

## **AR –VR –MR? Success factors for immersive learning environments derived from an example of a learning application for the wind energy industry**

Felix Kapp<sup>1</sup>, Linda Kruse<sup>2</sup>, Nadine Matthes<sup>3</sup> and Pia Spangenberg<sup>3</sup>

**Abstract:** Mixed Reality (MR) has great potential to support learning processes in vocational education and training (VET). The rapidly evolving technology in the area of augmented and virtual reality results in a growing number of learning application based on mixed reality (either virtual or augmented reality). In mixed reality environments learners can practice and train activities that come along with high costs or great danger in reality. Simulating the consequences of one's own actions allows to explain and experience complex relationships and teach complex systems. In addition, mixed reality settings offer an increase of learning motivation: the immersion associated with the technology can be translated into learning motivation. In order to fully unfold the potential of MR scenarios, however, it is necessary to systematically design the environments based on defined learning goals. In this article we argue that there are four key factors which determine the success of such mixed reality learning environments. It is expected that 1) the learning tasks / quests within mixed reality applications, 2) the feedback, 3) game features, and 4) the degree of interactivity should match the specific learning goals and the target group in order to enable successful learning. A mixed reality learning application for the wind energy industry serves as an example to demonstrate how the four key factors can be designed to achieve specific learning goals.

**Keywords:** Mixed Reality, Aufgabenkonstruktion, Feedback, Game-based Learning, Lernszenarien

---

<sup>1</sup> Technische Universität Berlin, FG Mensch-Maschine-Systeme, Institut für Arbeitswissenschaften und Psychologie [felix.kapp@tu-berlin.de](mailto:felix.kapp@tu-berlin.de)

<sup>2</sup> the Good Evil GmbH, Köln, [linda@thegoodevil.com](mailto:linda@thegoodevil.com)

<sup>3</sup> Technische Universität Berlin, FG Fachdidaktik Bautechnik und Landschaftsgestaltung, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, [pia.spangenberg@tu-berlin.de](mailto:pia.spangenberg@tu-berlin.de)

## AR –VR –MR? Erfolgsfaktoren für immersive Lernumgebungen am Beispiel einer Lernanwendung für die Windenergiebranche

Felix Kapp<sup>4</sup>, Linda Kruse<sup>5</sup>, Nadine Matthes<sup>3</sup> und Pia Spangenberg<sup>6</sup>

**Zusammenfassung:** Mixed Reality (MR) bietet große Potenziale zur Unterstützung von Lernprozessen in der beruflichen Bildung. Mit der sich schnell entwickelnden Technologie im Bereich Augmented und Virtual Reality erhöht sich auch die Anzahl der Anwendungsbeispiele für Lernumgebungen, die auf eine Mixed Reality – also eine virtuelle bzw. erweiterte Realität - setzen. Lernende haben die Möglichkeit, Tätigkeiten auszuüben und zu trainieren, welche sie unter realen Bedingungen nur unter Aufwand von hohen Kosten oder großen Gefahren ausprobieren könnten. Die Möglichkeiten Konsequenzen des eigenen Handelns zu simulieren, lässt sich auf die Vermittlung komplexer Zusammenhänge anwenden. Darüber hinaus bieten MR Settings ein erhöhtes motivationales Potenzial: die mit der Technologie einhergehende Immersion kann in Lernmotivation umgesetzt werden. Damit die Potenziale von MR Szenarien sich entfalten, ist es jedoch notwendig bei der Konstruktion systematisch anhand von definierten Lernzielen vorzugehen. Im vorliegenden Beitrag werden vier Erfolgsfaktoren vorgestellt, welche einen maßgeblichen Einfluss auf die Qualität von Lernumgebungen haben. Es wird davon ausgegangen, dass 1) die Lernaufgaben/Quests innerhalb von MR Anwendungen, 2) das Feedback, 3) Game Features sowie 4) der Grad an Interaktivität entsprechend der Lernziele konzipiert werden sollten, damit MR erfolgreiches Lernen ermöglicht. Anhand einer Mixed Reality Lernanwendung im Bereich der Windenergiebranche wird exemplarisch aufgezeigt, wie die vier Erfolgsfaktoren gestaltet sein können, um spezifische Lernziele zu erreichen.

