



BEST PRACTICE GUIDE

Extended Reality (XR) und XR-Haptikeinsatz in der praktischen Ausbildung im Handwerk





**Kofinanziert von der
Europäischen Union**

XR4CRAFTS ist von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Europäischen Exekutivagentur für Bildung und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union.



Dieses Dokument darf in seiner ursprünglichen und ungekürzten Form für nichtkommerzielle Zwecke verwendet und verbreitet werden (CC BY-SA). Eine andere öffentliche Wiedergabe dieses Dokuments ist nur unter der Voraussetzung zulässig, dass der ursprüngliche Autor genannt wird und das daraus abgeleitete Werk unter denselben Bedingungen (CC BY-SA) lizenziert wird.

Struktur

1. Vorwort.....	4
2. Ausgangssituation: Erst das „WIE“, dann das „WAS“	5
3. Pädagogische Implikationen.....	6
4. Schritt für Schritt: Zu berücksichtigende pädagogische Modelle.....	7
5. Hard- und Software	9
6. Auswertung	16
7. Einige Erkenntnisse.....	17
8. Ausblick.....	18
9. Anhänge.....	19

1. Vorwort

Digitale Technologien begleiten uns ständig im Beruflichem sowie im Privatem. Ein Einsatz in der beruflichen Bildung muss sowohl technisch als pädagogisch sinnvoll sein. Eine zu komplexe Bedienung verhindert eine Einbindung in der Ausbildung sowie Unwissen hinsichtlich des jeweiligen pädagogischen Mehrwerts.

Es ist daher essenziell zu verstehen, wofür moderne Technologien wie Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) und Virtual Reality Haptik sich am besten eignen. Sie sollten dabei einfach und sicher zu verwenden sein sowie das Lernen der Auszubildenden vor allem vor und während der praktischen Ausbildung verbessern.

Bei der Ausbildung im Handwerk ist berufliche Praxis ein fester Bestandteil. Dies gilt insbesondere für die Berufe: Maurer/-in, Maler- und Lackierer/-in, Parkettleger/-in und Zimmerer/-in.

In diesem Best Practice Guide erklären wir Ihnen, WAS AR, VR und VR-Haptik (Extended Reality /XR) sind und WIE sie möglichst lernhaltig in der praktischen Ausbildung im Handwerk eingesetzt werden können. Dies ermöglicht es Ihnen XR problemlos im Theorie- oder Praxisteil einzubinden.

2. Ausgangssituation: Erst das „WIE“, dann das „WAS“

Das Ausmaß, in dem Ausbilder/-innen neue Technologien anwenden, korreliert mit der Qualität und Wirksamkeit der Ausbildung. Daher ist es notwendig, AR, VR und VR-Haptik als Bildungstechnologien zu betrachten, um einen pädagogischen Mehrwert während des Einsatzes in der praktischen Ausbildung sicher zu stellen.

Ausgangspunkte im XR4CRAFTS-Projekt waren die folgenden pädagogischen Fragestellungen:

Mauer (VR, VR-Haptik):

1. Wie kann VR eingesetzt werden, um selbstgesteuertes Lernen zu unterstützen, beim Errichten einer Mauer, bevor dies in der praktischen Ausbildung erfolgt?

Maler und Lackierer (VR, VR-Haptik, AR):

1. Wie können No-Code-AR-Lösungen eingesetzt werden, um selbstgesteuertes Lernen zu unterstützen und die Zusammenarbeit bei der Ausführung der jeweiligen Tätigkeit zu verbessern?
2. Können VR und VR-Haptik eine realitätsnähere Qualifikation ermöglichen, um so den Wissenstransfer in die berufliche Praxis zu unterstützen?

Parkettleger (VR, VR-Haptik):

1. Wie kann VR zur Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens beim Parkettlegen eingesetzt werden?
2. Kann VR durch die Erweiterung um haptisches Feedback ein realitätsnäheres Training ermöglichen, um so den Wissenstransfer in die berufliche Praxis unterstützen?

Zimmerer (VR, VR-Haptik):

1. Wie kann VR eingesetzt werden, um selbstgesteuertes Lernen beim Umgang mit einer sog. Oberfräse zu unterstützen?
2. Kann VR durch die Erweiterung um haptisches Feedback ein realitätsnäheres Training ermöglichen, um so den Wissenstransfer in die berufliche Praxis unterstützen?

3. Pädagogische Implikationen

Die Leitfrage im Projekt XR4CRAFTS war: „Welchen **pädagogischen Mehrwert bieten** AR, VR und VR-Haptik in der praktischen Ausbildung im Handwerk?“

In den letzten Jahren wurden die Auswirkungen dieser Technologien auf Lernende eher aus technologischer Sicht analysiert. Medienpädagogische Perspektiven waren und sind dabei meist unterrepräsentiert. Darüber hinaus sind AR, VR und VR-Haptik neue Technologien in der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

Augmented Reality ist die Wahl für die Vermittlung technischer Fähigkeiten und die Bereitstellung von Fachwissen, beispielsweise über vordefinierte Lernpfade.

Virtual Reality eignet sich hervorragend für die Wiederholung und die Vermittlung von Tätigkeiten, die zu gefährlich oder zu teuer sind.¹ Es ermöglicht dem Lernenden ein interaktives Erlebnis. Dieser explorative Aspekt unterstützt die Aneignung deklarativen Wissens und führt, wenn nicht angeleitet, zum Erlernen von Strategien auf der Grundlage von Versuch und Irrtum.²

VR-Haptik ist ein Teil der virtuellen Realität. Sie bereichert diese durch das Hinzufügen von Empfindungen wie taktilen (z. B. Vibrationen) oder kinästhetischem Feedback. Sie ermöglicht es, in VR zu „fühlen“ um dabei gleichzeitig das Muskelgedächtnis zu trainieren. Szenarien können selbstgesteuert oder von Expert/-innen geleitet werden.

