

Integration von Virtual Reality in die berufliche Bildung – Wie Praxistransfer gelingen kann

Miriam Mulders & Andrea Schmitz

Abstract

Virtual Reality (VR) zählt in vielen Berufen im Bereich der Farbtechnik und Raumgestaltung zukünftig zu den Bestandteilen der Betriebspraxis. Der Beitrag zeigt, wie sich damit verbundene Entwicklungen in der beruflichen Bildungspraxis der Fahrzeuglackierung darstellen können. Ausgangspunkt dafür ist der Modellversuch „Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt“.

Schlagwörter: *Virtual Reality, Lernanwendung, handlungsorientiertes Lernen, KFZ-Lackierung, überbetriebliche Ausbildung*

1 Einleitung

Virtual Reality (VR) als Bildungstechnologie bietet vielfältige Potenziale zur Optimierung des praxis- und arbeitsplatznahen Lernens in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (Thomas et al. 2018). Als kosten- und ressourcenschonende Ergänzung zum bestehenden Bildungsalltag wird diese Technologie immer häufiger und in vielfältigen Szenarien erprobt und untersucht.

Im Forschungsprojekt *Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt (HandLeVR)*¹ wurde das Training von Arbeitskräften im Handwerk der Fahrzeuglackierung untersucht. Primär richten sich die im Forschungsprojekt entwickelten Lernlösungen an Fahrzeuglackiererinnen und -lackierer in der dreijährigen Berufsausbildung. In dieser Berufsausbildung sind authentische und realitätsnahe Lerneinheiten oft rar. Fahrzeuglackiererinnen und -lackierer müssen in einem komplexen Umfeld effektiv arbeiten, haben aber wenig Gelegenheit, Verfahren zu üben, bevor sie diese an realen Werkstücken ausführen sollen. Im Bereich der Fahrzeuglackierung müssen verschiedene Techniken (z. B. Neuteillackierung, Reparaturlackierung) zum Applizieren einer Lackschicht auf ein Werkstück trainiert werden. Adäquate, häufige und handlungsorientierte Trainingsszenarien werden jedoch durch wirtschaftliche (z. B. Materialkosten), ökologische (z. B. umweltsensible Materialien) und soziale Faktoren (z. B. begrenzte Betreuungskapazität des Ausbildungspersonals) erschwert. Es hat sich gezeigt, dass die derzeitigen Lehr- und Lernmethoden zur Vermittlung von psychomotorischen Fertigkeiten in der Praxis von Fahrzeuglackiererinnen und Fahrzeuglackierern den Kompetenzerwerb nicht hinreichend adressieren.

Die im *HandLeVR-Projekt* konzipierte VR-Lackierwerkstatt entstand in mehr als dreijähriger Zusammenarbeit mit dem betrieblichen Anwendungspartner *Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH* sowie mit verschiedenen bundesweiten Bildungszentren der Handwerkskammern und wurde in mehreren Erprobungsphasen evaluiert und weiterentwickelt. Die VR-Lackierwerkstatt sowie sämtliche Begleitmaterialien sind frei zugänglich bei *GitHub*² zu finden und wurden unter eine offene MIT-Lizenz gestellt.

Die VR-Lackierwerkstatt beinhaltet eine Fülle von Lernaufgaben (z. B. umgekehrter Fall), die nach mediendidaktischen Prinzipien aufbereitet wurden (Mulders 2022). Die Lernaufgaben sind organisiert in Aufgabenklassen (z. B. Neuteillackierung) und unterscheiden sich voneinander anhand diverser Parameter (z. B. Art des Werkstücks) sowie der Kom-

1 <http://handlevr.de/>

2 <https://github.com/HandLeVR>



plexität. Ergänzt wird das VR-Tool von einem Autoren- und einem Reflexionswerkzeug (Zender et al 2020). Das Autorenwerkzeug dient der Erstellung konkreter Lerneinheiten, die von den Auszubildenden in der VR bearbeitet werden. Die während des Lackiervorgangs erfassten Daten (z. B. Materialverbrauch) sind Grundlage der Reflexionsanwendung (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Dreiteiliger Lernprozess (Quelle: eigene Darstellung)