**Keywords:** Mixed Reality, Aufgabenkonstruktion, Feedback, Game-based Learning, Lernszenarien

---

<sup>4</sup> Technische Universität Berlin, FG Mensch-Maschine-Systeme, Institut für Arbeitswissenschaften und Psychologie [felix.kapp@tu-berlin.de](mailto:felix.kapp@tu-berlin.de)

<sup>5</sup> the Good Evil GmbH, Köln, [linda@thegoodevil.com](mailto:linda@thegoodevil.com)

<sup>6</sup> Technische Universität Berlin, FG Fachdidaktik Bautechnik und Landschaftsgestaltung, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, [pia.spangenberg@tu-berlin.de](mailto:pia.spangenberg@tu-berlin.de)

## 1 Einleitung

Mixed Reality Lernanwendungen bieten große Potenziale zur Unterstützung von Lernprozessen in der beruflichen Bildung [Me14]. Mit der sich schnell entwickelnden Technologie erhöht sich auch die Anzahl der Anwendungsbeispiele für Lernumgebungen, die auf eine virtuelle bzw. erweiterte Realität setzen (z.B. [FO15]). Mixed Reality wird dabei als Oberbegriff für Anwendungen verstanden, die virtuelle mit natürlichen Benutzerschnittstellen kombinieren [Ja19] und umfassen damit sowohl Virtual und Augmented Reality Anwendungen mit Head Mounted Displays als auch Anwendungen, die mit Tablets oder anderen Geräten arbeiten.

Lernende haben in diesen Anwendungen die Möglichkeit, Tätigkeiten auszuüben und zu trainieren, welche sie unter realen Bedingungen nur unter Aufwand von hohen Kosten oder großen Gefahren ausprobieren könnten. MR Anwendungen erlauben es weiterhin Konsequenzen des eigenen Handelns zu simulieren. Dies lässt sich auf die Vermittlung komplexer Zusammenhänge anwenden. Darüber hinaus bieten MR Settings ein erhöhtes motivationales Potenzial: die mit der Technologie einhergehende Immersion kann in Lernmotivation umgesetzt werden (z.B. [HCH17]). Parong und Mayer [PM18] sehen beispielsweise für Studierende die Möglichkeit in Virtual Reality immersive sensorische Erfahrungen zu machen, welche in mehr Elaboration und damit nachhaltigeren Lernprozessen resultieren. Gleichzeitig betonen sie aber auch, dass mehr empirische Forschung notwendig ist, um den postulierten Mehrwert nachzuweisen und machen auch darauf aufmerksam, dass MR Szenarien nicht zwangsläufig zu besseren Lernergebnissen führen als klassische Lernsettings. Unstrittig ist, dass eine Grundvoraussetzung für erfolgreiche Mixed Reality Anwendungen eine systematische Konstruktion anhand der postulierten Lernziele ist. Vor diesem Hintergrund arbeitet der vorliegende Beitrag vier Erfolgsfaktoren für die Umsetzung von MR Szenarien aus. Es wird aus lernpsychologischer Sicht argumentiert, dass 1) die Lernaufgaben/Quests innerhalb von MR Anwendungen, 2) das Feedback, 3) spielerische Elemente sowie 4) der Grad an Interaktivität, welcher maßgeblich durch die Position auf dem Virtual Reality – Realitäts Kontinuum bestimmt wird, entsprechend der Lernziele konzipiert werden sollten. Bei der Entwicklung von MR Anwendungen auf diesen vier Dimensionen sollten Erkenntnisse und Konstruktionsregeln aus der Lehr-Lernforschung berücksichtigt werden. Im zweiten Abschnitt des Beitrags werden die vier Erfolgsfaktoren exemplarisch für eine konkrete MR Lernumgebung im Bereich Windenergie beschrieben.

