
Themenheft Nr. 47:

Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.

Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Potenziale und Herausforderungen für die Unterstützung des Lernprozesses mit Augmented Reality

Die Gestaltung einer AR-Lernumgebung für den Rüstprozess einer Biegemaschine in der Metallindustrie

Mareike Menzel¹, Kim Wepner¹  und Sven Schulte¹

¹ Technische Universität Dortmund

Zusammenfassung

Die Berufspädagogik ist als Disziplin gerade im Kontext der Einbindung neuer Technologien in der Arbeitswelt gefordert, Konzepte und Gestaltungsmöglichkeiten zu entwickeln und zu erproben, die das Lernen und die Kompetenzförderlichkeit durch den Einsatz digitaler Medien im Arbeitsprozess zum Gegenstand haben. Das Projekt «Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess (LAARA)» setzt sich hierzu mit der Frage auseinander, wie aus didaktisch-methodischer Perspektive die Augmented-Reality-Technologie in der Metallindustrie verwendet werden kann, um die Ausbildung und Qualifizierung von Fachkräften zu unterstützen. Im Fokus steht dabei ein spezieller Biegeprozess für Metallrohre, für den in unterschiedlichen Varianten kontext-sensitive Hilfen und Informationsangebote direkt im Arbeitsprozess eingesetzt und evaluiert werden. Der Beitrag stellt das Anwendungskonzept der AR-Technologie vor und skizziert das zugrundeliegende Lernverständnis. Um entsprechende Gestaltungskriterien zu analysieren, werden dabei unterschiedliche Szenarien umgesetzt, die sowohl die Technologie, die Ausgangs-Expertise der Teilnehmenden und die vorhandene Medienaffinität als Unterscheidungsmerkmale für das arbeitsprozessorientierte und mediengestützte Lernen in den Blick nehmen.

Opportunities and Challenges for Supporting the Learning Process via Augmented Reality. Shaping an AR Learning Environment Using the Example of a Bending Process within the Metal Industry

Abstract

Particularly in the context of the implementation of new technologies in the world of work, vocational pedagogy as a discipline is challenged to develop and evaluate concepts and approaches that are coping with learning and addressing the enhancement of competence development in the work process by digital media. The «LAARA»-project tackles the question of how augmented reality technology can be used from a didactic-methodological perspective to support the training and qualification of skilled workers in the metal industry. The focus is set on a special bending process for metal pipes, for which context-sensitive aids and information offers are used and evaluated in different scenarios directly in the work process. The article outlines the application concept of AR technology and the learning approach. In order to analyze the corresponding shaping criteria, different settings are implemented that take into account the technology, the initial expertise of the participants and the existing media affinity as distinctive features for work process-oriented and media-supported learning.

1. Einleitung – Digitalisierung als Megatrend in der Berufspädagogik

Das Schlagwort Digitalisierung benennt einen der zentralen «Megatrends» der heutigen Zeit. Der digitale Fortschritt bringt dabei einerseits erhebliche technologische Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen mit sich und durchdringt andererseits alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens. Die neuen, digitalen Medien beeinflussen damit nicht nur die Arbeits- und Geschäftsprozesse, sondern auch die Lern- und Bildungsbereiche (vgl. Euler und Severing 2019) bis hin zu unseren Verhaltensweisen im privaten Umfeld und in der zwischenmenschlichen Interaktion.

Dieser Beitrag widmet sich dementsprechend vor allem der Frage, inwieweit Augmented Reality (AR) als Chance wahrgenommen werden kann, um Lernprozesse im Arbeitskontext zu unterstützen (vgl. Hermann und Kress 2019). Bei AR handelt es sich um eine noch vergleichsweise junge Technologie, und daher sind ihre Potenziale und Herausforderungen noch nicht angemessen erforscht worden. Bislang ist AR im Hinblick auf die Potenziale aus einer überwiegend technologischen Betrachtung untersucht worden und hat dabei Fragen zur konkreten Entwicklung und Gestaltung im Rahmen der Organisation eines Arbeitsprozesses beantwortet (vgl. Radianti et al. 2020).

Ergänzend dazu stehen nun in der berufspädagogischen Forschung vermehrt die lernpsychologischen und mediendidaktischen Aspekte im Mittelpunkt. Hier besteht noch Forschungsbedarf (vgl. Zender et al. 2018) – ganz abgesehen davon, dass die Nutzung von AR ohne den Bezug zu einem realen, spezifischen Arbeitsprozess für berufliche Lernprozesse kaum zielführend ist. Deswegen stehen – aufgrund des sich immer weiter ausbreitenden Realisierungsgrades in den Betrieben – Arbeits- und Lernprozesse im semi-virtuellen Raum sowie die Mensch-Maschine-Schnittstelle unter dem Aspekt der «nutzerfreundlichen» Gestaltung (nicht nur aus technischer Perspektive, sondern auch mit humanen und lernförderlichen Gesichtspunkten) weiterhin im Fokus. Dadurch ergibt sich der Ausgangspunkt des vorliegenden Beitrags im Rahmen des Forschungsprojekts «Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess (LAARA)». Genauer gesagt lautet die zentrale Ausgangsfrage: «Welche Gestaltungskriterien sind notwendig, um AR in einer Lernumgebung zielgerichtet einsetzen zu können?»