Im Zentrum steht die VR-Trainingsanwendung, in der die Auszubildenden Lernaufgaben bearbeiten. Währenddessen tragen die Auszubildenden ein VR-Headset (z. B. Meta Quest 2), welches die Nutzenden von der Umwelt abschirmt. Die zugeteilten Lernaufgaben werden in einer VR-Lackierkabine dargeboten und beinhalten im Kern das Lackieren von Werkstücken. Diese sind als 3D-Modelle abgebildet und können mit der virtuellen Lackierpistole lackiert werden (siehe Abb. 2). Dabei erhalten die Auszubildenden ein erstes Feedback zu ihrer Lackierleistung anhand verschiedener Auswertungsparameter (z. B. Distanz zum Werkstück). Um die Haptik bei dem Lackierauftrag zu verbessern, wird ein Nachbau einer realitätsnahen Lackierpistole als Controller verwendet (siehe Abb. 3).



Abb. 2 und 3: VR-Lackierkabine (links) (Quelle: eigene Darstellung) und Lackierpistolen-Controller (Quelle: eigene Darstellung).

Wie die Evaluationsergebnisse zeigen, kann die VR-Lackierwerkstatt den bisherigen Ausbildungsalltag sinnvoll ergänzen (Mulders 2020; Mulders 2022; Mulders et al. 2023). So können die zugehörigen Lernaufgaben von Lehrkräften 1:1 übernommen oder nach Bedarf auf Auszubildende individuell angepasst werden. Aufgaben können Einzelpersonen oder Gruppen zugewiesen werden. Im Nachgang der Bearbeitung der Aufgabe(n) können die Lernleistungen mithilfe des Reflexionstools nachbesprochen und basierend auf solchen Nachbesprechungen neue Lernaufgaben zugewiesen werden. Es wird erkennbar: Der Einsatz der VR-Lackierwerkstatt wirkt sich maßgeblich auf die Organisation des Unterrichts aus, da die VR-Phase, deren Vor- und Nachbereitung in den vorhandenen zeitlichen, räumlichen und sozialen Unterrichtsrahmen integriert werden muss.

Lehrkräfte stehen bei der Planung und Gestaltung ihres Unterrichts mit der VR-Lackierwerkstatt vor entscheidenden Fragen, wie den folgenden:

- Welche Technologien werden gebraucht?
- Welche Räumlichkeiten müssen vorhanden sein?
- Welche Zeitanteile werden in VR verbracht? Wie wird die VR-Phase in die zeitliche Struktur eingebracht? Wie ist die VR-Phase zeitlich getaktet?
- Welche sozialen Arbeitsformen sind angedacht?
- Welche Rolle übernimmt die Lehrkraft?

Um das Produkt des Forschungsprojektes, nämlich die VR-Lackierwerkstatt, auch über das Projektende hinaus nachhaltig in die berufliche Aus- und Weiterbildung von Fahrzeuglackiererinnen und -lackierern zu integrieren, wurden im Laufe des Projekts intensive Recherchen zu den institutionellen Strukturen und Grundlagen der beruflichen Aus- und Weiterbildung betrieben sowie im Sommer 2020 sieben leitfadengestützte Interviews mit Lehrpersonen und Ausbildungsmeisterinnen und -meistern aus fünf nationalen Bildungszentren der Handwerkskammern durchgeführt. Ziel war es, die Rahmenbedingungen eines sinnvollen Praxiseinsatzes der VR-Lackierwerkstatt zu eruieren. Der vorliegende Beitrag beschreibt daher eine Analyse der räumlichen, zeitlichen und sozialen Einbindung der VR-Lackierwerkstatt in den Ausbildungsalltag von Fahrzeuglackiererinnen und -lackierern.