## 2 Mixed Reality Lernumgebungen

Die stetig wachsende Zahl an Beispielen von Lernumgebungen, die sich einer erweiterten Realität bedienen, zeigt, dass dem Thema ein großes Potenzial im Bildungssektor zugeschrieben wird. Die Anwendungen reichen dabei von in Minecraft umgesetzten Szenarien zum Thema Logistik und Stromversorgung für Studierende [Ja19] über einen Augenoperations-Simulator für angehende Chirurgen [WM10] bis zu einem in der Mixed Reality erlebbar gemachtem Verhör durch die Stasi für Schülerinnen und Schüler. In letztgenanntem Projekt der Gedenkstätte Hohenschönhausen tauchen die Beteiligten im Rahmen eines

360 Grad Videos in die damalige Zeit ein [Int19]. Im Rahmen der beruflichen Bildung gibt es Beispiele für Ausbildungsinhalte bei der Deutschen Bahn. So kann man beispielsweise einen ICE Dachgarten sowohl auf einem Tablet als auch mit Hilfe eines Head Mounted Displays erkunden und so einzelne Komponenten und ihre Funktionen kennenlernen [DBT19]. Ein weiteres Beispiel kommt von den Berliner Verkehrsbetrieben, welche die Schulung für Wartungsarbeiten an den Linienbussen unter anderem mit MR Anwendungen über die HoloLens umsetzen [Ti19]. Bereits die fünf angesprochenen Beispiele unterscheiden sich in Bezug auf (a) die Zielgruppe, (b) die Dauer der Anwendung, (c) die Wissensdomain als auch (d) die verwendete Technologie. Sie verfolgen sehr unterschiedliche Lernziele und unterscheiden sich dementsprechend in ihrer Umsetzung.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Erfolgsfaktoren identifiziert werden können: was muss bei der Konstruktion und dem Einsatz von Mixed Reality Lernumgebungen berücksichtigt werden, damit das eingangs postulierte Potenzial wirklich zum Tragen kommt. Systematische Reviews, welche die Lerneffekte solcher Anwendungen empirisch untersuchen berichten positive Effekte und auch bereits erste Erfolgsfaktoren (z.B. [Me14] für Virtual Reality Based Instruction mit insgesamt 69 Studien). So zeigten Merchant und Kollegen, dass spielerische Anwendungen klassischen Simulationen überlegen sind und dass die Gestaltung des Feedbacks abgestimmt sein sollte auf die verschiedenen Lernziele. Darüber hinaus sind die Aufgaben und Tätigkeiten, welche in den Mixed Reality Anwendungen ausgeführt werden können eine entscheidende Komponente für den Wissenserwerb. Welche Qualität der Lernprozess hat, hängt des Weiteren vom Grad der Interaktivität ab, welche maßgeblich durch die Technologie und die Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstellen bestimmt ist.

### **3 Erfolgsfaktoren für immersive Lernumgebungen**

Die oben genannten Beispiele zeigen auf, dass bisher zum Einsatz kommende Lernumgebungen sowohl eine Vielzahl an unterschiedlichen Zielgruppen adressieren als auch sehr verschiedene Lernziele verfolgen. Diese reichen vom 1) Sensibilisieren für ein bestimmtes Thema (Beispiel Verhör durch die Stasi) über 2) das Vermitteln von deklarativem Grundlagenwissen (Beispiel Dachgarten ICE) über 3) das Verstehen komplexer Modelle (Beispiel Logistik in Minecraft) und 4) das Trainieren motorischer Abläufe (Beispiel Augenoperations-Simulator). Entsprechend der Ziele sollten bestimmte Aspekte innerhalb der Lernumgebungen gestaltet sein. Dazu gehören 1) die Quests/Lernaufgaben innerhalb der Umgebung, 2) das Feedback welches die Lernenden während ihres Lernprozesses in der Umgebung erhalten, 3) die Game-Features, welche oftmals in solchen Umgebungen implementiert sind und die Lernumgebung entweder bereichern oder sogar zu einem eigenständigen Serious Game machen und 4) die Form der Interaktivität bzw. die Art und Weise wie die Lernenden mit der Umgebung interagieren können, welche in erweiterten Realitäten wiederum maßgeblich durch die Technologie (z.B. HoloLens, Vive etc.) und durch die Position auf dem Kontinuum von Realität bis Virtual Realität definiert ist (siehe Abbildung 1).

