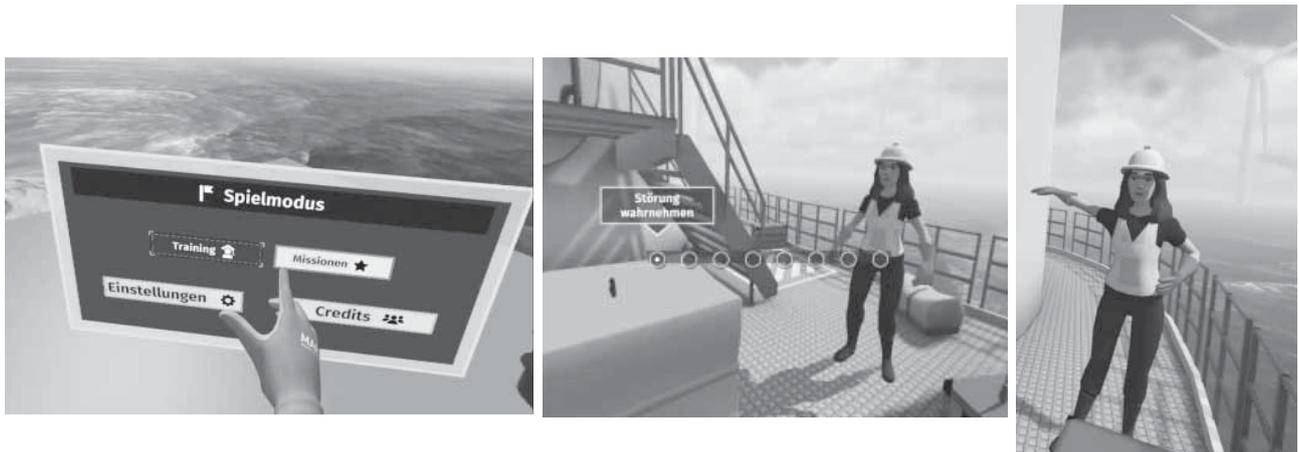


Abb. 2: Auswahl verschiedener Spielmodi im MARLA-Menü, pädagogische Agentin und Visualisierung des Erfolgsfortschritts

sogenannte Hilfsansicht wird über die beiden Controller aktiviert. In dieser Ansicht erfolgt zum Beispiel das „Hypothesen aufstellen und bewerten“. Die dabei notwendigen Aktionen erfordern kein praktisches Handeln, sondern ein Überlegen, Abwägen und Entscheiden. So werden mögliche Hypothesen der einzelnen Bauteile angezeigt und vor dem Hintergrund der dargestellten Aspekte Zeitaufwand und Wahrscheinlichkeit ausgewählt, um sie zu überprüfen.

Neben dem Feedback der pädagogischen Agentin wird der Erfolgsfortschritt in Bezug auf die acht Schritte auch visualisiert (siehe Abb. 2) und deren Durchführung ist noch einmal im letzten Schritt Nummer 8, der Fehlerdokumentation, zu bestätigen.

Anschließend erfolgt im Sinne des Cognitive Apprenticeship eine Wiederholung der acht Schritte der Fehlerdiagnose im Spielmodus „Missionen“: Nachdem die Auszubildenden die acht Schritte gemeinsam mit Alex erfolgreich durchlaufen haben, verabschiedet sich diese auf Grund eines Termins an Land. Die Spielenden werden dann dazu aufgefordert, die Fehlerdiagnose zu wiederholen. Sie erhalten dazu den Auftrag, auf einer Nachbaranlage eine ähnliche Fehlermeldung selbstständig zu beheben. Im Spielmodus „Missionen“ wird der Fehlerdiagnoseprozess, anstatt in Form einer direkten Anleitung durch die virtuelle Kollegin, mittels tutorieller Hilfestellungen in Form einer To-Do-Liste unterstützt. Hilfestellung erhalten die Spielenden in dieser Version auch, indem sie ein Walki Talki nutzen, mit dem der Kontakt zu den Expertinnen und Experten der Leitzentrale an Land hergestellt werden kann.

Die Reflexion der absolvierten Fehlerdiagnoseaufgabe erfolgt im Rahmen des sich an die Spielerfahrung anschließenden Unterrichts, indem ein Bezug auf eigene praktische Erfahrungen und einer Reflexion dieser vor dem Hintergrund des Gelernten erfolgt.

EINBETTUNG IN DEN UNTERRICHT

Das virtuelle Lernspiel ist eingebettet in ein didaktisches Gesamtkonzept zur Entwicklung der Fehlerdiagnosekompetenz von Auszubildenden. So können Lehrkräfte im Anschluss an das Spiel die Lerninhalte zur Fehlerdiagnose mithilfe konkreter Aufgabenstellungen im Unterricht aufgreifen und vertiefen. Sie finden auf der Webseite <https://marla.tech> eine pädagogische Handreichung für Lehrkräfte, die ein Konzept zur didaktischen Einbettung des Spiels im Unterricht sowie Hilfestellung zu technischen Fragen rund um den Einsatz von VR-Brillen im Unterricht gibt. Als Arbeitsmaterial für die Auszubildenden steht ein zum Konzept gehöriges Lernheft mit insgesamt sechs Lernmodulen zur Verfügung. Ziel der Arbeit mit dem Begleitmaterial ist die Elaboration des im Spiel Gelernten. Die Auszubildenden reflektieren in Gruppenarbeit ihre Spielerfahrungen und verbinden die Erfahrungen im Spiel mit ihrem Vorwissen aus Theorie und Praxis. Inhaltlich liegt der Schwerpunkt auf der Kompetenzerweiterung bei der Fehlererkennung, -eingrenzung und dem Vorgehen bei der Fehlerbehebung, der sogenannten Fehlerdiagnosekompetenz. Am Rande aber eignen sich die Auszubildenden auch Wissen zu Windenergie-technik und ressourcenschonende Stromerzeugung an. Um Anknüpfungspunkte für den Einsatz des Spiels im Unterricht zu bieten, wurden die entwickelten Spielinhalte mit den Lernzielen in den Rahmenlehrplänen der Ausbildungsberufe im Bereich der Metall- und Elektrotechnik abgestimmt. Die FAQ beantworten alle Fragen zum praktischen Einsatz von VR-Brillen und der MARLA-Anwendung im Unterricht. Alle Materialien sind unter <https://marla.tech> abrufbar. Das Lernheft ist unter der Creative Commons Lizenz „CC BY-NC-SA 4.0“ veröffentlicht und darf verändert, angepasst und geteilt werden.

ERSTE ERFAHRUNGEN AUS DEM EINSATZ IN DER PRAXIS

Das Spiel und seine Prototypen konnten mehrfach im schulischen Kontext getestet werden. Im Rahmen der partizipativen Spielentwicklung haben knapp 200 Auszubildende die Anwendung getestet. Eine finale Erprobung der VR-Anwendung „MARLA-Masters of Malfuction“ sowie der Evaluation des didaktischen Begleitmaterials erfolgte mit Berufsschülerinnen und Berufsschülern eines Oberstufenzentrums des Ausbildungsberufs „Elektroniker/Elektronikerin für Betriebstechnik“. Gemeinsam mit 17 Auszubildenden wurde sowohl das Spiel als auch das didaktische Begleitmaterial in einem realen Unterrichtsetting eingesetzt und erprobt. Im Folgenden werden die Erfahrungen aus diesem praktischen Einsatz näher beschrieben und erste Zwischenergebnisse berichtet.

Praktische Umsetzung

Der Unterricht erfolgte in zwei Phasen. In der ersten Phase spielten die Auszubildenden die VR-Lernanwendung MARLA. Im Anschluss daran bearbeiteten sie das Lernheft. Der Einsatz des virtuellen Lernspiels erfolgte in zwei Gruppen. Play Spaces wurden in zwei Räumen realisiert, so dass maximal sechs Personen in einem Raum spielten. Die Spielenden bekamen eine kurze Einführung zum Starten der Anwendung und absolvierten dann die Version „Training“ der Anwendung selbstständig. Die Spieldauer für die Version „Training“ beträgt durchschnittlich 60 Minuten inklusive einer kurzen Pause nach 25 Minuten Spielzeit, um Übelkeit zu vermeiden. Für das Spielen der MARA-Anwendung wurden

die Räume entsprechend vorbereitet. Die Spielbereiche (Play Spaces) wurden abgeklebt und die Guardians eingerichtet. Bei einem Raum mit einer Größe von etwa zehn Metern Länge und sieben Metern Breite wurden mit an die Wände gestelltem Mobiliar (Tische und Stühle eines klassischen Klassenraumes) sechs Play Spaces eingerichtet, mit Einzelmaßen von 2,50 Meter x 2,50 Meter. Diese Belegung kann nach dem Test als geeignet eingestuft werden. Die 50 Zentimeter Abstände zwischen den einzelnen Play Spaces boten dabei für die Lehrkraft ausreichend Möglichkeiten, zu den einzelnen Play Spaces zu gelangen, um Auszubildenden ggf. Hilfestellungen zu geben.

Die zweite Phase des Unterrichts, die Bearbeitung des Begleitmaterials, erfolgte gemeinsam mit allen Auszubildenden im Klassenraum. Die Auszubildenden kamen über das Material miteinander in den Austausch und reflektierten ihre Spielerfahrung. Sie konnten bei den Aufgabenstellungen immer wieder auf diese Erfahrungen zurückgreifen. Eine gemeinsame Basis war durch das Spiel geschaffen. Über die Diskussion zu den Spielerfahrungen reflektierten die Auszubildenden noch einmal die acht Schritte der Fehlerdiagnose und deren Sinn im Rahmen des Fehlerdiagnoseprozesses.

Ergebnisbericht

Als erstes Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Auszubildenden problemlos mit der VR-Technologie zurechtkamen. Da bereits 16 von 17 der Auszubildenden Vorerfahrungen mit VR-Anwendungen vorweisen konnten, fanden die Spielenden schnell ins Spiel. Das Aufsetzen der VR-Brillen sowie die Bedienung der dazugehörigen

Controller bedurfte keiner weiteren Einführung. Insgesamt wurde der Einsatz der VR-Brillen von den Schülerinnen und Schülern sehr positiv bewertet. Die Lernenden und Lehrkräfte berichteten, dass es sich um ein außergewöhnliches Ereignis handelt, VR-Anwendungen im Klassenverbund zu spielen und im Unterricht einzusetzen. Auch die grafische und inhaltliche Umsetzung im Spiel wurde sehr gut aufgenommen. So berichtete ein Schü-

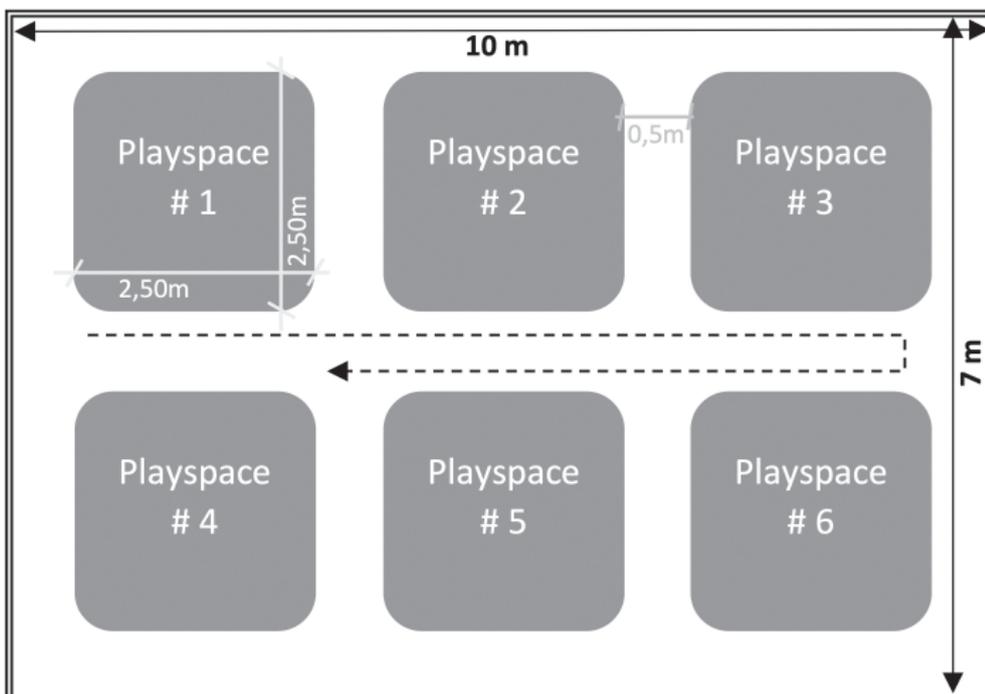


Abb. 3: Einrichtung von Spielbereichen, so genannten Play Spaces in einem Beispielklassenraum

ler, dass er das Begehen einer vollständigen Anlage in VR als sehr hilfreich empfunden hat aufgrund der „... Möglichkeit, eine Anlage, so wie sie in echt da steht, zu sehen und daran Fehlersuche zu betreiben – nicht nur Linien in einem Plan zu sehen, sondern in echt zu sehen: Aha, hier ist der Akkumulator ...“.

