

**Mareike MENZEL¹, Kim WEPNER¹, Thomas SCHRÖDER¹
Steffen JASCHKE², Christopher KUHNHEN²,
Peter SCHUSTER² & Tamara RIEHLE³**

(Technische Universität Dortmund¹, Universität Siegen², Universität Rostock³)

**Hybrid gestaltete Arbeits- und Lernprozesse –
Augmented Reality am betrieblichen Arbeitsplatz**

bwp@-Format: **Berichte & Reflexionen**

Online unter:

https://www.bwpat.de/ausgabe43/menzel_etal_bwpat43.pdf

seit 17.03.2023

in

bwp@ Ausgabe Nr. 43 | Dezember 2022

Digitale Arbeitsprozesse als Lernräume für Aus- und Weiterbildung

Hrsg. v. **Karin Büchter, Karl Wilbers, Lars Windelband & Bernd Gössling**

www.bwpat.de | ISSN 1618-8543 | *bwp@* 2001–2023

bwp@

www.bwpat.de



Herausgeber von *bwp@* : Karin Büchter, Franz Gramlinger, H.-Hugo Kremer, Nicole Naeve-Stoß, Karl Wilbers & Lars Windelband

Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online

**MAREIKE MENZEL¹, KIM WEPNER¹, THOMAS SCHRÖDER¹,
STEFFEN JASCHKE², CHRISTOPHER KUHNHEN², PETER
SCHUSTER² & TAMARA RIEHLE³**

(Technische Universität Dortmund¹, Universität Siegen², Universität Rostock³)

Hybrid gestaltete Arbeits- und Lernprozesse – Augmented Reality am betrieblichen Arbeitsplatz

Abstract

Im Projekt LAARA wird untersucht inwiefern Augmented Reality (AR) als hybrider Lernraum im Arbeitsprozess eingesetzt und genutzt werden kann. Dabei dient AR sowohl als Werkzeug zur Unterstützung des Arbeitsprozesses als auch als Lern- und Informationsmedium im Arbeits- und Handlungsprozess. Nach der Entwicklung wurden in der Erprobung förderliche und hemmende Kriterien bestimmt, die das Lernen, Informieren sowie Agieren im Arbeitsprozess beeinflussen. Diese umfassen die persönlichen Einstellungen verschiedener Probandengruppen ebenso wie Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion. In diesem Beitrag werden vorläufige Erkenntnisse aus dem noch bis September 2023 laufenden Projekt aufgezeigt und erörtert.

Hybrid work and learning processes – augmented reality at the workplace

The LAARA project investigates the extent to which augmented reality (AR) can be used as a hybrid learning space in the work process. AR serves both as a tool to support the work process and as a learning and information medium in the work and action process. After the development, conducive and inhibiting criteria that influence learning, informing as well as acting in the work process were determined in the testing. These include the personal attitudes of different groups of test persons as well as aspects of human-machine interaction. This article presents and discusses preliminary findings from the project, which will run until September 2023.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, AR, Hybride Lernräume, Lernen im Arbeitsprozess, LAARA

bwp@-Format: **BERICHTE & REFLEXIONEN**

1 Einleitung

Die digitale Transformation wirkt sich auf alle Lebens- und Arbeitsbereiche sowie auf die berufs- und betriebspädagogischen Perspektiven auf die Ausgestaltung beruflicher Bildung an allen Lernorten aus (vgl. Dehnbostel et al. 2021).

Das Lernen in beruflichen bzw. betrieblichen Kontexten vollzieht sich als ein Kompetenzentwicklungsprozess, der die Lernenden in kontinuierlicher Erweiterung der eignen Handlungs-

und Entscheidungsspielräume zu einem eigenständig handelnden Subjekt werden lässt, das seine Aufgaben und Handlungen selbstständig plant, analysiert, ausführt und kritisch reflektiert. Arbeitsbezogene Lernorganisationsformen, sei es an beruflichen Schulen, in Ausbildungszentren oder am betrieblichen Arbeitsplatz, erfordern daher eine prozessuale Integration von Arbeits- und Lernzielen und -organisation (vgl. Schröder/Dehnbostel 2021, Schröder/ Dehnbostel 2020). In Folge der Digitalisierung besteht die Herausforderung darin, ein erfahrungsbezogenes Handlungslernen über digitale Lernformen dergestalt zu befördern, dass sinnfälligerweise die Handlungsprozesse oder die betrieblichen Arbeitsprozesse nicht behindert werden.

In vielen Bereichen der Lebens- und Arbeitswelt ist vermehrt eine Vermischung von physischen und virtuellen Erzeugnissen festzustellen. Von der Überblendung von realen Touristenattraktionen mit digitalen Zusatzinformationen bis zur Abbildung vollständiger Produktionsumgebungen mittels digitaler Zwillinge. Die Übergänge zwischen einer nahezu rein physischen und einer fast vollständig digitalen Arbeitsumgebung sind fließend und branchenabhängig und die dadurch angestoßenen Transformationsprozesse werden die aktuelle Arbeitswelt schrittweise und nachhaltig verändern. Arbeitsorte werden immer häufiger auch zu Lernorten und die neuen digitalbasierten Werkzeuge lassen sich als Werkzeuge und als Lehr-/Lernmittel verwenden.

“Durch die Vernetzung von Produktionsprozessen, mitunter begleitet durch konvergierende Berufsfelder, werden Tätigkeitsprofile komplexer und führen zu erhöhten Anforderungen an Angestellte und somit auch an Auszubildende. Gerade in gewerblich-technischen Berufen deckt der Arbeitsbegriff heutzutage nicht mehr nur die physisch reale Tätigkeit an Maschinen ab, sondern umfasst zudem die digitale Ebene, die die Realität wie ein unsichtbares Netz durchzieht.” (Fehling 2017, 126).

Losgelöst von einer wissenschaftlichen Perspektive erscheint die AR-Technologie zunächst prädestiniert für die Unterstützung in Lehr-/Lern- und Arbeitsprozessen. Indem ein Arbeitsablauf in einem AR-Device eingeblendet wird und Informationseinheiten auf verschiedene Kompetenzniveaus bereitgestellt werden können, können Fachkräfte unterschiedlichster Leistungsniveaus die Handhabung an z. B. komplexen Maschinen im Lern- und Arbeitsprozess erlernen (vgl. Mehler et al. 2021). Augmented Reality ermöglicht es, Arbeitsprozesse und Maschinenelemente zu visualisieren, die in der Realität nicht sichtbar sind, da sie sich z. B. im Inneren einer Maschine befinden. Es wird angenommen, dass diese Funktionen den Lernprozess im Arbeitsprozess maßgeblich unterstützen können (vgl. BMBF 2021). Diese Zusammenhänge sind jedoch kaum untersucht und es zeigt sich ein erheblicher Forschungsbedarf, der über die intuitive Vorstellung und eine Technikbegeisterung hinausgeht.

Unter welchen didaktischen sowie technischen Bedingungen Augmented Reality im Arbeitsprozess im Bereich der Metallindustrie umgesetzt werden kann, wird im Projekt LAARA (Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess) erforscht. Das wissenschaftliche Vorgehen und bisherige Ergebnisse werden in diesem Beitrag vorgestellt.

2 Vorstellung des Projektes LAARA

Im wissenschaftlichen Verbundprojekt LAARA forschen die Partner der TU Dortmund, Universität Siegen und Universität Rostock interdisziplinär. Der UNESCO-Lehrstuhl für Berufsbildung, Kompetenzentwicklung und Zukunft der Arbeit der TU Dortmund und die Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik der Uni Siegen entwickelten das Forschungsdesign unter Begleitung des Lehrstuhls Berufspädagogik - Fachdidaktik gewerblich-technischer Fachrichtungen in Rostock. Der Lehrstuhl für Umformtechnik der Universität Siegen verantwortet die Entwicklung der technischen Aufbauten und agiert als Experte in den betrachteten Arbeitsprozessen.