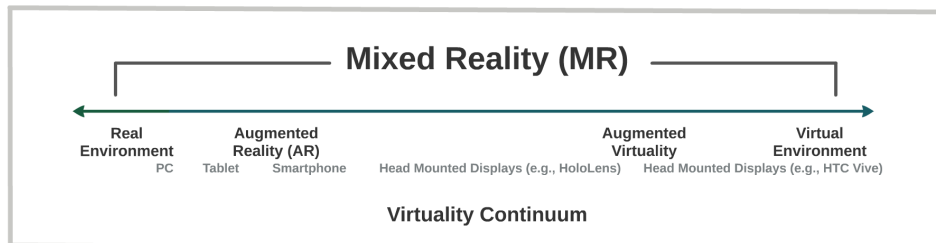


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Realitäts – Virtuelle Realitätskontinuum, nach [MK94]

### 3.1 Lernaufgaben/Quests in MR Lernanwendungen

Die Lernaufgaben bzw. Quests in MR Lernanwendungen können als das Kernstück der Anwendung bezeichnet werden. In der Regel handelt es sich um komplexe Aufgaben, welche aus mehreren Schritten bestehen. Sie bieten den Lernenden Gelegenheit sich aktiv mit den Wissensinhalten auseinanderzusetzen. Dabei initiieren Lernaufgaben idealerweise die für den Wissenserwerb notwendigen kognitiven Operationen [PKN12]. Anhand der Aufgabenstellung setzen sich Lernende mit deklarativen Wissensinhalten auseinander, erwerben prozedurale Fertigkeiten oder bauen ein mentales Modell zu einem komplexen Zusammenhang auf. Vor diesem Hintergrund müssen die Aufgaben/Quests auf der Grundlage von psychologischen Aufgaben- und Kompetenzanalysen erstellt werden. Dies beinhaltet eine Definition der Wissensinhalte (z.B. aufgabenbezogene deklarative oder prozedurale Kenntnisse) und kognitiven Operationen, die für die Aufgabe relevant sind. Außerdem wird festgelegt, welche Kompetenzstufen bzw. welches Vorwissen die Lernenden benötigen, um die Aufgaben innerhalb der MR Lernanwendung zu bearbeiten und welche typischen Fehler sie möglicherweise begehen. Die Aufgabenkonstruktion kann sich dabei an den folgenden vier Dimensionen orientieren [PKN12]: (a) welches aufgabenbezogene Wissen und welcher Inhalt soll in der Aufgaben thematisiert werden?, (b) welche kognitive Operationen sind zur Lösung der Aufgabe erforderlich?, (c) in welchem Format wird die Aufgabe präsentiert? und (d) welcher Grad an Interaktivität wird innerhalb der Aufgabe/Quest zur Verfügung gestellt?. Die aufgabenbezogene Interaktivität beinhaltet dabei konkrete Rückmeldungen oder Hinweise während der Bearbeitung.

### 3.2 Feedback

In Lernszenarien spielt Feedback eine entscheidende Rolle für die Erreichung der gesetzten Lernziele. Dementsprechend zeigt sich auch für MR Anwendungen, dass die Gestaltung des Feedbacks ein Erfolgsfaktor darstellt. So konnten Merchant und Kollegen [Me14] zeigen, dass je nach Lernziel entweder elaboriertes Feedback oder „knowledge of result“ erfolgreicher waren. Feedback innerhalb der MR Anwendung kann dabei hinsichtlich des

Inhalts und der Quellen beschrieben werden. In Bezug auf den Inhalt lässt sich unterscheiden, auf welcher Ebene Feedback bereitgestellt wird. Die Lernenden können konkrete Rückmeldungen und Hinweise auf Aufgabenebene bekommen, Rückmeldungen zu ihrem allgemeinen Vorgehen in Lernprozessen oder eine allgemeinere Einschätzung ihrer Kompetenzen. Auf jeder Ebene kann das Feedback elaboriert bzw. informativ tutoriell [Na13] gestaltet sein oder sich lediglich auf eine kurze Rückmeldung in Bezug auf die korrekte Bearbeitung einer Aufgabe beziehen (z.B. „knowledge of correct result“) und damit einen Zustand beschreiben ohne die Lernenden weiterführend darin zu unterstützen sich weiterzuentwickeln.