2 Lernorganisation

Unter Lernorganisation versteht man die Organisation und Durchführung eines Lernangebots sowie das Arrangement der Lernelemente. Betrachtet werden die zeitlichen, räumlichen und sozialen Komponenten (Kerres 2018). Die VR-Lackierwerkstatt kann das Spektrum der bisherigen Unterrichtsgestaltung im Bereich der Fahrzeuglackierung erweitern, dessen Integration muss jedoch an den vorhandenen zeitlichen, räumlichen und sozialen Rahmen angepasst werden. Abbildung 4 zeigt Elemente der zeitlichen, räumlichen und sozialen Organisation nach Kerres (2018). Diese Elemente finden sich thematisch bereits in den oben genannten Leitfragen.

Zeitliche Organisation	Räumliche Organisation	Soziale Organisation
Zeitraum der Nutzung	Lernorte	Gruppengröße
Start- und Endpunkte	Technische Ausstattung	Betreuung der Lernenden
Taktung		Verhalten der Lernenden

Abb. 4: Übersicht Lernorganisation (Quelle: in Anlehnung an Kerres (2018))

Die dreijährige Ausbildung im Bereich der Fahrzeuglackierung wird in Deutschland in einem dualen System realisiert und findet hauptsächlich im Betrieb und in der Berufsschule statt. Ein weiterer Bestandteil der dualen Ausbildung im Handwerk ist die *überbetriebliche Lehrlingsunterweisung (ÜLU)* (siehe Abb. 5). Die ÜLU als Teil der betrieblichen Ausbildung stellt eine Möglichkeit dar, die VR-Lackierwerkstatt in den Ausbildungsalltag zu integrieren. Sie wird im Rahmen von Lehrgängen mit bis zu zwölf Teilnehmenden durchgeführt, wobei Planung und Taktung der Lehrgänge den Bildungszentren obliegen. Die Ausgestaltung der ÜLUs geschieht auf Basis flexibler und gestaltungsoffener Unterweisungspläne. ÜLUs finden in überbetrieblichen Bildungsstätten (ÜBS) statt und dauern in der Regel ein bis zwei Arbeitswochen. Zeitpunkte der Lehrgänge werden bedarfsgerecht für die Lehrjahre definiert (BMBF 2017). Zur Förderung der beruflichen Handlungskompetenz gemäß den Rahmenlehrplänen steht die Bearbeitung von Kundenaufträgen im Zentrum der ÜLU. Dies ermöglicht, dass „*Handlungen (...) von den Lernenden möglichst selbstständig geplant, durchgeführt, überprüft, ggf. korrigiert und schließlich bewertet werden*“ (KMK 2003, S.5).

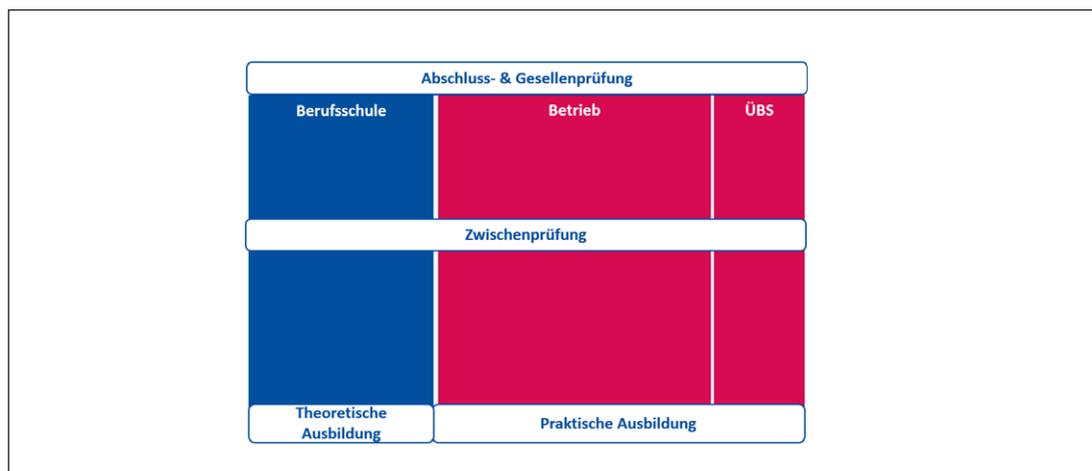


Abb. 5: Lernorte der beruflichen Ausbildung (Quelle: eigene Darstellung)