¹Buchner et. al, 2020, „Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons learned“, Zeitschrift für Medienpädagogik 17, 195-216. (DOI: [10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X](https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X))

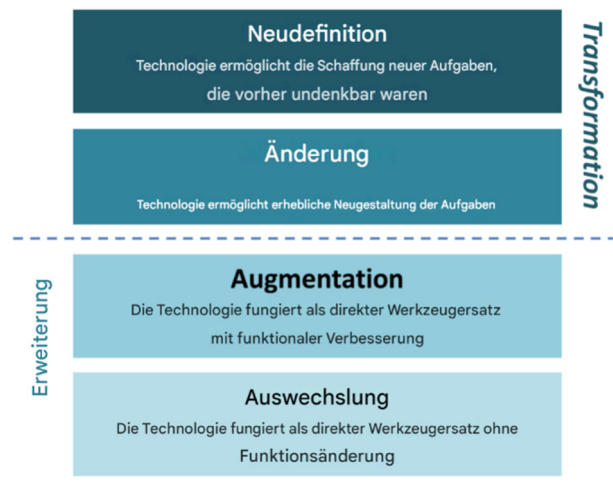
²Zender et. al, 2020, „HandleVR: Aktionsorientiertes Lernen in einem VR-Malsimulator“, 46-51, in: Popescu E., Hao T., Hsu TC., Xie H., Temperini M., Chen W. (Hrsg.) Neue Technologien für die Bildung. SETE 2019. Lecture Notes in Computer Science, Bd. 11984. (DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6)

4. Schritt für Schritt: Zu berücksichtigende pädagogische Modelle

Für die erfolgreiche Implementierung einer neuen Technologie in die beruflichen Bildung empfiehlt sich ein dreistufiges Vorgehen.

Schritt 1: Entscheidung über Erweiterung oder Umbau?

Neue Technologien können vielfältige Auswirkungen haben, angefangen von einer Substitution oder einer Erweiterung der Technologie. Wenn die Technologie die Neugestaltung oder die Schaffung neuer Aufgaben ermöglicht, ist die transformative Ebene erreicht. Das **SAMR-Modell (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition)** bietet einen Klassifizierungsrahmen (siehe unten).

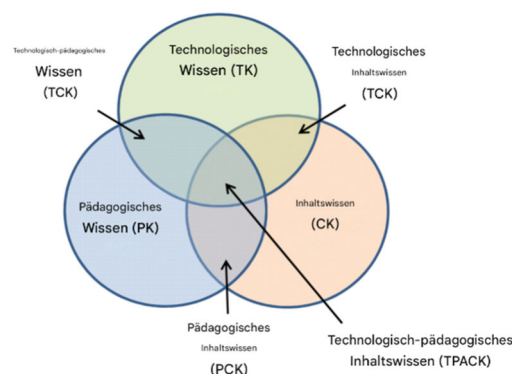


AR, VR und VR-Haptik können dabei zur Anreicherung (Augmentierung) eines bestehenden Kurses dienen.

Schritt 2: Entscheidung für eine sinnvolle Kombination aus Technologie, Pädagogik und Inhalt?

Ein/-e Ausbilder/-in benötigt Kenntnisse über:

- Inhalte – Welche Unterrichtsinhalte möchte er oder sie mit AR, VR und VR-Haptik vermitteln?
- Pädagogische Möglichkeiten – Auf welche Art und in welcher Form möchte er oder sie AR, VR oder VR-Haptik nutzen?
- Technologie – Wie sollten AR, VR und VR-Haptik genutzt werden?