Die Quellen des Feedbacks sind innerhalb von MR Anwendungen vielfältig: Rückmeldungen können über pädagogische Agenten [HC11] oder über Veränderungen in der Lernumgebung selbst gegeben werden. Es können explizite Feedbacksysteme in Form von Punkten etabliert sein. Im Fall von kooperativen Lernumgebungen kann die Rückmeldung auch durch weitere Lernende innerhalb der MR Anwendung erfolgen.

### 3.3 Game-Features

Zwischen MR Lernanwendungen und Computerspielen besteht eine enge Verbindung. Zahlreiche MR Anwendungen bedienen sich spielerischer Elemente oder beinhalten sogar ein übergeordnetes Spielziel, sowie eine Rahmenhandlung und einen künstlichen Konflikt und sind somit ein vollwertiges Serious Game – also ein Spiel, welches neben dem Unterhaltungswert auch ein klar definiertes Lernziel verfolgt. Die Meta Analyse von Merchant und Kollegen [Me14] zeigt dabei auf, dass MR Anwendungen mit Game-Features klassischen Simulation in Bezug auf den Wissenserwerb überlegen sind. Vor diesem Hintergrund lohnt es sich Gestaltungselemente aus dem Bereich Spieleentwicklung explizit mit zu betrachten, da sie ein großes motivationales Potenzial beinhalten und den Lernenden neue Perspektiven auf Probleme und deren eigenständige Lösung eröffnen können. Gleichzeitig beinhaltet die Gestaltung als Spiel die Gefahr, vom eigentlichen Lernprozess abzulenken und somit die Erreichung der definierten Lernziele zu gefährden. Plass, Homer und Kinzer [PHK15] beschreiben verschiedene Gestaltungsdimensionen von Serious Games, welche wiederum Auswirkungen auf das Erleben der Spiele durch die Lernenden haben: dazu gehören (a) die Game Mechanik, (b) Visual aesthetics, (c) das Narrative, (d), die Musik und (e) die Lernziele bzw. der Lerninhalt und die damit verbundenen Kompetenzen. Wenn die spielerische Gestaltung der MR Anwendung ein zusätzliches motivationales Angebot darstellen soll, müssen diese Gestaltungsdimensionen auf die Zielgruppe abgestimmt werden und eventuell sogar innerhalb der Zielgruppe unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich einzelner Elemente des Spiels berücksichtigen. Darüber hinaus besteht eine besondere Herausforderung darin, dass die Game Mechanik sowohl zum Format Mixed Reality passt als auch, dass sie sich möglichst nah an den Lernzielen orientiert. Die aus den Lernzielen ableitbare Handlungsanweisungen oder Tätigkeitsbeschreibungen sollten sich in der Game Mechanik bzw. den umgesetzten Regeln wiederfinden. Wenn die Game Mechanik inhaltlich oder in Bezug auf das Format (bspw. wird im Spiel verlangt, dass man Text verarbeiten soll, gleichzeitig aber mit einer motorischen Aufgabe auf Zeit

beschäftigt ist) nicht zu den Lernzielen passt, wirkt sich dies negativ auf den Lernprozess aus.

### **3.4 Interaktivität**

Schwan und Buder [SB06] beschreiben unterschiedliche Formen der lernbezogenen Interaktivität für MR Lernanwendungen. Demnach handelt es sich bei MR Anwendungen um (a) Explorationswelten, in welchen man Informationen aus verschiedenen Perspektiven und in einem eigenen Tempo verarbeiten kann, um (b) Trainingswelten, in welchen prozedurale und handlungsbezogene Fertigkeiten vermittelt werden, (c) Experimentalwelten, in welchen Gesetzmäßigkeiten erfahrbar gemacht werden können und die Konsequenzen eines Handelns unmittelbar und realistisch sichtbar werden, sowie (d) Konstruktionswelten, in welchen die Lernende selber Dinge erschaffen. Die technischen Möglichkeiten der Mensch-Maschine Schnittstellen und die Darstellung dieser unterschiedlichen Welten über ein Head Mounted Display oder andere Ausgabeformen bestimmt sowohl die Interaktionsmöglichkeiten als auch die subjektive Wahrnehmung dieser. Ohne zusätzliche Controller, Fingertracking oder Sprachsteuerung sind sowohl die Explorationsmöglichkeiten als auch Manipulationen in Experimentalwelten nur begrenzt möglich. Das Eintauchen in die MR Welten wiederum ist maßgeblich durch Gestaltung der Schnittstellen bestimmt. So lässt sich die Immersion – bzw. das Präsenzerleben sowohl in Bezug auf den Ort als auch in Bezug auf soziale Prozesse – durch zusätzliche Interaktionsangebote in Form von Sprach- und Gesteninteraktion steigern. In Summe führt dies dann zu kognitivem, emotionalem und behavioralem Engagement, welches wie im INTERACT Modell beschrieben [DSP10] Lernprozessen zu Grunde liegt.