2.1 Technische und räumliche Organisation

Für die gesamte Anwendung wird spezielles leistungsfähiges Equipment benötigt. Beim Autorenwerkzeug und bei der Reflexionsanwendung handelt es sich um computergestützte Anwendungen mit 3D-Anteilen, die eine größere Rechnerleistung erfordern. Daher wird ein leistungsstarker (Gaming)-PC/Laptop benötigt. Zusätzlich ist für die Nutzung der VR-Lackierwerkstatt ein PC-gebundenes VR-Set, bestehend aus VR-Headset und VR-Controllern (z.B. *HTC Vive Pro*, *Meta Quest 2*), erforderlich. Um wie oberhalb beschrieben, die Haptik beim virtuellen Applizieren von Lack zu verbessern, wird der Einsatz einer im 3D-Druck nachgebauten Lackierpistole (siehe Abbildung 3) empfohlen. Dazu wird der handelsübliche Controller mithilfe einer Schraube oben auf die Lackierpistole montiert.

Für die VR-Anwendung wird eine Freifläche benötigt, die entweder nur für den Zeitpunkt der Nutzung oder fest einzurichten ist. Für die Nutzung der VR-Lackierwerkstatt muss ein sogenannter Spielbereich zur Bewegung in der VR-Lackierkabine verfügbar sein. Die Mindestgröße der Bewegungsfläche beträgt 2 m x 1,5 m. Empfohlen wird allerdings eine Fläche von 4 m x 4 m, damit die Auszubildenden sich sicher bewegen können. Die Fläche sollte frei von Möbeln und anderen Hindernissen sein. Der Spielbereich sollte weder im direkten Sonnenlicht noch zu dunkel sein, damit die Raumortung des VR-Headsets nicht gestört wird. Ebenfalls sollte der Ort gut belüftet werden, da die Geräte durch die Arbeitsleistung erhitzen können. Auch die Staubbelastung in den Räumlichkeiten sollte nicht hoch sein, um beispielsweise eine Verstopfung der Computerbelüftung zu vermeiden. Es empfiehlt sich, den ausgewählten Bereich vorab zu testen.

In der räumlichen Aufteilung sind die ÜBS meist ähnlich aufgebaut: Neben Schulungsräumen stehen Werkstätten und Lackierkabinen zur Verfügung. Zusätzlich gibt es vereinzelt PC-Räume. Meist findet sich Platz für den Aufbau einer VR-Station.

2.2 Zeitliche Organisation

Die Dauer der VR-Phase ist von mehreren Faktoren abhängig: (1) Dauer der einzelnen Lernaufgabe, (2) Anzahl der zu bearbeitenden Lernaufgaben, (3) Gruppengröße und (4) Lern- und Bearbeitungstempo der Lernenden. Die Dauer der Lernaufgabe(n) kann über das Autorentool beeinflusst und durch ein vorheriges Testen der Lehrpersonen selbst abgeschätzt werden. Was die individuellen Faktoren der Auszubildenden angeht, so sollte insbesondere für den VR-Einstieg mehr Zeit eingeplant werden. Die Auszubildenden müssen sich zunächst an die Handhabung der VR-Anwendung gewöhnen. Zeitgleich sollte die Dauer der VR-Phase am Anfang auf 20 bis 30 Minuten pro Person beschränkt sein, um beispielsweise einer Muskelermüdung und Symptome von Motion Sickness (z. B. Schwindel) vorzubeugen (Kim et al. 2018; Theis et al. 2016).