Ebenfalls erfolgreich verlief die Umsetzung des Begleitmaterials im Anschluss der Spielphase. Die Auszubildenden meldeten zurück, dass sie gut selbständig mit dem Lernheft arbeiten konnten. Der Hinweis der Lehrkräfte, dass leseschwächere Schülerinnen und Schüler mehr Zeit dafür benötigten oder ggf. eine Anpassung des Textumfangs in den Aufgabenstellungen benötigen könnten, lässt sich umsetzen, da es sich um freies, veränderbares Material handelt. Alle Lehrkräfte sind gern aufgerufen, das Material entsprechend ihrer eigenen, den organisatorischen und den Bedürfnissen der Auszubildenden anzupassen.

Auch die Lehrkräfte, die das Spiel ebenfalls erprobten, sahen in der Anwendung viel Potential und können sich gut vorstellen, Marla in regelmäßigen Abständen im Unterricht einzusetzen: „Die MARLA-Anwendung ist eine absolut gelungene Anwendung für unsere Auszubildenden. Die Möglichkeit, eine vollständige Anlage virtuell begehen zu können, um eine Fehlerdiagnose vorzunehmen, ist in der Berufsschule in der Regel nicht möglich. Daher ist die MARLA-Anwendung für uns eine zukunftsfähige Lernanwendung, die wir gerne in unseren Unterricht integrieren möchten.“ Zukunftsperspektivisch könne ein ganzer Teil der Lehrzeit mit solch einer Anwendung und entsprechendem didaktischen Begleitmaterial gestaltet werden, da die umgesetzte virtuelle Anlage zahlreiche Möglichkeiten bietet. Bisher waren die Kosten für aufwendige VR-Technik immer zu hoch, insbesondere in Schulen mit überschaubarem Budget. Die Kosten einer Oculus Quest (ab 350 Euro, Stand 10/2022), die als Stand Alone Lösung keine weitere Technik wie PC oder dergleichen benötigten und einer kostenlosen Anwendung wie MARLA sei nun aber eine attraktive Möglichkeit.

FAZIT UND AUSBLICK

Mit der Lernanwendung MARLA liegt ein virtuelles Spiel zur Förderung der Fehlerdiagnose von Auszubildenden der Metall- und Elektrotechnik vor, das in seiner Art einzigartig ist. Die Grundlage der Spielentwicklung beruht auf einem wissenschaftlich fundierten didaktisch-methodischen Konzept, das in konkrete Aufgaben in VR überführt wurde. Darüber hinaus bietet die Anwendung Auszubildenden die Möglichkeit, eine vollständige Offshore-Windanlage zu begehen und einzelne Bauteile zu verorten. Für den Einsatz an Schulen spricht die einfache Handhabung der VR-Technologie, da diese von den Auszubildenden ohne große Hilfestellung bedient werden kann und ein selbstständiges

Lernen ermöglicht. Zu beachten ist allerdings eine entsprechende Vorbereitungszeit im Hinblick auf die Einrichtung der Räumlichkeiten sowie der VR-Brillen, die vorab mit der Anwendung bespielt und entsprechend eingerichtet werden müssen. In Anlehnung an die dreijährige Erfahrung zum Einsatz der MARLA-Anwendung an Schulen, lässt sich abschließend festhalten, dass sowohl die Lehrkräfte als auch die Lernenden dem Thema „VR-Technologie als Unterrichtsformat“ insgesamt sehr aufgeschlossen gegenüberstehen. Insbesondere im gewerblich-technischen Bereich scheinen bei Lehrkräften eher geringe Hürden im Hinblick auf den Einsatz von VR-Technologie zu bestehen. Im Gegenteil stand der Mehrwert solcher Anwendungen im Vordergrund und die damit verbundenen Möglichkeiten, für Auszubildende das Üben an vollständigen Anlagen auch im schulischen Kontext zu erproben.

Anmerkung

- 1) Weitere Informationen zur spielerischen Virtual-Reality (VR)-Lernanwendung MARLA finden Sie unter <https://marla.tech> und https://www.youtube.com/watch?v=mYPa_M_kf8.

Literatur

- BROWN, J. S.; COLLINS, A.; DUGUID, P. (1989): Situated Cognition and the Culture of Learning. In: Educational Researcher, Band 18, Heft 1, S. 32–42.
- HELLRIEGEL, J.; UBELA, D. (2018): Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht - Eine konstruktivistische Sicht. In: Zeitschrift Für Theorie und Praxis der Medienbildung, S. 58-80.
- KAPP, F.; MATTHES, N.; NIEBLING, M.; SPANGENBERGER, P. (2021): MARLA: Fehlerdiagnosekompetenz mit Virtual Reality trainieren. In: GfA (Hrsg.): Arbeit HUMAINE gestalten. Dokumentation des 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses Universität Bochum. Dortmund.
- MATTHES, N.; SCHMIDT, K.; KYBART, M.; SPANGENBERGER, P. (2021): Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Ausbildung. Qualitative Studie mit Lehrenden im Bereich Metall- und Elektrotechnik. In: Journal of Technical Education (JOTED), 9 (1), S. 31–53.
- SCHAAFSTAL, A., SCHRAAGEN, J. M. & VAN BERLO, M. (2000): Cognitive Task Analysis and Innovation of Training: The Case of Structured Troubleshooting. In: Human Factors, 42, S. 75–86.
- SLATER, M. (2009): Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364 (1535), S. 3549–3557.
- SLATER, M. (2018): Immersion and the illusion of presence in virtual reality. British Journal of Psychology (London, England 1953), 109(3), S. 431–433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- SPANGENBERGER, P.; MATTHES, N.; KRUSE, L.; KYBART, M.; SCHMIDT, K.; KAPP, F. (2021): MARLA – Masters of Malfunction. VR Game zum Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Erstausbildung im Bereich Elektro- und Metalltechnik. In: SÖBKE, H. & WEISE, M. (Hrsg.), Wettbewerbsband AVRiL 2021. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 4–10).

Praxis Zukunft: AR, VR und KI als Elemente für visionäres Empowerment beruflicher Lehrkräfte im Rahmen modularer Qualifizierung



SEBASTIAN BECKER



JONAS VOLLMER



MARCO WEDEL

Betriebsabläufe und Kompetenzanforderungen in Unternehmen werden zunehmend von Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI), Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) beeinflusst. Geht es im Betrieb primär um die effiziente Anwendung von Technologien zur Prozessoptimierung, eröffnet die Berufsschule Räume zur Reflexion derselben. Für Lehrkräftefortbildungen wie die im folgenden Artikel exemplarisch erläuterte Modulare Qualifizierung (MQ) „Medienkompetenz und Digitalisierung“ für berufliche Lehrkräfte in Berlin sind dabei die reflektierte Praxis-Erprobung von Tools, die Auswahl und der verantwortungsvolle Umgang mit digitalen Ressourcen unter aktiver Einbindung der Lernenden zentrale Zielkompetenzen.

SPANNUNGSFELD ZUKUNFT

Bei Zukunftstechnologien wie KI, AR oder auch VR gilt in vielerlei Hinsicht: Vorteile für Wertschöpfung, Flexibilisierung und Personaleinsatz treffen auf Herausforderungen im Bereich der Ethik, des Datenschutzes, der Grundrechte, der IT-Sicherheit, des Arbeitsschutzes sowie sozialer, ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit. Hier besteht ein Spannungsfeld zwischen den Partnerinnen und Partnern der dualen Ausbildung. Während der Betrieb sich mehr auf die Anwendungsebene konzentriert, kommen berufliche Schulen ihrem Bildungsauftrag nach und bieten auch eine kritische Auseinandersetzung mit den neuen Technologien. Dabei sind insbesondere Lehrkräftefortbildungen gefordert, die eine reflektierte Praxis-Erprobung bieten und so den Aufbau zentraler Zielkompetenzen im Bereich des European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu) (vgl. PUNIE/REDECKER 2017, S. 15-17; S. 19 ff.) ermöglichen. Lernende sollen gemäß der Strategie der Kultusministerkonferenz (KMK) befähigt werden, digitale Technologien nicht nur bedarfsgerecht für Ausbildung und Arbeit einzusetzen, sondern sie auch zu verstehen und zu reflektieren (vgl. KMK 2017, S. 26 f.).

Der vorliegende Beitrag stellt einen Praxisbericht zum Aufbau und der Förderung dieser Zielkompetenzen im Rahmen einer Online-Fortbildungsreihe als Teil einer Modulare Qualifizierung (MQ) „Medienkompetenz und Digitalisierung“ für berufliche Lehrkräfte in Berlin 2020 bis 2022 dar.

Die von den Lehrkräften entwickelten AR-Lernszenarien für Ausbildungsberufe, VR-Experimente, mobile AR-Anwendungen und Risikoabschätzungen bezüglich des (Nicht-)Einsatzes von KI-Systemen in der Entwicklung beruflicher Schulen werden nachfolgend vorgestellt und kontextualisiert. Insbesondere die Befähigung von Lehrkräften, Auszubildenden und Lernenden, Kriterien für den Umgang mit Risiko-Technologien¹ zu entwickeln, zielorientiert einzusetzen und damit Orientierung in einer von Unsicherheit und Wandel geprägten, komplexen Arbeits- und Lernwelt zu schaffen, kommt darin als Vision und Innovation zum Tragen.

KI, AR UND VR IM RAHMEN EINER MODULAREN QUALIFIZIERUNG FÜR LEHRKRÄFTE

Die Rolle von KI, AR und VR, d. h. insbesondere die Herausforderungen und Chancen des Lehrens und

Lernens in einer zunehmend von diesen Technologien geprägten (Arbeits-)Welt, bleibt in den bekannten Strategien für eine „Bildung in der Digitalen Welt“ bisher weitestgehend unbeachtet (siehe dazu KMK 2017 und 2021, SWK 2021). Findet KI, AR und VR in der Strategie der Kultusministerkonferenz aus dem Jahr 2016 keine explizite Berücksichtigung, wird in den ergänzenden Empfehlungen aus dem Jahr 2021 immerhin erkannt, dass die (Fort-)Bildung von Lehrkräften durch eine Progression der Kompetenzentwicklung angepasst und der Kompetenzrahmen für Schülerinnen und Schüler weiterentwickelt werden muss. Dies gilt, um „(...) zukunftsweisende Kompetenzen in den Handlungsfeldern Künstliche Intelligenz, Big Data, automatisierte Entscheidungssysteme, virtuelle Realität, und Datenschutz – auch in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft – (...) ermitteln und integrieren zu können“ (KMK 2021, S. 25). Was bedeutet das?

Unstrittig ist, dass die genannten Themenbereiche dem Kompetenzrahmen für eine digitalisierte Welt zuzuordnen sind und dieser weder in der allgemeinen noch in der beruflichen Bildung durch ein eigenes Curriculum für ein Fach „Digitalisierung“, sondern als integrativer Teil der Fachcurricula aller Fächer zu fördern ist (vgl. KMK 2017, S. 11 f.). Die Lehrenden müssen hierzu u. a. in der Lage sein, ihre eigene Medien- und Digitalisierungskompetenz kontinuierlich weiterzuentwickeln und die Bedeutung von Medien und Digitalisierung in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu erkennen bzw. diese in deren Rückwirkung auf Arbeits-, Produktions- und Geschäftsabläufe in der beruflichen Bildung einzuordnen (vgl. KMK 2017, S. 9 u. S. 25). Den durch die Corona-Pandemie nochmals verstärkten Handlungsbedarf, Lernende in der beruflichen Bildung rasch dementsprechend kompetent auszubilden, zeigt auch die Enquete-Kommission Berufliche Bildung in der digitalen Arbeitswelt (siehe dazu DEUTSCHER BUNDESTAG 2021) auf.

Dem Aufruf der KMK folgend, innovative Fortbildungsformate zu schaffen und kontinuierlich weiterzuentwickeln (vgl. KMK 2017, S. 25, 30), initiierte die „Regionale Fortbildung für berufliche Lehrkräfte Berlin“ (seit 2022 „Fortbildung Berlin“) 2020 eine alle zwei Jahre neu startende Modulare Qualifizierung (MQ). Die 22 Teilnehmenden werden in allen relevanten Kompetenzen nach den KMK-Leitkompetenzen für Bildung in der digitalen Welt (vgl. KMK 2017, S. 15-22), DigCompEdu und aufbauend auf Teil B des Rahmenlehrplans (vgl. BERLIN/BRANDENBURG 2015, S. 14-22) fortgebildet. Sie sollen an den eigenen Schulen zeitgleich die Funktion von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren ausüben. Thematischer Kern der MQ ist es, die Digitalisierung als Frage der Didaktik und Teil der Schul- und Unterrichtsentwicklung zu reflektieren. Neben Wahlpflichtmodulen zu Audio-/Video-Software und Tablets sind

Basismodule (BM) zu Datenschutz und IT-Sicherheit, Urheberrecht und offenen Bildungsressourcen sowie Desinformationsanalyse und Risiken (etwa Cybermobbing) vorgesehen. Das BM 5 Zukunftstechnologien in Analyse, Reflexion, Praxis steht hier an herausragender Position, greift es doch exakt jene Notwendigkeit auf, Kompetenzen für KI, AR und VR als digitale Risikotechnologien in der betrieblichen und berufsschulischen Ausbildung aufzubauen. Ursprünglich als reine Präsenz-MQ konzipiert, wurde die Fortbildungsreihe im Laufe der Jahre 2020 und 2021 qua Corona-Pandemie zu 90 Prozent online – per BigBlueButton-Videokonferenz und dem Moodle-basierten Lernmanagementsystem (LMS) Lernraum Berlin – gestaltet.