## **4 Vier Erfolgsfaktoren im MARLA Konzept**

Die vier herausgearbeiteten Erfolgsfaktoren (Abbildung 2) dienen im Rahmen des MARLA Projekts (Master of Malfunction) als Grundlage für die systematische Entwicklung einer MR Anwendung für die Windenergiebranche.

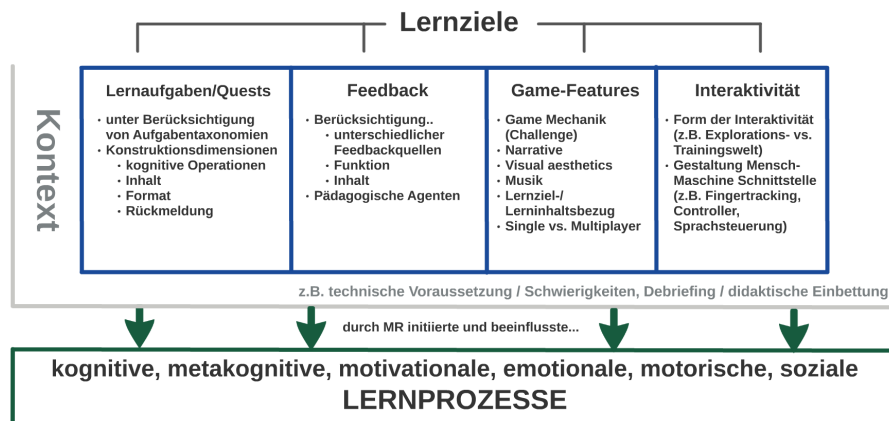


Abb. 2: Übersicht Erfolgsfaktoren für MR Lernumgebungen: Quests, Feedback, Game-Features und Interaktivität beeinflussen Lernprozesse in MR Lernanwendungen

#### 4.1 Projekt MARLA

Das Forschungsvorhaben MARLA (Laufzeit März 2019 bis Februar 2022) hat zum Ziel eine Mixed Reality Lernanwendung für die Instandsetzung von Windkraftanlagen (WKA) zu entwickeln und zu evaluieren. Die Anwendung wird sowohl einen „game-based learning“ Ansatz verfolgen als auch die Vorteile von Sprachassistenten nutzen. Dabei wird die zentrale Fragestellung untersucht, inwiefern die Umsetzung von Lernzielen in einer Mixed Reality Umgebung einen Mehrwert für das Erlernen relevanter Kompetenzen der Erstausbildung und Weiterbildung gewerblich-technischer Fachkräfte hat. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem Trainieren in Gefahrensituationen bzw. der Analyse und Behebung technischer Probleme in Risikosituationen, die in der Realität nicht ohne Weiteres erprobt werden können. Im Rahmen von zwei Modulen wird jeweils ein Lernszenario für Anfänger\*innen und ein Lernszenario für Expert\*innen konzipiert.

Das Szenario für Anfänger\*innen dient dem Ziel, technische Problemlösekompetenz zu fördern, welche am Beispiel einer WKA thematisiert wird, gleichzeitig aber übertragbar auf eine Vielzahl anderer Anwendungskontexte ist. In diesem Zusammenhang werden technische Grundkenntnisse sowie Sicherheitsstandards vermittelt, welche dann auf die WKA angewandt werden. Die Zielgruppe verfügt auf Grund des frühen Zeitpunkts in der Ausbildung noch über wenig technisches Vorwissen und hat bisher noch keinen Kontakt zum Anwendungsfeld Windenergie. Es ist daher davon auszugehen, dass die Motivation zur Lösung (windenergie-) technischer Aufgaben initial eher gering ist. Grund hierfür ist die Tatsache, dass es keine Erstausbildung für den Bereich Windenergie-technik gibt. Die Branche bedient sich daher an Fachkräften aus Berufen, die relevante Kompetenzen mitbringen. Dazu zählen zum Beispiel der/die Elektroniker\*in Betriebstechnik oder auch