2. Potenziale und Herausforderungen für das Lernen in einer AR-Umgebung

Bevor die Potenziale beim Lernen mit AR aufgezeigt werden, wird zunächst grundlegend eingeführt, was die AR-Technologie ausmacht und was sie beinhaltet. Hierzu existieren unterschiedliche, teils auch widersprüchliche Definitionen, die von der jeweiligen Disziplin geprägte Akzente setzen. Allgemein kann AR grundlegend folgendermassen definiert werden:

«Augmentierte Realität (AR) ist eine (unmittelbare und interaktive) um virtuelle Inhalte (für beliebige Sinne) angereicherte Wahrnehmung der realen Umgebung in Echtzeit, welche sich in ihrer Ausprägung und Anmutung soweit wie möglich an der Realität orientiert, sodass im Extremfall (so dies gewünscht ist) eine Unterscheidung zwischen realen und virtuellen (Sinnes-)Eindrücken nicht mehr möglich ist.» (Dörner et al. 2019)

Bei AR handelt es sich demnach um eine Kombination aus Realität und Virtualität, die reale Umgebung wird entweder mit virtuellen (in 3D dargestellten) Inhalten oder eingeblendeten Texten, Bildern, Pfeilen etc. überlagert, mit denen in Echtzeit interagiert werden kann. Bei der virtuellen Realität (VR) dagegen können Nutzende komplett in die virtuelle Realität eintauchen und diese ist nicht mehr von der realen Umgebung zu unterscheiden (vgl. Dörner et al. 2019). Die Immersion, das vollständige Eintauchen in die virtuelle Welt, ist das Hauptmerkmal von VR. Weitere Unterscheidungsmerkmale zur AR sind die vollständig virtuelle Darstellung der Welt bzw. Umgebung, Unterschiede im sensorischen Feedback und die Art der Interaktion zwischen virtuellen Elementen und Anwendenden (vgl. Thomas et al. 2018).

Aufgrund der Veränderungen, die sich durch die zunehmende Digitalisierung in der Arbeitswelt ergeben, muss sich auch die Berufspädagogik die Frage stellen, wie sie digitale Medien zur Unterstützung beim Lernen und Arbeiten einsetzt. Bisher gibt es erste Studien und Forschungsprojekte. Zu nennen ist hier z. B. «MARLA – Masters of Malfunction». Darin wird eine Virtual-Reality (VR)-Lernanwendung für den Sektor Windenergie gestaltet, mit der Lernende und Fachkräfte ihre Kompetenz zur Fehlerdiagnostik (weiter)entwickeln (vgl. BMBF 2021). Ebenfalls zu erwähnen ist «LeARn4Assembly», ein Vorhaben zur didaktischen und lernförderlichen Gestaltung VR-/AR-basierter Lern- und Assistenzsysteme für komplexe (De-)Montagetätigkeiten in der Produktion (vgl. BMBF 2021). Beide haben AR und VR im Arbeitsprozess aus lernpsychologischer und mediendidaktischer Perspektive beleuchtet, wobei gleichzeitig noch ein Forschungsbedarf mit vielen ungeklärten Aspekten und Effekten zu konstatieren ist. Eine Erklärung dafür ist die Komplexität, AR in Lern- und Arbeitsumgebungen wie Betrieben und Unternehmen zu realisieren und umzusetzen.

«Vor allem die Erstellung und Pflege von Inhalten, besonders authentischer 3D-Daten, ist häufig zeit-, kosten- und arbeitsintensiv und kann somit als Hemmnis einer erfolgreichen, weitverbreiteten Integration von Augmented Reality im Bildungsalltag identifiziert werden.» (Fehling 2017a, 131)

Die vorhandenen Studienergebnisse haben dazu bereits einige Vorteile bzw. Potenziale und Hemmnisse des Einsatzes von AR als Lernmedium untersucht und wie folgt benannt:

- Unter anderem hat sich gezeigt, dass AR komplexe Prozesse an Maschinen erfahrbar machen kann, da diese oft aufgrund der digitalen Veränderungen für Lernzwecke nicht auseinandergelöst und in ihrer Funktionsweise betrachtet werden können. Durch die digitale Aufbereitung können die Lerninhalte (auch von Prozessen innerhalb von Maschinen) zudem intensiver erlebt und anschaulich gemacht werden (vgl. Fehling 2017b; Zender et al. 2018).
- Darüber hinaus gewährt AR den Auszubildenden mehr Freiheiten, sich selbstständig mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen. Der Lehrende rückt als *Begleiter des Lernprozesses* in den Hintergrund und eröffnet digitale Freiräume, sodass hier eindeutige Potenziale für die Stärkung des selbstorganisierten Lernens erkannt werden.
- Damit geht einher, dass die Lerninhalte so aufbereitet werden können, dass sie einerseits dem individuellen Lernprozess und Kompetenzniveau der Lernenden entsprechen, andererseits den Lehrenden Möglichkeiten bieten, die Lerninhalte optimal zu verändern bzw. anzupassen (vgl. Sachse und Graeb 2019). Wichtig ist hierbei allerdings, dass die digitalen Lehrinhalte einen inhaltlichen Mehrwert gegenüber den konventionellen Lerninhalten bieten: Sie sollten sich also nah am beruflichen Alltag orientieren und direkte Bezüge bzw. eine hohe Transfermöglichkeit anbieten (vgl. Fehling 2017a).

