



Digitale Lernumwelten in produzierenden Betrieben

von: Julia Franz; Camilla Wehnert

DOI: 10.3278/HBV2003W004

Erscheinungsjahr: 2020
Seiten 34 - 43

Schlagerworte: Betriebliche Weiterbildung, Digitalisierung, Mixed Reality, Mixed-Reality, On-the-job-training, digitalization

In Diskursen um die Schlagworte "Digitalisierung" und die Entwicklung einer "Industrie 4.0" wird eine Veränderung der betrieblichen Arbeitswelt prognostiziert sowie damit verbundene neue Kompetenzerfordernisse an Mitarbeitende. Daran anknüpfend wird in folgendem Beitrag davon ausgegangen, dass sich ebenso betriebliche Lernumwelten verändern werden. Es wird der Versuch unternommen, anhand einer ausgewählten Systematisierung des aktuellen Forschungsstandes die Veränderung von Lernumwelten in produzierenden Betrieben zu erfassen und relevante Forschungsdesiderate für die Erwachsenen- und Weiterbildung herauszuarbeiten. Abschließend wird ein Ausblick auf ein interdisziplinäres Forschungsprojekt gegeben, welches das Potenzial beinhaltet, auf einige der skizzierten Forschungsdesiderate zu reagieren.

Diese Publikation ist unter folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:



Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



Digitale Lernumwelten in produzierenden Betrieben

JULIA FRANZ, CAMILLA WEHNERT

Zusammenfassung

In Diskursen um die Schlagworte „Digitalisierung“ und die Entwicklung einer „Industrie 4.0“ wird eine Veränderung der betrieblichen Arbeitswelt prognostiziert sowie damit verbundene neue Kompetenzanforderungen an Mitarbeitende. Daran anknüpfend wird in folgendem Beitrag davon ausgegangen, dass sich ebenso betriebliche *Lernumwelten* verändern werden. Es wird der Versuch unternommen, anhand einer ausgewählten Systematisierung des aktuellen Forschungsstandes die Veränderung von Lernumwelten in produzierenden Betrieben zu erfassen und relevante Forschungsdesiderate für die Erwachsenen- und Weiterbildung herauszuarbeiten. Abschließend wird ein Ausblick auf ein interdisziplinäres Forschungsprojekt gegeben, welches das Potenzial beinhaltet, auf einige der skizzierten Forschungsdesiderate zu reagieren.

Stichwörter: Betriebliche Weiterbildung, Digitalisierung, Mixed-Reality

Abstract

In discourses around the keywords "digitalization" and the development of an "Industry 4.0", a change in the working world in companies is predicted, as well as the associated new competence requirements for employees. Following on from this, the following article assumes that *company learning environments* will also change. An attempt will be made to record the changes in learning environments in manufacturing companies on the basis of a selected systematisation of the current state of research and to elaborate relevant research findings for adult and continuing education. Finally, an outlook is given on an interdisciplinary research project that has the potential to respond to some of the research desiderata outlined above.

Keywords: On-the-job-training, Digitalization, Mixed-Reality

1 Einleitung

In der Erwachsenenbildung und Weiterbildung wird seit einigen Jahren die Digitalisierung als gesellschaftliche Herausforderung thematisiert (vgl. Kerres und Buntins in diesem Heft). Vornehmlich wird dabei diskutiert, wie einerseits Lehren und Lernen durch digitale Medien anders bzw. effektiver gestaltet und andererseits entsprechende Fortbildungsmöglichkeiten für eine digital angereicherte Didaktik der Erwachsenenbildung entwickelt werden können (vgl. dazu die Darstellung der Formate EBMOOC; wweb; vhs-Cloud im Praxisteil dieses Heftes). Weit weniger intensiv wird in der Erwachsenenbildung und Weiterbildung die Veränderung von *Lernumwelten* durch Digitalisierungsprozesse thematisiert. Dies betrifft mitunter die Genese neuer informeller Lerngelegenheiten, wie zum Beispiel informelle Lehrvideos und Tutorials (vgl. Wolf 2015) oder Learning Apps (vgl. Klinge in diesem Heft). Darüber hinaus zeigen sich veränderte Lernumwelten auch in Betrieben. Zwar wird im Kontext der Diskussionen um „Industrie 4.0“ (vgl. z. B. Botthof & Hartmann 2015) auf entsprechende steigende Kompetenzerfordernisse für Mitarbeitende verwiesen, gleichwohl wird in der Disziplin der Erwachsenenbildung kaum darüber nachgedacht, wie Digitalisierungsprozesse in produzierenden Betrieben ausgestaltet sind und welche Lernmöglichkeiten und Lernherausforderungen sich durch diese veränderten Lernumwelten ergeben.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Beitrag die Frage verfolgt, welche aktuellen Erkenntnisse zu veränderten digitalen Lernumwelten in Betrieben vorliegen und welche Forschungslücken hier für die Erwachsenenbildung und Weiterbildung relevant erscheinen (2). Im Anschluss daran wird ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zur Erforschung von Mixed-Reality-Lernszenarien vorgestellt, das potenziell auf einige dieser Forschungsdesiderate reagieren könnte (3).

2 Digitalisierung in Betrieben: Veränderte Lernumwelten?

Wie sehen veränderte Lernumwelten im Kontext von Digitalisierungsprozessen in Betrieben aus? Um sich dieser Frage anzunähern wird zunächst in den Blick genommen, inwiefern digitale Technologien in Betrieben und in der Produktion genutzt werden und welche Veränderungen der Lernumwelten sich hieraus ergeben (2.1). Anschließend werden aktuelle Forschungserkenntnisse zu den damit verbundenen Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen für Mitarbeitende thematisiert (2.2), bevor im dritten Schritt auf empirische Studien zur gezielten Unterstützung von Lernprozessen zur Kompetenzentwicklung von Mitarbeitenden eingegangen wird (2.3). Abschließend werden für die Erwachsenenbildung relevante Forschungsdesiderate identifiziert (2.4).

2.1 Digitalisierte Lernumwelten

Digitale Technologien sind in Betrieben allgegenwärtig. So zeigen repräsentative Befragungen von Unternehmen, dass PCs und Notebooks mit Internetzugang und Smartphones selbstverständlich im Arbeitsprozess genutzt werden. Auch die Nutzung von Tablets steigt in den Unternehmen kontinuierlich an. Im Gegensatz zu diesen eher alltäglichen Formaten kommen technologische Neuentwicklungen wie „wearables“ (z. B. Smartwatch) oder „Datenbrillen“ eher branchenspezifisch zum Einsatz. Vor allem in großen produzierenden Betrieben aus den Bereichen Maschinen- oder Fahrzeugbau spielen diese Technologien im Hinblick auf die Entwicklung von sogenannten Smart Factories eine zunehmend wichtige Rolle (vgl. Gesincke u. a. 2016; Flake u. a. 2019; Häßlich & Dyrna 2019).¹ Hier werden beispielsweise digitale Assistenz- und Steuerungssysteme (vgl. Link & Hamann 2019, S. 10) oder „digitale Zwillinge“ (Winkler, Schumann & Klimant 2019, S. 669) realer Maschinen eingesetzt, die neuartige Interaktionsformen zwischen Mensch und Maschine ermöglichen. Dabei wird konkret auf Mixed-Reality-Technologien zurückgegriffen, die sich auf einem Kontinuum zwischen Realität und Virtualität bewegen (vgl. Milgram & Kishino 1994; Teizer, Wolf & König 2018/2019, S. 1; Bruns 2003) und beide Pole miteinander verknüpfen. Der Anteil realer Inhalte nimmt dabei kontinuierlich ab, während sich die Ausprägung der Virtualität gleichzeitig konstant erhöht (vgl. Lesser & Müller 2019). Dabei steht „Augmented Reality“ für eine virtuell erweiterte Realität, bei der beispielsweise mit einer Datenbrille digitale Informationen über das reale Sichtfeld gelegt werden. In diesem Fall überwiegen also die realen Anteile. „Augmented Virtuality“ bezeichnet hingegen den umgekehrten Prozess, bei dem virtuelle Simulationen mit Elementen aus der Realität angereichert werden und entsprechend virtuelle Anteile überwiegen. Mixed-Reality-Technologien ermöglichen produzierenden Betrieben veränderte Arbeits- und Lernprozesse mit – in der Anschaffung und Unterhaltung – sehr teuren Produktionsanlagen und Maschinen (vgl. z. B. Jadin 2017; Fehling 2017). Bislang konnten deren Bedienung, Wartung und Umgang von Mitarbeitenden kaum praxisnah erlernt werden, um einerseits teure Schäden durch Fehlbedienungen sowie andererseits Risiken und Konsequenzen zu vermeiden, die im analogen Umgang mit der Maschine entstehen. Die Auseinandersetzung mit den Anlagen erfolgte daher vielmehr durch theoretische Schulungen und das erfahrungsbasierte Lernen im Prozess der Arbeit. Durch den Einsatz von Mixed-Reality-Technologien kann sich diese Situation grundlegend verändern, beispielsweise indem die Bedienung der Maschinen am virtuellen Zwilling erprobt und eingeübt oder indem das Innere der Maschine durch eine Augmented-Reality-Datenbrille betrachtet werden kann (Röntgenblick), womit der Blick auf ansonsten verborgene Abläufe freigegeben wird. Inhalte, die sich konventionell und analog nur schwer vermitteln lassen, können somit intuitiv erfahrbar gemacht werden. Daraus resultieren neben neuartigen

¹ Im Kontext des produzierenden Gewerbes wird zudem nicht nur die Produktion mit digitalen Lernumwelten versetzt, sondern auch die Betreuung der Kunden, die die Produkte vertreiben. Diese „Ausbreitung“ der digitalisierten Lernumwelten wird in diesem Beitrag allerdings nicht in den Blick genommen.

Formen der Interaktion mit authentischen, virtuellen Lerngegenständen auch grundsätzlich neue, bislang kaum untersuchte Lernformen und -umgebungen.

Durch die Möglichkeit von Mixed-Reality-Technologien werden sich die Lernumwelten für Mitarbeitende in produzierenden Betrieben tendenziell grundlegend verändern, indem sie eine realitätserweiternde Sichtweise auf komplexe, maschinelle Ablaufprozesse sowie neue Interaktionsformen zwischen Mensch und Technik ermöglichen.

2.2 Anforderungen an Mitarbeitende in veränderten betrieblichen Lernumwelten

Mixed-Reality-Lernumwelten stellen große Potenziale für Lernprozesse in Betrieben dar. Gleichwohl sind damit auch vielfältige Anforderungen an die Kompetenzen der lernenden Mitarbeitenden verbunden. Denn tendenziell gehen mit diesen Veränderungsprozessen auch neue Rollen- und Qualifikationserwartungen einher, die beispielsweise in der Verschiebung von Tätigkeitsbereichen begründet sind: Entsprechend könne sich der „Maschinenbediener“ zum „Systemregulierer“ entwickeln (Gronau & Ulrich 2019, S. 473). Angesichts dessen wird in einigen Studien ein Anstieg des Qualifikationsniveaus bei einem gleichzeitigen Bedeutungsverlust gering qualifizierter Arbeit erwartet (vgl. Lukowski 2017; IW-Consult 2018). Allerdings weisen einzelne Studien auch auf die Bedeutung eines „beruflich-betrieblichen-Bildungstypus“ (Spöttl 2017) hin, der sich bei Facharbeiter*innen, Meister*innen und Techniker*innen manifestiere. Dieser in der dualen Ausbildung sozialisierte Typus zeichne sich durch hohe, im Arbeitsprozess gewonnene erfahrungs- und reflexionsorientierte Kompetenzen und Wissensbestände aus und werde zur Bewältigung der Herausforderung von modernen, digitalisierten Arbeits- und Lernwelten unbedingt benötigt (vgl. Spöttl 2017). Dass dafür gerade keine akademischen Wissensbestände zum Software Engineering relevant erscheinen, zeigen weitere Studien, die sich mit den künftigen Anforderungen an Mitarbeitende im Kontext von Digitalisierungsprozessen beschäftigen. Hier wird zwar immer wieder deutlich, dass IT-Anwendungswissen verstärkt an Bedeutung gewinnen wird, um Maschinen und Anlagen entsprechend bedienen zu können (vgl. Lesser & Müller 2019). Gleichwohl erscheinen für die neuen Interaktionsmöglichkeiten zwischen Mensch und Maschine andere Kompetenzen von großer Bedeutung. Insbesondere sei „Veränderungsbereitschaft“ von Mitarbeitenden gefragt, um dem technologischen Wandel des Arbeitsprozesses zu begegnen (vgl. IW-Consult 2018). Darüber hinaus wird auf die hohe Bedeutung kommunikativer Kompetenzen verwiesen. Diese beziehen sich auf die Reflexion von Interaktionsformen zwischen Mensch und Maschine, aber auch auf die hierarchieübergreifende Kommunikation zwischen Mitarbeitenden im Betrieb (vgl. Lukowski 2017; Spöttl 2017; Gronau & Ulrich 2019). So kann davon ausgegangen werden, dass durch die Übernahme systemregulierender Funktionen Maschinenbediener*innen und Facharbeiter*innen eine zentrale kommunikative Schnittstelle im Betrieb einnehmen werden.

Veränderte digitalisierte Lernumwelten stellen damit vielfältige Anforderungen an Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten von Mitarbeitenden in Betrieben bereit und münden in einen Zuwachs an interaktiven, wissensintensiven und kognitiv fordernden Tätigkeiten.

2.3 Lernen und Kompetenzentwicklung im Kontext digitaler Lernumwelten

Mit den implizierten Anforderungen an die Kompetenzentwicklung von Mitarbeitenden in produzierenden Betrieben stellt sich die für die betriebliche Weiterbildung relevante Frage nach geeigneten Lehr- und Lernformaten. Aktuell lassen sich hier drei Forschungsperspektiven unterscheiden:

- Zum einen werden im Kontext komplexer werdender Lernumwelten in der Interaktion von Mensch und Maschine Lernfabriken thematisiert, in denen Teile realer Anlagen für Übungszwecke nachgebaut werden (vgl. Abele u. a. 2015). Während Lernfabriken zu Beginn ihrer Entwicklung vor allem zur Verbesserung des Theorie-Praxis-Diskurses in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung eingesetzt wurden, geht es heute auch verstärkt darum, in der Weiterbildung spezifische Arbeitnehmende im Umgang mit Interaktionsformen zwischen Mensch und Maschine zu schulen (vgl. Teichmann u. a. 2019; Kreß u. a. 2019).
- Zum Zweiten werden Lernformate entwickelt und erforscht, bei denen es darum geht, Wissen und Information zu Digitalisierungsprozessen für Mitarbeitende in Unternehmen zur Verfügung zu stellen, um so den digitalen Wandel kognitiv und reflexiv lernend bearbeiten zu können. Entsprechend werden hier Lernplattformen für Mitarbeitende als eigenes E-Learning-Format etabliert (vgl. Münch u. a. 2019).
- Zum Dritten beschäftigen sich einige wenige Studien mit digitalen Lerngelegenheiten im Prozess der Ausbildung und Arbeit. Hier werden Lernmöglichkeiten der Mixed-Reality-Technologien entwickelt und erprobt. Beispielsweise wurde im „Social Augmented Learning“-Projekt (vgl. Fehling 2017) für einen Betrieb der Druckindustrie Augmented-Reality-Lernanwendungen für Tablet und Datenbrillen entwickelt, erprobt und evaluiert und im „Glassroom“-Projekt ein Aus- und Weiterbildungskonzept für den Einsatz von Datenbrillen entwickelt (vgl. Thomas u. a. 2018). Die Untersuchungsergebnisse weisen auf hohe Anforderungen für Lehrende hin, die zum einen im Umgang mit der Technologie selbst bestehen, zum Zweiten in der Entwicklung und Umsetzung einer einfach zu bedienenden Autorenumgebung und zum Dritten in der Integration der jeweiligen Endgeräte in bestehende pädagogische Unterrichtskonzepte. Hinsichtlich der Lernenden verweisen die Studien auf eine große Bedeutung einer guten Usability (vgl. Fehling & Hagenhofer 2015; Lesser & Müller 2019), die für eine Akzeptanz der Lernform von entscheidender Bedeutung ist. Erwachsenenpädagogische Überlegungen spielen in der didaktischen Konzeption der (Evaluations-)Studien bislang nur eine marginale Rolle, da eher die Reflexion lerntheoretischer, mediendidaktischer und instruktionaler Perspektiven zur Begründung didaktischer Herangehensweisen genutzt wird.

2.4 Desiderate und Potenziale für die Erwachsenen- und Weiterbildung

Ein Blick auf den Forschungsstand zeigt, dass sich Lernumwelten in produzierenden Betrieben im Hinblick auf die Interaktionsmöglichkeiten, Kommunikationsbeziehungen sowie Entscheidungsfindungsstrukturen zwischen Mensch und Technik verändern und damit neue Anforderungen an Mitarbeitende verbunden sind. Diese betreffen sowohl den Erwerb von IT-Anwendungswissen, wie etwa ein ausgeprägtes Verständnis und Beherrschen der Steuerung von Anlagen, als auch kommunikative Kompetenzen zur hierarchieübergreifenden Interaktion sowie die Fähigkeit zur Kooperation in heterogenen Teams (vgl. Spöttl 2017). Bestehende Forschungen zur Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen im Kontext von Mixed-Reality-Technologien zeigen, dass hier arbeitsplatznahe Formen digitaler Lern- und Arbeitsprozesse relevant werden, die gerade für Forschungsdiskurse der Erwachsenenbildung spannende Forschungsdesiderate bereithalten.

- Zum einen liegen bislang vor allem Evaluationsforschungen zu Nutzung und Usability von Mixed-Reality-Lernsituationen vor, die eher allgemeine Anforderungen an Lernanwendungen thematisieren und nur teilweise medienpädagogische Perspektiven des instructional designs integrieren. So steht eine dezidierte Beschäftigung mit strukturellen Veränderungen von Lernprozessen sowie der didaktisch-methodischen Ausgestaltung von digitalisierten Lernanwendungen aus erwachsenenpädagogischer Perspektive weitestgehend aus. Insbesondere vor dem Hintergrund des implizierten Rollenwechsels von Mitarbeitenden und den damit verbundenen Kompetenzanforderungen stellt sich die Frage, wie Mitarbeitende diese Lernprozesse erleben, gestalten und bewerten und welche Rolle dabei der didaktischen Gestaltung von Mixed-Reality-Lernanwendungen zukommt.
- Zum anderen werden Mixed-Reality-Technologien in der Regel von Softwareentwicklerinnen und -entwicklern konstruiert. Auch die Forschungen dazu sind bislang vor allem in technischen Forschungsbereichen situiert. Wie in der Konstruktion interdisziplinäre Perspektiven von Weiterbildung und Technik gemeinsam genutzt werden können, ist bislang noch weitgehend unerforscht. Ein für die Erwachsenenbildung forschungsleitendes Erkenntnisinteresse impliziert hier konkrete lerntheoretische Perspektiven sowie didaktische Prinzipien der Erwachsenenpädagogik, die beispielsweise in Autorenumgebungen oder Lernszenarien einfließen.
- Die Forschung zu Mixed-Reality-Lernsituationen weist auf Herausforderungen für die Lehrenden in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung hin. Wie diese mit solchen Herausforderungen umgehen und welche handlungsleitenden Orientierungen zur (didaktischen) Gestaltung von Lehr-Lernprozessen dabei wirksam werden, ist bislang ebenfalls noch nicht erforscht. Daraus ergeben sich beispielsweise konkrete Fragen nach den didaktischen Strategien im Umgang mit Mixed-Reality-Technologien oder in der Konzeption von Autorenumgebungen.

Vor dem Hintergrund dieser Forschungsdesiderate wird im Folgenden ein Ausblick auf ein gerade beginnendes Forschungsprojekt gegeben.

3 Mixed Reality: Ein Forschungsprojekt – KMU und Erwachsenenbildung in Kooperation²

Das dreijährige Verbundprojekt „Hybrides Interaktionskonzept für Schulungen mittels Mixed Reality in the Loop Simulation“ (MRiLS) findet in Kooperation mit universitären Partnern aus den Bereichen Steuerungstechnik und Maschinenbau (Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW); Hochschule Esslingen, Virtual Automation Lab (VAL)) und KMU aus den Bereichen Steuerungstechnik (ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH; Ingenieurbüro Roth GmbH & Co. KG) statt. Es wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Förderrichtlinie „KMU-innovativ: Mensch-Technik-Interaktion“.

Das Ziel des Verbundprojektes besteht darin, auf Basis konkreter Anwendungsfälle der KMU-Partner Mixed-Reality-Lernszenarios zu entwickeln. Im Prozess der technischen Entwicklung werden die technisch orientierten Partner durch das Teilprojekt der Universität Bamberg kontinuierlich begleitet. Damit sind drei zentrale Teilaufgaben verbunden:

1. Zum einen soll prozessbegleitend zur Entwicklung der Mixed-Reality-Technologien die erwachsenenpädagogische Expertise zum Lernen von Erwachsenen und didaktischer Professionalität eingespeist werden.
2. Zum Zweiten soll mit einer qualitativen Analyse ein mehrperspektivischer Blick auf die Bedeutung und Entwicklung von Mixed-Reality-Lernsituationen entwickelt werden. Dazu werden spezifische Stakeholder des Projekts (z. B. Führungspersonen der KMU, Facharbeiterinnen und Facharbeiter in den KMU, Entwicklerinnen und Entwickler) befragt, um deren subjektive Sicht auf Lernprozesse in Mixed-Reality-Situation zu erfassen. Daran anschließend soll das im Projekt entwickelte Lernszenario in verschiedenen Entwicklungsstadien durch Mitarbeitende (Facharbeiterinnen und Facharbeiter, Auszubildende, Anleiterinnen und Anleiter, Meister, Techniker) erprobt werden. Die Lernenden werden hier bei der Erprobung beobachtet und durch „Thinking-out-loud“-Methoden dazu angeregt, ihre Eindrücke direkt zu verbalisieren, bevor im Anschluss Interviews zur digitalen Lernerfahrung und zur subjektiven Bedeutung entsprechender Lernsituationen im Betrieb erfolgen. Die Auswertung des gewonnenen Datenmaterials erfolgt mithilfe inhaltsanalytischer Methoden, um die jeweiligen subjektiven Sichtweisen zu erfassen. Am Ende des Projekts soll das entwickelte Lernszenario für drei Berufsschulen, die im Verbundprojekt als assoziierte Part-

2 Für die Förderung des Verbundprojekts (Förderkennzeichen 16SV8346) in der Förderlinie „KMU-innovativ: Mensch-Technik-Interaktion“ danken wir dem Bundesministerium für Bildung und Forschung.

ner fungieren, genutzt werden. Die Pilotphase soll durch qualitative Evaluationsformate begleitet werden.

3. Schließlich besteht die dritte Aufgabe der Professur für Erwachsenenbildung und Weiterbildung darin, die Kommunikationsprozesse der Projektpartner formativ zu evaluieren. Das bedeutet, dass kontinuierlich die interdisziplinäre Kommunikation zwischen den Bereichen Technik und Erwachsenenbildung reflektiert und in den eigenen Entwicklungsprozess miteinbezogen wird.

Auf diese Weise wird das Projekt an zwei der oben skizzierten Forschungsdesiderate anknüpfen. Auf der einen Seite ermöglicht es die reflexive Erforschung von interdisziplinären Kommunikationsprozessen in der Entwicklung von Mixed-Reality-Lernszenarien. Auf der anderen Seite können subjektive Sichtweisen auf den Umgang mit Interaktionsmodellen und neuartigen Lernsituationen in Betrieben erfasst und untersucht werden. Damit kann schließlich die Erforschung eines neuartigen Interaktionskonzeptes für Schulungen von technischen Fachkräften erfolgen.

Literatur

- Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; Tisch, Michael; Chryssolouris, George; Sihn, Wilfried; ElMaraghy, Hoda A.; Hummel, Vera; Ranz, Fabian (2015): Learning factories for research, education, and training. *Procedia CIRP* 32, S. 1–6.
- Botthof, Alfons & Hartmann, Ernst Andreas (2015): *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlin.
- Bruns, F. Wilhelm (2003): Lernen in Mixed Reality. In: ABWF (Hrsg.): *Kompetenzentwicklung*. Berlin, S. 71–112.
- Fehling, Christian (2017): Neue Lehr- und Lernformen in der Ausbildung 4.0. *Social Augmented Learning in der Druckindustrie*. In: BWP, *Berufsbildung 4.0*, 2/2017, S. 30–33.
- Fehling, Christian & Hagenhofer, Thomas (2015): Die Erweiterung von Lernräumen durch Augmented Reality am Beispiel des Social Augmented Learning. In: Pongratz, Hans & Keil, Reinhard (Hrsg.): *Die 13. E-Learning Fachtagung Informatik, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Gesellschaft für Informatik. Bonn, S. 241–252.
- Flake, Regina; Malin, Lydia; Meinhard, David B.; Müller, Valerie (2019): *Digitale Bildung in Unternehmen. Wie KMU E-Learning nutzen und welche Unterstützung sie brauchen*. KOFA-Studie 3. Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.
- Gensicke, Miriam; Bechmann, Sebastian; Härtel, Michael; Schubert, Tanja; Garcia-Wülfing, Isabel; Güntürk-Kuhl, Betül (2016): *Digitale Medien in Betrieben – heute und morgen. Eine repräsentative Bestandsanalyse*. In: BIBB, Heft 177.
- Gronau, Norbert; Ullrich, André (2019): Auswirkungen der Digitalisierung – Implikationen und Handlungsempfehlungen für Transformation und betriebliche Weiterbildung. In: Schröder, Meike & Wegner, Kirsten (Hrsg.): *Logistik im Wandel der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains*. Wiesbaden, S. 471–493.

- Häßlich, Linda; Dyrna, Jonathan (2019): Einflussfaktoren auf die Bereitstellung und den Einsatz digitaler Medien in der betrieblichen Weiterbildung. In: Hafer, Jörg; Mauch, Martina; Schumann, Marlen (Hrsg.): Teilhabe in der digitalen Bildungswelt. Münster-New York, S. 156–166.
- IW Consult (2018): Anforderungen der digitalen Arbeitswelt. Kompetenzen und digitale Bildung in einer Arbeitswelt 4.0.
- Jadin, Tanja (2017): Die Potenziale von Mixed Reality für die betriebliche Aus- und Weiterbildung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V., Dortmund (Hrsg.): Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft, Brugg-Windisch-Zürich.
- Kreß, Antonio; Lieb, Nicole; Lorenz, Verena; Metternich, Joachim (2019): Kompetenzorientierte Gestaltung mobiler Lernfabrikmodule bei der DB Netz AG. In: ZWF, Jahrgang 114, Ausgabe 10, S. 631–634.
- Lesser, Kathleen; Müller, Yannic (2019): Evaluation der User Experience eines AR-Systems. Konzeptionierung und Anwendung einer ganzheitlichen Bewertungsmethodik. In: ZWF, Jahrgang 114, Ausgabe 10, S. 673–678.
- Link; Maïke; Hamann; Karin (2019): Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Produktion. Gestaltung der Mensch-Maschine Interaktion. In: ZWF, Jahrgang 114, Ausgabe 10, S. 683–687.
- Lukowski, Felix (2017): Anspruchsvoller arbeiten, mehr lernen? Betriebliche Weiterbildung in Zeiten der Digitalisierung. In: Zeitschrift für Erwachsenenbildung, 24/3, S. 42–44.
- Milgram, Paul & Kishino, Fumio (1994): A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. In: IEICE Transactions on Information Systems, Band E77-D, S. 1321–1329.
- Münch, Gina Vibora; Robak, Steffi; Denkena, Berend (2019): Digital Lernen für die digitalisierte Produktion. In: ZWF, Jahrgang 114, Ausgabe 10, S. 639–642.
- Spöttl, Georg (2017): „Beruflich-betrieblicher Bildungstyp“ – ein Leitmodell für Industrie 4.0? In: bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 32.
- Teichmann, Malte; Matthiessen, Julia; Vladova, Gergana; Gronau, Norbert (2019): Potenziale für altersgerechte Weiterbildung durch arbeitsorientiertes Lernen in hybriden Lernfabriken. Das Beispiel des Forschungs- und Anwendungszentrums Industrie 4.0. In: Hafer, Jörg; Mauch, Martina; Schumann, Marlen (Hrsg.): Teilhabe in der digitalen Bildungswelt. Münster-New York, S. 167–175.
- Teizer, Jochen; Wolf, Mario; König, Markus (2018/2019): Mixed Reality Anwendungen und ihr Einsatz in der Aus- und Weiterbildung kapitalintensiver Industrien. In: Bauingenieur, Jahrgang 93, Jahresausgabe 2018/2019, S. 73–82.
- Thomas, Oliver; Metzger, Dirk; Niegemann, Helmut (2018): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0. Berlin.
- Winkler, Sven; Schumann, Marco; Klimant, Philipp (2019): Vom Digitalen zum Virtuellen Zwilling. Mehrwert der Digitalisierung in der Produktion. In: ZWF, Jahrgang 114, Ausgabe 10, S. 669–672.

Wolf, Karsten (2015): Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. Audiovisuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? In: Medien + Erziehung, (59) 1, S. 30–36.

Autorinnen

Julia Franz, Prof. Dr., Professorin für Erwachsenenbildung und Weiterbildung an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

Camilla Wehnert, M.A., wissenschaftliche Mitarbeiterin im Teilprojekt „Wissenschaftliche Begleitung der Erforschung und Erprobung eines neuartigen Interaktionskonzepts für die Aus- und Weiterbildung mittels Mixed Reality in the Loop Simulationsmodellen“ des Verbundprojekts „Hybrides Interaktionskonzept für Schulungen mittels Mixed Reality in the Loop Simulation“ an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

Review

Dieser Beitrag wurde nach der qualitativen Prüfung durch das Peer-Review und die Redaktionskonferenz am 14.05.2020 zur Veröffentlichung angenommen.

This article was accepted for publication following a qualitative peer review at the editorial meeting on the 14th May 2020.