Das aus drei Terminen à drei Stunden bestehende BM 5 fand zuletzt von Ende Oktober bis Ende November 2021 statt. Es wurden Chancen und Risiken künstlicher Intelligenz reflektiert und sowohl Tools als auch Verfahren des Einsatzes von Augmented und Virtual Reality in der beruflichen Ausbildung erprobt, um den Unterricht mit virtuellen Welten zu erweitern. Dabei standen folgende Zielkompetenzen im Fokus:

- KMK 2016: 5.2 Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen; 5.4 Digitale Werkzeuge/Medien zum Lernen/Arbeiten/Problemlösen nutzen; 6.2 Medien in der digitalen Welt verstehen und reflektieren,
- DigCompEdu 2017: 2.1 Auswählen digitaler Ressourcen; 3.1 Lehren; 5.3 Aktive Einbindung der Schülerinnen und Schüler; 1.3 Reflektierte Praxis; 6.4 Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Ressourcen.

Didaktisch waren die drei Online-Termine von BM 5 in verschiedene Input-Phasen der Expertinnen und Experten, Übungen, Gruppen-Phasen mit Arbeitsszenarien in Breakout-Räumen sowie anschließenden Präsentationen und Reflexionen der Ergebnisse gegliedert. AR stand im Zentrum des ersten Termins, KI beim zweiten und VR beim dritten Termin.

Herausforderungen für BM 5 waren dabei, angesichts des auf EU-Ebene noch andauernden Regulierungsprozesses von KI und anderer Risiko-Technologien, Anknüpfungspunkte für die Einbettung von KI, VR und AR im Unterricht der beruflichen Schulen zu finden und zugleich die Diskrepanz zwischen der Komplexität des Themas und der Selbstverständlichkeit von KI im digitalen Alltag (Spracherkennung z. B. bei Siri und Alexa oder zur Wortergänzung in Messengern) zu sehen. Worin bestehen also im Rahmen von BM 5 die angedachten Elemente für visionäres Empowerment von Lehrkräften?

KOMPETENZAUFBAU FÜR KI IM FORTBILDUNGSMODUL BM 5

Im Rahmen der MQ wurde für KI der Ansatz von ethischen Kernanforderungen der Hochrangigen Experten­gruppe für KI (siehe dazu EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019) aufgegriffen, den diese in Vorbereitung der durch die Europäische Kommission im April 2021 im Entwurf vorgeschlagenen Verordnung zur künstlichen Intelligenz (siehe dazu EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021a) erarbeitet hat. Um einen für die EU geforderten Rahmen für vertrauenswürdige KI zu etablieren, sollen im Sinne einer Kritikalitäts- und Risikobewertung, die Achtung der menschlichen Autonomie, die Schadensverhütung sowie Fairness und Erklärbarkeit als ethische Grundsätze gesetzlich verankert werden (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019, S. 12). Hieraus ergeben sich u. a. Anforderungen an den Vorrang menschlichen Handelns und die menschliche Aufsicht, an Transparenz sowie Vielfalt, Nichtdiskriminierung und an Rechenschaftspflichten (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019, S. 12).

Die aus dem Entwurf der EU-Verordnung schon heute abzuleitenden Rechte und Pflichten für Anbieterinnen und Anbieter, Entwicklerinnen und Entwickler sowie Nutzerinnen und Nutzer von KI-Systemen – etwa in Bezug auf verbotene KI-Praktiken, Hochrisiko-Anwendungen, Datenqualität, Transparenz und menschliche Aufsicht (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021a, S. 44 ff.) – implizieren Kompetenzprofile bei allen beteiligten Akteurinnen und Akteuren, die für die berufliche Praxis und in der beruflichen Bildung (hier auch durch Lehrkräftefortbildung) aufgebaut werden müssen. Ziel eines visionären Empowerments muss es sein, die Erwartungen an einen europäischen Rahmen für vertrauenswürdige KI in der beruflichen Bildung frühzeitig abzubilden und als Teil einer progressiven Kompetenzentwicklung bei Lehrkräften zu verankern.

Für eine erste konkrete Umsetzung des hier nur schemenhaft skizzierten Anforderungskontextes KI wurde im Rahmen der MQ ein Ansatz verfolgt, der im Entwurf der EU-Verordnung selbst zu finden ist: die Risikoabschätzung von KI-Systemen (siehe dazu EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021a sowie DATENETHIKKOMMISSION 2019).

Im Sinne der durch die KMK (vgl. 2021, S. 8 f.) im Umgang mit einer Kultur der Digitalität besonders herausgehobenen Kompetenzerwartung (gelingend kommunizieren können, kreative Lösungen finden können, kompetent handeln können, kritisch denken können, zusammenarbeiten können) wurden die Lehrkräfte angehalten, vor dem Hintergrund eines Anwendungsszenarios von KI im Kontext der Schulorganisationsentwicklung eine eigene Risikoabschätzung für KI-Systeme vorzunehmen.

Das für die Qualifizierungsmaßnahme vorgestellte Szenario übernimmt einen im Verordnungsentwurf skizzierten Anwendungskontext von Hochrisiko-KI in der allgemeinen und beruflichen Bildung (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021b). Das von den Teilnehmenden der MQ zu bearbeitende Szenario lautete wie folgt: In Ihrer Schule soll ein KI-System eingeführt werden, das bestimmungsgemäß 1.) für die Bewertung von Schülerinnen und Schülern und 2.) für die Überwachung und Bewertung der Leistung von Lehrerinnen und Lehrern verwendet werden soll. Entwickeln Sie bitte einen Fragenkatalog zur Risikoabschätzung und Qualifizierung dieses Systems im Sinne einer vertrauenswürdigen KI (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021b, S. 4)!

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Auseinandersetzung mit dem Szenario durch etablierte Lehrkräfte – sofern die Irritation ob der thematischen und inhaltlichen Tragweite und des experimentellen Charakters dieser durchaus intendierten Überforderungen nicht zu grundsätzlicher Ablehnung oder didaktischen Diskreditierungsversuchen führte – zu einer ersten Sensibilisierung im Umgang mit KI-Systemen geführt hat. Dies ist der Fall, weil Grundlagen für eine notwendige Auseinandersetzung durch einen ersten, hinreichenden Komplexitätsaufbau gelegt werden konnten. Dabei geben die entwickelten Fragenkataloge (Auszüge, siehe Abb. 1) einen Impuls, schulorganisatorische Herausforderungen in Bezug auf zu entwickelnde Prozesse und Rollenmodelle bei der Einführung und Nutzung von KI-Systemen an beruflichen Schulen zu identifizieren und die persönlichen Entwicklungsbedarfe im Umgang mit der Blackbox KI zu erkennen.

KOMPETENZAUFBAU FÜR AR UND VR IM FORTBILDUNGSMODUL BM 5

Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) gehören zu den sogenannten immersiven Medien. Sie ermöglichen ein partielles oder vollständiges Eintauchen in digitale Welten. Dabei fühlt sich diese künstliche Welt je nach Immersionsgrad für die Nutzerin/den Nutzer so real an, dass die wirkliche Welt fast vollständig in den Hintergrund tritt. Bei der Augmented Reality (erweiterten Realität) bleibt die reale Welt für die Betrachterin/den Betrachter weiterhin sichtbar und wird lediglich überlagert mit zusätzlichen Informationen und Objekten. Die virtuelle Realität hingegen bietet ein völlig künstliches Erlebnis ohne Bezug zur realen Welt.

Anders als KI haben AR und VR längst Einzug gehalten in die betriebliche Ausbildung. Viele große Unternehmen diverser Branchen nutzen diese Technologien, um für ihre Auszubildenden neue Lernarrangements zu schaffen oder um klassische Ausbildungsinhalte zu ergänzen. Sie versprechen sich davon, zukunftsfähig und wettbewerbsfähig zu bleiben. „Durch die Simulation, Modifizierung und Verbesserung realer Situatio-

Datenschutz:

- Welche Daten werden erfasst?
- Wie können DSGVO-Bestimmungen/Recht auf Privatsphäre der Lehrkräfte (LK) bzw. Schülerinnen und Schüler (SuS) eingehalten werden?
- Wer überwacht die Datensammlung?
- Welche Konsequenzen „drohen“ den LK bei unzureichender Bewertung durch die KI (Rechtsgrundlage)?

Didaktik & Pädagogik:

- Können die Lehrkräfte die Bewertung der KI am Ende überstimmen bzw. beeinflussen?
- Ist sichergestellt, dass die KI die Aspekte der sonderpädagogischen Förderung mit einbezieht und auch die Krankheitsbilder einzelner Schülerinnen und Schüler mit in die Bewertung einbezieht?
- Ist sichergestellt, dass die KI keine eigenen Krankheitsdiagnosen im Hinblick auf zu bewertende Personen vornimmt?
- Wie kann man Diskriminierung ausschließen?

Technische Aspekte:

- Ist es ausgeschlossen, dass die KI selbst eine „Dysfunktion“ im mentalen Sinne hat, erhält, erkrankt oder wie auch immer?
- Ist das System manipulationssicher/sicher gegen Hackerangriffe?

Beurteilungskriterien:

- Welche Mechanismen gibt es, um die funktionelle Richtigkeit der KI und deren Entscheidungen zu überprüfen?
- Inwieweit wird die Ausführungsvorschrift über die Beurteilung der Beamten und Beamtinnen des Schul- und Schulaufsichtsdienstes berücksichtigt?
- Wie wird die Transparenz des Systems gewährleistet?
- Ist das System prinzipiell in der Lage, ...
 - ... SuS unterschwellig [...] zu beeinflussen?
 - ... SuS aufgrund von Schwäche oder Schutzbedürftigkeit auszunutzen?
 - ... Bewertung oder Klassifizierung der Vertrauenswürdigkeit natürlicher Personen durchzuführen?
 - ... Zugang zu Einrichtungen der beruflichen Bildung zu verwehren/zu gestatten? (bzw. Tests diesbezüglich auszuwerten?)

Rechenschaftspflicht:

- Wer hat die Aufsicht und kann steuernd eingreifen?

Abb. 1: Beispiele von Arbeitsergebnissen von Lehrkräften des Szenarios zu KI

nen ermöglichen diese Tools Unternehmen eine bessere Kontrolle über die ‚Umgebung‘, in der die Schulung stattfindet“ (GRENSING-POPHAL 2020). Auch besteht die Möglichkeit, verschiedene Ausbildungsstandorte über sogenannte Remote Trainings weltweit miteinander zu vernetzen. Mittlerweile ist der Bedarf an immersiven Medien zu Ausbildungszwecken aber auch für andere Branchen wie z. B. Werbung oder Gaming so groß geworden, dass das Bundesinstitut für Berufsbildung dafür einen neuen Ausbildungsberuf „Gestalter/-in für immersive Medien“ plant (siehe dazu BIBB 2021).

Berufliche Ausbildung mit immersiven Medien eignet sich insbesondere für hinreichend komplexe Arbeitszusammenhänge oder Lern- und Arbeitssituationen mit hohen Ansprüchen an Sicherheit oder Ressourcen. Mit diesen Technologien lassen sich Lern- und Arbeitssituationen gestalten, die sehr nahe an der Realität und beliebig oft wiederholbar sind. Zudem haben sie keine direkten Auswirkungen oder folgenschwere Konsequenzen für das reale Umfeld. Dennoch kann diese Technologie nur als Ergänzung zu klassischen Lernarrangements verstanden werden. Manche Arbeitsgänge müssen haptisch erfahren werden, um einen Lernprozess mit allen Sinnen zu erleben. Auch sind physisches Zusammen-

sein und Zusammenarbeiten mit anderen Personen durch nichts zu ersetzen.

Doch wie können berufliche Schulen ihrem Bildungsauftrag gerecht werden und den Lernenden immersive Medien nicht nur für innovative Lernarrangements zur Verfügung stellen, sondern auch gewährleisten, dass sich Lernende mit diesen auch kritisch auseinandersetzen? Es bedarf zunächst eines tiefen technischen Verständnisses darüber, wie diese Technologien funktionieren. Auch sollten entsprechende Tools zur Erstellung von immersiven AR- und VR-Erlebnissen vorgestellt und ausprobiert werden, die einen niederschweligen Einstieg ermöglichen. Erst dann ist auch eine kritische Reflexion erreichbar.