- Durch AR besteht die Möglichkeit, «Blockaden» bzw. einen Stillstand während des Lernfortschrittes zu beheben, indem kontextsensitive und individualisierte Lernhilfen eingeblendet werden. Dies ist ein Vorteil gegenüber dem Lernen in der realen Welt, da es darin keine Displays und Sensorik (im technischen Sinne) gibt, um solche Lernhilfen verwenden zu können (vgl. Zender et al. 2018). Die Technologie unterstützt damit eine (auch bereits oft durch den Lehrenden geförderte) tutorielle Begleitung und Unterstützung des Lernens.
- Das *erfahrbare Lernen* eröffnet zudem die Möglichkeit, die verschiedenen Lernstiltypen anzusprechen. Für die Typen Accommodator und Assimilator konnte dies bereits bestätigt werden (vgl. Zender et al. 2018; Lee, Wong, und Fung 2010). Bei diesen beiden Typen handelt es sich um Lernstiltypen nach Kolb (1985). Für den Accommodator, auch Praktiker genannt, steht das aktive Experimentieren und das konkrete Erfahren im Vordergrund. Der Assimilator (Denker) dagegen bevorzugt das reflektierte Beobachten und die abstraktere Begriffsbildung (vgl. Kolb 1985). Aus didaktisch-methodischer Perspektive wird damit eine Binnendifferenzierung des Lernens und eine gezielte Anknüpfung an individuelle Voraussetzungen und Lernverhaltensweisen möglich.

3. Das Forschungsprojekt LAARA – Ziele, Forschungsfragen und Vorgehen

Durch den zunehmenden Einsatz von AR im Arbeitsprozess entwickelt sich in der beruflichen Bildung ein erhöhter und erweiterter Forschungsbedarf zu der Herausforderung, wie das berufliche Lernen – direkt im Arbeitsprozess – mithilfe digitaler Medien gefördert werden kann. Es bedarf zielgerichteter Forschung dazu, wie die Umsetzung von AR in Unternehmen, beruflichen Schulen und überbetrieblichen Bildungsträgern nachhaltig, aber auch an das jeweilige Ziel individuell angepasst und mit entsprechend geeigneten methodisch-didaktischen Konzepten stattfinden kann. Im Maschinen- und Anlagebau wird oft mit komplex aufgebauten Arbeitsgeräten gearbeitet und nur einzelne Fachkräfte kennen deren Aufbau, da Schulungen in diesem Bereich oft mit hohen Kosten verbunden sind. Der Einsatz von AR könnte hier zu einem *Lernen an komplexen Maschinen* auch für unerfahrene Fachkräfte führen (vgl. Thomas et al. 2018).

An diesem Bedarf setzt das Vorhaben LAARA direkt an, ein Verbundprojekt zwischen der Technischen Universität Dortmund (Professur für Internationale Bildungskoooperation, Berufs- und Betriebspädagogik) und der Universität Siegen (Lehrstuhl für Umformtechnik sowie Lehrstuhl für Didaktik der Technik an Berufskollegs). Über einen Zeitraum vom 01.10.2020 bis 30.09.2023 wird es vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderlinie «Förderung von Forschung zur Gestaltung von Bildungsprozessen unter den Bedingungen des digitalen Wandels» gefördert.

LAARA greift den genannten Forschungsbedarf auf und untersucht die zentrale Frage, welche konkreten methodischen, didaktischen und technologischen Gestaltungskriterien Einfluss nehmen auf das Lernen, Informieren und Agieren (im Sinne einer Kompetenzentwicklung) im Arbeitsprozess – durch die Einbindung bzw. Nutzung eines semi-virtuellen Raumes als AR-Technologie. Im Mittelpunkt des Projekts steht ein betriebsrelevanter Arbeitsprozess, genauer gesagt das Rüsten einer Maschine zur Durchführung eines Biegeprozesses. Dieser Arbeitsprozess wird durch Augmented Reality erweitert und unter Einbezug einer AR-Brille durchgeführt. Um die verschiedenen Aspekte des Agierens, Lernens und Informierens im Prozess mit AR-Technologie durchführen zu können, wird der genannte Arbeitsprozess als Prototyp anhand eines sogenannten «Demonstrators» durchgeführt. Dieser ist transportabel, so ist zudem eine gewisse Flexibilität für die Gestaltung der Aufgabe bzw. des Arbeitsprozesses möglich, um den Versuch mit den unterschiedlichen Proband:innen zielführend zu leiten.

Der Schwerpunkt der Forschungsziele liegt auf berufspädagogischen sowie sozial- und lernpsychologischen Aspekten. Da diese nicht unabhängig von der Ergonomie des Arbeitssystems betrachtet werden können, werden auch technische und organisatorische Kriterien in Dependenz zum Handeln im Arbeitsprozess in die Untersuchungen mit einbezogen. Folgende Fragen sind daher forschungsleitend:

- Welche Eigenschaften (Dispositionen/Einstellungen) sind förderlich bzw. hemmend für das Agieren, Informieren und Lernen in semi-virtuellen Arbeitsräumen?
- Wie beeinflussen die Eigenschaften das Nutzungsverhalten der Fachkräfte hinsichtlich der angebotenen digitalen Unterstützungs- und Lernangebote?
- Welche Gestaltungskriterien sind bei einem lern- und arbeitsförderlichen semi-virtuellen Lernraum im Arbeitsprozess zu berücksichtigen?
- Welche Eigenschaften von Applikationen (Software) und digital devices (Hardware) sind für einen effektiven Einsatz förderlich?
- Wie müssen die Mensch-Maschine-Schnittstellen gestaltet sein, damit die Applikationen und digital devices von den Fachkräften akzeptiert werden?