*Ziel des Forschungsprojektes und leitende Fragestellung ist es, zentrale Parameter und ihre Gestaltungsspielräume zu identifizieren, die einen Einfluss auf das Lernen, Informieren und Agieren am Arbeitsplatz im Kontext von AR haben (s. <https://laara.info/>). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt das Vorhaben im Rahmen des Programms *Förderung von Forschung zur Gestaltung von Bildungsprozessen unter den Bedingungen des digitalen Wandels* vom 01.10.2020 bis zum 30.09.2023. Die wissenschaftliche Begleitung orientiert sich an den Prinzipien der Handlungsforschung und ist explizit auf Innovation in der Berufsbildung gerichtet.*

Im Fokus des Projektes steht ein exemplarischer und typischer betrieblicher Arbeitsprozess, das Rüsten und Parametrieren einer Werkzeugmaschine, der ein hohes Prozessverständnis und Erfahrungswissen bei gleichzeitig wenig handwerklichen Fertigkeiten erfordert. Es steht also die kognitive, nicht psychomotorische Zieldimension im Mittelpunkt. Der vollständige Rüstprozess umfasst alle Schritte von der Einrichtung der Maschine bis hin zur Dokumentation der Qualitätsmerkmale des Produkts im Prüfprotokoll für das Biegen eines Rotationszugbiegebauteils einschließlich dem Einstellen von Parametern. Weiter erfolgt die direkte, allgemeine Sichtprüfung nach DIN EN 1330-10 in Verbindung mit DIN EN 13018 des gebogenen Rohres anhand des Prüfprotokolls sowie das Eintragen des Ergebnisses der Prüfung in der ersten Erhebungsphase (vgl. Agus et al. 2021).

3 Aktuelle Forschungslage

Im Folgenden wird das Verständnis von Augmented Reality, das als Grundlage im Projekt LAARA dient, sowie aktuelle Forschungsergebnisse von AR-Projekten vorgestellt.

3.1 Verständnis von Augmented Reality

Zum Verständnis von Augmented Reality im Projekt LAARA wird die allgemein gehaltene Definition von Furht und Carmigniani herangezogen, die Augmented Reality als eine direkte oder indirekte Ansicht einer realen, physischen Umgebung versteht, die durch Hinzufügen von computergenerierten Informationen angereichert wurde (vgl. Furth 2011). Ergänzend herangezogen wird die Definition von Dörner (2019), der neben der Kombination aus Virtualität und Realität und Einblenden von virtuellen Objekten noch die Interaktion in Echtzeit als ein Merkmal von AR benennt.

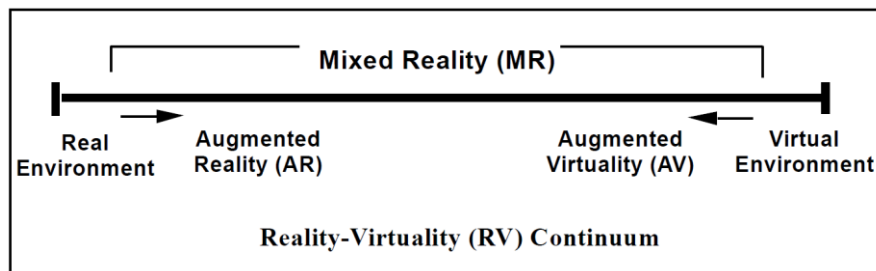


Abbildung 1: Reality-Virtuality Kontinuum nach Milgram et al. (1995)

Im Folgenden wird kurz auf das Reality-Virtuality-Kontinuum eingegangen. In dem von Milgram et al. beschriebene Reality-Virtuality Kontinuum, welches sich von dem Extremen der Ansicht der realen Welt einerseits und der Ansicht einer vollständig virtuellen Welt andererseits erstreckt (vgl. Milgram et al. 1995), lässt sich die im Projekte verwendete AR-Brille nahe am linken Ende des Kontinuums verorten, also dem Extrem der Ansicht der realen Welt zugewandtem Ende (vgl. Abbildung 1). Milgrim et al. klassifizieren Darstellungen im Kontinuum weiter nach egozentrischer und exozentrischer Darstellung. Im Gegensatz zur exozentrischen ermöglicht eine egozentrische Darstellung, die sich aus Position und Blickrichtung des Betrachters ergibt, einen höheren Grad an Immersion, also dem „versinken“ in dem Wahrgenommenen und gleichzeitigem Ausblenden der Tatsache, dass das Wahrgenommene teilweise nicht der physischen Realität entspricht. Das Erreichen dieser Immersion sprach für die verwendete AR-Brille.

3.2 Aktuelle Forschungsergebnisse

Die Forschungs- und Anwendungsprojekte bezüglich Augmented Reality in der beruflichen Bildung haben in den letzten Jahren zugenommen, es ist jedoch aktuell eine vergleichsweise neue Technologie, die sich in der Entwicklung befindet. Für das Projekt LAARA wurde die Projektlandschaft gesichtet, die Eindrücke und Ergebnisse haben dann Eingang in den konzeptionellen Aufbau des Projektes bekommen.

Projekte wie LeARn4Assembly (Didaktische und lernförderliche Gestaltung VR-/AR-basierter Lern und Assistenzsysteme für komplexe (De-)Montagetätigkeiten in der Produktion), FeDiNAR (Fehler didaktisch nutzbar machen mit Augmented Reality) und MARLA (Masters of Malfunction) sind hier für die didaktische Konzeption hervorzuheben (vgl. BMBF 2021). Dass die Einbettung der AR-Technologie in eine didaktische Konzeption essentiell ist, stellen Garzón et al. (2020) in einer Metaanalyse heraus.

Das Augmented Reality für Firmen eine gute Ergänzung für betriebliche Lehr-/Lernkontexte darstellt, zeigen die Beispiele der Firmen Leybold und Audi, die dies bereits in der Praxis umsetzen. Die Anwendung reicht von der Effizienzsteigerung im Qualitätssicherungsprozess zu einer Smart Service Assistant-App als Augmented Reality-Applikation zur Wartung und Instandhaltung komplexer Maschinen.

Die Vorteile, die die AR-Technik im berufsbildenden Bereich hat, werden von Lester und Hofmann (2020) herausgestellt. So können normalerweise nicht sichtbare Sachverhalte wie Kräfte, Spannungen oder Ströme dargestellt werden oder Prozesse in geschlossenen Bereichen sichtbar gemacht werden. Er können Fehler erkannt oder situationsabhängige Hilfen gegeben

werden. Online zugeschaltetes Lehrpersonal kann einem Lernenden beobachten und spontan Hilfestellung geben.

Um die Vorteile der AR-Technik für Lernprozesse nutzen zu können, besteht die Notwendigkeit die Lehr-/Lernszenarios zu gestalten. Beispielsweise untersuchen Pletz und Zinn (2020) eine VR-Lehr-/Lernumgebung zu additiven Fertigungsverfahren affektive Auswirkungen und Transferleistungen. Im medizinischen Bereich untersuchen Balian et al. (2019) das Erlernen von Reanimation durch Herzdruckmassage mittels AR-Technik und Kuhn et al. (2021) das Erwerben von chirurgische Fertigkeiten mittels AR- und VR-Lehr-/Lernumgebungen. Wenngleich diese Studien - wie viele andere auch - Vorteile der AR-Lehr-/Lernumgebungen konstatieren, werden die Möglichkeiten, die die Gestaltung von Lehr-/Lernumgebung und deren Usability bieten, jedoch kaum im Licht didaktischer und berufspädagogischer Theorien beleuchtet. An dieser Stelle setzt das Projekt LAARA an, um Erkenntnisse zu dieser Problematik zu gewinnen.

4 Aufbau und Forschungsmethodologisches Vorgehen

Der Fokus der Studie liegt auf dem Agieren und Lernen der Proband*innen mit Augmented Reality. Es wird untersucht, wie sich Augmented Reality auf die Aneignung von Handlungs-routinen in Bezug auf einen Arbeitsprozess auswirkt. Im Rahmen der Forschung wird sowohl eine Lernsituation mit Augmented Reality Brillen gestaltet, als auch alternative Formen herangezogen. Der Vergleich mit alternativen Lernumgebungen in denen Tablets (ohne AR-Funktion) eingesetzt werden, lassen tiefergehende Schlüsse in Bezug auf die Lernförderlichkeit der spezifischen Lehrmittel und ihre Gestaltung zu.

4.1 Didaktischer Ansatz

Unter der Perspektive des Agierens und Lernens in Simulationsumgebungen an beruflichen Schulen oder in Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten ist die vollständige Handlung ein strukturbildendes Element. Die Kompetenzentwicklung vollzieht sich in der Bearbeitung ganzheitlicher berufstypischer Arbeitsaufgaben und den daraus resultierenden Arbeitsprozessen. Der didaktische Ansatz lehnt sich einerseits an die Arbeitsprozessorientierung (vgl. Becker/Spöttl 2016) sowie an die handlungsorientierte Lernorganisation nach Jank & Mayer (2014) mit einer partizipative Planung eingangs und eine abschließende Reflexion als gewichtige Elemente der erfahrungsbezogenen Lern- und Handlungsprozesse an.