Im Rahmen von BM 5 der MQ wurden die beiden Technologien AR und VR in zwei getrennten Online-Terminen analysiert. Auch wenn es zwischen beiden Technologien Schnittmengen gibt, so bieten sie dennoch unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten und auch verschiedene Tools zur Content-Erstellung an. Da es derzeit an den meisten beruflichen Schulen noch kein hochwertiges Equipment zum Einsatz von AR und VR gibt, wurden für die Fortbildungsreihe nur Tools verwendet, die auch mit dem eigenen Smartphone oder

Tablet erlebbar sind. Für Augmented Reality ist das z. B. mywebAR (mywebAR.com) oder Halo AR (App für iOS und Android) und für Virtual Reality wurde mit CoSpaces Edu (cospaces.io) und Mozilla Hubs (hubs.mozilla.com) gearbeitet. Es wurden Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Unterrichtskontexte besprochen und diverse Beispiele aufgezeigt.

Zur kritischen Auseinandersetzung mit der VR-Technologie sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fortbildung auch hier die im Kontext der KI vorgestellte Risikoabschätzung für einen konkreten VR-Anwendungsfall vornehmen und dazu einen Fragenkatalog entwickeln. Der Anwendungsfall sah vor, dass sie sich in die Lage eines Leitungsteams versetzen sollten, das die Anschaffung von VR-Brillen an einer Schule verantwortlich begleiten soll. Die dabei entstandenen Fragestellungen lassen sich den Bereichen Didaktik & Pädagogik, Organisation, Kosten, rechtliche Aspekte und Sicherheit zuordnen.

VISIONÄRES EMPOWERMENT BERUFLICHER LEHRKRÄFTE – FAZIT UND AUSBLICK

Konnten im Sinne der Zielstellung der MQ die Kompetenzprofile der Teilnehmenden durch das Basismodul gestärkt werden?

Ein anonymes Online-Feedback am Ende von BM 5 gibt hierzu erste Hinweise: Einerseits gab über die Hälfte der Befragten an, bei sich selbst die DigCompEdu-Kompetenz „Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Ressourcen“ sowie für die Arbeit mit den Lernenden

die KMK-Leitkompetenz „Medien in der digitalen Welt verstehen und reflektieren“ durch das Modul besonders gestärkt zu haben. Etwas weniger als die Hälfte sah dies bei der Leitkompetenz 5.4 „Digitale Werkzeuge/Medien zum Lernen/Arbeiten/Problemlösen nutzen“ als gegeben an. „Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen“, die aktive Einbindung der Lernenden und den praktischen Einsatz von KI, VR und AR im Unterricht, erachteten viele Befragte andererseits als noch weiter ausbaufähig.

Die Ergebnisse der Umfrage und die Einschätzungen der Fortbildungsverantwortlichen legen eine Weiterentwicklung des Basismoduls nahe, die im nächsten Durchgang der MQ im Blended-Learning-Format ab Herbst 2022 zum Tragen kommen soll: Grundsätzlich sollen die Zielkompetenzen noch stärker eingegrenzt werden. Die Eigenaktivität der Teilnehmenden wird im ersten Online-Termin dadurch maximiert, dass sich die Teilnehmenden ausgehend von Praxisarbeitsaufträgen auf zwei Ebenen die Grundlagen für KI, AR und VR in der beruflichen (Aus-)Bildung selbst erschließen. Auf Ebene der Schulentwicklung ist dies ein Szenario zum Einsatz von KI in der Schule. Im Bereich Unterrichtsentwicklung geht es um die Erarbeitung konkreter Unterrichtsmaterialien und -sequenzen mit Blick auf die Lebenswelt der Lernenden (z. B. zu Auto-Complete, Alexa, Siri, VR-Brillen im Gaming). Ein zweiter Termin, in Präsenz, besteht in der Besichtigung eines Betriebes oder Ausbildungszentrums in Berlin oder Brandenburg, um KI, AR und VR im Betriebs- und Schulungseinsatz zu

Didaktik & Pädagogik:

- Welche konkreten Lernfeldbereiche gibt es, die an unserer Schule oder bestimmten Lerngruppen eine sinnvolle Anwendung ermöglichen? (Bsp. komplexe Maschinen/Geräte/...)
- Wer kreiert die Unterrichtsreihe mit didaktischem Konzept usw.?
- Ist die virtuelle Simulation zureichend REAL? (Bereitet die VR wirklich auf Gefahrensituationen/... vor?)

Organisation:

- Wer ist für die Wartung des Systems zuständig?
- Wer soll wo und wie die Hardware lagern und in die Klassenräume transportieren (abschließbarer Wagen?)?

Sicherheit:

- Welche emotionalen Gesundheitsgefahren gibt es? (z. B. Eintauchen in die virtuelle Welt => schafft Probleme in der realen Welt?)
- Welche physischen Gesundheitsgefahren gibt es? (z. B. Übelkeit, Belastung der Nackenmuskulatur durch langes Tragen der Brille)
- Wie stellen wir die Hygiene sicher, wenn die Geräte von wechselnden Personen genutzt werden?

Kosten:

- Wer übernimmt die erstmaligen und fortdauernden Kosten an Technik und Personal?
- Bedarf es ständig neuer Modelle wegen z. B. Funktionalität?

Rechtliche Aspekte:

- Wer haftet bei Beschädigungen/Verlust der VR-Brille?
- Ist das System DSGVO-konform?
- Welche Maßnahmen gibt es zum Schutz der Integrität des Systems und der Daten?

Abb. 2: Beispiele von Arbeitsergebnissen von Lehrkräften des Szenarios zu VR

erleben. Der dritte Termin, wieder online, soll zur Reflexion des Erlernten und der Evaluation dienen.

Was BM 5 in der MQ schon jetzt als innovatives Empowerment von Lehrkräften auszeichnet und das Fortbildungsmodul weiter prägen wird, ist die Befähigung von Lehrkräften, Auszubildenden und Lernenden, Kriterien für den Umgang mit Risiko-Technologien zu erarbeiten und zu reflektieren und damit eine bessere Orientierung in einer von Unsicherheit und Wandel geprägten, komplexen Arbeits- und Lernwelt zu schaffen. Neben AR- und VR-Lernszenarien für Ausbildungsberufe birgt insbesondere die Risikoabschätzung für vertrauenswürdige KI bezüglich des (Nicht-)Einsatzes von KI-Systemen das Potential für eine methodische Vertiefung und Weiterentwicklung als Teil der Lehrkräftefortbildung.

Die frühzeitige Sensibilisierung von beruflichen Lehrkräften mit den Zukunftstechnologien KI, AR und VR, die in dieser Form über die bekannten KMK-Strategien und vorliegenden Rahmenlehrplänen hinaus geht, beschreibt gleichzeitig den visionären Kern der MQ, nimmt sie doch den aktuellen Diskurs – etwa die Risikoabschätzung von Zukunftstechnologien im Rahmen europäischer Regulierungsbemühungen – einer hoch-dynamischen Entwicklung frühzeitig auf und ermöglicht so eine zeitgemäße und interaktive Adaption der beruflichen Schulen an die Herausforderungen des digitalen Wandels. Die MQ, konkret BM 5, schafft hier Pionierarbeit, indem sie die Lehrkräfte bestärkt, sich mit aktuell debattierten Maßstäben und Prinzipien für die Analyse und den didaktischen Einsatz von Technologien (z. B. menschliche Aufsicht, Transparenz und Erklärbarkeit als Leitlinien einer vertrauenswürdigen KI) auch außerhalb des eigenen Bildungsnexus auseinanderzusetzen. Visionäres Empowerment heißt dann ebenso, die Erwartungen der Unternehmen und des gesellschaftlichen Willensbildungsprozesses (Politik) werden ernst genommen und im Reflexionsauftrag der beruflichen Schule aufgegriffen. Lehrkräfte gestalten dadurch aktiv, in Analyse, Reflexion und didaktischer Praxis, die gesellschaftliche Umsetzung von Technologien mit – sie setzen Maßstäbe, denken voraus und fördern bei sich und den Lernenden eine zentrale Zukunftskompetenz: Unbekanntes inklusiv und partizipativ vorauszudenken. Sie werden damit auch Teil von Lösungsszenarien einer anhaltenden Bildungs Herausforderung und bieten sich als didaktische Praktikerin und Praktiker und Stakeholder in der politischen Gestaltung und Regulierung von Zukunftstechnologien wie KI, AR und VR an.

Anmerkung

- 1) Für die im Folgenden näher erläuterte Modulare Qualifizierung wurde der Ansatz der EU-Kommission, Maßstäbe für eine vertrauenswürdige KI durch eine Kritikalitäts- und Risikobewertung zu etablieren (vgl.

EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019, S. 12), auch auf Virtual (VR) und Augmented Reality (AR) übertragen. Dieser Ansatz wird von den Autoren als grundlegend geeignet angesehen, Digitalisierung und die sie prägenden Technologien ethisch und demokratisch verantwortlich zu gestalten. Da davon auszugehen ist, dass fortgeschrittene AR/VR-Technologien im Lehr-Lern-Einsatz – vergleichbar mit Learning Analytics und tutoriellen Systemen – künftig größere und mitunter personenbezogene Datenvolumina verarbeiten, können sie unter Umständen zu Risiko-Technologien werden.

Literatur

- BERLIN/BRANDENBURG (2015): Rahmenlehrplan Berlin-Brandenburg. Teil B: Fachübergreifende Kompetenzentwicklung. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_B_2015_11_10_WEB.pdf (09.02.2022).
- BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (2021): Voruntersuchung zum Bedarf beruflicher Qualifizierung für die Gestaltung immersiver Medien: Abschlussbericht. <https://www.vdmnw.de/produkte/produkt/gestalter-fuer-immersive-medien> (09.02.2022).
- DATENETHIKKOMMISSION (2017): Gutachten der Datenethikkommission. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/it-digitalpolitik/gutachten-datenethikkommission.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (09.02.2022).
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2021): Bericht der Enquete-Kommission Berufliche Bildung in der digitalen Arbeitswelt. Drucksache 19/30950. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/309/1930950.pdf> (09.02.2022).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2019): Generaldirektion Kommunikationsnetze. Ethik-leitlinien für eine vertrauenswürdige KI, Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2759/856513> (09.02.2022).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2021a): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (Gesetz über Künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union. COM/2021/206 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206> (09.02.2022).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2021b): Anhänge zum Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (Gesetz über Künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union. COM/2021/206 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/DOC/?uri=CELEX:52021PC0206&from=DE> (09.02.2022).
- GRENSING-POPHAL, L. (2020): „How Companies Are Using AR and VR for Remote Training“ <https://hrdailyadvisor.blr.com/2020/11/18/how-companies-are-using-ar-and-vr-for-remote-training/> (29.03.2022).
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (Hrsg.) (2017): Strategie der Kultusministerkonferenz: „Bildung in der digitalen Welt“: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017. <https://www.kmk.org/Dateien/KMK-Dokumente/Strategie%20in%20der%20digitalen%20Welt.pdf>

kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlu-
esse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_
vom_07.12.2017.pdf (30.04.2020).

KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (Hrsg.) (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021). <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/lehren-und-lernen-in-der-digitalen-welt-kultusministerkonferenz-verabschiedet-ergaenzende-empfehlung.html> (09.02.2022).

PUNIE, Y. (ÜBERSETZUNG)/REDECKER, C. (Autorin) (2017): European Framework for the Digital Competence of Educa-

tors: DigCompEdu. EUR 28775 EN. Publications Office of the European Union. Luxembourg. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf (09.02.2022).

STÄNDIGE WISSENSCHAFTLICHE KOMMISSION DER KULTUSMINISTERKONFERENZ (2021): Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/KMK/SWK/2021/2021_10_07-SWK_Weiterentwicklung_Digital-Strategie.pdf (09.02.2022).

Von der überbetrieblichen in die betriebliche Ausbildung: Der Weg von Augmented Reality in die Industrie von morgen



ALEXANDER REINEKING

Immer mehr Unternehmen sehen einen Nutzen von Augmented Reality (AR). AR-Systeme sind dabei zumeist nicht an kommerzielle Standardanwendungen gebunden, sondern müssen für den Anwendungsfall erstellt werden. Für die Endanwenderin/den Endanwender ist die reine Bedienung von AR-Hard- und -Software grundsätzlich schnell erlernt, die Bearbeitung von AR-Inhalten setzt jedoch fundiertes Fachwissen voraus. In naher Zukunft wird es nicht die Aufgabe der Facharbeiterin/des Facharbeiters sein, ein AR-System von Grund auf zu programmieren, jedoch sollte sie/er in der Lage sein, die genutzte AR-Anwendung inhaltlich anpassen zu können. Am Beispiel der „Smarten Lernfabrik Buschhütten“ (SLB) soll eine Möglichkeit gezeigt werden, wie Zielgruppen aus gewerblich-technischen Bereichen – von Ausbilderinnen und Ausbildern über Lehrkräfte zu Lernenden – befähigt werden können, langfristig produktiv mit AR zu arbeiten.