Bezüglich der Taktung der VR-Phasen stellt eine Lernaufgabe der VR-Lackierwerkstatt die kleinste Einheit dar. Dabei gilt zu entscheiden, ob mehrere Aufgaben hintereinander im Rahmen der VR-Phase bearbeitet werden sollen oder diese intermittierend während der ÜLU oder im betrieblichen Alltag auftauchen. Falls mehrere Lernaufgaben bearbeitet werden, kann entschieden werden, ob diese in zeitlich festgelegten Abständen zu erledigen sind oder gleichzeitig freigeschaltet werden. Bei der Freischaltung mehrerer Aufgaben können die Auszubildenden an unterschiedlichen Themen in ihrem eigenen Tempo arbeiten und sogar Aufgaben mehrmals ausführen, beispielsweise wenn sie bestimmte Handlungsabläufe nochmal gezielt trainieren wollen. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten gilt es zu berücksichtigen und möglicherweise durch Fristen zu regulieren. Als weitere Zeitpunkte, die VR-Lackierwerkstatt im Rahmen der Ausbildung einzusetzen, benannte das Lehrpersonal Warte- bzw. Leerlaufphasen, die beispielsweise durch Trockenzeiten oder unterschiedliche Arbeitsgeschwindigkeiten der Auszubildenden entstehen.

Das befragte Lehrpersonal gibt darüber hinaus an, die VR-Lackierwerkstatt insbesondere im ersten Ausbildungsjahr einzusetzen bzw. einsetzen zu wollen, um die Auszubildenden mit dem Lackierprozess vertraut zu machen. Neben den elementaren Bewegungsabläufen beim Lackieren können weitere Grundlagen, beispielsweise zur Arbeitssicherheit oder zur Verarbeitung von Materialien, vermittelt werden. In den nachfolgenden Ausbildungsjahren kann die VR-Lackierwerkstatt zudem punktuell zur Wissensauffrischung oder zur Vorbereitung auf Lehrprüfungen genutzt werden.

2.3 Soziale Organisation

VR ermöglicht andere Varianten, Lehren und Lernen zu organisieren. So bieten sich laut den interviewten Lehrkräften die Lernorganisationsformen der Einzel-, Partner/Kleingruppen- und Gruppenarbeit an.

Bei der Einzelarbeit bearbeiten die Auszubildenden die VR-Lernaufgaben allein und besprechen die Lerndaten im direkten Austausch mit den Lehrenden (siehe Abb. 6). Die VR-Phase kann als separate Einheit parallel zur Gesamtgruppe und zum Unterricht stattfinden. Dies ermöglicht eine intensive Einzelbetreuung vor allem im Hinblick auf die Nachbesprechung in der Reflexionsanwendung. Hierbei ergeben sich aus pädagogischer Sicht unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten, in denen weit fortgeschrittene Auszubildende sich an schwierigen Aufgaben versuchen können und leistungsschwächere Auszubildende durch zusätzliche Übungsmöglichkeiten gefördert werden. Gleichmaßen erfordert dieses Setting eine hohe Selbststeuerungskompetenz der Auszubildenden. Ebenso besteht ein mögliches (Arbeits-)Sicherheitsrisiko, wenn die Auszubildenden allein und unbeaufsichtigt mit dem VR-Equipment arbeiten. Des Weiteren kann abhängig von der Gruppengröße der zeitliche Aufwand der Einzelbetreuung, insbesondere hinsichtlich der Vorbereitung von Lernaufgaben sowie der Reflexion, für Lehrende erheblich sein.



Abb. 6: Einzelbearbeitung (Quelle: eigene Darstellung)

Bei der Arbeit im Tandem oder in der Kleingruppe können die Lernaufgaben im kooperativen Setting bearbeitet werden, auch wenn die Bearbeitung der VR-Lernaufgabe(n) selbst auf individueller Ebene stattfindet. So kann eine Person in VR die Lernaufgaben bearbeiten und die zweite Person schaut via Streaming zu, kommentiert und fungiert als Betreuungsperson (siehe Abb. 7). Hierdurch wird das (Arbeits-)Sicherheitsrisiko verringert, da die zweite Person intervenieren kann, sobald eine Verletzungsgefahr für