Das nachfolgende Modell (Abbildung 2) verdeutlicht den Ablauf der Lernorganisation. Es steht sowohl für das arbeitsintegrierte Lernen im betrieblichen Arbeitsprozess als auch für das arbeitsorientierte Lernen an beruflichen Schulen oder den Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten. Im Projekt bildet dieses Modell die Basis der didaktischen Konzeption zur Verwendung der AR-Technologie.

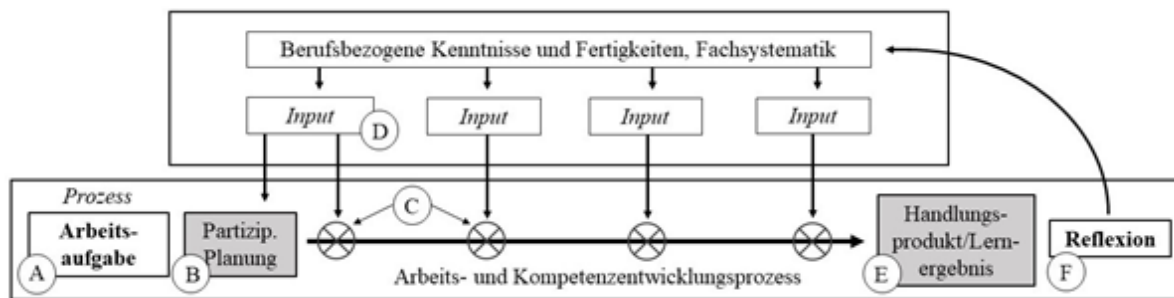


Abbildung 2: Didaktische Konzeption und Struktur des arbeitsbezogenen Kompetenzerwerbs (Schröder 2019)

Zunächst wird eine berufstypische oder betriebliche Arbeitsaufgabe ausgewählt (A), die dem Kompetenzentwicklungsstand der Lernenden und dem Curriculum entspricht, und didaktisch transformiert – d. h. mit erforderlichen Unterstützungsmaterialien versehen, die in diesem Fall in der AR aufgehen. Die Arbeitsaufgabe hat einen ganzheitlichen Charakter und einen angemessenen Komplexitätsgrad sowie ein eindeutig definiertes Handlungsprodukt (E) bzw. Arbeitsergebnis. Auf Basis der Aufgabe erfolgt eine partizipative und antizipative Planung der Arbeitsschritte, die es den Lernenden ermöglicht, die Arbeitsaufgabe (A) selbstständig zu bearbeiten sowie das Handlungsprodukt (E) zu erstellen. Während des Arbeitsprozesses treten erfahrungsgemäß Herausforderungen auf, die von den Lernenden zu bewältigen, oder Probleme, die zu lösen sind (C). Zur Unterstützung der Lernenden stehen verschiedene medial aufbereitete Inputs (D) in Form von Videos, Audio-Dateien, Symbolen, 3D-Modellen und Texten zur Verfügung, die die Lernenden zur Zielerreichung verwenden können. Abschließend – und in ihrer Bedeutung nicht zu unterschätzen – steht die Reflexion. Hier werden im Arbeitsprozess getroffene Entscheidungen sowie gewonnene berufsbezogene Erfahrungen und Kenntnisse in Relation zu den Zielaspekten reflektiert (F) und an vorhandene Theoriebestände der Fachsystematik vertiefend zurückgebunden.

Die Verwendung der AR-Technologie im konkreten Arbeitsprozess basiert auf der Annahme, dass „Lernen in der Arbeit die älteste und am weitesten verbreitete Form beruflicher Qualifizierung“ ist (Dehnbostel 2007, 14). Dabei wird der Arbeitsprozess, der viele didaktische und methodische sowie lerntheoretische Anknüpfungspunkte bietet, als Lernprozess genutzt.

Die lerntheoretische Grundlage bilden das Erfahrungslernen, das Lernen aus Fehlern und das problembasierte Lernen, sowie das handlungsorientierte Lernen, da diese Modelle und Theorien vor allem beim Lernen in der beruflichen Bildung und im Arbeitsprozess eingesetzt bzw. als Ausgangspunkt für didaktisch-methodische Überlegungen herangezogen werden (vgl. Dehnbostel 2011).

- *Erfahrungsbasiertes Lernen / Erfahrungslernen:*

Die Theorie des Erfahrungslernens basiert auf der Annahme, dass aus Erfahrungen im Umgang mit (beruflichen) Situationen und Herausforderungen gelernt wird und sich zukünftige (Arbeits-)Handlungen an diesen Lernerfahrungen orientieren (vgl. Dehnbostel 2011).

Die Durchführung des Rüstprozesses einer Biegemaschine führt zu einem Zuwachs dieser Erfahrungen und sammelt sich als Erfahrungswissen über die einzelnen Arbeitsschritte sowie über Erfolgsfaktoren. Ein bewusstes Reflektieren der Erfahrungen wird in der Wiederholung des Prozesses gesehen sowie durch die abschließende Reflektion im Call (Schein-Anruf um Gelerntes auf eine Anfrage hin noch einmal zusammenzufassen und das eigene Vorgehen zu begründen), eine Reflektion findet jedoch auch durch das anschließende Interview statt.

- *Lernen aus Fehlern:*

Lernen aus Fehlern kann als ein Spezialfall des erfahrungsbasierten Lernens anzusehen. Darunter fallen Handlungen, die aufgrund von Fehlern und deren Erkenntnis ausgeführt werden: Fehleranalyse und-korrektur oder auch Ursachenforschung. In der Handlung muss ein sogenannter Umbruch stattfinden, d.h. die ausgeführte Tätigkeit wird gestoppt und die Normabweichung wird zu Kenntnis genommen. Durch Reflektion der handelnden Persona kann dann die Ursache des Fehlers und mögliche Lösungen umgesetzt werden (vgl. Harteis et al. 2006).

Lernen aus Fehlern wird im Projekt durch die Fehlerreflektion zum Ende eines Rüstvorgangs initiiert. Durch die Auseinandersetzung mit gängigen Fehlern und der entsprechenden Ursachenforschung kann aus Fehlern gelernt werden, auch wenn durch die Nutzung des Demonstrators kaum „echte“ Fehler entstehen.

- *Problembasiertes Lernen:*

Im problembasierten Lernen ist es die Aufgabe der Lernenden weitgehend selbständig eine Lösung für ein vorgegebenes Problem zu finden. Die Methode lässt in verschiedenen Varianten umsetzen. In der (Aus-)Bildung steht ein authentisches eher komplexes Fallbeispiel im Zentrum. Dieses Fallbeispiel gilt es nach den "Eight Steps" zu bearbeiten: Klärung, Problemdefinition, Ideensammlung, Strukturierung, Lernzielformulierung, Informationsbeschaffung/Erarbeitung von Lerninhalten, Präsentation und Diskussion, Reflexion (vgl. Becker et al. 2010). Die „Eight Steps“ passen in die Schritte des Modells der vollständigen Handlung, nach welchem sich auch das Vorgehen des Projektes ausrichtet, ein.

- *Handlungsorientiertes Lernen/das Modell der vollständigen Handlung:*

Der Lernprozess beim handlungsorientierten Lernen besteht darin, dass die Lernenden erst durch das Durchführen der vollständigen Handlung die Aufgabe erlernen, d. h. berufliche Handlungskompetenz erwerben. Bei der vollständigen Handlung geht es methodisch-didaktisch darum, eine möglichst berufstypische Situation abzubilden, theoretisch zu hinterfragen und zu reflektieren (vgl. Riedl & Schelten 2011). Der Prozess der vollständigen Handlung verläuft in drei Handlungsphasen, die wiederum einen Handlungs-Kreislauf darstellen. In der ersten Phase wird die Handlung durch Wahrnehmung und Denken im Vorfeld der Handlung geplant, und zwar hinsichtlich des Ziels und der Schritte, dieses Ziel zu erreichen. In der zweiten Phase wird die Handlung konkret durchgeführt; dies setzt voraus, dass vorab eventuelle Handlungsalternativen abgewogen werden und eine Entscheidung für eine angemessene Handlung getroffen wird. In der dritten Phase wird das Handlungsergebnis kontrolliert und reflektiert: Hier findet eine Wahrnehmungs-Rückkopplung statt, die zu neuen Erkenntnissen führen kann, auf deren Basis der nächste Arbeitsprozess geplant wird. Die Reflexion der Lernerfahrungen

kann den Horizont für künftige Planungsprozess erweitern und optimieren (vgl. Riedl & Schelten 2011). Die vollständige Handlung wird im Projekt u.A. durch die Lernsituation zu Beginn des Versuches, durch die Fehlerbehebung nach gebogenem Rohr und dem Call erfüllt.