AUSGANGSLAGE

Augmented-Reality-Anwendungen haben den Weg in die Industrie gefunden. In einer 2019 durchgeführten Studie haben bereits zwei Drittel der befragten deutschen Unternehmen (n = 201) angegeben, AR/VR-Lösungen im Betrieb zu nutzen oder vorzuhaben, entsprechende Technologien in den nächsten Monaten zu implementieren (VON HEIMBURG et al. 2019, S. 7). Konkret setzen etwa die Hälfte dieser Unternehmen auf den Einsatz von AR-Lösungen, wobei das Interesse hier vorrangig auf Schritt-für-Schritt-Anleitungen, Remote-Assistance-Lösungen und dem Wissenstransfer liegt (vgl. ebd., S. 10).

Das ist, in Anbetracht der immer weiter zunehmenden Technisierung und der steigenden Komplexität von Maschinen und Anlagen, nicht verwunderlich. AR bietet eine anwenderfreundliche und vor allem schnell erfassbare Möglichkeit für die Benutzerin/den Benutzer,

komplexe und situativ relevante Informationen leicht zu erfassen. Nimmt man beispielsweise eine Montage- oder Wartungssituation an einer komplexen Anlage, so spielt es bei der Verwendung von AR-Systemen nur eine nebensächliche Rolle, wie viel Vorwissen die Anwenderin/der Anwender an dieser Anlage hatte. Das setzt jedoch voraus, dass das relevante Fachwissen schon im System hinterlegt ist.

PROJEKT ARiBB

Die „Hidden Champions“ der Industrieregion Siegen-Wittgenstein zeichnen sich dadurch aus, dass sie führend in einem Teilbereich ihres Fachgebietes sind. AR-Lösungen müssen hier auf individuelle Produkte, Maschinen und einzelne Baugruppen des jeweiligen Unternehmens angepasst sein – der eigentliche AR-Content muss, vergleichbar mit CAD-Software, erst erstellt werden. Gibt ein Unternehmen die Erstellung

von AR-Softwarelösungen in Auftrag, wird die Konstruktion des Contents von IT-Expertinnen/IT-Experten durchgeführt, die jedoch meist nicht dauerhaft für die Arbeit an der Maschine ausgebildet sind und vor allen Dingen nicht (ohne tiefgehende Recherchearbeit im Unternehmen) auf das in der Branche so wichtige Arbeitsprozesswissen der Facharbeiterin/des Facharbeiters zugreifen können.

Im Projekt „ARiBB“ (Augmented Reality in der beruflichen Bildung) wird ein überbetriebliches Qualifizierungsangebot ins Leben gerufen, das dieses Problem lösen soll, indem die Fachkraft selbst als „Autorin“/„Autor“ für die Erstellung von AR-Inhalten qualifiziert wird (siehe hierzu auch den Beitrag DREHER in diesem Heft). Die Umsetzung des Projekts „ARiBB“ wird am Campus Buschhütten realisiert. Dabei handelt es sich um eine neu gegründete Fabrik, bei der Universität und Industrie „Hand in Hand“ die moderne Aus- und Weiterbildung vorantreiben. Auf dieser Basis wird unser Projekt von verschiedenen Kooperationspartnerinnen und Kooperationspartnern der ansässigen gewerblich-technischen Industrie begleitet.

ZIELGRUPPEN

Am Ende wird vor allem die Facharbeitskraft, respektive die/der Auszubildende, von einem AR-gestützten Arbeitsumfeld profitieren. In das AR-Qualifizierungsangebot werden verschiedene Ausbildungsberufe mit eingebunden (siehe Abb. 1).

In Anbetracht der Nähe zu Maschinen und Anlagen haben Facharbeitskräfte aus diesen Berufszweigen einen unmittelbaren Nutzen von visuellen Unterstützungsszenarien am Arbeitsplatz. Daneben gibt es auch diverse weitere Zielgruppen, die aus AR-Systemen früher oder später einen Nutzen ziehen können. Aus diesem Grund wird unser Qualifizierungsangebot bewusst mehrgleisig konzipiert. So sollen neben Fachar-

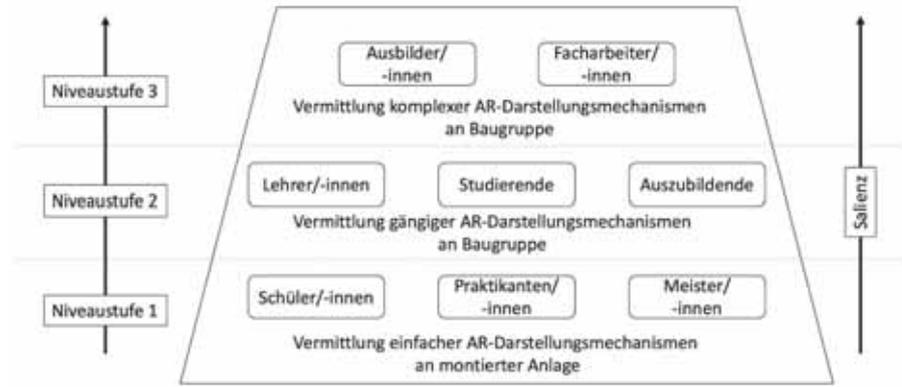


Abb. 2: Übersicht der Zielgruppen und den jeweiligen Zielvorgaben

beitskräften und Ausbilderinnen und Ausbildern in der Industrie beispielsweise auch Lernende und Lehrkräfte die Möglichkeit bekommen, sich mit der Thematik rund um AR weiterbilden zu können. Je nach Zielgruppe variiert der Grad an Komplexität für die jeweiligen Lern- und Arbeitssituationen. Die einzelnen Zielgruppen samt dem zugehörigen Grad an Komplexität, können in drei Niveaustufen eingeteilt werden, wobei für jede in der Vermittlung ein anderer Grad an Komplexität angestrebt wird (Abb. 2). Parallel zu den Niveaustufen steigt auch die Saliens, mit Bezug auf die Gestaltung von AR-Inhalten, an.

Auffällig ist, dass einige Zielgruppen mit einer augenscheinlich hohen Fachkompetenz in Niveaustufe 1 oder 2 vertreten sind. Die Ursache für diesen Umstand liegt in der vorhandenen zeitlichen Kapazität oder dem mangelnden Zugang zu AR-Hard- und -Software. Um einen Wissensstand zu erreichen, mit dem man im vorgesehenen Rahmen das AR-System arbeitsfähig im Betrieb nutzen kann, bedarf es Zeit. Zielgruppen in der dritten Niveaustufe bieten sowohl die zeitlichen Kapazitäten, den technischen Zugang sowie auch das notwendige technische Vorwissen, um mit dem AR-System auf professioneller Basis arbeiten zu können. Bei der Zielgruppe der Niveaustufe 1 hingegen mangelt es an einem dieser Kriterien. Für die Zielgruppen in der zweiten Niveaustufe wird eine Kompromisslösung gefunden. Hier sind zeitliche Kapazitäten, die Möglichkeiten des

Ausbildungsberufe, die grundsätzlich eingebunden werden	Ausbildungsberufe, die zukünftig eingebunden werden sollen
<ul style="list-style-type: none"> - Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin, - Industriemechaniker/Industriemechanikerin, - Werkzeugmechaniker/Werkzeugmechanikerin, - Fertigungsmechaniker/Fertigungsmechanikerin, - Mechatroniker/Mechatronikerin, - Produktionstechnologe/Produktionstechnologin, - Stanz- und Umformtechniker/Stanz- und Umformtechnikerin, - Technischer Produktdesigner/Technischer Produktdesignerin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Werkstoffprüfer/Werkstoffprüferin, - Verfahrenstechnologe/Verfahrenstechnologin, - Maschinen- und Anlagenführer/Maschinen- und Anlagenführerin, - Industrieelektroniker/Industrieelektronikerin und deren verwandte Ausbildungsberufe, - Konstruktionsmechaniker/Konstruktionsmechanikerin, - Fachkraft für Metalltechnik, - Anlagentechniker/Anlagentechnikerin.

Abb. 1: Ausbildungsberufe für das überbetriebliche Qualifizierungsangebot

technischen Zugangs zu einem AR-System oder das technische Vorwissen nicht eindeutig. Als Beispiel für die Einstufung haben z. B. Meisterinnen und Meister neben dem Know-how und dem technischen Zugang nicht die nötigen zeitlichen Kapazitäten, um das Fortbildungsangebot in seiner Gesamtheit wahrnehmen zu können. Bei Schülerinnen und Schülern sowie Praktikantinnen und Praktikanten hingegen können wir nicht davon ausgehen, dass diese technische Erfahrung mit den Baugruppen haben, jedoch die zeitlichen Kapazitäten für das Bildungsangebot aufbringen können. Hinter der Einstufung der verschiedenen Zielgruppen stecken demnach verschiedene Annahmen (siehe Abb. 3). Diese tabellarische Übersicht stellt eine erste Anfangsannahme dar, die auf Grundlage von Interviews und Gesprächen mit Vertreterinnen und Vertretern der Projektpartnerinnen und Projektpartner entstanden ist.

Zielgruppen	Zeitliche Kapazität	Zugang zu AR-System (Hard- & Software)	Technisches Vorwissen
Ausbilder/-innen	+	+	+
Facharbeiter/-innen	+	+	+
Lehrer/-innen	+	?	+
Studierende	+	?	?
Auszubildende	+	?	?
Schüler/-innen	+	-	-
Praktikanten/-innen	+	-	-
Meister/-innen	-	+	+

+ vorhanden	- n. vorhanden	? unbestimmt
-------------	----------------	--------------

Abb. 3: Kriterien zur Einstufung der Zielgruppen

ÜBERSICHT DER KONKRETEN PROJEKTINHALTE

Die praktischen Arbeitsaufgaben werden sich vorerst auf Montage- und Demontagetätigkeiten beschränken. Anhand verschiedener Baugruppen soll eine AR-gestützte Lern- und Arbeitsumgebung generiert werden. Je nach Niveaustufe kann sich auch die Auswahl der verwendeten AR-Hardware unterscheiden. Prinzipiell lassen sich AR-Anwendungen sowohl für mobile Endgeräte, zu denen moderne Smartphones und Tablets zählen, als auch für Head-mounted-displays (HMD), also 2D- und 3D-Brillen, erstellen. Letztere bieten den für die Praxis wichtigen Vorteil der Hand- und Bewegungsfreiheit. Um die Montagetätigkeit effizient durchführen zu können, braucht die Anwenderin bzw. der Anwender beide Hände. Bei der Nutzung von HMD wird die Tätigkeit bei gleichzeitiger Betrachtung der AR-Elemente ermöglicht, was vor allem Zeitersparnisse mit sich bringt. Die Zielgruppen der Niveaustufe 3 werden aufgrund des

konkret zu erwarteten Einsatzgebietes (direkter Nutzen in der Wertschöpfungskette des Betriebes) in jedem Fall an einem HMD geschult. Auf der anderen Seite ist die Schulung am HMD für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Niveaustufen 1 und 2 nicht zwingend erforderlich, da hier der Umgang mit AR-Systemen, ohne diese direkt in eine wertschöpfende Tätigkeit zu integrieren, im Vordergrund steht. Zudem ist es sinnvoller, mit den weitaus erschwinglicheren Endgeräten (beispielsweise handelsübliche Smartphones) zu arbeiten, da diese in der Regel bereits bei den teilnehmenden Personen vorhanden sind. Nachteil ist, dass das Gerät bei der Montagetätigkeit entweder abgelegt wird oder aber eine weitere Person Unterstützung leisten muss. Eine HMD-Lösung, bei der das Smartphone in Kombination mit einer passenden Halterung als Display dient, ist für unseren Anwendungszweck noch nicht verfügbar.

Softwareseitig arbeiten wir mit den Programmen Vuforia Studio und Creo Illustrate der Firma PTC. Vuforia Studio dient dabei als eigentliche Softwareumgebung für die Erstellung des AR-Contents, Creo Illustrate wird hingegen optional für die Ausgestaltung von Animationen und digitalen Sequenzen von Bauteilen verwendet. Der Hauptgrund für die Wahl von Vuforia Studio war die Möglichkeit einer didaktischen Reduktion von Programmieraufwand auf qualitativer Ebene (vgl. PUKAS 2010, S. 98 f.).

Auf konventionellem Wege brauchte es bisher für die Erstellung von digitalen AR-Inhalten fundierte Programmierkenntnisse. In einem Zeitraum von geplanten fünf bis zehn Tagen lassen sich diese in der Regel nicht vermitteln. Es musste eine Software her, die auch für die Laien bzw. den Laien verständlich nutzbar ist und bei der es im besten Fall keine Zeile an Code benötigt, um brauchbare Ergebnisse zu generieren – ideal wäre eine Art PowerPoint für AR. Als passende Kompromisslösung bot sich nach ausgiebiger Recherche Vuforia Studio an. Nach einer kurzen Einführung in die Software lassen sich einfache AR-Inhalte mit wenigen Klicks intuitiv einfügen. Für komplexere Inhalte benötigt es jedoch wenige Zeilen Code, der in seinen Grundzügen leicht verständlich und innerhalb der Qualifizierungsmaßnahme gut zu erlernen ist.