die VR-nutzende Person besteht oder das Equipment droht, beschädigt zu werden. Ferner kann eine zweite Person über das Streaming der VR-Anwendung die VR-nutzende Person unterstützen, wenn diese innerhalb der VR-Lackierwerkstatt Hilfe benötigt. Auch eine fachliche Unterstützung ist möglich und die Gruppenmitglieder können sich gegenseitig konstruktiv Rückmeldung geben. In diesem Szenario ist ebenfalls diszipliniertes und selbstgesteuertes Arbeiten der Auszubildenden erforderlich. Gleichzeitig wird ein hohes Maß an Flexibilität in der Unterrichtsgestaltung hinsichtlich der Zeiträume oder Gruppenkonstellation ermöglicht. Auch die abschließende Reflexion kann zeitlich und sozial unterschiedlich ausgestaltet werden. Je nach Umfang der VR-Ausstattungen können mehrere Tandems gebildet oder die Gruppengröße durch zusätzliche Personen erweitert werden, wobei es wichtig erscheint, diesen Personen einen konkreten Arbeitsauftrag zuzuteilen.



Abb. 7: Tandem oder Kleingruppenarbeit (Quelle: eigene Darstellung)

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass ein Auszubildender die Aufgaben in VR bearbeitet, während die restliche Gruppe über den Stream des Laptops dabei zuschaut (siehe Abb. 8). Die Auszubildenden können sich mit den Lernaufgaben abwechseln und die Reflexion der Lernleistung kann von den Lehrenden gemeinsam mit der Gruppe vorgenommen werden. Durch die kommunikativen Aktivitäten und den intensiven Austausch wird kooperatives Lernen unterstützt. Dieses Szenario bietet sich an, wenn es allgemein um die Einführung im Umgang mit der VR-Lackierwerkstatt geht oder wenn fachliche Grundlagen im Bereich der Fahrzeuglackierung vermittelt werden sollen.

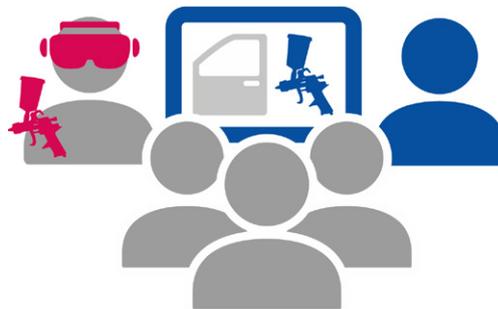


Abb. 8: Einzelbearbeitung vor der Gruppe (Quelle: eigene Darstellung)

3 Zusammenfassung

Dieser Beitrag versucht die Integration der VR-Lackierwerkstatt in den Berufsalltag von Auszubildenden im Bereich der Fahrzeuglackierung anhand von räumlichen, zeitlichen und sozialen Parametern der Lernorganisation zu beschreiben. Diese Parameter sind „Stellschrauben“ für einen nachhaltigen Transfer der Ergebnisse des Forschungsprojekts *HandLeVR* in die Bildungspraxis. Derzeit wird das VR-Lernsystem bereits im Ausbildungsalltag der *Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH* erfolgreich eingesetzt. Darüber hinaus ist der Einsatz nur vereinzelt zu beobachten. Daher erhofft sich dieser Beitrag Hinweise zu geben, wie die VR-Lackierwerkstatt räumlich, zeitlich und sozial in den Ausbildungsalltag eingebettet werden kann. Hierzu wurden Interviews mit Ausbildungspersonal verschiedener nationaler Bildungszentren durchgeführt. Als geeignetes Szenario hat sich im Rahmen der Interviews und weiterer Recherchen die ÜLU als vielversprechend erwiesen.

Hier scheint es bedeutsam mehr räumliche und zeitliche Flexibilität zu geben, ein Lernangebot wie das der VR-Lackierwerkstatt zu erproben und fest in die Unterrichtsgestaltung zu integrieren. Offen bleibt die Frage, wie VR in die Infrastruktur der ÜBS einzubetten ist. Es ist zu klären, wie Nutzungsdaten und -ergebnisse gespeichert und welche Schnittstellen zu vorhandenen Systemen (z. B. zu Learning Management Systemen) aufgebaut werden. Die Verknüpfung mit einem Verwaltungssystem zur Synchronisation von Nutzungsdaten sowie eine zentrale Speicherung von Lerndaten wäre wünschenswert. Weitere Faktoren wie Datenschutz und Hygienestandards spielen entscheidende Rollen.