4.2 Technische Lösungen zur Darstellung des Arbeitsprozesses und Identifikation von Schlüsselstellen

Eye-Tracking

Um zu eruieren, in welchen Arbeits- und Lernschritten (Abbildung 2.C) Proband*innen eine dedizierte mediale Unterstützung durch AR (Abbildung 2.D) benötigen, wurde der Rüstprozess Eyetracking gestützt analysiert. Sowohl Experten als auch Novizen führten diesen unter Anleitung durch und trugen eine TobiiPro Glasses 3, zur Messung des Pupillenstandes und der Trajektorien. Somit ließ sich eine Heatmap generieren, die visualisiert, zu welcher Zeit die Proband*innen einzelne Bereiche fokussieren. Heatmaps und Trajektorien indizieren sowohl zeitintensive als auch komplexere Prozessschritte, welche ggf. didaktische Handlungen implizieren

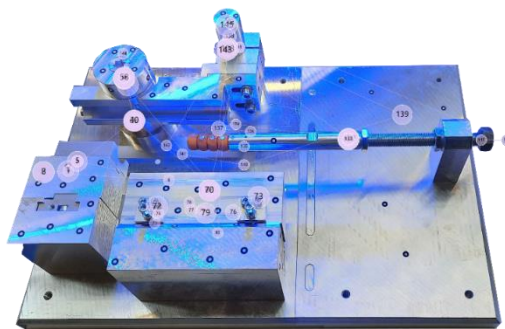


Abbildung 3: Identifikation von Schlüsselstellen mittels Eyetracking

Demonstrator

Aufgrund der Größe und Komplexität einer realen Biegemaschine wurde für das Forschungsprojekt ein mobiles Modell (siehe Demonstrator, Abbildung 3) konstruiert und gefertigt, der auch arbeitssicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigt. Da keine verfahrbaren Achsen existieren, besteht keine Gefahr des Einklemmens. Der real scharfkantige Faltenglätter wurde stumpf ausgeführt und der Biegedorn verfügt über Sollbruchstellen. Ansonsten umfasst der Demonstrator alle für einen Rüstvorgang relevanten Bauteile und ermöglicht damit die Simulation eines realen Rüstprozesses. Aufgrund der geringeren Größe (Länge 518mm x Breite 357 x Höhe 112mm) und ca. 35 kg Gewicht wird die notwendige Mobilität für einen Einsatz der Versuche an verschiedenen Lernorten z. B. bei kooperierenden Betrieben und Überbetriebliche Berufsbildungsstätten erreicht.

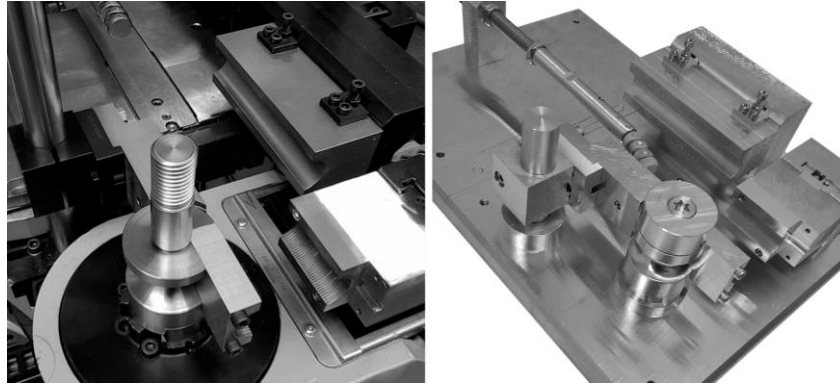


Abbildung 4: Vergleich reale Biegemaschine links und Demonstrator rechts

Hardware Device

Neben dem Demonstrator steht im Fokus des Projektes die AR-Brille HoloLens2 der Firma Microsoft. Diese Brille ermöglicht den Einsatz von technischer und medizinischer Schutzausrüstung z.B. in Form von Handschuhen und eignet sich damit für den Einsatz in Betrieben. Die HoloLens2 ist das Nachfolgemodell der HoloLens1, welche im Projekt „Cyberrüsten 4.0“ genutzt wurde, wodurch die personelle Expertise zu diesem Produkt im Projekt sichergestellt werden konnte.

Für die Simulation der Eingaben am Panel wurde ein Tablet verwendet. Neben einer ausreichenden Größe und einer leichten Anwendbarkeit wurden für das Tablet keine weiteren Kriterien verfolgt.

Software

Die HoloLens2 wird mit der Software Microsoft Guides betrieben. Die HoloLens2 lässt sich selbstverständlich auch mit einer anderen Software betreiben, jedoch hat sich Microsoft Guides für das Projekt als optimal herausgestellt, da hier die Kriterien wie beispielsweise das genaue Tracking am besten erfüllt wurden. So können die virtuellen Objekte bis auf 2mm genau positioniert werden. Zudem ermöglicht die Software es, Videos, Bilder sowie auditive Dateien in den Medienbereich einzupflegen. Die Anwendung wurde durch die vielfachen Einführungen und Tutorials, die u.a. bei Microsoft selber bereitgestellt werden, vereinfacht.

4.3 Versuchsaufbau

Vor der eigentlichen Versuchsdurchführung werden die Proband*innen in die Handhabung mit der AR-Brille eingeführt. Dazu wird eine simple Anleitung durchlaufen, welche beim Aufeinanderstapeln von Holzklötzen unterstützt. Dadurch werden wichtige Elemente von AR-Benutzungsschnittstellen eingeführt, die zur Bedienung notwendig sind. Im Anschluss erhalten die Proband*innen die eigentliche Lern- und Arbeitsaufgabe, sie sollen eine Biegemaschine rüsten und ein Stuhlbein biegen. Sie führen den Arbeitsprozess samt Qualitätskontrolle durch. Der Versuchsaufbau zur Datenerhebung ist in Abbildung 5 dargestellt und zeigt die Sicht der Proband*innen durch die AR-Brille, den hybriden Arbeitsraum.

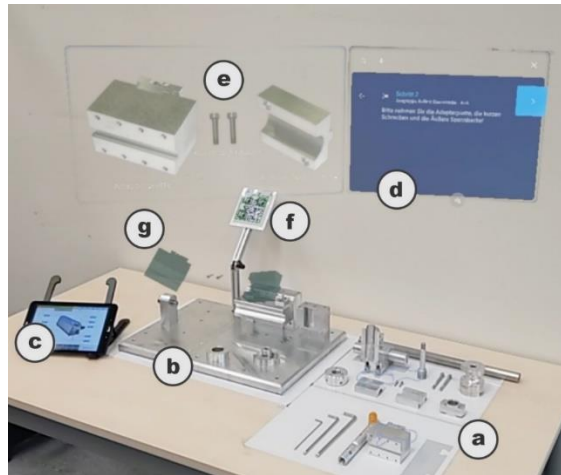


Abbildung 5: Versuchsaufbau

Die für den Rüstprozess benötigten Teile und Werkzeuge sind auf einer Umrisssschablone (a) abgelegt. Der Demonstrator befindet sich zentral auf einem Tisch (b). Die Visualisierung zur Parametrierung der Maschine und der Arbeitsprozessbearbeitung sind auf einem Tablet (c) zu finden. Virtuell stehen verschiedene Arbeits- und Lernprozess unterstützende Darstellungen zur Auswahl. Textfelder (d), Bilder von Bauteilen und Prozessschritten (e), Videos, Audio etc. Ein QR-Code (f) wurde als Nullpunkt am Demonstrator montiert. Daran werden die Hologramme aus 3D-CAD Zeichnungen (g) ausgerichtet.

4.4 Phasen und Erprobungsgruppen

Das Projekt umfasst drei aufeinanderfolgende Erhebungsphasen mit einem jeweils unterschiedlichen Fokus.