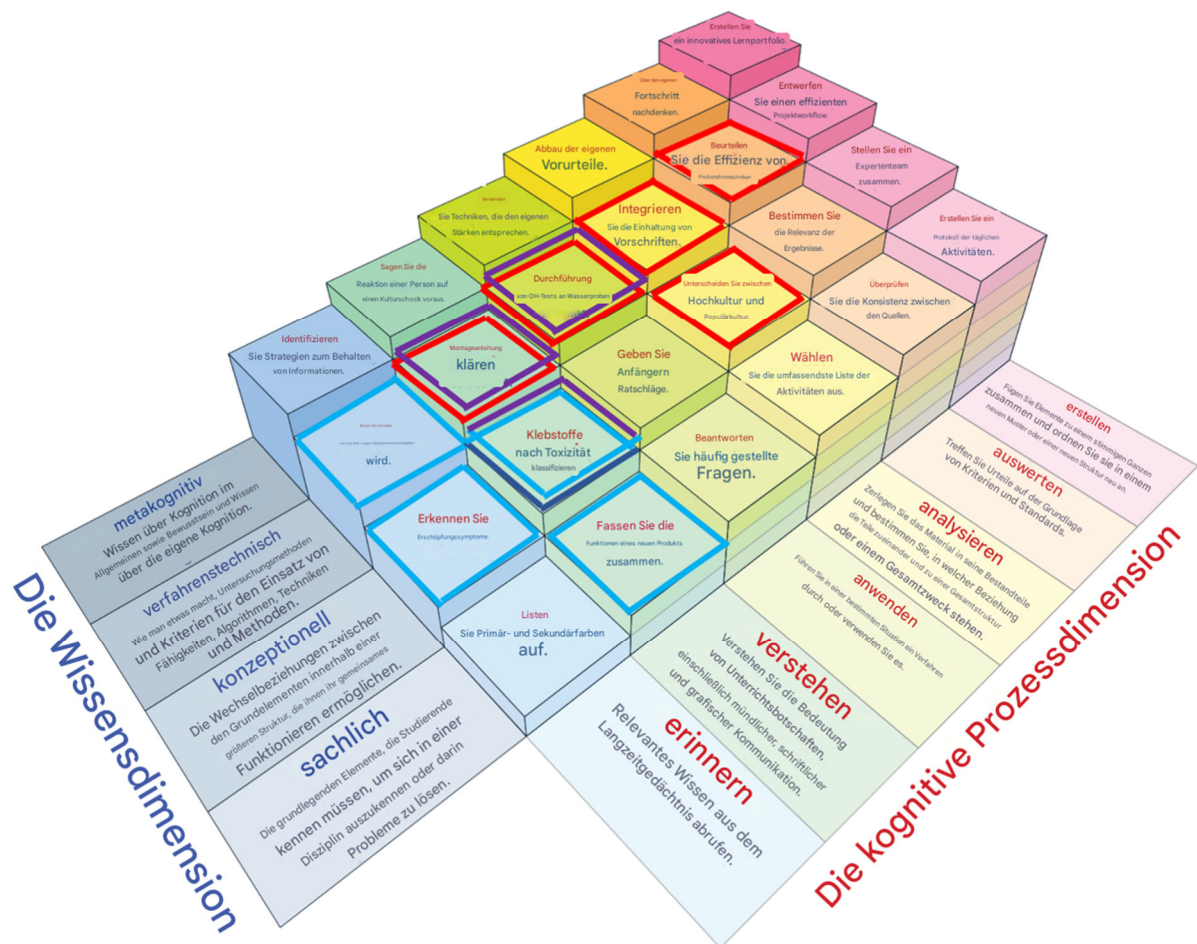


Das „**TPACK**“-Modell („technological pedagogical content knowledge“) bietet einen Rahmen, auf den bei der Unterrichtsplanung geachtet werden sollte. Es hilft, Pädagogik und Technologie in die Unterrichtsplanung und -durchführung zu integrieren und zu harmonisieren. Dies hilft dabei, Lehr- und Lernprinzipien sowie Technologie in Bezug auf die effektivsten Methoden für ein bestimmtes Feld und eine bestimmte Art von Inhalt anzuwenden.

SCHRITT 3: Entscheidung welche Lernziele erreicht werden sollten.

Die Integration von AR, VR und VR-Haptik in einen konkreten Kurs erfordert eine sorgfältige Beschreibung der angestrebten Ergebnisse. Diese können von der Vermittlung z. B. technischen Wissens bis hin zur Bereicherung von Kommunikation und Zusammenarbeit als Unterrichtsmethode reichen. Der Schwerpunkt in der praktischen Ausbildung liegt auf:

- AR konzentriert sich vielmehr auf Tätigkeiten wie „**klären**“, „**durchführen**“, „**integrieren**“ oder „**beurteilen**“.
- VR konzentriert sich vielmehr auf Aktivitäten wie „**erkennen**“, „**erinnern**“, „**zusammenfassen**“ oder „**einordnen**“.
- Bei der VR-Haptik stehen vielmehr Tätigkeiten wie „**einordnen**“, „**erklären**“, „**durchführen**“ im Vordergrund.

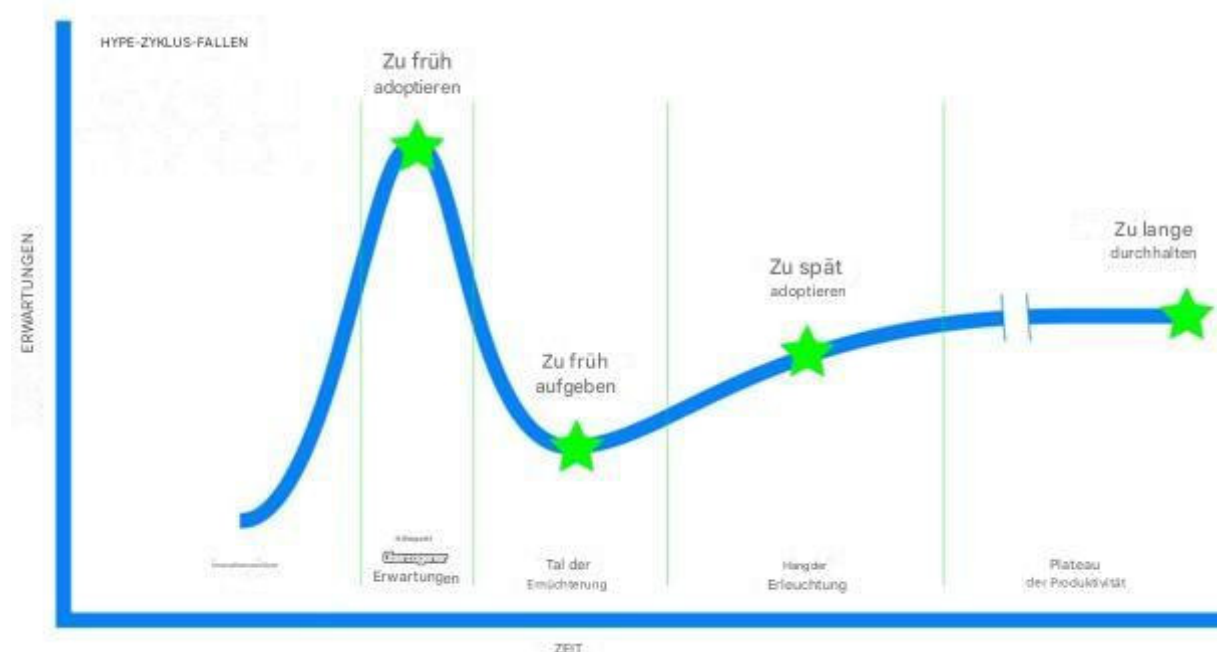


Nach der Definition der erwarteten Wirkung (Augmentation), der Integration des relevanten Wissens (TPACK) und der Klärung der Lernziele kann die Anreicherung der relevanten Lernumgebung mit unterstützenden Kommunikations- und Kollaborationsszenarien erfolgen.

5. Hard- und Software

Die Entwicklung von Smart Glasses (AR , VR) findet in einem sehr dynamischen Umfeld statt. Die Technologie ist nicht neu. In den letzten Jahren sind diese smarten Brillen durch Fortschritte in der Computertechnik und bei Speichermedien zugänglicher geworden. Der Engpass ist die Verfügbarkeit geeigneter und professioneller Inhalte für Arbeits- und Lernumgebungen in Industrie und Handwerk.