Eine hinreichende Betreuung wird durch die knapp bemessene Gruppengröße von maximal zehn Personen gewährleistet. Hardwareseitig stellen wir am Campus

mobile Endgeräte oder AR-Brillen für den Zeitraum der Maßnahme zur Verfügung. Bei der heutigen Rechenleistung von kommerziellen Smartphones und Tablets besteht für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch die Möglichkeit, eigene Endgeräte zu nutzen. Computerarbeitsplätze werden ebenfalls von Seiten des Campus gestellt.

In Anbetracht dieser Rahmenbedingungen werden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine projektorientierte Arbeitsaufgabe bewältigen müssen. Eingangs wird der benötigte technische und theoretische Hintergrund erarbeitet. Darauf aufbauend wird es die Hauptaufgabe sein, eine AR-gestützte Montageumgebung für eine bestimmte Baugruppe mit den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln zu erschaffen. Bei der Gestaltung der generierten Umgebung sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer jedoch völlig frei. Kleinere Hindernisse und Kniffe bei der Montage oder Demontage sollen dabei überwunden und programmseitig dokumentiert werden. Dadurch wird eine erste Sammlung an Hinweisen generiert, die während der eigentlichen Montage in der AR-Umgebung ergänzend dargestellt werden können. Am Ende wird es das Ziel sein, dass eine Laiin bzw. ein Laie ohne spezielles Vorwissen die Baugruppe nur mit Hilfe der AR-Umgebung „on the Job“ montieren beziehungsweise demontieren kann, wie z. B. die Demontage einer kleinen Baugruppe (siehe Abb. 4). Als Eingabeoptionen dienen, neben den dargestellten Druckschaltern, auch Sprachbefehle und Gesten.

WISSENSTRANSFER

Zentraler Forschungsschwerpunkt des Projektes „ARiBB“ ist die Offenlegung und der Transfer von Arbeitsprozesswissen. Im Vordergrund steht neben der eigentlichen Montagetätigkeit die Fähigkeit, Notizen und fachliche Hinweise in der AR-Umgebung darzustellen, die sich innerhalb der Bearbeitungszeit ergeben. Konkret soll Arbeitsprozesswissen in die AR-Anwendung transferiert und gespeichert werden. Diese so abgebildeten „chunks“ (vgl. FISCHER 2007, S. 156, siehe zudem hierzu den Beitrag DREHER in diesem Heft)

können auf internen Servern abgelegt und unternehmensweit abgerufen werden. Das generierte Wissen ist somit nicht nur an einen Standort gebunden und kann folglich von externen Außenstellen, bei denen eventuell die gleichen Anlagen stehen, genutzt werden. Im Unternehmensalltag würde auf diese Weise eine ständig wachsende Plattform entstehen, bei der das Know-how aller Fachkräfte an allen Standorten geteilt wird. Dabei muss aber beachtet werden, dass diese Informationen auch geprüft werden sollten. In geregelten Abständen sollte mindestens eine geschulte Fachkraft das System auf Fehler und inkonsistente Informationen überprüfen.

Ist dieses System im Unternehmen etabliert, wird die Fachkraft somit zur Autorin/zum Autor von AR-Inhalten. Diese Autorinnenrolle/Autorenrolle beschränkt sich nicht nur auf Montagetätigkeiten, denn die erlernten AR-Kompetenzen können auch auf andere Bereiche wie Wartung und Instandhaltung ausgeweitet werden.

AUSBLICK

Eine Qualifizierungsmaßnahme, bei der ein neues Verständnis für AR im betrieblichen Bildungsangebot geschaffen wird, wurde hier in seinen Grundzügen vorgestellt. Mit dem technologischen Fortschritt könnte AR in den kommenden Jahren den Weg in die gewerblich-technische Fachkräfteausbildung finden. AR-Inhalte werden dann nicht mehr von IT-Fachkräften, sondern von Facharbeiterinnen und Facharbeitern an der Maschine generiert. Die Möglichkeit, implizites Wissen durch ein AR-Endgerät buchstäblich sichtbar zu machen, kann für viele (vor allem produzierende) Betriebe zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess beitragen. Dazu muss sich aber auch die Unternehmenskultur anpassen. Am Beispiel von Toyota sieht man, dass das „Kaizen“ (siehe dazu RÜTTIMANN/STÖCKLI 2016), die Grundlage für den Erfolg aller Lean-Aktivitäten, bei der Basis beginnt. Das bedeutet, dass künftige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bereits in der Ausbildung darin geschult werden müssen, ihr implizites Wissen im AR-System zu verankern.

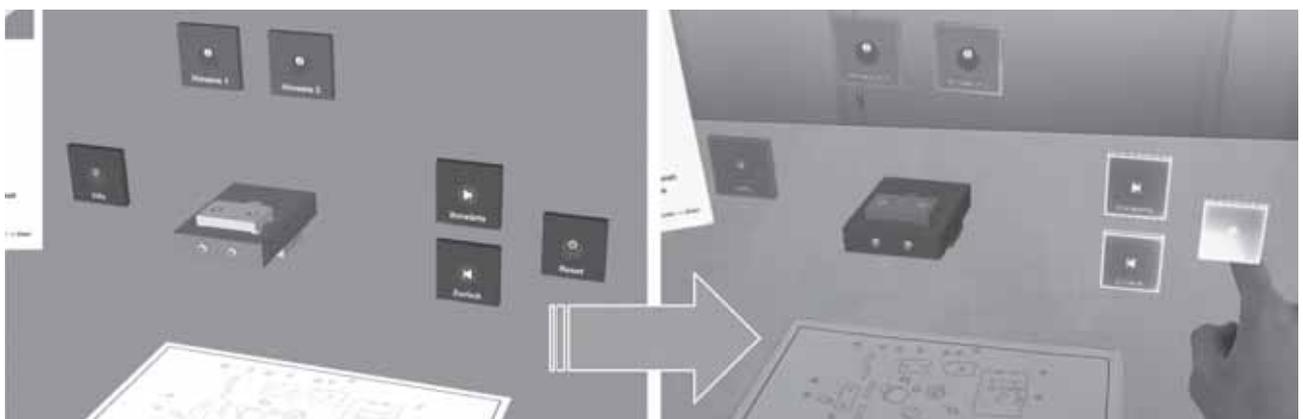


Abb. 4: Übergang von AR-Inhalten in die Praxis (Hardware: Microsoft Hololens 2)

Schon während der Schulzeit kann es sinnvoll sein, einen ersten Kontakt mit AR im Unterricht herzustellen. Dabei müssen die Lehrinhalte nicht zwangsläufig Industrieaufgaben behandeln – alleine die Nutzung von AR im Unterricht hilft dabei, zukünftige Generationen für die Thematik zu sensibilisieren. Diverse Projekte in dieser Richtung zeigen bereits positive Resultate (vgl. BUCHNER et al. 2021; ORTWEIN et al. 2017; FRANK et al. 2021). Sollte der Einzug von AR in den Unterricht zur gängigen Praxis werden, ist es wie beim modernen „PowerPoint-Engineering“ (siehe dazu PAUL/CICEK 2021): Die Grundlagen werden zwangsläufig in der Schulzeit vermittelt und später im Beruf ausgebaut.

Wenn das Interesse an AR von industrieller Seite weiter anhalten oder steigen sollte, könnte AR zukünftig ein Grundpfeiler der gewerblich-technischen Ausbildung werden.

Literatur

- BUCHNER, J.; OTTO, D.; KERRES, M. (2021): PCBuildAR: Die Entwicklung von Augmented Reality Karten für den Informatikunterricht als partizipativer Designprozess. In: Medienimpulse, Jg. 59, Nr. 4, S. 1-27, <https://doi.org/10.21243/mi-04-21-12> (letzter Zugriff 29.09.2022).
- FISCHER, P. (2007): Berufserfahrung älterer Führungskräfte als Ressource. Wiesbaden.
- FRANK, F.; KREIKENBOHM, A.; SCHWANKE, H.; STOLZENBERGER, C.; WOLF, N. (2021): Theorie begreifbar machen – Immersive Modellbildung im naturwissenschaftlichen Schulunterricht - Vorteile des Einsatzes von AR-Applikationen in der schulischen Elektrizitätslehre. In: Wettbewerbsband AVRiL 2021. Bonn, S. 48-55, https://dx.doi.org/10.18420/avril2021_07 (letzter Zugriff 29.09.2022).
- ORTWEIN, A.; KREBS, B.; MEHRING, J.; SCHULZ, J.; RIENOW, A. (2017): Neue Dimensionen der Erdbeobachtung im Schulunterricht: Raumfahrt, 3-D und Augmented Reality. In: Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Band 26. Würzburg, S. 332-341.
- PAUL, J.; CICEK, J. (2021): The Cognitive Science Of Powerpoint. In: Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA), S. 1-8, <https://doi.org/10.24908/pceea.vi0.14872> (letzter Zugriff 29.09.2022).
- PUKAS, D. (2010): Didaktische Reduktion bedingt didaktische Komplexion. In: lernen & lehren, Heft 98, S. 92-94.
- RÜTTIMANN, B.; STÖCKLI, M. (2016): Going beyond Triviality: The Toyota Production System-Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen. In: Journal of Service Science and Management. Band 9, S. 140-149, <http://dx.doi.org/10.4236/jssm.2016.92018> (letzter Zugriff 29.09.2022).
- VON HEIMBURG, Y.; HÜLSBÖMER, S.; TEICHMANN, M.; ROZSA, A.; REDER, B. (2019): Studie Virtual Reality/Augmented Reality 2019. München.

69. GfA-Frühjahrskongress 2023 • 01.03-03.03.2023 • save the date

www.gfa2023.de



GfA

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse



Auf dem Campus Maschinenbau
Garbsen (CMG) / Hannover

Ausrichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis, Institut für Fabrikanlagen und Logistik | Prof. Dr. Matthias Becker, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik
Veranstalterin: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Frau Simone John, Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin

Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Maschinenbau

Fachschule AGIL – Ein Praxisbericht



JAN SCHULZE



DIETER HOLSTEIN

In Folge der dynamischen Veränderungen der Lebens- und Arbeitswelt entstehen im Zuge des lebensbegleitenden Lernens für alle in Arbeitsprozesse eingebundenen Personen neue Anforderungen an das Lernen und die Entwicklung von persönlichen Lernstrategien. In der Zukunft und auch schon heute wird die Fähigkeit, Herausforderungen in agilen Arbeitsprozessen und wechselnden Teamstrukturen prozessorientiert zu bearbeiten immer bedeutsamer. In diesem Artikel soll das Projekt „Fachschule AGIL“ der Oskar-von-Miller-Schule Kassel, mit dem auf diese Herausforderungen eingegangen wird, vorgestellt werden. Dabei werden die Erfordernisse, die wesentlichen Elemente des Konzeptes und die Umsetzungserfahrungen aus Sicht der Lernenden und der Lehrkräfte dargestellt sowie auf erforderliche Konsequenzen für die zukünftig erforderliche Entwicklung der beruflichen Bildung hingewiesen.

EINLEITUNG

„Es beginnt alles mit einem großen Backlog von Projekten und Storys ...“. So beschreiben Pascal und Patrick das agile Lernen im Semester TTEP22 der Fachschule für Technik an der Oskar-von-Miller-Schule in Kassel. Im Videoclip „Agiles Lernen in der Fachschule“ (siehe Abb. 1). präsentieren die beiden Studierenden der Fachrichtung Elektrotechnik, Schwerpunkt „Energie-technik und Prozessautomatisierung“ in Teilzeit den auf den ersten Blick komplexen und herausfordernden Kosmos des agilen Lernens.



Abb. 1: Link zu Videoclip „Agiles Lernen in der Fachschule“

Die durch Globalisierung und Digitalisierung zunehmend dynamische Veränderung der Arbeitswelt bringt besondere Anforderungen an das Lernen und an die Weiterentwicklung persönlicher Lernstrategien mit sich. Im Sinne des lebensbegleitenden Lernens müssen Arbeitende schon heute – und zukünftig noch ausgeprägter – ständig neue Herausforderungen meistern und ihre Problemlösungen und Arbeitsprojekte in agilen Arbeitsprozessen und Strukturen sowie in domänenübergreifenden und multiprofessionellen Teams erarbeiten. Dabei wird es immer bedeutsamer, ein effektives Prozessmanagement zu betreiben, sich mit Technologien und Planungstechniken der Arbeitswelt sowie den Veränderungen im Rahmen der Transformation auseinanderzusetzen. Fachkräfte müssen zukünftig eine erhöhte Bereitschaft zur Kollaboration haben und vielfältige Kommunikationsmethoden effektiv und erfolgreich anwenden. Gleichzeitig steigt vor dem Hintergrund der zunehmenden „Akademisierung“ der beruflichen Bildung der Konkurrenzdruck auf die Fachschulen. Der Wettbewerb mit den Universitäten und Hochschulen um die Bildungsaufsteigerinnen und Bildungsaufsteiger führt zu stetig abnehmenden Bewerberzahlen an den Fachschulen.