3.1 Digitale Medien als Unterstützung für den Ansatz eines problemorientierten Lernens

Eine zentrale Forschungsfrage im Vorhaben betrifft die Lernförderlichkeit der eingesetzten Medien, also vorrangig der AR-Technologie, im beruflichen Kontext, genauer gesagt direkt im Arbeitsprozess. Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze, die Lernen erklären und begründen können. Innerhalb von LAARA bilden Anwendungsbezug und Umsetzung von arbeitsprozessorientierten Aufgaben (mithilfe des Demonstrators, siehe Kapitel 3.2) den zentralen Ansatz. Ebenso bieten die digitalen Medien durch ihren Informationsgehalt und die verwendete Software die Möglichkeit, innerhalb

der Durchführung/Anwendung auf zusätzliche Informationen und Hilfestellungen zurückzugreifen (Dokumente, Bilder, Info-Grafiken, Videos), sodass der problemlösungsorientierte Lernansatz sehr gut den theoretischen Kontext des Lernens im Vorhaben LAARA widerspiegelt.

Problemorientiertes Lernen ist dabei ein Lehr- und Lernansatz, welcher sich in den konstruktivistischen Lerntheorien verorten lässt. Der lernenden Person wird abverlangt, ein Problem zu bewältigen. Der Ansatz des problemorientierten Lernens versucht dabei, keine festgelegten Lehrinhalte zu vermitteln; stattdessen steht die Problemlösekompetenz im Vordergrund. Durch welche Lernwege die Problemlösung konkret erreicht wird, kann sich je nach den lernenden Personen und v. a. je nach Situation und Aufgabe stark unterscheiden (vgl. Becker et al. 2010, 366). Der Lernansatz stellt sich als polarer Gegensatz zu einem an festen Strukturen orientierten Lernen dar. Während beim strukturorientierten Lernen eine Struktur der Lerninhalte bspw. anhand der Fachstruktur einer Disziplin vorhanden ist, liegt der Schwerpunkt beim problemorientierten Lernen nicht auf der Vermittlung spezifischer Lerninhalte, sondern auf der Lösung eines komplexen, fächerübergreifenden Problems. Aus diesem Grund eignet sich letzteres insbesondere für exemplarisches, entdeckendes und vertiefendes Lernen (vgl. Fischer 2021, 18).

Eine wesentliche Rolle für das Verständnis des problemorientierten Lernens spielt die Bestimmung des Problem-Begriffs. Laut Dörner (1987) handelt es sich um ein Problem, wenn ein Individuum

«sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen.» (Dörner 1987 in Fischer 2021, 17)

Hieraus ergibt sich, dass ein Problem durch drei Faktoren gekennzeichnet wird: 1. Ein unerwünschter Ausgangszustand, 2. Ein erwünschter Zielzustand und 3. Eine Barriere, welche die Transformation vom Ausgangs- in den Zielzustand verhindert.

Eine weit verbreitete Vorgehensweise, um problemorientiertes Lernen methodisch aufzugreifen, sind die sieben (Teil)stufen der Problembearbeitung, welche im Folgenden skizziert werden (vgl. Becker et al. 2010, 367ff.):

- *Stufe 1 Klärung:* In der ersten Stufe wird den Lernenden das Problem vorgestellt. Hierbei handelt es sich in der Regel um ein realitätsbezogenes Fallbeispiel aus der Praxis, welches auf einem echten Ursprung beruht oder auch an ein fiktives Beispiel angelehnt sein kann. Es wird massgeblich, auf dieser Stufe ausreichend Zeit einzuräumen, damit sich die Lernenden mit dem Problem befassen können.
- *Stufe 2 Problemdefinition:* Im Rahmen der zweiten Stufe sollen die Lernenden nun Problemaspekte aus ihrem Fallbeispiel zusammentragen und hierdurch das Kernproblem selbst konkreter definieren. Da in der Regel keine festen Fragestellungen

vorgegeben werden, kann dies durchaus dazu führen, dass für die Situation durch die Lernenden auch alternierende Schwerpunkte in der Problemdefinition identifiziert und später bearbeitet werden. Das Ziel bleibt davon unberührt. Gerade in der Mathematik gibt es genügend Beispiele, dass unterschiedliche Lösungswege zum gleichen Ergebnis führen.

- *Stufe 3 Ideensammlung:* In der dritten Stufe sollen die Lernenden die Vorkenntnisse, Vermutungen und Ideen sammeln und (falls es sich um eine Teamaufgabe handelt) für alle sichtbar zusammentragen. Hierbei sind auch abwegige Lösungsideen zunächst nicht ausgeschlossen. Ziel dieser Stufe ist es, unterschiedliche Ideen zur Handhabung des identifizierten Problems zu sammeln und zu generieren.
- *Stufe 4 Strukturierung:* Nachdem die Ideen zur Handhabung des Problems in Stufe 3 noch unstrukturiert zusammengetragen wurden, sollen sie in Stufe 4 nach selbstgewählten und definierten Kriterien strukturiert und gewichtet werden. Es findet ein Entscheidungsprozess darüber statt, inwiefern die zuvor bestimmten Aspekte allesamt oder nur teilweise relevant sind, um das Problem zu lösen.
- *Stufe 5 Lernzielformulierung:* Nun sollen die Lernenden (in ihrer Gruppe) festhalten, welche Sachverhalte für die Lösung des Problems aus ihrer Sicht unabdingbar relevant sind. Durch die Formulierung von Lernzielen (oder Zielen des Arbeitsprozesses, der Problemlösung etc.) wird festgelegt, wie und durch wen systematisch die Erweiterung des Vorwissens vorgenommen werden soll. Hierbei wird erfasst, welche Aspekte zur Lösung des Falls bekannt sind oder ob es notwendig ist, dass Wissensdefizite abgedeckt werden, um die Aufgabe abschliessend bearbeiten zu können.
- *Stufe 6 Informationsbeschaffung/Erarbeitung von Lerninhalten:* In dieser Phase werden nun die notwendigen Informationen beschafft, um die zuvor formulierten Lernziele angemessen bearbeiten zu können. Die Beschaffung von Materialien kann durch die Bereitstellung seitens einer Lehrperson oder eine selbstständige Nutzung und Recherche mithilfe anderer Ressourcen stattfinden. In dieser Phase findet auch eine strukturierte und selektive Aufarbeitung der erarbeiteten Inhalte zur Visualisierung in der Schlussphase statt.
- *Stufe 7 Präsentation und Diskussion:* In der letzten Stufe werden die erarbeiteten Falllösungen präsentiert, verglichen und diskutiert. Hierbei steht nicht die Lösung, sondern der Prozess der Problembearbeitung, auch mit dem Ziel der Reflexion und des Transfers, im Vordergrund. Die Vorgehensweisen und Argumentationen sollen reflektiert werden, um damit den Lernprozess auch gezielt nachhaltig mit Blick auf die Erweiterung der Problemlösefähigkeiten zu gestalten.

Im Rahmen der Versuchsdurchführung und Erprobung wird deutlich werden, dass Lernen aus Sicht der Teilnehmenden sich nicht nur auf ein Modell und einen Theorieansatz beschränken wird. Das *erfahrungsbasierte Lernen*, die Ideen des *handlungsorientierten, ganzheitlichen Lernansatzes* oder auch das *Lernen aus Fehlern* sind weitere naheliegende Perspektiven, um Lernen zu beschreiben. Die Herausforderung wird darin liegen, Lernfortschritte im Sinne einer Kompetenzentwicklung zu identifizieren und möglichst eindeutige Einflussfaktoren aus didaktisch-methodischer Sicht empirisch zu finden bzw. zu bestätigen.

3.2 Vorgehen im Projekt und zentrale Forschungsparameter

Um die genannten Fragestellungen untersuchen zu können, wurde ein Forschungskonzept entwickelt, welches die Analyse der folgenden Parameter und Einflussfaktoren berücksichtigt:

- Kompetenzentwicklung (Informieren, Lernen, kompetent Agieren)
- Individuelle Voraussetzungen der Zielgruppen (Anwendende/Proband:innen)
- Biegemaschine/Demonstrator
- Devices und Software
- Darstellung

Die Analyse der Parameter erfolgt in einem mehrstufigen Forschungsprozess, in dem zunächst anhand eines Prototyps (Demonstrator) der Einsatz und die technologische Konzeption einerseits, die Durchführung des Arbeitsprozesses (zunächst in Form einer Lern- und Arbeitsaufgabe) mit der AR-Brille andererseits erprobt werden. Aufbauend auf diesem Prototyp werden im Rahmen der Versuchsdurchführung die Datenerhebungen in Bezug auf die Forschungsfragen vorgenommen. Dabei werden unterschiedliche Erhebungsmethoden kombiniert, sodass ein quantitativ ausgerichteter Fragebogen eingesetzt wird und dazu ergänzend qualitativ orientierte Leitfadenterviews durchgeführt werden. Die Items und Fragen thematisieren die Aspekte der Usability (also der Nutzungs- und Anwenderfreundlichkeit der digitalen Medien/Software), die (selbsteingeschätzte) Medienkompetenz, die fachlichen Vorkenntnisse zum Rüstprozess, den individuell erlebten Lerneffekt in den verschiedenen Szenarien bzw. durch die unterschiedlichen Anwendungen sowie die Vor- und Nachteile der Interaktion im Lern- und Arbeitsprozess. Die Auswertungen hierzu werden im zweiten Projektjahr erfolgen und zeitnah im Jahr 2022 veröffentlicht.

Um die Daten auf die Forschungsfragen und die zu analysierenden Parameter zu beziehen bzw. den Fokus zu verdeutlichen, wird im Vorhaben LAARA die nachfolgende Konkretisierung und Eingrenzung vorgenommen:

3.2.1 Kompetenzentwicklung (Informieren, Lernen, kompetent Agieren)

Das Forschungsfeld *Informieren* bezieht sich zunächst auf die Frage, wie digitale Technik und Software optimal gestaltet werden können, um im Arbeitsprozess (auch für ungelernete Fachkräfte) an entsprechende Informationen zu kommen, um so effektiv und effizient an der Maschine handeln zu können (Agieren), ohne dabei in grösserem Umfang auf Unterstützung durch Kolleg:innen angewiesen zu sein. Das Forschungsfeld *Lernen* bezieht sich auch auf die Frage der optimalen Gestaltung von Technik und Software. Der Schwerpunkt liegt hierbei aber auf dem Lernprozess des Individuums (welche individuellen Bedingungen sind nötig, um lernen zu können) und geht damit über das rein motorisch-manuelle Aneignen von routinierten Tätigkeiten hinaus. Im Bereich Lernen spielt neben der Technikgestaltung das didaktische Setting eine zentrale Rolle – das Lernen führt im Erfolgsfall zum Ziel des *kompetenten Agierens*, also zum erfolgreichen und selbst geplanten Bewältigen eines auch komplexeren und nicht zuvor eingeübten Rüstprozesses an der Biegemaschine.

3.2.2 Individuelle Voraussetzungen der Zielgruppen (Anwendende/Proband:innen)

Im Fokus des Projekts stehen die folgenden Anwendenden- und Proband:innengruppen, an welche sich das Projekt richtet:

Anwendende	Proband:innen
<ul style="list-style-type: none"> - Angehende Fachkräfte der Metallindustrie (Auszubildende) - Fachkräfte der Metallindustrie - Lehrkräfte für das technische Berufskolleg 	<ul style="list-style-type: none"> - Auszubildende (Metalltechnik/-industrie) - Studierende Maschinenbau - Studierende im Lehramt für Berufskolleg - Fachkräfte der Metallindustrie

Tab. 1: Gruppen von Anwendenden und Proband:innen des Projekts LAARA.

Aus der Anwendendengruppe wurde die Proband:innengruppe abgeleitet. In der Gruppe der Proband:innen wird jedoch neben den Fachkräften der Fokus zusätzlich auf Studierende und Auszubildende gelegt. Aufgrund der grossen Bandbreite der technischen Einsatzbereiche in der Metallindustrie sind unterschiedliche Kompetenzniveaus und Kontexte der Aus- und Weiterbildung sowie des Studiums in den Blick zu nehmen, sodass sich die Anwendungsmöglichkeiten sehr vielfältig in Bezug auf die Zielgruppen erproben lassen.

Mit den Anwendenden- und Proband:innengruppen geht auch der Aspekt der differenzierten Ausgestaltung der Aufgabe einher. In Verknüpfung mit dem ersten genannten Parameter («Kompetenzentwicklung») zeigt die Vielfalt der Anwendenden, wie wichtig der Einbezug der individuellen Voraussetzungen und gleichzeitig eine Differenzierung der Aufgabenschwierigkeit nach vorhandenen Vorerfahrungen und Kompetenzen ist, *um eine möglichst lernhaltige Umgebung und Aufgabengestaltung für den Rüstprozess an der Biegemaschine vorzunehmen.*

3.2.3 Biegemaschine/Demonstrator

Auf der technischen Seite steht zunächst die Entwicklung eines «Demonstrators» im Vordergrund. Dadurch ist es möglich, einen Rüstprozess an der Biegemaschine realitätsgetreu zu simulieren. Der Demonstrator beinhaltet alle wesentlichen Komponenten eines Rüstprozesses (Abb. 1). Seine transportable Größe ermöglicht es dem Projektteam, die Versuchsanordnung flexibel an den unterschiedlichen Stand- und Lernorten der Anwendenden zu nutzen. Besonders im Blick steht in dem Projekt die Erprobung, inwieweit sich der Demonstrator auch für Lernprozesse im Rahmen der Lehramtsausbildung für das Berufskolleg eignet.

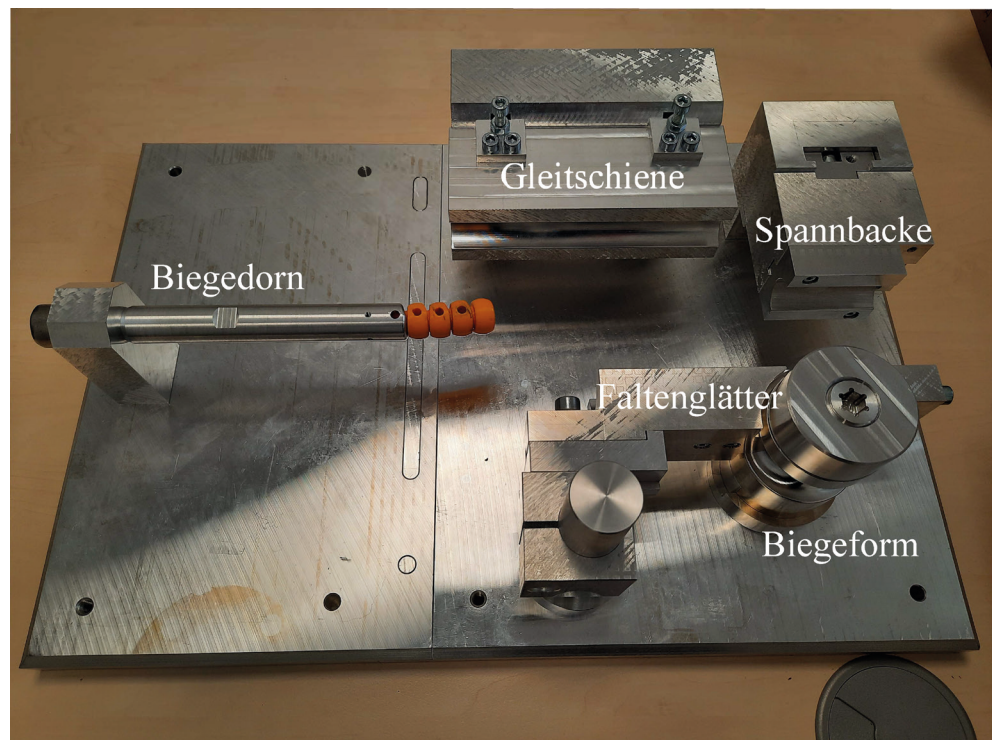


Abb. 1: Der «Demonstrator» als transportables Modell für das Rüsten einer Biegemaschine.