Jede neue oder moderne Technologie durchläuft den Hype Cycle³. Angetrieben von hohen Erwartungen, geht sie in die Phase der Ernüchterung über und erweist sich im besten Fall als produktiv. Das Beratungsunternehmen Gartner veröffentlicht jedes Jahr einen Hype Cycle neuer Technologien. AR und VR waren bis 2018 darin zu finden. Beide Technologien steigen vom Hype Cycle von einer „Technologie zum Beobachten“ zu einer mit Nutzen auf.⁴Gartner prognostiziert seitdem „immersive Arbeitsplätze“ und „erweiterte Intelligenz“.



Die Branche wird von Skaleneffekten getrieben. Beim Start des Projekts im Jahr 2022 dominierte Meta Quest 2 (300 €) den Markt.

Ausschlaggebende Faktoren für den Kauf einer VR-Brille sind:

- Preis
- Externer Computer erforderlich oder nicht
- Akkulaufzeit
- Gewicht
- Steuerung: mit Hilfe von Controllern oder per Sprache
- Verfügbare Lerninhalte

Dies führte zur Auswahl folgender Geräte im Projekt:

³ <https://viraloctopus.com/magazine/strategy/gartner-hype-cycle-technology-adoption-curve/>

⁴ <https://arpost.co/2020/09/25/augmented-reality-gartners-hype-cycle/>

Meta-Quest 3



Zur Durchführung der VR-Haptik wurden geeignete Haptikhandschuhe ausgewählt. Wir entschieden uns für die günstigen bHaptics Tactgloves (300 USD pro Paar). Touch und Feel sind vergleichbar wie handelsübliche Arbeitsschutzhandschuhe. Die Besonderheit hier ist, dass dies ein taktilen Feedback (Vibration) geben. Weitere VR-Handschuhe mit taktilen und kinästhetischem Feedback wurden ebenfalls in Betracht gezogen, aber der Preis (etwa 6000 € pro Paar wie Senseglove Nova 2) standen dem entgegen, da der Fokus auf einfach nutzbare und möglichst skalierbaren Lösungen lag.



Maurerhandwerk: Errichtung einer Mauer in VR

1. Problem

Maurerlehrlinge müssen wissen, wie man eine Mauer mit Ziegeln aufmauert. Die Art und Größe der Ziegel ist dabei verschieden. Ein Maurerlehrling muss ein gutes Verständnis für das aufmauern der Ziegel haben und auf eine sichere und ressourcenschonende Verwendung achten.

2. Setting

Der/die Ausbilder/-in gibt eine Einführung zur Anwendung der VR-Brille und das Manövrieren in der interaktiven und immersiven 3D-Umgebung. Der/die Ausbilder/-in weist einem einzelnen Auszubildenden an, das virtuelle Mauern durchzuführen.

3. Lösung

Ein Auszubildender setzt sich die VR-Brille auf, nachdem er vom Bildungspersonal in das Mauern einer Ziegelmauer eingewiesen wurde, **BEVOR** er dies in der Realität ausführt. Er oder sie kann mithilfe des VR-Controllers einen Ziegel nehmen und ihn übereinanderlegen, sodass eine Ziegelmauer entsteht. Die Auszubildenden können zwischen zwei Arten von Ziegeln wählen: größere und kleinere. Die Verwendung von Mörtel wird nicht simuliert, da der Schwerpunkt auf dem richtigen Mauern von Ziegeln liegt. Der/die Ausbilder/-in verfolgt ihn oder sie auf einem externen Bildschirm und überprüft die Ergebnisse. Während der Session gibt der/die Ausbilder/-in Feedback und Tipps. Nach der Session bewertet Der/die Ausbilder/-in die Leistung. Anschließend errichten die Lernenden mit Unterstützung des/der Ausbilder/-in eine Mauer.

4. Ergebnis

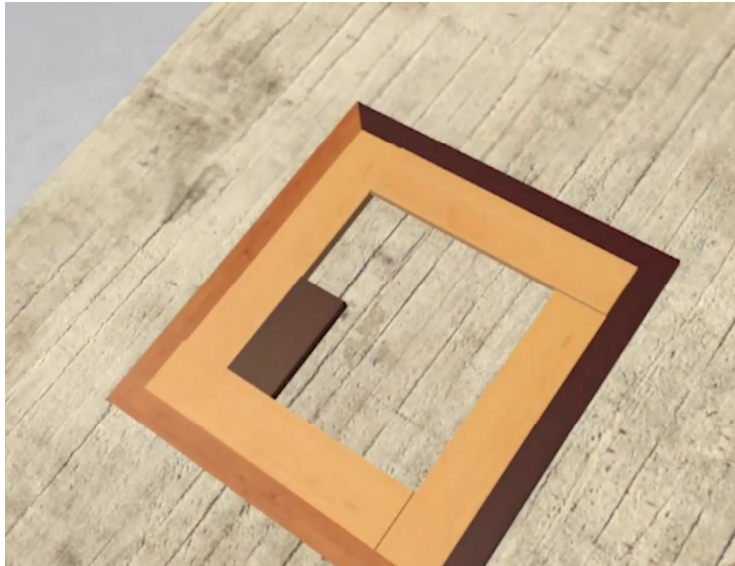
Durch den Einsatz einer VR-Brille können Auszubildende die erlernten Abläufe in einer virtuellen und interaktiven Umgebung erlernen und anwenden. Dies unterstützt das individuelle Lernen und den späteren Transfer in die reale Ausbildung. Diese Methode lässt Fehler zu, spart Material und bietet dem/der Ausbilder/-in die Möglichkeit, digitale Tools in die praktische Ausbildung zu integrieren.