der/die Mechaniker\*in für Land- und Baumaschinenteknik [Gr13]. Da das Angebot an gewerblich-technischen Fachkräften in diesen Berufen knapp ist, gestaltet sich die Suche nach qualifizierten Arbeitskräften in der Windenergiebranche schwierig [Bun18] [Ke12]. Die für die Instandsetzung von Windkraftanlagen notwendigen Kompetenzen werden anschließend in Form von häufig sehr kostspieligen Qualifizierungsmaßnahmen trainiert.

Das Szenario für Expert\*innen beinhaltet komplexe Problemlösungsfälle, die in ein Risikoszenario eingebettet sind. Die Instandsetzung von Offshore-Anlagen auf See ist durch solche Probleme gekennzeichnet. Diese Aufgaben dürfen in der Praxis nur von erfahrenen Techniker\*innen mit entsprechender Schaltberechtigung unter hohen Sicherheitsstandards ausgeführt werden. Die Lernumgebung für Expert\*innen beinhaltet anspruchsvolle technische Problemlösungsfälle, die Spezialist\*innen zum Beispiel bei ungünstigen Witterungsbedingungen kompetent ausführen können müssen. In diesem Szenario wird der Mehrwert von MR für die Fehleranalyse und -lösung in Gefahrensituationen untersucht. Ziel ist, dass die Expert\*innen die Fehleranalyse und -lösung konkreter technischer Probleme an Offshore-Windkraftanlagen für den Ernstfall im geschützten (virtuellen oder augmentierten) Raum trainieren können. Damit richtet sich das zweite Szenario an eine Zielgruppe, welche im Vergleich zu Szenario eins älter ist, über ein hohes technisches Vorwissen verfügt und durch den Kontakt mit den thematisierten Aufgaben auch ein hohe Motivation mitbringt.

#### 4.2 Beispielaufgabe für Szenario eins und Szenario zwei

**Beispielaufgabe für Anfänger\*innen:** Lernenden der Facharbeiterausildung werden innerhalb der MR Lernanwendung Grundlagen der Fehleranalyse und -behebung am Beispiel Windkraftanlagen (WKA) vermittelt. Darüber hinaus verfolgt die Lernanwendung auch Bildungsziele in Bezug auf Orientierung zu möglichen beruflichen Einsatzfeldern: die Lernenden sollen ein mögliches Arbeitsfeld kennenlernen und die technischen und organisatorischen Herausforderungen eines solchen Berufs erfahren. Eine mögliche Aufgabe besteht darin, dass Sie in einer ausgefallenen Turbine eine systematische Fehlersuche vornehmen und den Fehler anschließend beheben. Dabei müssen sie sich sowohl mit Bauteilen der Turbine als auch damit verbundenen Teilen der WKA auseinandersetzen (Trafo, Schaltanlage inkl. mehrerer Schaltfelder), sowie Grundlagen über die Eigenschaften (Spannung 330 kV Anlagen) und Kommunikation (Schaltsprache, Standardprozedere) abrufen und anwenden.

Die WKA dient hier als ein Beispiel für eine komplexe Schalteinrichtung. Die Installation, der Betrieb und die Wartung von Schalteinrichtungen gehört zur grundlegenden Qualifikation in der Ausbildung des Berufs Elektroniker\*in [Bundesgesetzblatt 2008], insbesondere für die Fachrichtung Betriebstechnik. Das Beherrschen dieser Kompetenz ist für Windenergietechnik ebenfalls relevant. Trainiert wird hier häufig an Trainingsanlagen, an denen unterschiedliche Fehlerszenarien simuliert werden.