Insgesamt besteht der vorliegende Rüstprozess, wie er im Rahmen von LAARA aufgrund von Arbeitsprozessanalysen ausgewertet wurde, aus elf Arbeitsschritten. Nach der Montage der einzelnen Bauteile folgt im Rüstprozess das Einstellen der Maschine am Panel, um die erforderlichen Parameter des Biegeprozesses einzugeben. Die Einstellungen können aufgrund der Komplexität (in Abhängigkeit von Material, Produkt etc.) in ihrem Umfang in den Versuchsverläufen des Projekts nicht vollkommen abgebildet werden. Daher werden den Proband:innen drei unterschiedliche Grundeinstellungen der Maschinen zur Verfügung stehen, die auch im realen Arbeitsprozess zu berücksichtigen sind.

3.2.4 Device und Software

Für die Durchführung des Rüstprozesses stehen den Proband:innen eine AR Brille (HoloLensII) und ein Tablet zur Verfügung. Auch wenn der Fokus im Vorhaben auf der Nutzung einer AR-Brille liegt, ist im Sinne der Forschungsfrage das Ziel, in einer Vergleichsgruppe auch die (virtuelle) Darstellung mithilfe eines Tablets zu evaluieren und damit die Aussagekraft der Daten und Ergebnisse zu erweitern.

Die HoloLens wird mit «Microsoft Guides» betrieben. Das Programm bietet die Möglichkeit, die benötigten Darstellungsformen (siehe nächster Abschnitt) einzubinden und dabei die Handhabung für Anwendende möglichst einfach zu halten. Analog zum Design von Microsoft Guides wurde eine App für das Tablet programmiert. Diese App blendet die funktionell gleichen Inhalte ein, die auch auf der HoloLens zur Verfügung gestellt werden. Obwohl versucht wird, das Design möglichst ähnlich zu halten, bleiben die technik-typischen Unterschiede: das Tablet hat die typische «Drehfunktion», welche von den Proband:innen ein- und ausgeschaltet werden kann – bei der AR-Brille hingegen haben die Proband:innen die Wahl, die Sichtfenster der AR-Brille festzustellen oder diese «hinterherlaufen» (also dem Blickfeld folgend) zu lassen.

3.2.5 Darstellung

Den Proband:innen werden für die Versuchsdurchführung drei Darstellungsformen ermöglicht, um untersuchen zu können, welche von diesen dreien bevorzugt wird und warum. Auch die individuellen Aspekte der Probanden spielen eine Rolle.

2. *Video (V)*: Von den einzelnen Montageschritten werden Videos aufgenommen und diese dann den Proband:innen auf ihrem Device gezeigt.
3. *Symbol (S)*: Diese Darstellungsform ist mit einer Anleitung (Skizze) vergleichbar, wie sie beispielsweise für den Aufbau von Möbeln zur Verfügung gestellt wird.
4. *3D-Darstellung (3D)*: Die 3D-Darstellung ist die eigentlich besondere Darstellungsform im Kontext von Augmented Reality. Pfeile oder auch Bauteile können in Form einer holografischen Darstellung in das reale Sichtfeld eingefügt werden und verbinden so die Realität mit einer digitalen Darstellung.

Alle Darstellungsformen werden den Proband:innen sowohl für die HoloLens auch für das Tablet (jeweils mit und ohne 3D) zur Verfügung gestellt.

Device	Darstellung	
	Symbol	Video
Tablet (T) ohne 3D	T(S)	T(V)
Tablet (T) mit 3D	T(DS)	TD(V)
AR-Brille (AR) ohne 3D	AR(S)	AR(V)
AR-Brille (AR) mit 3D	AR(3DS)	AR(3DV)

Tab. 2: Mögliche Kombinationen der Endgeräte in den Testgruppen.

Welche Darstellung den Proband:innen angeboten wird, ist im Versuchsplan festgehalten. Das Projekt beinhaltet drei Versuchsphasen mit jeweils zwei Versuchsdurchläufen. Daraus ergeben sich die folgenden Versuchskombinationen:

Phase 1	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Durchgang 1	TS/ARV	ARS/TV	ARS/ARDS	ARV/ARDV
Durchgang 2	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl
Phase 2	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7
Durchgang 1	TDS/ARDV	TDV/ARDS	TDS/ARDS	TDV/ARDV
Durchgang 2	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl
Phase 3	Gruppen 1+	Gruppen 4+	Gruppen 3+4	Gruppen 6+7
Durchgang 3	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl

Tab. 3: Übersicht der Versuchsphasen und -abläufe.

Im ersten Durchgang wird der Fokus auf den Bereich *Agieren* gelegt, hier geht es darum, den Arbeitsprozess korrekt durchzuführen und nur an der Maschine zu agieren. Im zweiten Durchgang liegt der Fokus auf dem *Lernen*. Die Anzahl der Arbeitsschritte und der Anspruch an das Lernen unterscheiden sich in den beiden Durchgängen und werden mit entsprechend gestalteten Lern- und Arbeitsaufgaben umgesetzt. Als Hauptunterscheidungsmerkmal wird im zweiten Durchgang eine Lernsituation vorangestellt und es werden zusätzliche Informationen zur Durchführung der Arbeitsschritte und zur eigentlichen Funktionsweise des jeweiligen Arbeitsschritts (sowie zusätzliche, optional nutzbare kontextbezogene Informationen) angeboten. Diese dienen dazu, den jeweiligen Arbeitsschritt besser zu verstehen und zu *lernen*, warum zum Beispiel ein bestimmter Arbeitsschritt vor einem anderem geschieht. Um das Gelernte zu überprüfen, werden im Interview entsprechende Fragen gestellt, um das Handeln und die Lernerfahrungen zu reflektieren.