Zimmerer: Oberfräsenutzung mit VR und VR-Haptik

1. Problem	Ein Zimmerer muss wissen, wie man eine Oberfräse (Holzbearbeitungswerkzeug). Oberfräsen sind gefährliche Werkzeuge, wenn sie nicht richtig gehandhabt werden. Der schnell rotierende Bohrer kann Verletzungen verursachen, wenn insbesondere die Sicherheitsvorkehrungen nicht beachtet werden. Die Auszubildenden müssen ein gutes Verständnis für den sicheren Umgang entwickeln, einschließlich der richtigen Handhaltung.
2. Setting	Der/die Ausbilder/-in gibt eine Einführung in die Nutzung der VR-Brille und der VR-Haptikhandschuhe und zeigt, wie der Lernende das Tool in der virtuellen Umgebung damit interagieren kann. Der/die Ausbilder/-in gibt einige Instruktionen zur Durchführung (ca. 15 min).
3. Lösung	Ein Auszubildender nutzt die VR-Brille und die VR-Haptikhandschuhe, nachdem er/sie vom Ausbilder/-in in die Bedienung der Oberfräse eingewiesen wurde, BEVOR er dies in der Realität tut. Die haptischen Handschuhe geben fortwährend Feedback (Vibration) wie die echte Maschine. Der/die Ausbilder/-in folgt ihm oder ihr in Echtzeit auf dem Bildschirm. Damit erfolgt eine Überprüfung der Lernerperformance. Weitere Lernende können auf dem Bildschirm die Arbeitsausführung verfolgen sowie sich in der Benutzung von VR und VR-Haptik abwechseln. Anschließend erfolgt eine Bewertung durch den/die Ausbilder/-in sowie die Nutzung der Oberfräse in der Realität.
4. Ergebnis	Durch die Verwendung von VR und VR-Haptik können Auszubildende praxisnah den Umgang mit einer Oberfräse in einer sicheren Umgebung üben. Dabei erlernen sie den Umgang mit gängigen Problemen sowie können sich durch Wiederholung verbessern. Dies förderte den Wissenstransfer in die berufliche Praxis sowie spart gleichzeitig Material.



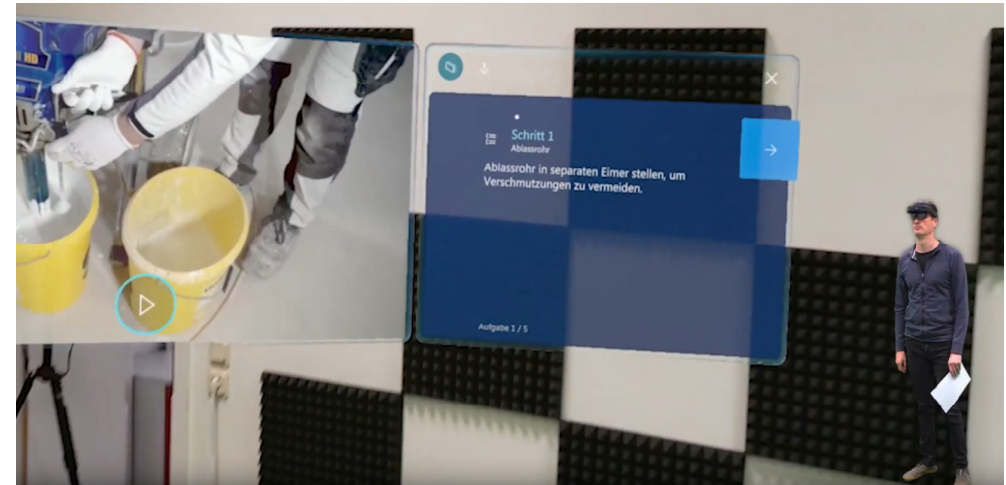
Parkettleger: Parkettlegen mit VR und VR-Haptik		
1. Problem	Das Verlegen von Parkett ist eine aufwändige und komplexe Aufgabe. Die Auszubildenden haben Schwierigkeiten, ihr theoretische Wissen des Parkettlegens in Praxis zu überführen.	 
2. Setting	Der/die Ausbilder/-in gibt eine Einführung in die Verwendung der VR-Brille und VR-Haptikhandschuhe sowie das beim Navigieren der interaktiven und digitalen Umgebung.	
3. Lösung	Ein/-e Auszubildende/-r trägt die VR-Brille und hat die VR-Haptikhandschuhe an, nachdem er oder sie vom Ausbilder/-in in die Verlegung des Parketts eingewiesen wurde, BEVOR er oder sie dies in der Realität ausführt. Wenn das korrekt Parkettelement ausgewählt und verlegt wird, vibrieren die haptischen Handschuhe. Der/die Ausbilder/-in verfolgt ihn oder sie auf dem Bildschirm und überprüft fortwährend die Arbeitsausführung und kann bei Bedarf verbal eingreifen.	
4. Ergebnis	Mithilfe der VR-Brille und der VR-Haptikhandschuhe hat der Auszubildende die Möglichkeit, das auf dem Bildschirm dargestellte Beispiel nachzubilden. Dabei lernt er oder sie, dass es sehr wichtig ist, auf die richtige Reihenfolge der Verlegung zu achten und die vorgeschriebenen Arbeitsschritte einzuhalten. Die interaktive VR- und VR-Haptikumgebung unterstützt den Transfer von Fachwissen in die berufliche Praxis während der anschließenden Parkettverlegung in der Realität.	