Diese Entwicklungen finden sich schon jetzt in der Arbeitswirklichkeit vieler Lernender wieder und haben an der Oskar-von-Miller-Schule Kassel im Jahr 2018 zur Konzeption und Beantragung des internen Schulentwicklungsprojektes Fachschule AGIL durch einen Teil der Lehrenden des Fachschulteams geführt. Dabei sollten – unter Bezugnahme auf die o. g. Prozesse in der Arbeitswelt und dem übergeordneten Ziel der beruflichen Handlungsfähigkeit – folgende Veränderungen erreicht werden:

– Im Fachschulunterricht sind agile Elemente und Strukturen eingebunden.
– Die Lernenden können ihre Lernarrangements aus angebotenen Projekten auswählen und organisieren.
– Die angebotenen Lernsituationen beinhalten unterschiedliche Komplexitätsniveaus.
– Die Lernenden werden durch individuelles Coaching und Feedback motiviert und in ihrer Lernentwicklung gefördert.
– Zur Strukturierung des Lernprozesses werden aktuelle Methoden – z. B. das Framework eduScrum® – eingesetzt.
– Eine ausgewogene Balance von Präsenz- und Onlinephasen, die sich individuell und in Abhängigkeit von äußeren Rahmenbedingungen anpassen lässt, liegt vor.

Tab. 1: Ziele des Schulentwicklungsprojektes Fachschule AGIL

Das Projekt Fachschule AGIL wurde von den relevanten Gremien der Oskar-von-Miller-Schule geprüft und genehmigt und konnte mit dem Beginn des Schuljahres 2018/19 mit der Umsetzung in einem Teilzeitsemester starten.

ARBEITSWEISE FACHSCHULE AGIL

Die Studierenden erklären die Vorgehensweise in der Fachschule AGIL am Beispiel der lernfeldübergreifenden Story „Installation eines Mess- und Prüfraums“, die wie alle Lerninhalte, auf der Lernmanagementplattform Moodle¹ abgelegt ist: „Dort hat man in einer Story erstmal die ganzen Bedingungen erklärt, also: was ist gefordert (in einem Textformat); und daraus müssen wir uns ableiten, welche Arbeitspakete sind zu definieren und wie wollen wir das Ganze angehen.“

Die Lernenden benutzen dazu z. B. ein Scrumboard und strukturieren durch das Teilen mit den Gruppenmitgliedern und den Lehrenden sehr transparent die erforderlichen Arbeiten. Für diese Arbeitspakete werden von den beteiligten Lernenden Akzeptanzkriterien festgelegt, der Arbeitsaufwand geschätzt und der Fortschritt des Arbeitsprozesses im Board dokumentiert. Das Team der Lehrenden hat die Arbeitsprozesse angelehnt an den Scrum-Prozess (vgl. ROOCK 2015) und das eduScrum-Framework (vgl. DELHIJ u. a. 2015) entwickelt (siehe Abb. 2).

Ausgangspunkt im Arbeitsprozess ist dabei die „Vision“ (Was wollen wir gemeinsam erreichen?); die Realisierung wird durch die Bearbeitung der Storys ermöglicht (siehe Tab. 2).

STRUKTUR FACHSCHULE AGIL

Die Gesamtstruktur erklären die Studierenden so: „Wir haben eine Vision, was wir, wenn wir die ganzen Projekte abgeschlossen haben, imstande sind zu bauen. Das ist halt hier zum Beispiel eine vollautomatisierte Lagerhalle und für die Umsetzung dieser Vision brauchen wir Bausteine (...), welche uns über die Storys zur Verfügung gestellt werden. Für unsere eigenen Interessen (...) können wir das Ganze mit eigenen Features erweitern.“

Jede Story ist so konzipiert, dass über das zu erstellende Produkt (Artefakt) Kompetenzen aus Lernfeldern des Rahmenlehrplans erworben werden können. Für den (nachgewiesenen) Kompetenzerwerb werden Credit-Points (CP) vergeben und auf die jeweiligen Lernfelder angerechnet.

HYBRIDE LERNLANDSCHAFTEN HLL IN DER FACHSCHULE AGIL

Das Lernen und Arbeiten in der Fachschule AGIL findet in einer hybriden Lernlandschaft (HLL) statt (siehe Abb. 3, S. 138). Dazu stehen reale Räume (Fachräume oder Klassenraum) und virtuelle Systeme wie das Lernmanagementsystem Moodle, als virtueller Klassenraum

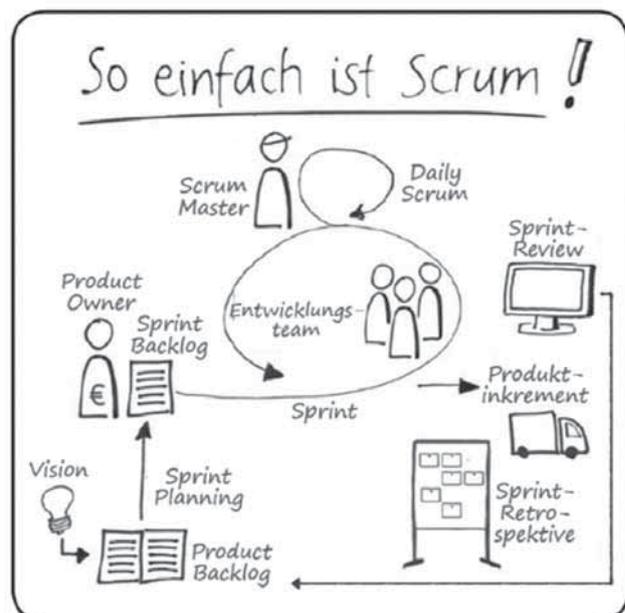


Abb. 2: Scrum-Prozess (ROOCK 2015, S. 2)

<p>Vision ist der Ausgangspunkt!</p> <p>Die Vision wird in einzelne Projekte unterteilt. Diese werden in Storys geschnitten und in einer Storymap strukturiert.</p>	<p>Vision:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beschreibt das übergeordnete Ziel in einem Projekt; - muss allen am Projekt beteiligten Personen bekannt sein; - muss darstellen, welche Zielgruppe mit dem Produkt (Veränderung, Entwicklung) erreicht werden soll; - muss den zu liefernden Mehrwert für die Zielgruppe herausstellen; - muss nicht-funktionale Anforderungen und Einschränkungen erkennen lassen; - muss die Frage klären, welche Features des Produkts die Zielgruppe begeistern werden.
Stakeholder (Auftraggeber)	Kundin oder Kunde, Mitarbeiterin oder Mitarbeiter, Lehrkraft ...
Funktionale Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Der Mitarbeiter hat die Möglichkeit erfasste und ausgewertete Maschinendaten in einem Frontend zu analysieren. - Der Hersteller hat die Möglichkeit erfasste Daten für eine Langzeitanalyse zu verwenden.
Nichtfunktionale Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Geltende Datenschutzbestimmungen werden eingehalten. - Geltende Arbeitsschutzbestimmungen werden eingehalten.
<p>User Story</p> <p>User Story: Als <ROLLE> im Kontext von... möchte ich <WAS> tun können, um <BENEFIT> zu erreichen.</p>	<p>User Storys:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sind eine spezialisierte Form von Anforderungen; - haben sich in agilen Projekten als Good Practice bewährt; - brechen Projekte herunter, damit sie umsetzbar werden; - beschreiben neben dem WAS auch das WARUM; - haben ein festes Format; - bestehen immer aus der Story selbst sowie aus 1-n Akzeptanzkriterien. <p>INVEST-Kriterien</p> <p>Independent – Storys sollten unabhängig voneinander sein; Negotiable – Storys sollten verhandelbar sein; Valuable – Storys sollten dem Kunden einen Mehrwert bringen; Estimable – Storys sollen schätzbar sein; Small – Storys sollten die richtige Größe haben; Testable – Storys sollten zu testen sein.</p>
Akzeptanzkriterien	<p>Akzeptanzkriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beschreiben, wie die Umsetzung der User Story getestet wird; - sind mindestens einmal in jeder User Story enthalten; - schärfen die User Story und sind eine Hilfestellung für das (multiprofessionale) Entwicklungsteam; - sind positiv oder negativ; - stehen immer in der Futur-Form („Was sein wird“) und nicht im Konjunktiv („sollte“).

Tab. 2: Von der Vision (Lernsituation/Lernszenario) zum Produkt (Kompetenz, Lernprodukt)

mit Visionen, Projekten und Storys zur Verfügung. Zur Dokumentation der Lernprodukte und Artefakte können von den Lernenden verschiedene E-Portfoliosysteme genutzt werden.

Bei der Kommunikation mit allen Beteiligten wurde auf Microsoft (MS) Teams gesetzt, welches auch in vielen Unternehmen zur Anwendung kommt. Durch den Einsatz der Kommunikationsplattform konnten die zuvor beschriebenen Strukturen des Lernens und des Arbeitens innerhalb kürzester Zeit abgebildet werden. Die Fachschule AGIL ermöglicht so das Lernen und Arbeiten in gänzlich anderen zeitlichen und räumlichen Settings als bislang.

Auch zur Vor- und Nachbereitung der Lerneinheiten wird von den Lehrenden MS Teams mit all seinen Implementationen, wie z. B. OneNote und Planner eingesetzt. MS Planner ist mittlerweile ein digitales Werkzeug, in dem die aktuellen Storys den Gruppen transparent zur

Verfügung gestellt werden. Außerdem dient es als Organisationsinstrument für anstehende Fachgespräche und könnte zudem auch noch als mögliches Instrument für die Einwahl in den Präsenzunterricht genutzt werden. Mithilfe von MS Planner können auch alle Beteiligten kollaborativ nach Terminen und Expertinnen sowie Experten suchen oder seine Expertise anbieten.

Die beschriebene Struktur hat sich gerade in der Zeit des Lockdowns bewährt. Änderungen in der Kommunikation und im Mindset mussten kaum erfolgen.

Rolle der Lehrenden

Die Lehrenden sind für die Lernenden vor allem als Begleitende des Lernprozesses zu sehen. Dies zeichnet sich dadurch aus, dass die Lehrenden gezielt auf Anfragen eingehen und beratend tätig werden. Die Rolle der Expertin bzw. des Experten wird übernommen, wenn z. B. in Inputveranstaltungen konkrete Fragestellungen



Abb. 3: Video zur hybriden Lernlandschaft an der OvM

beantwortet werden. Die Teilnahme an diesen Inputveranstaltungen ist stets freiwillig. Lernende, die nicht daran teilnehmen wollen, können ihre ToDos ohne zusätzlichen Input verfolgen.

Die Wissensschwerpunkte der Lehrenden werden für alle am Lernprozess Beteiligten transparent dargestellt (siehe Abb. 4).

Jede und jeder Lehrende ist die erste Ansprechperson für die von ihr oder ihm bereitgestellten Storys. Die Lernenden werden rotierend vom gesamten Lehrkräfteteam begleitet, sodass die verschiedenen Expertisen der Lehrenden in Anspruch genommen werden können.

Fachgespräch

Die Bewertung erfolgt anhand eines Fachgespräches, in dem das Produkt zum Projekt respektive zur Story und der Bearbeitungsprozess von der Gruppe vorgestellt wird. „Dazu haben wir einen individuellen Bewertungsbogen. Der ist immer auf das Projekt zugeschnitten und enthält bestimmte Bewertungskriterien“, erläutert Patrick.

Das mehrdimensionale Beurteilungs- und Bewertungskonzept (BBK) nach HEINIGER (vgl. 2015) dient als Grundlage für das Fachgespräch und ist allen Beteiligten zu Beginn der Arbeit an der jeweiligen Story bekannt (siehe Abb. 5).

Das Fachgespräch erfolgt im agilen Lernkonzept in der Regel in Kleingruppen von zwei bis vier Lernenden. Der Ablauf ist lehrkraftübergreifend annähernd gleich.