Abbildung 6: Übersicht der Erhebungsphasen

Während in der Laborstudie (Dezember 2021 – März 2022) die entwickelte AR-Anwendung mit Studierenden und Auszubildenden innerhalb der Beschäftigten der Verbundpartner erprobt wurde, weiten die beiden Feldstudien I (August 2022 – Oktober 2022) und II (Beginn voraussichtlich März 2023) die Anwendung sukzessive auf die betriebliche Praxis sowie auf berufsbildende Schulen und überbetriebliche Ausbildungszentren aus. Die finale Phase fasst die Ergebnisse zusammen, analysiert und interpretiert diese, v.a. mit Blick auf nachhaltige Einsatz-

und Transfermöglichkeiten. Durch dieses schrittweise Vorgehen in der Erhebung können Ergebnisse in vorangegangenen Erhebungen aufgegriffen und die folgende Erhebungsphase aufgenommen werden. Dadurch können Ergebnisse aus vorherigen Erhebungsphasen bereits in der Studie weiter angewendet und untersucht werden. Die Studie verfolgt so ein iteratives Vorgehen.

4.5 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

Im Projektverlauf werden verschiedene Erhebungsmethoden miteinander kombiniert. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der qualitativen Forschung. Die folgenden Erhebungsmethoden und -instrumente wurden entwickelt und eingesetzt:

- *Arbeitsprozessanalyse/Arbeitsprozessbeobachtung:*

Zu Beginn des Projektes wurden durch das Projektteam Arbeitsprozessanalysen durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen berufswissenschaftlichen Forschungsansatz mit dem Ziel, die charakteristischen Arbeitssituationen und -prozesse einer beruflichen Tätigkeit einschließlich der dazugehörigen Methoden und Werkzeuge zu identifizieren und in einem zweiten Schritt zu untersuchen, welchen Stellenwert diese Aufgaben, Methoden und Werkzeuge für die Kompetenzentwicklung einer Fachkraft haben (vgl. Becker & Spöttl 2008, S. 27). Die Ergebnisse dieser Analysen stellen den inhaltlich-fachlichen Bezug zur Facharbeit her (vgl. ebd.) und bilden den Ausgangspunkt für die Gestaltung der Versuchsabläufe.

- *Fragebogenerhebung:*

Mit einem Grundfragebogen werden zu Beginn jedes Versuches verschiedene Grunddaten (Erfahrung mit unterschiedlichen Medien, Position und Beruf, Erfahrung mit Rüstprozessen etc.) der Proband*innen abgefragt. Diese Grunddaten erfassen damit auf individueller Ebene Merkmale, die auf ihren Einfluss hinsichtlich der Lernerfahrungen ausgewertet werden, um Aussagen über den Einfluss von Erfahrungswissen und vorhandener (Medien-)Kompetenzen auf den Umgang mit bzw. Einsatz von Augmented Reality zu ermöglichen.

- *Leitfadeninterviews:*

Mithilfe von Leitfadeninterviews, welche am Ende eines Versuchsdurchganges durchgeführt wird, werden die (Lern-)Erfahrungen im Versuchsablauf entlang der Forschungsfragen ermittelt. Dies ermöglicht eine vertiefte Analyse der individuellen Voraussetzungen und der erlebten Chancen und Herausforderungen sowie der Rückmeldungen zur Qualität der digitalen Unterstützung und Benutzerfreundlichkeit der verwendeten Medien.

- *Beobachtung (offen, teilnehmend):*

Die Proband*innen werden während der Durchführung durch 1-2 Versuchsleiter beobachtet. Ein entsprechendes vorstrukturiertes Beobachtungsprotokoll und ein dazugehöriger Beobachtungsleitfaden werden konzipiert. Die Beobachtungssituation wird zusätzlich videografiert, so dass auch beispielsweise die Handlungsabfolge während des Versuches in die Analyse mit ein-

fließen kann. Zum einen werden die Probanden bei der Tätigkeit am Demonstrator aufgenommen und zum anderen befindet sich in der AR-Brille eine Kamera, womit die Sicht der Probanden zusätzlich videografiert werden kann.

Die durch die Instrumente erhobenen Daten werden dokumentiert und transkribiert und nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) ausgewertet. Die Kategorien zur Auswertung werden induktiv und deduktiv gewonnen:

- Darstellungsformen: Holographischen Darstellungsformen, aber auch Video, Bild und akustische Informationsvermittlung, als auch die Kombination verschiedener Darstellungsformen.
- Vorerfahrung: Vorerfahrungen die Proband*innen mitbringen und Auswirkungen auf das Handeln haben.
- Ergonomie: Alle Angaben der Proband*innen zum Sitz und Design der Brille (Druckpunkte, Hitzeentwicklung etc.), Angaben zur Grafik und Bedienbarkeit.
- Nutzung von Zusatzinformationen: Wie werden weiterführende Informationen genutzt, wie werden die bereitgestellten Informationen und Hilfsangebote bewertet.
- Anwendung AR-Brille Guides: Beurteilung der Softwareanwendung im Hinblick auf die Bedienbarkeit, der Sprache, Informationsdichte, Design und Flexibilität.
- Einsatz im Betrieb: Hierunter fallen Industriebetriebe, Bildungsbetriebe (Berufskolleg, ÜBS etc.) und die Frage ob die Proband*innen bereit wären ihr Wissen zu teilen.
- Tablet-Brille: Vor- und Nachteile der AR-Brille und des Tablets im Vergleich.
- Lernen: Angaben zum Lernzuwachs, dem linearen vs. einem nicht-linearen Aufbau und zur Selbstständigkeit.
- Anwendungen Hinweise: Hinweise bezüglich weiterer Anwendungs- und Nutzungsmöglichkeiten der AR-Brille die über die derzeitige Nutzung und Anwendungen im Rahmens des Versuches hinausgehen.

Primär werden die Daten aus den Befragungen für die Auswertung herangezogen, die Angaben aus den Beobachtungsbögen unterstützen diese Ergebnisse.

Die Ergebnisse der Erhebungen werden einerseits genutzt, um die Entwicklung der Versuchsabläufe und der AR-Anwendung nach einer Erprobung zu überarbeiten und gleichzeitig in der nachfolgenden Phase die Praxistauglichkeit und die Transferfähigkeit der Anwendungen zu analysieren (iteratives Vorgehen).

5 Vorstellung der bisherigen Ergebnisse

Nach den ersten beiden Erhebungsphasen konnten einige Ergebnisse bereits gesammelt werden, welche ausgewertet und in der folgenden dritten Erhebungsphase berücksichtigt und die AR-Umgebung entsprechend angepasst werden.

Vergleich unterschiedlicher AR-Endgeräte (Brille/Tablet)

Die Ergebnisse der ersten Erhebungsphase zeigten deutliche Vor- und Nachteile bei der Verwendung von Tablets, mit entsprechend an AR angepasster Software, im Vergleich zu der Verwendung einer AR-Brille. Bei der Nutzung von Tablets hat der Nutzer nur eine Hand frei, sodass das Tablet für beidhändiges Arbeiten weggelegt werden muss. Das Weglegen ist jedoch nicht in allen Arbeitsumgebungen möglich, beispielweise wenn Ablagen an der Maschine fehlen. Auch bei der Montage beweglicher Halterungen sind dadurch die Freiheitsgrade eingeschränkt. Durch die Kombination aus Realität und Virtualität in der AR-Brille können die Lerninhalte direkt eingeblendet werden, wodurch der auszuführende Arbeitsschritt schnell erfass- und umsetzbar ist. Die AR-Brille ermöglicht somit ein beidhändiges Agieren im Arbeitsprozess, was für den betrieblichen Einsatz von Vorteil ist. Auch die Benutzung von Schutzhandschuhen ist damit ohne Einschränkungen bei der Bedienung der AR-Devices möglich (vgl. Al-Maeni et al. 2019)

Ein Nachteil der AR-Brille ist die eingeschränkte Sichtbarkeit von Hologrammen bei ungünstigen, zu hellen Lichtverhältnissen. Hologramme und weitere Darstellungen können dann nur schwer oder gar nicht erkannt werden. Für den Einsatz im industriellen betrieblichen Umfeld kann dies hinderlich sein und bedarf aus technischer Sicht Verbesserungen, wie zum Beispiel eine automatische Anpassung an die gegebenen Lichtverhältnisse. An diesem Punkt ist auf die Aspekte der Ergonomie einer AR-Brille hinzuweisen. Der Tragekomfort wurde von einigen Proband*innen bemängelt. Eine konsequente Nutzung der Brille hielt das Gros der Proband*innen für durchschnittlich 1-2 Stunden möglich. Für den Einsatz von Tablets mit AR-Anwendung spricht derzeit der Kostenfaktor. Er ist bei der AR-Brille deutlich höher, es ist jedoch ein Angleich der Anschaffungskosten feststellbar.