Maler: Airlessnutzung in VR und VR-Haptik

1. Problem	Maler- und Lackiererlehrlinge müssen mit verschiedenen technischen Geräten umgehen können, um z. B. eine Wand zu beschichten. Eine Airless ist ein Hochdruckmaschine (bis 200 bar und mehr), um Untergründe in größerem Maßstab mit Farbe oder Spachtel zu beschichten. Sie ist im Malerhandwerk weit verbreitet. Auszubildende müssen ein gutes Verständnis für den sicheren Umgang entwickeln, einschließlich der richtigen Handhabung.	
2. Setting	Der/die Ausbilder/-in gibt eine Einführung in die Verwendung der VR-Brille und der VR-Haptikhandschuhe sowie in die Interaktion der Airless in der interaktiven, virtuellen Umgebung.	
3. Lösung	Der/die Auszubildende trägt die VR-Brille und die VR-Haptikhandschuhe, nachdem er oder sie vom Ausbilder/-in in die Bedienung der Airless eingewiesen wurde, BEVOR er oder sie diese in der Realität nutzt. Der/die Auszubildende trägt schaltet die Maschine in VR ein, wählt den richtigen Spritzdruck aus und bewegt sich mit der Spritzpistole näher an die virtuelle Wand. Die richtige Aktion führt zu einem haptischen Feedback (Vibration) durch die VR-Haptikhandschuhe. Der/die Auszubildende sprüht die Farbe in der richtigen Reihenfolge und im richtigen Abstand auf die Wand, um das gewünschte Spritzbild zu erhalten. Während der Verwendung gibt der Trainer Feedback. Nach der Sitzung bewertet der Trainer die Leistung. Danach verwendet Der/die Auszubildende die Airless in einer realen Umgebung.	
4. Ergebnis	Der Einsatz einer VR-Brille und von VR-Haptikhandschuhen ermöglicht es den Auszubildenden, in einer risikofreien Umgebung die Airless-Maschine sicher zu bedienen und das gewünschte Spritzbild auf der gewünschten Oberfläche zu erzeugen. Dies verbessert das Fachwissen durch Wiederholung und Feedback. Der VR-Einsatz spart Material. Der/die Ausbilder/-in sammelt Erfahrungen zum Einsatz digitaler Medien in der praktischen Ausbildung und kann mehreren Auszubildenden dasselbe Erlebnis vermitteln. Der Auszubildende kann das Gelernte leichter in die Realität übertragen und ist gleichzeitig motivierter. Dies förderte den Wissenstransfer in die berufliche Praxis.	

Maler: Airlessnutzung mit AR

1. Problem	Maler- und Lackiererauszubildende müssen mit verschiedenen technischen Geräten umgehen können, um z. B. eine Wand zu beschichten. Eine Airless ist ein Hochdruckmaschine (bis 200 bar und mehr), um Untergründe in größerem Maßstab mit Farbe oder Spachtel zu beschichten. Auszubildende müssen ein fundiertes Verständnis hinsichtlich der Bedienung eines Airlessgeräts entwickeln. Der Einsatz der Airless in der Ausbildung erfordert eine ständige Anleitung durch eine/-n Ausbilder/-in. Eine programmierfreie, interaktive und moderne Art der Vermittlung von Fachwissen ist eine attraktive Möglichkeit, Auszubildende einzubinden und Ausbildung effektiver durchzuführen.	
2. Einstellung	Der/die Ausbilder/-in weist den/die Auszubildende in die Verwendung der Augmented Reality (AR)-Brille Microsoft HoloLens 2 und der No-Code Microsoft App „Guides“ ein. Er oder sie erstellte vorab mit dem Authoring-Tool „Guides“ auf seinem PC einen digitalen und interaktiven Lernpfad. Während der Nutzung wird ein externer Bildschirm verwendet, sodass der/die Ausbilder/-in die Aktionen des Lernenden in Echtzeit verfolgen kann.	
3. Setting	Der/die Auszubildende trägt die AR-Brille nach Einweisung durch den/die Ausbilder/-in. Dieser wird dabei interaktiv angeleitet, wie er oder sie das Airlessgerät WÄHREND der Anwendung startet und bedient. Nach jedem Schritt führt der/die Lernende diesen direkt in der Realität aus. Der/die Ausbilder/-in gibt in Echtzeit Feedback durch die Live-Übertragung aus der AR-Brille auf einen externen Monitor.	
4. Ergebnis	Durch die Nutzung der AR-Brille und der Guides App können sich die Auszubildenden Wissen zur Inbetriebnahme und zur Bedienung des Airless aneignen. Dies steigert deren Selbstvertrauen und Motivation. Mit der „Guides“ App kann der/die Ausbilder/-in durch die Einbindung bestehender Texte und Videos ein spannendes interaktives Lernerlebnis schaffen.	