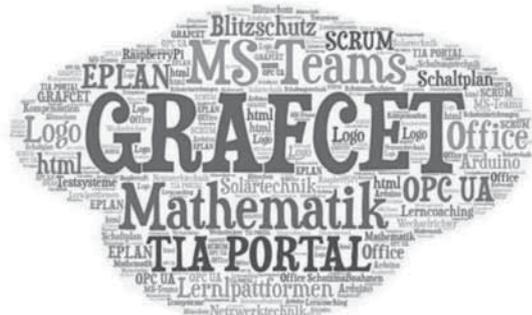


Abb. 4: Skillboard einer Lehrkraft

Zu Beginn des Gesprächs werden den Lernenden der Ablauf und die Rahmenbedingungen vorgestellt. Dies können Zeitvorgaben, Themeneingrenzungen in den Storys oder Gesprächspraktiken sein. Im Weiteren wird es für einzelne Lernende möglich, ihre Schwerpunkte und die Ergebnisse der Gruppe zu präsentieren. Die Schwerpunkte befinden sich als Akzeptanzkriterien auf dem Scrumboard in der Portfolioansicht. Die beteiligten Lernenden der Fachgesprächsgruppe haben hierbei die Möglichkeit, sich zu den Ergebnissen zu äußern, ein Feedback zu geben oder abweichende Meinungen einzubringen. Darüber hinaus werden die Portfolioansichten mit der Darstellung der Ergebnisse zur späteren Bewertung vorgestellt und fachspezifisch eingeordnet. Im weiteren Vorgehen wird dem Lernenden die Möglichkeit gegeben, sein Wissen auf Beispiele zu übertragen. Diese Kompetenz in Form einer Transferleistung von Wissen und der Anwendung von Mustern gibt dem Lernenden die Möglichkeit, Erkenntnisse zu festigen und zu erweitern (vom Wissen zum Verstehen). Danach kann der Lernende eine selbstreflexive Einschätzung zu den einzelnen Lernzielen abgeben. Dies erfolgt in vier Abstufungen von „nicht beobachtbar“ bis „vollständig vorhanden“ basierend auf dem BBK. In letzter Instanz tragen die Lehrenden ihre Leistungseinschätzung im Kontext zur Selbsteinschätzung der Lernenden im Lernmanagementsystem in Abhängigkeit zu den maximalen Creditpoints ein. Die Fachgespräche enden mit dem Feedback der Lehrenden. Das BBK gilt als Bewertungsgrundlage des Kompetenzerwerbs im agilen Lernkonzept; besonders die Verstärkung der selbstreflexiven Kompetenz (Betrachtung und Bewertung der eigenen Ergebnisse) unterstützt die Entwicklung von nachhaltigen individuellen Lernmustern.

Feedback der Studierenden

Zur agilen Arbeitsweise stellen die Lernenden fest: „... wir lernen viel dynamischer. (...) wir erstellen unsere Aufgaben selber und bearbeiten sie dann auch. Es ist einfach viel näher am eigentlichen Projektieren und Arbeiten in der Wirtschaft.“

Das agile Lernen in der Fachschule hat nach Angabe der Lernenden deutliche Vorteile dadurch, „dass man das selbst strukturieren kann“ und „dass man von diesem normalen Wasserfallprinzip² wegkommt.“

Es wird von den Lernenden zudem festgestellt, dass durch die Scrum-Methode auch das Arbeiten in der Gruppe leichter ist. „Man hat ein viel höheres Entwicklungsniveau bzw. Qualitätsniveau, dadurch, dass man sich gegenseitig viel besser unter die Arme greifen kann.“

Die Lernenden plädieren dafür, auch in Zukunft das agile Lernen in der Fachschule zu realisieren, „weil wir hier einfach viel flexibler sind in unserem Lernen, in

Name, Vorname:		Punkte				Klasse: VTEP22		
Bewertungszeitraum:		nicht beobachtbar	in Ansätzen beobachtbar	häufig beobachtbar	ausreichend / vorbildlich	Lernfeld: LFS		
Teilbereiche		0	1	2	3	Punkte - Teilbereich	Faktor	Punkte - total
Fachliches Wissen (Quadrant I: A1-B3)	Kriterium Schaltplanerstellung: Normen und Vorschriften und Zeichenregeln Motor Startverfahren und -absicherung Auslegung von Betriebsmitteln: z.B. Sicherung, Leitungen, Kontakte, Klemmen....	<	<	<	>			
Anwendung von Fachwissen (Quadrant I: A1-B3)	Kriterium Erstellung eines normgerechten Schaltplans für den individuellen Projektaufbau. Die Funktion ist aus dem Schaltplan erkennbar und ist in Leistungsteil mit Einspeisung, elektronischer Antriebsansteuerung und sicherheitsbetrachtung sowie einen Steuerteil mit SPS ausgeführt.	<	<	<	>			
Methoden Fachspezifische & überfachliche Methoden (Lernmethoden, Lernstrategien) (Quadranten II + IV: C1-C6)	Kriterium Präsentation des Schaltplans Identifizieren von Fachbegriffen bei der Schaltplanerstellung Identifizierung von Schnittstellen bei der Schaltplanerstellung und SPS-Programmierung Methoden für die Projektplanung Methoden für die Projektdokumentation Strategien für das vorgehen bei der Schaltplanerstellung und -analyse	<	<	<	>			
Metareflexion & Selbststeuerung (Quadranten II + IV: D1-D6)	Kriterium Was war gut? Was war weniger gut? Wo gibt es Entwicklungswünsche? Wie fühlst du dich jetzt nach der Bearbeitung dieses Lernschrittes? Was war so gut, dass du es so noch einmal tun würdest? Was nimmst du dir für das nächste Mal vor?	<	<	<	>	0	0	3 x 0
(Lern-) Verhalten	Kriterium Pünktlichkeit Termintreue Effektivität	<	<	<	>	0	0	3 x 0
Individueller Lernbereich (mit jedem Lernenden individuell vereinbart)		<	<	<	>	0	0	5 x 0
Unterschrift Lehrperson:	Bemerkungen:					0,00 %	0	

Abb. 5: BBK zur Story „Motorprüfstand“

unserem Projektieren und vielmehr dadurch rausfinden, weil wir einfach sehr selbstorientiert lernen im Gegensatz zu der herkömmlichen Methode, in der es uns präsentiert wird und wir (...) es nur kopieren.“

FAZIT

Nach mehreren Jahren im Schulentwicklungsprojekt Fachschule AGIL ist bezogen auf die o. g. Ziele des Schulversuches festzustellen, dass ein Großteil des Vorhabens umgesetzt werden konnte. Die Rückmeldungen der Lernenden und Rückmeldungen der beteiligten Lehrenden machen dies deutlich.

So beschreibt eine Lehrkraft: „Es macht einfach Spaß, mit Kollegen und Studierenden (Schülerinnen und Schüler) Lernsituationen von selbstständigen Bearbeiten im Team zu entwickeln, deren Lernprodukte mit den gemeinsamen Zielvorstellungen (Bewertungskriterien) zu bewerten und dieses mit Beteiligung der Studierenden (Schülerinnen und Schüler) wieder in den weiteren Prozess zu integrieren/reflektieren.“ Nach Auffassung einer weiteren Lehrkraft hat das agile Lernen in der Fachschule dazu beigetragen, ein passendes Mindset zu entwickeln, in dem die Entwicklungsfähigkeit und Selbstwirksamkeit der Lernenden sich mit den Lernzielen verbindet und dies in einer wertschätzenden Lernkultur, die auch Fehler als eine Chance sieht. Der Weg von der klassischen Projektarbeit hin zum agilen Arbeiten wird als Quantensprung im Lernsetting empfunden.

Die Fachschule AGIL hat sich in einer herausfordernden Situation (Corona-Pandemie) bewährt. Dies bestätigt

eine Lehrkraft: „Wir konnten erfahren und erleben, dass das agile Lernen mit den passenden Tools eine sehr gute Antwort auf die Rahmenbedingungen sein kann, die uns ‚aufgezwungen‘ wurden. Aber auch ohne die Pandemie haben wir uns durch das agile Lernen ganz neue Wege im Bereich der Lernszenarien und Lernlandschaften eröffnet. Ein Schlagwort soll an dieser Stelle ‚multiprofessionelle Teams‘ sein. Das agile Lernen bietet hierfür den perfekten Nährboden!“

Neben den beschriebenen unterrichtlichen Veränderungen und der Weiterentwicklung der Rolle der Lernenden und Lehrenden im Lernprozess entwickeln sich aus der Fachschule AGIL bedeutsame Fragestellungen hinsichtlich der Unterrichts- und Schulorganisation (Stundenplangestaltung, Lernorte, Lernzeiten etc.). Agile Lernprozesse lassen sich nach den Erfahrungen der Beteiligten nicht in ein enges zeitliches und räumliches Korsett zwingen. Um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, muss es u. a. möglich sein, vorhandene Kompetenzen der Lernenden anzuerkennen, Lernen unabhängig von den zeitlichen und räumlichen Vorgaben des Stundenplans zuzulassen und auch die Arbeitsprozesse der Lehrenden agil zu organisieren.

Anmerkungen

- 1) Moodle ist ein freies Kursmanagementsystem und eine Lernplattform. Die Software bietet Möglichkeiten zur Unterstützung kooperativer Lehr- und Lernmethoden.
- 2) Nach dem Wasserfallmodell (klassisches Projektmanagement) ist der Weg zur Zielerreichung vom Start

des Projektes fest definiert. Im agilen Management wird der Weg Schritt für Schritt definiert.

Literatur

DELHI, A.; VON SOLINGEN, R.; WIJNANDS, W. (2020): Der edu-Scrum Guide. „Die Spielregeln“. Verfügbar unter: [https://redaktion.openeduhub.net/edu-sharing/components/render/b7b38e6b-3c92-45db-a7e7-](https://redaktion.openeduhub.net/edu-sharing/components/render/b7b38e6b-3c92-45db-a7e7-87ac74fb17bd?id=5e65cad1-9e6c-4a92-be6c-8d4bf7c4fd50&viewType=1)

87ac74fb17bd?id=5e65cad1-9e6c-4a92-be6c-8d4bf7c4fd50&viewType=1 (abgerufen am 31.08.2022).

HEINIGER, P. (2015): Lernfelddidaktik, Zielabhängige Konstruktion von Lernaufgaben (Bloomsche Taxonomie) und Beurteilungs- und Bewertungskonzept, Präsentationsunterlagen 14.07.2015

ROOCK, S. (2015): Scrum auf dem Bierdeckel erklärt. Heidelberg: dpunkt.verlag

Verzeichnis der Autorenschaft

BECKER, SEBASTIAN

Berufsschullehrkraft, Multiplikator Lehrkräftefortbildung, Oberstufenzentrum für Kommunikations-, Informations- und Medientechnik in Berlin, s.becker@oszkim.de

DREHER, RALPH

Univ. Prof. Dr. phil., Hochschullehrer, Universität Siegen, Lehrgebiet Technikdidaktik am Berufskolleg (TVD), dreher.tvd@uni-siegen.de

HOLLSTEIN, DIETER

Studiendirektor, Abteilungsleiter Fort-und Weiterbildung, Fachschule für Technik an der Oskar-von-Miller-Schule in Kassel, d.holstein@ovm-kassel.de

JASCHKE, STEFFEN

Dr., Akademischer Rat, Universität Siegen, Didaktik der Informatik, steffen.jaschke@uni-siegen.de

LEUPOLD, CHRISTOPH

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Bremen, Institut Technik und Bildung, christoph.leupold@uni-bremen.de

MATTHES, NADINE

Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Technische Universität Berlin, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, nadine.matthes@tu-berlin.de

MENZEL, MAREIKE

Dipl. Päd., Technische Universität Dortmund, Internationale Bildungskooperation, Berufs- und Betriebspädagogik (IAEB), mareike.menzel@tu-dortmund.de

PETERSEN, MAREN

Dr.-Ing., Professorin, Universität Bremen, Institut Technik und Bildung, maren.petersen@uni-bremen.de

REINEKING, ALEXANDER

M. Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrgebiet Technikdidaktik, Universität Siegen, reineking.tvd@uni-siegen.de

RIEHLE, TAMARA

Prof. Dr., Hochschullehrerin, Universität Rostock, Berufspädagogik - Fachdidaktik gewerblich-technischer Fachrichtungen (ibp), tamara.riehle@uni-rostock.de

SCHMITT, BIANCA

Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Universität Bremen, Institut Technik und Bildung, bschmitt@uni-bremen.de

SCHULZE, JAN

Oberstudienrat, Lehrkraft Elektrotechnik/Politik und Wirtschaft, Fachschule f. Technik an der Oskar-von-Miller-Schule in Kassel, j.schulze@ovm-kassel.de

SCHUSTER, PETER

Dipl.-Math., Universität Siegen, schuster@eti.uni-siegen.de

SPANGENBERGER, PIA

Dr., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Technische Universität Berlin, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, pia.spangenberg@tu-berlin.de

TÄRRE, MICHAEL

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

VOLLMER, JONAS

Referent der Fachstelle Digitalisierung in der schulischen beruflichen Bildung, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie, Berlin, jonas.vollmer@sensbjf.berlin.de

WEDEL, MARCO

Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Berlin/Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, Fachgebiet Arbeitslehre/Technik, marco.wedel@tu-berlin.de

WEPNER, KIM

M.A., Technische Universität Dortmund, Internationale Bildungskooperation, Berufs- und Betriebspädagogik (IAEB), kim.wepner@tu-dortmund.de

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

www.lernenundlehren.de

Herausgeber

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

Beirat

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

Heftbetreuerin/Heftbetreuer: Tamara Riehle/Steffen Jaschke

Titelbild: Okan Caliskana auf Pixabay

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

Dr. Michael Tärre, Rehbockstr. 7, 30167 Hannover, michael_taerre@hotmail.com

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

OSTR Dr. Tim Richter-Honsbrok, Leibniz Universität Hannover, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Appelstraße 9, 30167 Hannover, richter@ibm.uni-hannover.de

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

Layout/Gestaltung

Brigitte Schweckendieck/Winnie Mahrin

Verlag, Vertrieb und Gesamtherstellung

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

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

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

ISSN 0940-7340

ADRESSAUFKLEBER

BAG

WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE
KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE