

Virtual Reality in der betrieblichen Bildung

Chancen und Herausforderungen

Thomas Riemann,
Antonio Kreß,
Lisa Roth,
Benjamin Staiger,
Joachim Metternich und
Petra Grell, Darmstadt

Lernfabriken ermöglichen praxisnahes Lernen in realistischen Produktionsumgebungen. Jedoch stellen der hohe Ressourcenbedarf und der Bedarf an personalisierten Lernszenarien Herausforderungen an das bestehende Konzept. Der Einsatz von VR erweitert die Möglichkeiten in Lernfabriken und begegnet diesen Herausforderungen. Dieser Beitrag stellt Chancen und Risiken beim Einsatz von VR in der Weiterbildung aus Sicht von Lernfabriken dar.*)

Einleitung

Im Produktionsumfeld ist es wichtig, Komplexität zu beherrschen, flexibel zu agieren und über eine hohe Problemlösungsfähigkeit zu verfügen [1]. Lernfabriken bieten die Möglichkeit, Kompetenzen von Beschäftigten in einer realistischen Produktionsumgebung zu entwickeln [2]. Virtual Reality (VR) erweitert die Möglichkeiten und Anwendungsbereiche sowohl speziell in Lernfabriken [3] als auch allgemein in der betrieblichen Weiterbildung. In diesem Beitrag werden Chancen und Herausforderungen des Einsatzes von VR im Kontext von Lernfabriken herausgearbeitet, diskutiert und um eigene Erfahrungen ergänzt.

sen real bewegen zu können [6, 7], und eröffnen so neue Lernräume. Die Bedienung erfolgt dabei in aller Regel über eine VR-Brille als Display sowie Trackinginstrumente als Eingabewerkzeuge.

In Lernfabriken findet „Lernen“ in einer realistischen Fabrikumgebung statt [2]. Allerdings ist das Konzept der physischen Lernfabriken in bestimmten Bereichen begrenzt [8]. Insbesondere die Verfügbarkeit von Ressourcen limitiert die Aktivitäten einer Lernfabrik: Personal, Maschinen, Arbeitsplätze sowie das Fabrikgebäude stellen Kostenfaktoren dar, die durch ein angemessenes Betreibermodell erwirtschaftet werden müssen. Lernfabriken, die zusätzlich virtuelle Umgebungen umfassen, werden hybride Lernfabriken genannt [2]. In Tabelle 1 werden die beiden Konzepte auf Basis der Projekterfahrung miteinander verglichen.

Chancen und Herausforderungen

Die Literatur kennt eine Vielzahl an Chancen und Herausforderungen beim Einsatz von VR, die sich in vier verschiedene Perspektiven einteilen lassen: didaktisch, technisch, organisatorisch und wirtschaftlich (Bild 1). VR eröffnet nicht nur neue Lernräume, sondern ermöglicht durch die Immersion neue Erfahrungs- und Darstellungsmöglichkeiten. Gleich-

Virtuelle Realität und Lernfabriken

Lernumgebungen in VR werden in der beruflichen Bildung zunehmend zur Weiterbildung genutzt [4], wobei VR oftmals als computergestützte interaktive Abbildung der Wirklichkeit verstanden wird [5]. Virtuelle Umgebungen erzeugen durch Immersion das Gefühl, sich in die-

Tabelle 1. Vergleich physischer Lernfabriken und virtueller Realitäten (i. A. an Tisch et al. 2017 [8, 9])

	Physische Lernfabriken	Virtuelle Realität	Konzept im Vorteil
Ressourceneffizienz			VR
Abbildungsfähigkeit			VR
Skalierbarkeit			VR
Mobilität			VR
Effektivität			Bisher keine Erkenntnisse zur Effektivität in VR vorliegend
Adaptivität & Personalisierbarkeit			VR
Interaktivität			Lernfabriken
Realitätsnähe			Lernfabriken

Harvey Balls: Erfahrungsbasierte Bewertung der beiden Konzepte bezüglich der jeweiligen Aspekte.

*1) Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für die finanzielle und administrative Unterstützung im Rahmen des Projekts „Virtuelle Handlungsaufgaben für personalisiertes adaptives Lernen“ (01PV18001A).

Kategorien	★ Chancen	⚡ Herausforderungen
Didaktisch	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Erfahrungs- und Darstellungsmöglichkeiten • Ansprache verschiedener Lerntypen • Aufmerksamkeit und Motivation 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine mediendidaktischen Konzepte • Neue Anforderungen an das Bildungspersonal • Kognitive Überlastung
Technisch	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Adaptivität der Lernumgebung 	<ul style="list-style-type: none"> • Usability des Lernszenarios • Bedienung der Hardware • IT-Integration
Organisatorisch	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilität in Ort und Zeit • Verbessertes Zugang 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand durch Integration in bestehende Konzepte • Platzbedarf
Wirtschaftlich	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneffizienz • Ressourceneffizienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für Softwareentwicklung

Bild 1. Zusammenfassung der Chancen und Herausforderungen von VR

zeitig steigert sich die Flexibilität in Zeit und Ort [10] und ermöglicht die simultane Ansprache verschiedener Lerntypen [14]. Einige Studien haben beim Einsatz von VR zum Lehren und Lernen eine förderliche Wirkung auf die Aufmerksamkeit sowie die eigene Motivation der Lernenden aufzeigen können [11]. Lernende werden zudem angeregt, den eigenen Lernprozess zu reflektieren.

Trotz der genannten Chancen fehlen in der Literatur detaillierte Erläuterungen zu mediendidaktischen Konzepten zu VR (z. B. in [12]). Auch ändern sich die Anforderungen an das Bildungspersonal, wenn digitale Medien in Lehr- und Lernprozesse eingesetzt werden [4, 13]. Die Anwendung von VR kann zudem zur kognitiven Überlastung der Lernenden führen. Zurückzuführen ist das möglicherweise auf die fehlende Medienkompetenz. Letztlich kann das immersive Erleben zu einer starken Isoliertheit der Lernenden innerhalb des Systems sowie zu einer fehlgeleiteten Aufmerksamkeit führen [14].

Aus der organisatorischen Perspektive kann VR insbesondere in den Bereichen der Fernbildung und Adaptivität wesentliche Chancen gegenüber herkömmlichen Schulungsszenarien bieten [15, 16]. Dies kann sich auf die dargestellten Inhalte, Ort, Zeit oder Raum der Durchführung beziehen [17, 18]. Weiterhin ist es möglich, den Teilnehmenden Zugang zu Szenarien zu ermöglichen, die aus arbeitsschutzrechtlichen Aspekten nicht gewährleistet sind. Teilnehmenden mit körperlichen Einschränkungen wird der Zugang ebenfalls ermöglicht [19]. VR-Szenarien leisten zudem einen Beitrag zur Umweltfreundlichkeit sowie zur Kosteneffizienz [17]. Dies wird umso deutlicher, wenn die Lernumgebung kontinuierlich angepasst werden muss oder

teure Verbrauchsmaterialien für die Umsetzung notwendig sind. Mit VR kann ressourcenschonend und kollaborativ gelernt werden [11].

Obwohl die Hardware in den letzten Jahren kostengünstiger wurde, müssen für unternehmensspezifische Lernumgebungen auch Kosten zur Softwareentwicklung eingeplant werden [20, 21]. Zudem kann die Integration von virtuellen Angeboten in ein bestehendes physisches Lernkonzept mit Aufwand verbunden sein [22].

■ Forschungsbedarf

Obwohl erste Erkenntnisse zu VR in der Weiterbildung vorliegen, ist unklar, welcher Nutzen für betriebliche Weiterbildungsmodelle besteht. VR kann dort ergänzend eingesetzt werden, wo der Kompetenzaufbau in physischen Umgebungen, wie z. B. im Industriebetrieb oder

der Lernfabrik, an seine wirtschaftlichen bzw. organisatorischen Grenzen stößt. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren virtuelle und hybride Lernfabriken entwickelt [23].

Aufbauend auf den gezeigten Potenzialen für Lernfabriken ist das Forschungsprojekt „Virtuelle Handlungsaufgaben für personalisiertes adaptives Lernen“ (PortaL) entstanden. Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines Trainingsszenarios in VR für Lernfabriken. In Bezug auf den Nutzen stehen die Adaptivität und Personalisierung des Lernprozesses im Fokus, wodurch eine bestehende Forschungslücke adressiert wird. Nach dem Training in der physischen Lernfabrik wird eine Übung in VR durchgeführt. Die Umsetzung erfolgt zunächst in der Prozesslernfabrik CiP am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt. Der Geschäftsbereich UReality der Kirchner Konstruktionen GmbH entwickelt die Software agil für die virtuelle Umgebung (Bild 2). Das Trainingsszenario wird mehrfach getestet und bewertet, indem Anwendungstests mit mehreren Partnerunternehmen durchgeführt werden. Die Lernumgebung soll auf diese Weise kontinuierlich verbessert werden. Wesentliche Erkenntnisse konnten im Kontext des agilen Entwicklungsprozesses der virtuellen Schulung [24] sowie der strukturierten Darstellung von Gestaltungselementen [25] und Anforderungen [26] gewonnen werden. Details sind den angegebenen Quellen zu entnehmen.



Bild 1. Darstellung der virtuellen Lernumgebung im Forschungsprojekt PortaL

Virtuelle Realität als Erweiterung von Lernfabriken

Für Lernfabriken ergibt sich aus den aufgezeigten Chancen und Herausforderungen eine Vielzahl an Potenzialen: Die Lernenden können Handlungsabläufe beliebig oft im eigenen Tempo üben. Dabei ist die mögliche Manipulation zeitlicher Komponenten insbesondere bei der Beurteilung von Prozessabläufen hilfreich. Die Lernenden interagieren selbstgesteuert mit der virtuellen Welt und haben die Möglichkeit die Umgebung aus anderen Perspektiven zu erkunden. So lassen sich abstrakte Gegenstände oder Prozesse zum Beispiel aus der Vogelperspektive betrachten und dadurch leichter verstehen. Es fehlen jedoch neben dem visuellen und auditiven Input vor allem haptisches Feedback und Gerüche. Dadurch können noch nicht alle Sinne des Menschen angesprochen werden. Die Immersion ist nicht perfekt.

Für die Lernenden ist es zudem möglich, das eigene Handeln oder die Reaktion anderer Lernenden zu reflektieren. Zusätzlich zu der Möglichkeit, die Lernenden mit einer externen Kamera aufzunehmen, können auch die jeweiligen Blickwinkel innerhalb der virtuellen Welt aufgezeichnet werden. Neben den Kopfbewegungen sind dabei auch Aufnahmen der Augenbewegungen über Eye Tracking möglich. Dadurch ist eine umfassende Reflektion möglich. Folglich nimmt die Lehrperson beim Einsatz von VR, abweichend zu ihrer Rolle in klassischen Lehr-Lern-Arrangements (z.B. im Frontalunterricht), eine unterstützende bzw. coachende Rolle ein. Im Vergleich zu Lernfabrikenschulungen ändert sich vor allem die inhaltliche Ausrichtung. Hinzu kommen vor allem weitere mediendidaktische Aspekte, wie z.B. der Hardware-Bedienung. Ist das Zusammenspiel zwischen Hardware, Software, User Interface und Lehrenden abgestimmt, kann ein echter Nutzen geschaffen werden. Um dies zu erreichen ist es durchaus denkbar, die Lernenden zunächst allgemeine Tutorials in VR absolvieren zu lassen.

Insbesondere wenn freie Bewegung in VR ermöglicht werden soll, wird auch weiterhin eine Fläche zum Positionstracking benötigt, die zwischen fünf und zehn Quadratmeter pro Person beträgt. Je nach Lernszenario kann somit die benötigte Fläche verkleinert werden. VR hat so den Vorteil, dass jedes Szenario flächenunabhängig abgebildet werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Insbesondere für Lernfabriken lassen sich die Chancen potentiell in Zukunft nutzen, um den Lernenden neue Handlungsumgebungen zu eröffnen. Der Erfolg von VR zeichnet sich durch vergleichsweise niedrige Hardwarekosten aus. Die Chancen durch zielgruppenorientierte Inhalte und User Interfaces sind groß. Jedoch ist VR technisch noch nicht in der Lage eine Lernfabrik zu ersetzen, da bestimmte Interaktionsformen nicht möglich sind und trotz hoher Immersion die Realitätsnähe von Lernfabriken nicht erreicht wird. Wichtiges Feedback für den User, wie z.B. genaue Haptik, fehlt. Hinzu kommt die ungewohnte Bedienung für dreidimensionale Umgebungen. Die zwei wichtigsten Aspekte, die in Lernfabriken jedoch weniger gut umsetzbar sind und denen mit VR begegnet werden kann, sind die Personalisierung des Lernprozesses und die Adaptivität der Lernumgebung. Dabei bleibt die wohl wichtigste Herausforderung zur Umsetzung von VR in der Weiterbildung die Erarbeitung eines soliden didaktischen Konzepts sowie die sinnvolle Umgestaltung der Rolle des Lehrpersonals. So wird für die nächsten Jahre VR eine sinnvolle Ergänzung für klassische Schulungen und Lernfabriken sein.

Literatur

1. Abele, E.; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2011
DOI: 10.3139/9783446428058
2. Abele, E.; Chryssoulouris, G.; Sihn, W.; Metternich, J.; ElMaraghy, H.; Seliger, G.; Seifermann, S.: Learning Factories for Future Oriented Research and Education in Manufacturing. CIRP Annals 66 (2017) 2, S. 803–826
DOI: 10.1016/j.cirp.2017.05.005
3. Juraschek, M.; Büth, L.; Posselt, G.; Herrmann, C.: Mixed Reality in Learning Factories. Procedia Manufacturing 23 (2018), S. 153–158
DOI: 10.1016/j.promfg.2018.04.009
4. Hellriegel J.; Cübela D.: Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht - Eine konstruktivistische Sicht. MedienPädagogik Dezember (2018), S. 58–80
DOI: 10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X
5. Schwan, S.; Buder, J.: Virtuelle Realität und E-Learning. E-Teaching.org, Tübingen 2006
6. Guadagno, R.E.; Blascovich, J.; Bailenson, J.N.; McCall, C.: Virtual Humans and Persuasion: The Effects of Agency and Behavioral Realism. Media Psychology 10 (2007), S. 1–22

7. Grau, O.: Virtual Art: From Illusion to Immersion. MIT Press, Cambridge, MA 2003
DOI: 10.7551/mitpress/7104.001.0001
8. Tisch, M.; Metternich, J.: Potentials and Limits of Learning Factories in Research, Innovation Transfer, Education, and Training. Procedia Manufacturing 9 (2017), S. 89–96
DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.027
9. Kreß, A.; Lieb, N.; Lorenz, V.; Metternich, J.: Kompetenzorientierte Gestaltung mobiler Lernfabrikmodule bei der DB Netz AG. ZWF 114 (2019) 10, S. 631–634
DOI: 10.3139/104.112169
10. Freina, L.; Ott, M.: A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives. In: Proceedings of the Conference eLearning and Software for Education Conference (eLSE). Bucharest 2015
11. Hussein, M.; Nätterdal, C.: The Benefits of Virtual Reality in Education - A comparison Study (2015). Online unter <http://hdl.handle.net/2077/39977> [Letzter Zugriff am 17.08.2020]
12. Kerres, M.: Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote. De Gruyter Verlag, Oldenbourg 2018
DOI: 10.1515/9783110456837
13. Arnold, P.; Kilian, L.; Thilloßen, A.; Zimmer, G.: Handbuch E-Learning - Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Bertelsmann Verlag, Bielefeld 2018, S. 43–47
14. Zender, R.; Weise, M.; von der Heyde, M.; Söbke, H.: Lehren und Lernen mit VR und AR - Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Proceedings of the DeLFI Workshops 2018 Co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (2018), S. 4–8
15. Davis, A.: Virtual Reality Simulation: An Innovative Teaching Tool for Dietetics Experiential Education. The Open Nutrition Journal 9 (2015) 1, S. 65–75
DOI: 10.2174/1876396001509010065
16. Dimitropoulos, K.; Manitsaris, A.; Mavridis, I.: Building Virtual Reality Environments for Distance Education on the Web: A Case Study in Medical Education. International Journal of Social Sciences 2 (2008) 1, S. 62–70
17. Abulrub, A.; Attridge, A.; Williams, M.: Virtual Reality in Engineering Education: The Future of Creative Learning. In: Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011, S. 751–757
DOI: 10.1109/EDUCON.2011.5773223
18. Van Raaij, E.; Schepers, J.: The Acceptance and Use of a Virtual Learning Environment in China. Computers Education 50 (2008) 3, S. 838–852
DOI: 10.1016/j.compedu.2006.09.001
19. Bricken, M.: Virtual Reality Learning Environments: Potentials and Challenges. SIGGRAPH Computer Graph 25 (1991) 3, S. 178–184
DOI: 10.1145/126640.126657
20. Hanson, K.; Shelton, B.: Design and Development of Virtual Reality: Analysis of Challenges Faced by Educators. Journal of Educational Technology Society 11 (2008) 1, S. 118–131

21. Chittaro, L.; Ranon, R.: Web3D Technologies in Learning, Education and Training: Motivations, Issues, Opportunities. *Computers Educational Technology* 49 (2007) 1, S. 3 – 18
DOI: 10.1016/j.compedu.2005.06.002
22. Shih, Y.; Yang, M.: A Collaborative Virtual Environment for Situated Language Learning Using VEC3D. *Journal of Educational Technology Society* 11 (2008) 1, S. 56 – 68
23. Haghighi, A.; Shariatzadeh, N.; Sivard, G.; Lundholm, T.; Eriksson, Y.: Digital Learning Factories: Conceptualization, Review and Discussion. *The 6th Swedish Production Symposium (SPS14)*, 2014
24. Riemann, T.; Kreß, A.; Roth, L.; Klipfel, S.; Metternich, J.; & Grell, P.: Agile Implementation of Virtual Reality in Learning Factories. *Procedia Manufacturing* 45 (2020), S. 1 – 6
DOI: 10.1016/j.promfg.2020.04.029
25. Riemann, T.; Kreß, A.; Roth, L.; Görges, D.; Glass, R.; Metternich, J.; Grell, P.: Gestaltung von personalisierten Lernfabrikschulungen in Virtual Reality im Kontext schlanker Produktion. In: *Digitaler Wandel, Digitale Arbeit, Digitaler Mensch?* GfA-Press, Dortmund 2020
26. Kreß, A.; Riemann, T.; Klipfel, S.; Metternich, J.; Grell, P.: Requirements for the Implementation of Virtual Reality in Learning Factories. TU Prints, Darmstadt 2020
DOI: 10.1016/j.promfg.2020.04.029

■ Die Autoren dieses Beitrags

Thomas Riemann, M.Sc., geb. 1990, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der technischen Fachrichtung Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Er ist seit 2019 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am PTW in der Forschungsgruppe „Center für industrielle Produktivität“ der Technischen Universität Darmstadt.

Antonio Kreß, M.Sc., geb. 1989, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der technischen Fachrichtung Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Er ist seit 2017 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am PTW in der Forschungsgruppe „Center für industrielle Produktivität“ der Technischen Universität Darmstadt.

Lisa Roth, M.A., geb. 1993, studierte Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Lebenslanges Lernen und Medienbildung an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Sie ist seit 2019 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Arbeitsbereich Medienpädagogik des Instituts für Allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik der Technischen Universität Darmstadt.

Benjamin Staiger, Diplom Wirtschaftsinformatiker (FH), geb. 1982, ist Gründer und Leiter

von UReality. Softwarespezialist für Virtual Reality und Augmented Reality. Er war externer Dozent an der RWU Weingarten. Zuvor war er Geschäftsbereichsleiter Administration und IT für über 200 Mitarbeiter im Automotive Bereich.

Prof. Dr. phil. Petra Grell, geb. 1968, ist Dekanin des Fachbereichs Humanwissenschaften der Technischen Universität Darmstadt und leitet den Arbeitsbereich Medienpädagogik des Instituts für Allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik.

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Joachim Metternich, geb. 1968, ist Institutsleiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt und leitet die Forschungsgruppen „Center für industrielle Produktivität“ und „Management industrieller Produktion“.

■ Summary

Virtual Reality in Vocational Training – Opportunities and Challenges. Learning factories enable hands-on learning in realistic production environments. However, the high resource consumption and the need for personalized learning scenarios pose challenges to the existing concept. The use of VR extends the possibilities in learning factories and addresses these challenges. In this article we present the opportunities and challenges of using VR in further education from the perspective of learning factories.

Bibliography

DOI 10.3139/104.112431

ZWF 115 (2020) 10; page 673–676

© Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

ISSN 0947–0085