Überbetriebliche Bildungszentren sind oft multifunktional mit mehreren Gewerken in einem Haus ausgerichtet und weisen eine ähnliche Infrastruktur auf. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere handwerkliche Berufe und Institutionen übertragbar sind.

Insgesamt skizzieren die bisherigen Ergebnisse ein optimistisches Bild für den Einsatz von VR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, hier im Bereich der Fahrzeuglackierung. Es bedarf jedoch weiterer Forschung und vor allem Erprobung im Berufsalltag, um infrastrukturelle Schwierigkeiten bei der sozialen, räumlichen und zeitlichen Implementierung von VR-Lernszenarien zu identifizieren, und Hemmschwellen bei den Bildungszentren abzubauen. Bislang wird die VR-Lackierwerkstatt bei verschiedenen Bildungszentren eingesetzt, jedoch losgelöst voneinander. Perspektivisch sollten die gesammelten Erkenntnisse gebündelt werden, um den praktischen Einsatz der VR-Lackierwerksatt in der betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildung zu erleichtern.

Literatur

BMBF (2017). Duale Berufsausbildung sichtbar gemacht. Verfügbar unter: https://www.freie-berufe.de/wordpress/wp-content/uploads/2017/09/BMBF_Duale_Berufsausbildung.pdf (Zugriff am: 20.05.24)

Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. Berlin.

Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied ergonomics*, 69, 66–73.

KMK (2003). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Fahrzeuglackierer/Fahrzeuglackiererin. Verfügbar unter: <https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/fahrzeuglackierer.pdf> (Zugriff am: 20.05.24)

Mulders, M. (2020). Investigating learners' motivation towards a virtual reality learning environment: a pilot study in vehicle painting. In 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR), 390–393. IEEE. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/AIVR50618.2020.00081>

Mulders, M. (2022). Vocational training in virtual reality: A case study using the 4C/ID model. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(7), 49.

Mulders, M., Weise, M., Schmitz, A., Zender, R., Kerres, M., & Lucke, U. (2023). Handwerkliches Lackieren mit Virtual Reality (HandLeVR): VR-basierter Kompetenzerwerb in der beruflichen Ausbildung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 51, 214–245.

Theis, S., Pfendler, C., Alexander, T., Mertens, A., Brandl, C., & Schlick, C. M. (2016). Head-Mounted Displays–Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes. *BauA Report, Project F*, 2288.

Thomas, O., Metzger, D., & Niegemann, H. (Hg.) (2018). *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung: Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Springer-Verlag.

Zender, R., Sander, P., Weise, M., Mulders, M., Lucke, U., & Kerres, M. (2020). Hand-LeVR: Action-oriented learning in a VR painting simulator. *Emerging Technologies for Education: 4th International Symposium*, 46–51. Springer International Publishing.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Dreiteiliger Lernprozess, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 2: VR-Lackierkabine, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 3: Lackierpistolen-Controller, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 4: Übersicht Lernorganisation, Quelle: in Anlehnung an Kerres (2018)

Abb. 5: Lernorte der beruflichen Ausbildung, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 6: Einzelbearbeitung, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 7: Tandem oder Kleingruppenarbeit, Quelle: eigene Darstellung

Abb. 8: Einzelbearbeitung vor der Gruppe, Quelle: eigene Darstellung

Autorinnenangaben

Dr.

Miriam Mulders

Universität Duisburg Essen

Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement

miriam.mulders@uni-due.de

Andrea Schmitz

Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk

andrea_schmitz82@web.de

Zitieren dieses Beitrags

Mulders, M. & Schmitz, A. (2024). Integration von Virtual Reality in die berufliche Bildung – Wie Praxistransfer gelingen kann. *BAG:on – Online-Journal der BAG Bau, Holz, Farbe*, 1(1), 19–26. <https://doi.org/10.69804/bagon.v1i1.5>