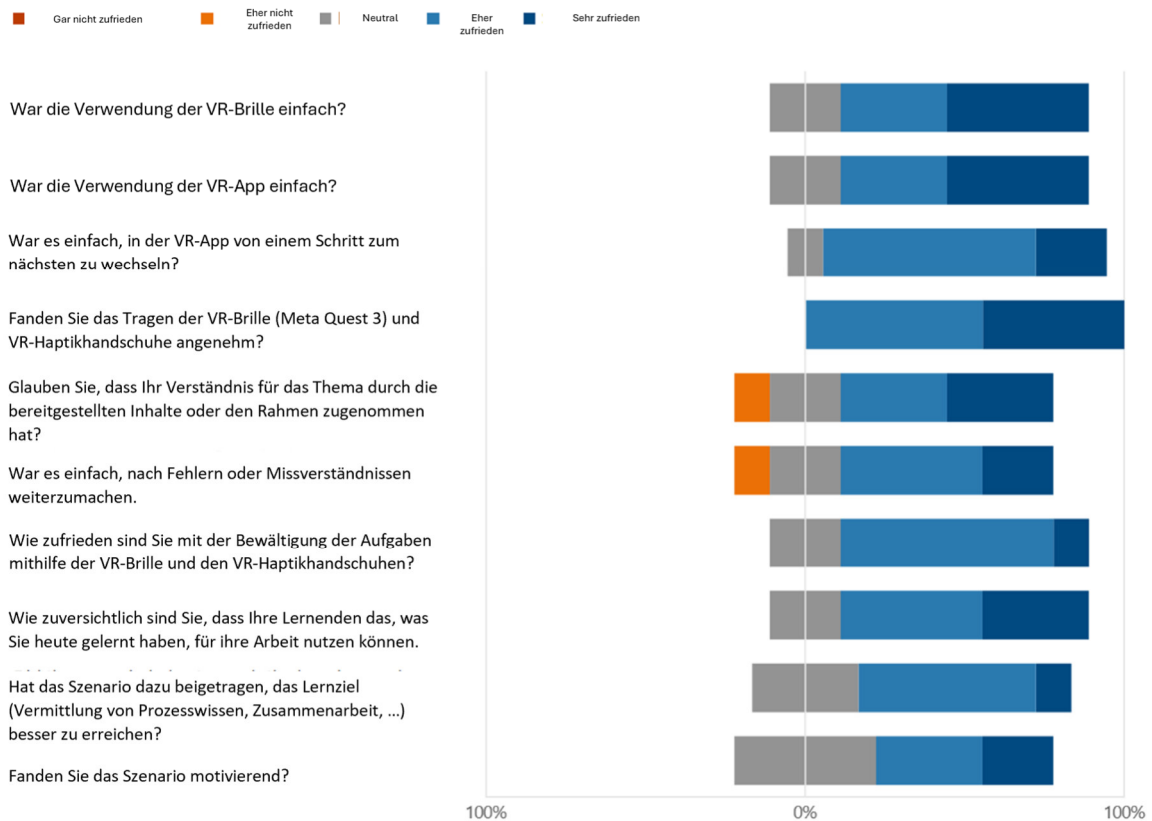


6. Auswertung

XR4CRAFTS führte zwei Evaluationsrunden mit Auszubildenden und Branchenexperten durch. Insgesamt gingen 67 Nutzerfeedbacks ein. Die qualitative Evaluation erfolgte mittels eines Selbsteinschätzungsfragebogens (Likert-Skala, siehe Anhang).

Maurer: 75% der Nutzer gaben an, dass das VR-Erlebnis beim Erreichen des jeweiligen Lernziels unterstützt und 88% empfanden es als motivierend.

Zimmerer: 79 % der Nutzer empfanden das VR- und VR-Haptik-Erlebnis als nützlich, 70 % als sehr motivierend.



Parkettleger: 66 % der Nutzer/-innen sahen einen Nutzen in der Anwendung von VR und VR-Haptik und 67 % empfanden das gewählte Szenario als besonders motivierend.

Maler- und Lackierer: 76% der Branchenprofis empfanden den Einsatz von VR und VR-Haptik als nützlich, um das Lernziel zu erreichen. Fast ebenso viele (75) empfanden das Szenario als motivierend für die Nutzung.

Die positiven Evaluationsergebnisse, insbesondere in Kombination mit VR-Haptik, lassen auf einen weitergehenden Einsatz in der praktischen Ausbildung hoffen. Sie zeigen zudem, dass sich die Szenarienauswahl sowie die klare pädagogische Fokussierung gelohnt haben.

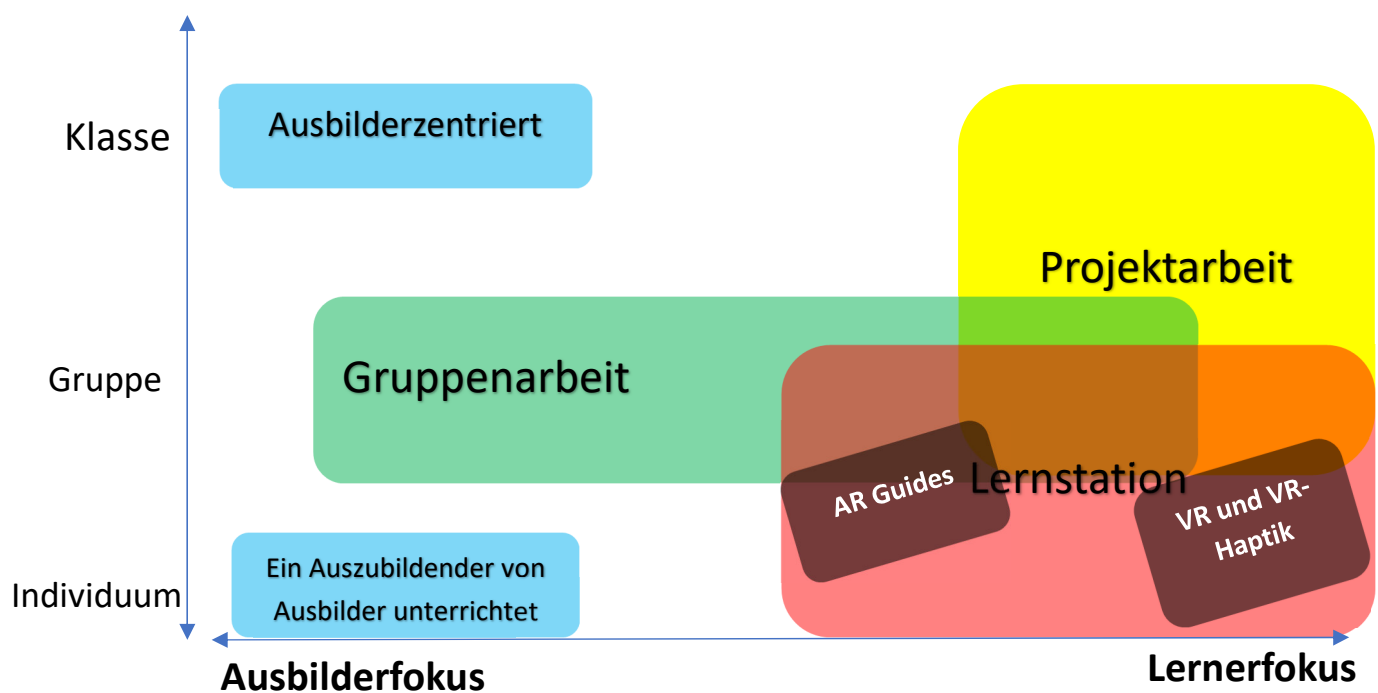
7. Einige Erkenntnisse

Alle durchgeführten Formen funktionierten und förderten eher lernerzentrierte Ansätze, die von **selbstgesteuert** bis hin zu **expertenbegleitetem (Ausbilder/erfahrener Auszubildender)** (VR und VR-Haptik) reichten. Der Einsatz digital angereicherter oder rein digitaler Szenarien unterstützte den Übergang der Ausbilder/-innenrolle: vom Ausbilder zum Coach. Auszubildende werden zu einer stärkeren Selbstorganisation und einem selbstgesteuerten Kompetenzerwerb geführt.