4. Ausblick

Um die genannten Forschungsfragen im Rahmen der Versuchsdurchführung zu beantworten und die Lernhaltigkeit zu prüfen, sind v. a. aus didaktisch-methodischer Perspektive noch gezielte Entwicklungsschritte für den Einsatz von AR im Arbeitsprozess sowie im Lernkontext vorzunehmen. Zwei grundlegende Schritte hierfür sind einerseits die *Verwendung von Lern- und Arbeitsaufgaben* sowie die Einbindung von Elementen des *handlungsorientierten Lernens*.

Aus forschungsmethodischer Sicht ist mit dem aktuellen Design und dem Ansatz, in den dargestellten Versuchsgruppen durch systematische Vergleiche die Aspekte des Medieneinsatzes und der Darstellungsform in ihrer Wirkung auf das Lernen und die Kompetenzentwicklung zu analysieren, ein Vorgehen gewählt, welches im

Idealfall gezielte Zusammenhänge zwischen einzelnen Kriterien und dem Lernerfolg andeuten kann.

Inhaltlich wird es nach der ersten Durchführung der Versuchsabläufe Hinweise darauf geben, inwiefern Vorerfahrungen in Bezug auf die Medienkompetenz und unterschiedliches Lernverhalten die Auswahl des digitalen Mediums und der Darstellungsform bzw. auch die Dauer der Nutzung, die Einschätzung des Lerneffekts sowie der Usability beeinflussen. Besonders für die Erprobungsphase in den berufsbildenden Schulen sowie den überbetrieblichen Ausbildungszentren sind hier Einblicke zu erwarten, die Hinweise für den Einsatz von AR im Bildungskontext bieten. Gleichzeitig ist auch für die Qualifizierung von Fachkräften ein neues und bisher im Kontext von AR innovatives Forschungsfeld vorhanden, um auch das Lernen im Arbeitsprozess voranzubringen – ganz im Sinn des lebenslangen beruflichen Lernens, das durch innovative digitale Medien unterstützt, aber nicht ersetzt wird!

Literatur

- Becker, Fred, Vanessa Friske, Cornelia Meurer, Yves Ostrowski, Sascha Piezonka, und Ellena Werning. 2010. «Einsatz des Problemorientierten Lernens in der betriebswirtschaftlichen Hochschullehre.» *WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 8, 366–71. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2010-8-366>.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2021. *eQualification 2021. Lernen und Beruf digital verbinden – Gamification. Projektband des Förderbereiches «Digitale Medien in der beruflichen Bildung»*, herausgegeben von Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/3/31653_equalification_2021.pdf.
- Dörner, Dietrich. 1987. *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Hermann Jung. 2019. *Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>.
- Euler, Dieter, und Eckart Severing. 2019. *Berufsbildung für eine digitale Arbeitswelt. Fakten, Gestaltungsfelder, offene Fragen*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. <https://doi.org/10.11586/2019003>.
- Fehling, Christian Dominic. 2017a. «Erweiterte Lernwelten für die berufliche Bildung. Augmented Reality als Perspektive». In *Lernen in Virtuellen Räumen: Perspektiven des Mobilien Lernens*, herausgegeben von Frank Thissen. Berlin: De Gruyter Saur. 125–42. <https://doi.org/10.1515/9783110501131-009>.
- Fehling, Christian Dominic. 2017b. «Neue Lehr- und Lernformen in der Ausbildung 4.0. Social Augmented Reality in der Druckindustrie». *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis: Berufsbildung 4.0*. (2): 30–3. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-bwp-17230-7>.

- Fischer, Renate. 2021. *Problemorientiertes Lernen in Theorie und Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hermann, Ralf, und Hannelore Kress. 2019. «Gestaltungsfelder beruflicher Bildung im digitalen Wandel». In *Berufsbildung International Digitalisierung*, herausgegeben von DLR Projektträger, 45-50. Bonn. https://www.berufsbildung-international.de/files/IBB_Publikation_02-19_Digitalisierung_web.pdf.
- Kolb, Dieter. 1985. *Learning Style Inventory*. Boston: McBer and Company.
- Lee, Elinda Ai-Lim, Kok Wai Wong, und Chun Che Fung. 2010. «Learning with virtual reality: its effects on students with different learning styles». *Transactions on Edutainment IV*, herausgegeben von Zhigeng Pan, Adrian David Cheok, Wolfgang Müller, Xiaopeng Zhang, und Kevin Wong, 79–90. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14484-4_8.
- Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Sachse, Uwe, und Frederic Graeb. 2019. «Potentiale von Augmented Reality in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Entwicklung und Prototyping AR App Robotik». In *Berufsbildung International Digitalisierung*, herausgegeben von DLR Projektträger, 32–7. Bonn. https://www.berufsbildung-international.de/files/IBB_Publikation_02-19_Digitalisierung_web.pdf.
- Thomas, Oliver, Helmut Niegemann, und Dirk Metzger, Hrsg. 2018. *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3>.
- Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert?». In *Proceedings of DeLFI Workshops 2018 co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2018) Frankfurt*, herausgegeben von Daniel Schiffner. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.