Nutzung von Microsoft Guides

Im Projektverlauf wurde sich für die Verwendung von Microsoft Guides entschieden. Ausschlaggebende Kriterien hierfür waren die Möglichkeit der Erstellung von Anleitungen ohne besondere Informatikkompetenzen sowie die Möglichkeit verschiedene Medienarten gleichzeitig zu verwenden (Text, Video, Audio, Bild, Hologramme).

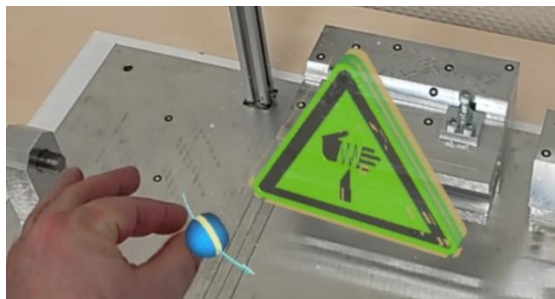


Abbildung 7: Positionierung von Hologrammen

Insgesamt ist das Erstellen einer Anleitung mit Microsoft Guides intuitiv möglich und für die Erforschung förderlicher und hemmender Einstellungen und Dispositionen hinreichend.

Die einzelnen Schritte lassen sich gut erschließen und Microsoft offeriert Hilfestellungen und Tutorials. Allerdings gibt es auch einige Limitationen: Es gibt keine Kopierfunktion, d. h. Arbeitsschritte, die sich wiederholen, müssen immer wieder neu eingepflegt werden. Es gibt ein Limit von 250 Zeichen für Erläuterungen, was für präzise Beschreibungen und Darlegungen zu Lerninhalten zu wenig ist. Zudem ist es nur möglich, acht holographische Objekte (Bedienbuttons + Teile) pro Arbeitsschritt einzufügen. Gerade für komplexere Arbeitsvorgänge stellt dies für eine sinnvolle didaktische Gestaltung eine Herausforderung dar. Diese Einschränkung führt zu einer kleinschrittigen Vorgehensweise und erfordert eine durchdachte didaktische Reduktion.

Ergebnisse zu Darstellungsformen

Die Information wird in Form von textbasierter Sprache, bildlicher Darstellungen, eingesprochener Audio-Dateien, Videosequenzen und digitale 3D-Darstellungen bereitgestellt. Eine Darstellungsform, die von allen Proband*innen präferiert wurde, gab es nicht. Es zeigen sich jedoch deutliche Tendenzen:

- Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass textbasierte, schriftliche Informationen im Vergleich zu anderen Darstellungsformen deutlich seltener (freiwillig) von den Proband*innen herangezogen wurden und die Textlastigkeit bzw. die Textumfänge zur Informationsgewinnung von den Proband*innen kritisch gesehen wurde.
- Die Vorlieben bezüglich der Darstellungsform sind u. a. vom Alter abhängig; besonders die jüngeren Versuchsteilnehmer*innen (unter 25 Jahre) bevorzugten Videos als Quelle der Informationsgewinnung, wohingegen ältere Teilnehmer*innen (ab 25 Jahre) Zeichnungen oder Bilder präferierten.
- Die 3D-Darstellungen wurden von allen Teilnehmer*innen als positiv bewertet.
- Die Kombination aus Audio und 3D-Darstellungen wurde präferiert. Zwei visuelle Darstellungen sind im Vergleich schlechter zu verarbeiten als eine auditive und eine visuelle Bereitstellung von Informationen.
- Es zeigt sich weiterhin, dass die AR-Brille mit den entsprechenden 3D-Darstellungen (Hologrammen) auch fachfremden Personen erlaubt, unabhängig von der Sprachkompetenz, einfache Arbeitsschritte an der Maschine durchzuführen.

Ergonomie

Der Tragekomfort wurde von den Proband*innen unterschiedlich beurteilt. Vereinzelt berichteten sie über ein Schwindelgefühl und bezeichneten die Brille als sehr sperrig und unangenehm. Von der Mehrheit der Proband*innen wurde diese jedoch als nicht störend wahrgenommen und mit dem Gebrauch von Schutzbrillen verglichen, die regelmäßig auch im Betrieb getragen werden müssen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Proband*innen eine Tragedauer von 2-3 Stunden als realistisch erachten, bevor die Brille als unangenehm empfunden wird. Ein Großteil der Proband*innen sprach sich dafür aus, dass die AR-Brille kleiner ausfallen sollte, um den Tragekomfort zu

erhöhen. Neben dem Tragekomfort gewährleistet eine weitere Verkleinerung der Brille eine behinderungsfreiere Bewegung.

Lernen

Wie mit Augmented Reality gelernt wird, ist einer der zentralen Untersuchungsbereiche des Projektes. Hierfür wurde für die zweite Untersuchungsphase ein Szenario entwickelt, das ein Lernen durch Erfahrung und Fehler potenziell ermöglicht. Die Ergebnisse aus der zweiten Erhebungsphase sind vielfältig und werden in der Konzeption der dritten Erhebungsphase Eingang finden. Nach Auswertung der Daten ist zu konstatieren, dass in der zweiten Erhebungsphase ein Lernen im (nachgestellten) Arbeitsprozess nicht in dem erhofften Umfang stattgefunden hat. Als hinderlich wurde von den Proband*innen die fehlende Orientierung beschrieben. Darüber hinaus ließ sich beobachten, dass einige Proband*innen nur ungern die bereitgestellten Texte lasen bzw. gänzlich darauf verzichteten. Die bereitgestellte Information (zum Einstellen der Parameter) wurde von den Proband*innen, v. a. wenn sie in schriftlicher Form dargeboten wurden, selten genutzt. Es spricht für das System, dass sich trotzdem ein Großteil der Proband*innen zutrauten den Rüstvorgang ohne Hilfsmittel erneut vorzunehmen.

Als lernförderlich wurde der Video-Anruf am Ende des Versuches beurteilt, in welchem Fragen zum Versuch beantwortet werden sollten. Hier zeigte sich auch deutlich, für welchem Arbeitsschritt sich die Probanden*innen entsprechende Informationen herangezogen haben. Die Proband*innen gaben an, dass sie sich durch die Aufforderung angehalten fühlten, ihre eigenen Handlungen zu reflektieren und in eigene Worte wiederzugeben. Dies führte zu einer Verbesserung des Lernerfolges. Hervorgehoben wurde von den Proband*innen des Weiteren die Vorteile der Visualisierung beim Lernen durch die Kombination aus digitalen und realen Bauteilen, und die Form des selbstgesteuerten Lernens. Die haptische Erfahrung, welche durch AR-System ermöglicht wird, spielt nach ihren Aussagen eine wichtige Rolle beim Lernen. Das selbstbestimmte Lernen wurde positiv gesehen, auch wenn eine Eingewöhnungsphase in das Medium für notwendig erachtet wird und die Usability verbessert werden sollte. Vor allem überzeugte die Möglichkeit entsprechend dem eigenen Leistungsniveau vorzugehen und individuelle Nutzungsvorlieben nachgeben zu können.

Linearität und Informationsdichte

In der ersten Erhebungsphase wurde im Projekt eine lineare Ausrichtung des Versuches verfolgt, das heißt eine sehr klare Abfolge an auszuführenden Handlungen. Es gelang den Proband*innen sehr gut diesen klaren Anweisungen zu folgen und erfolgreich den Demonstrator zu rüsten, sowie die entsprechenden Eingaben am Panel auszuführen. Bei Proband*innen, welche sich bereits mit dem Thema etwas auskannten, zeigte sich jedoch, dass sie oft selbstständig ohne Anleitung vorarbeiteten und so nur schwer wieder an den richtigen Punkt der Anleitung kamen. In der zweiten Erhebungsphase wurde der Fokus auf das Lernen gelegt. Die Proband*innen wurden durch die Konzeption eines nicht-linearen Versuchsaufbaus ermutigt, sich selber die entsprechenden Lerninhalte und Informationen aus dem System zusammenzustellen und waren hier relativ frei in ihrem Vorgehen. Es zeigte sich, dass die Proband*innen diese Freiheit sehr unterschiedlich beurteilten und auch zu nutzen wussten. Es mussten teilweise

Versuche abgebrochen werden oder mündlich deutliche Hilfestellungen durch die Versuchsleiter*innen gegeben werden, da Proband*innen die Orientierung fehlte. Von rund zwei Drittel der Proband*innen wurde der positive Effekt für das Lernen durch gewährte Freiheit hervorgehoben. Es wurde jedoch auch deutlich, dass die Orientierung innerhalb des Systems für die dritte Erhebungsphase verbessert werden muss, um für alle Proband*innen einen größeren Lerneffekt zu erzielen.