Die Anwendung von AR-Anleitungen erfordert keinen Programmieraufwand, im Gegensatz dazu benötigt die VR- und VR-Haptikumgebung eine entsprechende Softwareprogrammierung.

Durch die Erprobung in der praktischen Ausbildung wurde eine **synchrone Kommunikation begünstigt**.

Die Auswahl der richtigen Kommunikations- und Kollaborationsform muss sich an den unterschiedlichen Lehr- und Lernformen im praktischen Ausbildungsumfeld orientieren.



8. Ausblick

XR4CRAFTS betrat Neuland, indem es Elemente der traditionellen Berufspädagogik sowie der Mediendidaktik miteinander verband. In Bezug auf den Mehrwert haben wir bewiesen, dass AR, VR und VR-Haptik seine Berechtigung hat als Erweiterung bestehende Lehr- und Lernmethoden sowie -werkzeuge. Der/die Ausbilder/-in muss sich gründlich fragen, warum, auf welche Art und Weise sowie in welcher Form diese drei Bildungstechnologien besonders lernhaltig eingesetzt werden können.

Die Hardware wird von Tag zu Tag günstiger und leistungsfähiger. Eine entsprechende Mediendidaktik stärkt deren Einsatz bei Auswahl, Erstellung und Anwendung von Inhalten.

Die derzeit noch eingeschränkte Verfügbarkeit von AR, VR und VR-Haptik in der praktischen Ausbildung bindet das Bildungspersonal an bestimmte pädagogische Lehr- und Lernformen. Lernstationen und Gruppenarbeiten sind geeignete Möglichkeiten, um durch den Einsatz von AR, VR und VR-Haptik bzw. XR entsprechende fachliche, soziale und digitale Kompetenzen zu vermitteln.

9. Anhänge

Evaluationssformular – VR-Szenario:

Bitte kreuzen Sie die zutreffende Antwort an.

Frage	Sehr viel/ Viel			Gar nicht	
War die Verwendung der VR-Brille einfach?					
War die Verwendung der VR-App einfach?					
War es einfach, in der VR-App von einem Schritt zum nächsten zu wechseln?					
Fanden Sie das Tragen der VR-Brille (Meta Quest 3) angenehm?					
Glauben Sie, dass Ihr Verständnis für das Thema durch die bereitgestellten Inhalte oder den Rahmen zugenommen hat?					
War es einfach, nach Fehlern oder Missverständnissen weiterzumachen?					
Wie zufrieden sind Sie mit der Bewältigung der Aufgaben mittels VR-Brille?					
Wie zuversichtlich sind Sie, dass Ihre Lernenden das, was Sie heute gelernt haben, für ihre Arbeit nutzen können?					
Hat das Szenario dazu beigetragen, das Lernziel (Vermittlung von Prozesswissen, Zusammenarbeit, ...) besser zu erreichen?					
Finden Sie das Szenario motivierend?					

Kommentare (optional):

Evaluationsformular – VR+VR-Haptik-Szenario:

Bitte kreuzen Sie die zutreffende Antwort an.

Frage	Sehr viel/ Viel			Gar nicht	
War die Verwendung der VR-Brille einfach?	☐	☐	☐	☐	☐
War die Verwendung der VR-App einfach?	☐	☐	☐	☐	☐
War es auch mit VR-Haptikhandschuhen einfach, in der VR-App von einem Schritt zum nächsten zu wechseln?	☐	☐	☐	☐	☐
Fanden Sie das Tragen der VR-Brille (Meta Quest 3) und der VR-Haptikhandschuhe angenehm?	☐	☐	☐	☐	☐
Haben Sie das Gefühl, dass sich Ihr Verständnis für das Thema durch die bereitgestellten Inhalte oder Einstellungen bei der Verwendung von VR-Haptikhandschuhen verbessert hat?	☐	☐	☐	☐	☐
War es einfach, nach Fehlern oder Missverständnissen weiterzumachen?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie zufrieden sind Sie mit der Bewältigung der Aufgaben mithilfe der VR-Brille und den VR-Haptikhandschuhen?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie zuversichtlich sind Sie, dass Ihre Lernenden das, was Sie heute gelernt haben, für ihre Arbeit nutzen können?	☐	☐	☐	☐	☐
Hat das Szenario dazu beigetragen, das Lernziel (Vermittlung von Prozesswissen, Zusammenarbeit, ...) besser zu erreichen?	☐	☐	☐	☐	☐
Finden Sie das Szenario motivierend?	☐	☐	☐	☐	☐

Kommentare (optional):

Evaluationsformular – AR Guides- Szenario: _____

Bitte kreuzen Sie die zutreffende Antwort an.

Frage	Sehr viel/ Viel			Gar nicht	
War die Verwendung des AR-Brille einfach?	☐	☐	☐	☐	☐
War die Verwendung der AR-App einfach?	☐	☐	☐	☐	☐
War es einfach, in der AR-App von einem Schritt zum nächsten zu wechseln?	☐	☐	☐	☐	☐
Fanden Sie das Tragen der AR-Brille (Microsoft HoloLens 2) angenehm?	☐	☐	☐	☐	☐
Haben Sie das Gefühl, dass sich Ihr Verständnis für das Thema durch die bereitgestellten Inhalte verbessert hat?	☐	☐	☐	☐	☐
War es einfach, nach Fehlern oder Missverständnissen weiterzumachen?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie zufrieden sind Sie mit der Bewältigung der Aufgaben mithilfe der AR-Brille?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie zuversichtlich sind Sie, dass Ihre Lernenden das, was Sie heute gelernt haben, für ihre Arbeit nutzen können?	☐	☐	☐	☐	☐
Hat das Szenario dazu beigetragen, das Lernziel (Vermittlung von Prozesswissen, Zusammenarbeit, ...) besser zu erreichen?	☐	☐	☐	☐	☐
Finden Sie das Szenario motivierend?	☐	☐	☐	☐	☐

Kommentare (optional):