Übertragung der Ergebnisse für die betriebliche Praxis

Für den Einsatz einer AR-Brille bedarf es einer längeren *Einarbeitungszeit*. Sowohl die Bedienung (z. B. der Air-Tap und Blicksteuerung) als auch die für die Durchführung nötige Augenkalibrierung für das optimale Sehen muss vor jeder Anwendung eingeübt bzw. durchgeführt werden. Dies ist nur effizient, wenn lange oder regelmäßig mit der Brille im Arbeitsprozess gearbeitet wird oder ein komplexer und zeitlich aufwändiger Arbeitsprozess deutlich effektiver durchgeführt werden kann. Für kurze Anwendung oder einfache Aufgabe rechnet sich die Anschaffung bzw. der Einsatz für den Betrieb nicht. Im Rahmen des durchgeführten Versuchs beanspruchte die Vorbereitung zur Nutzung der Brille etwa die Hälfte der Durchführungszeit.

Der Einsatz der AR-Brille wurde von den Proband*innen in Betrieben, in Bildungsinstitutionen und in der Berufsorientierung positiv gesehen. In der betrieblichen Nutzung wurde von den Proband*innen insbesondere auf Anlernprozesse in Unternehmen verwiesen. Einsatzmöglichkeiten für das Lernen im Arbeitsprozess werden vor allem in Bereichen gesehen, die schwer zugänglich oder mit Gefahren verbunden sind. Die AR-Technik kann nach Angabe der Proband*innen auch in Bildungsinstitutionen wie Schulen oder Überbetriebliche Ausbildungsstätten (ÜBS) in Lernkontexten genutzt werden. Das in vielen ÜBS gängige Lernprinzip des Vormachens und Nachmachens könnte durch den Einsatz dieses Systems das selbstgesteuertes Lernen fördern und würde somit eine sinnvolle Ergänzung zu traditionellen Lehrmethoden darstellen. Auch die Möglichkeit des Einsatzes für die Berufsorientierung wurde von den Auszubildenden unter den Proband*innen hervorgehoben. Es sei eine gute Möglichkeit, einen Einblick in verschiedene Tätigkeitsfelder zu erlangen und sich ausprobieren zu können.

6 Fazit

Das Projekt LAARA ist zu jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen, die letzte Erhebungsphase wird im Frühjahr 2023 stattfinden. Es konnten dennoch bereits einige aussagekräftige Ergebnisse aus den ersten beiden Erhebungsphasen gewonnen werden.

In der ersten Erhebungsphase wurden generelle Einstellungen und der Umgang der Proband*innen beim Agieren mit der AR-Brille und im Vergleich mit der Arbeit am Tablet (mit AR-Simulation) erhoben. Dazu wurden die Proband*innen schrittweise durch den Versuch geführt. Die Vor- und Nachteile der beiden Medien konnten deutlich herausgearbeitet werden. Des Weiteren konnte eruiert werden, welche Aspekte im Kontext der Nutzung der AR-Brille zu beachten sind. Von Vorteil erwies sich die Verschmelzung von Virtualität und Realität und die Möglichkeit beide Hände nutzen zu können. Es zeigten sich im Umgang mit der AR-Brille aber auch Probleme. Vor allem wurde die unzureichende Nutzbarkeit bei schlechten bzw. zu hellen Lichtverhältnissen bemängelt und eine verbesserungswürdige Ergonomie gewünscht.

In der zweiten Phase lag der Fokus auf dem Lernen im Arbeitsprozess. Dafür wurde die Anleitung zum Rüsten der Maschine offen gestaltet. Das heißt die Proband*innen konnten selbstständig durch die Anleitung navigieren, sich verschiedene Lerninhalte auswählen ohne dabei eine vorgegebenen Reihenfolge einhalten zu müssen. Es lag in ihrem eigenen Ermessen, ob sie parallel zum Rüsten die Lernangebote in Anspruch nahmen oder ob sie erst nach dem Lernen die praktische Aufgabe erledigten.

Zudem wurde in dieser Phase auf den Einsatz von Tablets verzichtet, da auf ihnen nicht die vollständige AR-Darstellung umgesetzt werden kann. Die Ergebnisse und Erfahrungen der zweiten Erhebungsphase machen deutlich, dass der Einsatz und die Umsetzung von Augmented Reality im Kontext von Lern- und Arbeitsprozessen sehr gut konzeptioniert und geplant werden muss, um einen nachhaltigen Einsatz dieser Technologie gewährleisten zu können. Mit dem Ziel die Selbstbestimmtheit der Proband*innen zu erhöhen, geht jedoch auch die Gefahr einher, die Orientierung in der AR-Umgebung zu verlieren. Deutlich wurde auch, dass gerade jüngere Nutzer Audios und Videos bevorzugen und Textpassagen zum Lernen nur widerstrebend nutzen.

In der dritten Phase, welche voraussichtlich im Frühjahr 2023 startet, wird der Fokus erneut auf dem Lernverhalten liegen. Ziel ist es, zu eruieren, inwieweit eine AR-Umgebung zum Lernen und dem Erwerb von Handlungsrouninen beitragen kann. Aufgrund der genannten Ergebnisse und Erkenntnisse aus den ersten beiden Erprobungen werden folgende Bereiche verändert:

- Optimierung der Orientierung des nicht-linearen Lernverlaufs.
- Einsatz einer Navigation um für die Proband*innen die Orientierung zu verbessern.
- Verringerung der Textanteile sowohl in der Informationsbereitstellung als auch in der Aufgabenstellung.
- Es werden vermehrter auditiven Dateien (Audiodateien) eingesetzt, da diese von den Proband*innen sehr positiv beurteilt wurden.

In der dritten Phase des Projektes umfasst die Zielgruppe Auszubildende (an den Lernorten ÜBS und Berufsschule), Berufsschullehrkräfte und Fachkräfte in der Metallindustrie.

Literatur

Agus, M./Jaschke, S./Kuhnhen, C./Langhammer, K./Menzel, M./Riehle, T./Schuster, P./Wepner, K. (2021): Augmented Reality - Kompetentes Agieren in Beruflicher Bildung und Praxis. In: Kamasch, G./Keil, S./Winkler, D. (Hg.): Produktions- und Dienstleistungsstrukturen der Zukunft im Fokus. Wege zu technischer Bildung. 15. Ingenieurpädagogische Regionaltagung. Zittau/Görlitz, 17.-19. Juni 2021. Ingenieur-Pädagogische Wissenschaftsgesellschaft. Siegen, 227-233.

Al-Maeni, S./Kuhnhen, C./Engel, B./Schiller, M. (2020): Smart Retrofitting of Machine Tools in the Context of Industry 4.0. In: 13th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, CIRP ICME 19, Elsevier, Procedia CIRP 88, 369-374.

Balian, S./McGovern, S./Abella, B./ Blear, A./Leary, M. (2019): Feasibility of an augmented reality cardiopulmonary resuscitation training system for health care providers. In: Heliyon 5 (8), e02205. Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019358657?via%3Dihub> (17.02.2023).

Becker, F. G./Friske, V./Meurer, C./Ostrowski, Y./Piezonka, S./Werning, E. (2010): Einsatz des Problemorientierten Lernens in der betriebswirtschaftlichen Hochschullehre. WiSt H. 8, 366-371.

Becker, M./Spöttl, G. (2008): Berufswissenschaftliche Forschung – Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Reihe Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Bd. 2. Frankfurt am Main.

Becker, M./Spöttl, G. (2015): Berufliche (Handlungs-)Kompetenzen auf der Grundlage arbeitsprozessbasierter Standards messen. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 28. Online: <https://www.bwpat.de/ausgabe/28/becker-spoetl> (06.01.2023).

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021): eQualification 2021. Lernen und Beruf digital verbinden – Gamification. Projektband des Förderbereiches “Digitale Medien in der beruflichen Bildung”. Dehnbostel, P. (2007): Lernen im Prozess der Arbeit. Studienreihe Bildungs- und Wissenschaftsmanagement. Bd. 7. Münster.

Dehnbostel, P. (2011): Betriebliche Bildung als Referenz der Arbeitslehre. In: bwp@ Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011, Fachtagung 02, hrsg. v. Friese, M./Benner, I., 1-17. Online: http://www.bwpat.de/ht2011/ft02/dehnbostel_ft02-ht2011.pdf (09.02.2023).

Dehnbostel, P./Richter, G./Schröder, T./Tisch, A. (2021): Kompetenzentwicklung in der digitalen Arbeitswelt. Zukünftige Anforderungen und berufliche Lernchancen. Stuttgart.

Dörner, R./ Broll, W./Grimm, P./Jung, H. (2019): Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. 2. Aufl. Wiesbaden.

Fehling, C. (2017): Erweiterte Lernwelten für die berufliche Bildung. Augmented Reality als Perspektive. In: Thissen, F. (Hrsg.): Lernen in Virtuellen Räumen: Perspektiven des Mobilen Lernens. 125-142.

Fuhrts, B. (2011): Handbook of Augmented Reality. 1. Aufl. New York, NY.

Garzón, J./ Kinshuk/Baldiris, S./Gutiérrez, J./Pavón, J. (2020): How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. In: Educational Research Review 31, 100334. Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1747938X19303525> (17.02.2023).

Gelowicz, S. (2018): Qualitätssicherung mit Virtual und Augmented Reality. In: Automobil Industrie. Online: <https://www.automobil-industrie.vogel.de/qualitaetssicherung-mit-virtual-und-augmented-reality-a-709038> (20.02.2023).

Harteis, C./Bauer, J./ Heid, H. (2006): Der Umgang mit Fehlern als Merkmal betrieblicher Fehlerkultur und Voraussetzung für Professional Learning. In: Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften 28 (1), 111-129.

Jank, W./Meyer, H. (2014): Didaktische Modelle. 11. Aufl. Berlin.

- Kuhn, S./Huettl, F./Deutsch, K./Kirchgässner, E./Huber, T./Kneist, W. (2021): Chirurgische Ausbildung im digitalen Zeitalter – Virtual Reality, Augmented Reality und Robotik im Medizinstudium. In: Zentralblatt für Chirurgie 146 (1), 37-43. Online: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-1265-7259> (17.02.2023).
- Lester, S./Hofmann, J. (2020): Some pedagogical observations on using augmented reality in a vocational practicum. In: Br J Educ Technol, 51(3), 645-656. Online: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bjet.12901> (17.02.2023).
- Mehler, L./Terhoeven, J./Wischnieswski, S. (2021): Lernförderliche Arbeitsgestaltung und kontextsensitive Assistenzsysteme. S. 109 – 124. In: Dehnbostel, P./Richter, G./Schröder, T./Tisch, A. (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in der digitalen Arbeitswelt. Zukünftige Anforderungen und berufliche Lernchancen. Stuttgart.
- Milgram, P./ Takemura, H./Utsumi, A./Kishino, F. (1995): Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das, H. (Hg.): Telemanipulator and Telepresence Technologies. Photonics for Industrial Applications. Boston, MA, Monday 31 October 1994: SPIE (SPIE Proceedings), 282-292.
- Pletz, C./Zinn, B. (2020): Evaluation of an immersive virtual learning environment for operator training in mechanical and plant engineering using video analysis. In: Br J Educ Technol, 51 (6), 2159-2179. Online: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bjet.13024> (17.02.2023).
- Riedl, A./Schelten, A. (2011): Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung. Stuttgart.
- Riehle, T./Jaschke, S./Schuster, P./Menzel, M./Wepner, K. (2022): Informieren, Agieren und Lernen im Arbeitsprozess mit Augmented Reality. In: Lehren & Lernen 37(147), 98-104.
- Land, M./Mahrin, B./Schröder, T. (2021): Virtuelle Assistenzsysteme für ein kompetenzorientiertes Lernen in überbetrieblichen Berufsbildungsstätten. In: Dehnbostel, P./ Richter, G./ Schröder, T./Tisch, A. (2021): Kompetenzentwicklung in der digitalen Arbeitswelt. Zukünftige Anforderungen und berufliche Lernchancen, 145-158.
- Mayring, P. (2022): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Neuausgabe. Weinheim.
- Schröder, T. (2009): Arbeits- und Lernaufgaben für die Weiterbildung. Eine Lernform für das Lernen im Prozess der Arbeit. Bielefeld.
- Schröder, T. (2019): A regional approach for the development of TVET systems in the light of the 4th industrial revolution: the regional association of vocational and technical education in Asia (RAVTE). International Journal of Training Research, 17, Suppl. 1, 83-95. Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14480220.2019.1629728> (29.03.2022).
- Schröder, T./Dehnbostel, P. (2020): Unbound Learning Venues and Work Design Conducive to Learning in the Digitalized World of Work. In: Peters, M./Heraud, R. (Hrsg.): Encyclopedia of Educational Innovation. Singapore, 1-6.
- Schröder, T./Dehnbostel, P. (2021): The workplace as a place of learning in times of digital transformation – models of work-related and work-based learning and in-company concepts. In: TVET@Asia, issue 17, 1-16. Online: <https://tvvet-online.asia/issue/17/the-workplace-as-a->

[place-of-learning-in-times-of-digital-transformation-models-of-work-related-and-work-based-learning-and-in-company-concepts/](#) (04.01.23).

Stelzle, W. (2018): Augmented Reality für Instandhalter. In: IT&Produktion online. Das Industrie 4.0-Magazin für erfolgreiche Produktion. Online: <https://www.it-production.com/produktentwicklung/leybold-ar-instandhaltung> (20.02.2023).

Zitieren des Beitrags

Menzel, M./Wepner, K./Schröder, T./Jaschke, S./Kuhnhen, Ch./Schuster, P./Riehle, T. (2023): Hybrid gestaltete Arbeits- und Lernprozesse – Augmented Reality am betrieblichen Arbeitsplatz. In: *bwp@* Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 43, 1-21. Online: https://www.bwpat.de/ausgabe43/menzel_etal_bwpat43.pdf (17.03.2023).

Die Autor*innen



MAREIKE MENZEL

TU Dortmund, Lehrstuhl für internationale Berufskooperation, Berufs- und Betriebspädagogik

Martin-Schmeißer-Weg 16, 44227 Dortmund

mareike.menzel@tu-dortmund.de

<https://laara.info>



KIM WEPNER

TU Dortmund, Lehrstuhl für internationale Berufskooperation, Berufs- und Betriebspädagogik

Martin-Schmeißer-Weg 16, 44227 Dortmund

kim.wepner@tu-dortmund.de

<https://laara.info>



Prof. Dr. Dr. h.c. THOMAS SCHRÖDER

TU Dortmund, Professur für Internationale Bildungskoooperation, Berufs- und Betriebspädagogik/Institut für Allgemeine Erziehungswissenschaft und Berufspädagogik,

Emil-Figge-str. 50, 44227 Dortmund

thomas-werner.schroeder@tu-dortmund.de

<https://iaeb.ep.tu-dortmund.de/thomas-schroeder>



Dr. STEFFEN JASCHKE

Universität Siegen, Didaktik der Informatik

Hölderlinstr. 3, 57076 Siegen

steffen.jaschke@uni-siegen.de

www.ddi-siegen.de



Dr. CHRISTOPHER KUHNHEN

Universität Siegen, Lehrstuhl für Umformtechnik

Breite Straße 11, 57076 Siegen

christopher.kuhnhen@uni-siegen.de

<https://protech.mb.uni-siegen.de/uts/team/kuhnhen.html>



PETER SCHUSTER

Universität Siegen, Didaktik der Informatik

Hölderlinstr. 3, 57076 Siegen

<https://www.ddi-siegen.de/start.html>

schuster@eti.uni-siegen.de



Prof. Dr. TAMARA RIEHLE

Universität Rostock, Institut für Berufspädagogik (ibp), Fachdidaktik
gewerblich-technischer Fachrichtungen

August-Bebel-Str. 28; 18055 Rostock

tamara.riehle@uni-rostock.de

<https://www.ibp.uni-rostock.de/>