**Beispielaufgabe für Experten\*innen:** Expert\*innen, welche bereits im Bereich Windenergie arbeiten verfügen über Grundlagenkenntnisse und bringen auch die notwendigen

Voraussetzungen in Form von abgeschlossenen Berufsausbildungen und erworbenen Sonderqualifikationen für die spezifischen Anlagentypen mit. Aufbauend auf diesen Kenntnissen und Vorwissen, liegen die Lernziele in diesem Szenario in der Weiterentwicklung von Analysefähigkeiten, dem Kompetenztraining im Bereich Arbeiten unter Zeitdruck und allgemein der Anwendung der vorhandenen theoretischen Kenntnisse.

In Szenario 2 wird eine Quest darin bestehen, ein defektes Kühlsystem einer Offshore-Windkraftanlage zu finden und zu reparieren. Im Kühlsystem befindet sich ein Leck, das durch gezieltes Suchen entdeckt werden muss (sog. „Lecksuchfähigkeit“ anhand von Messwerten). Anschließend müssen Lösungsansätze zur Instandsetzung entwickeln werden, die über das reine Austauschen von Bauteilen hinausgehen. Das Szenario ist eingebettet in eine extreme Wettersituation an einer Offshore-Windparkanlage. Der Fehler muss unter Zeitdruck behoben werden. Hier wird die Analysefähigkeit durch das Einüben eines Fehlersuchschemas trainiert. Dazu gehört das Messen und Bewerten der Messergebnisse, sowie das Entwickeln von Lösungsansätzen für das Problem. Ziel ist es, selbständiges Denken zu fördern, anstatt sich auf das Austauschen von Bauteilen zu beschränken.

### **4.3 Feedback im Spiel MARLA**

Feedback wird in beiden Szenarien auf der Grundlage des Vorwissensstands der Lernenden und der Lernziele gegeben. Für die oben skizzierten Aufgaben werden Aufgabenanalysen als Grundlage für die Umsetzung in der MR Lernanwendung erstellt. Diese beinhalten sowohl die relevanten Konzepte, die kognitiven Operatoren als auch typische Fehler. Auf dieser Grundlage kann informatives Feedback für die verschiedenen Teilaufgaben der zwei Szenarien erstellt werden. Das Szenario für Anfänger\*innen soll die Lernenden auch an die Windenergiebranche heranführen. Das Feedback übernimmt in diesem Szenario also auch die Aufgabe unterschiedliche Ausgangsniveaus abzufangen und den Lernenden durch Hinweise und ein schrittweises Heranführen an die Lösung Erfolgserlebnisse zu ermöglichen. Als Feedbackquellen innerhalb des Szenarios sind hier sowohl Veränderungen innerhalb der MR als auch Pädagogische Agenten, welche mit den Lernenden in einen Dialog treten denkbar. Im Szenario zwei für Expert\*innen übernimmt das Feedback eher die Aufgabe auf punktuell auf Verbesserungsmöglichkeiten aufmerksam zu machen. Darüber hinaus bietet sich für den Austausch unter Expert\*innen auch Peer Feedback durch weitere Teilnehmende an. Die Lernanwendung selber kann die Expert\*innen unterstützen indem sie ihnen bei Bedarf zusätzliche Informationen zur Verfügung stellt. Hier müssen Konsequenzen des eigenen Handelns möglichst realistisch in der MR sichtbar werden, darüber hinaus sollte es Möglichkeiten zur Kommunikation zwischen mehreren Lernenden innerhalb der MR Anwendung geben.

### **4.4 Game-Features in MARLA**

Im Szenario für Anfänger\*innen sieht das Konzept vor, dass die Lernenden anhand einer Geschichte Windkraftanlagen kennenlernen und sich mit den Lerninhalten auseinandersetzen. Die Lernanwendung startet an Land mit einer Besprechung im Lager. Hier wird

man auch mit der MR Anwendung vertraut gemacht und das Tutorial findet statt. Danach geht es direkt auf das Boot, bei rauer See. Am Umspannwerk bzw. bei den Off-Shore Turbinen angekommen, muss man dann die oben skizzierte Aufgabe lösen. Als Teil der Story werden Non-Player Character eingeführt, welche zu einem späteren Zeitpunkt auch Feedback als pädagogische Agenten geben können.

Im Szenario für Expert\*innen werden verschiedene Orte umgesetzt (vor der Windkraftanlage, unten im Turm, oben in der Turbine in verschiedenen Bereichen). Hier muss die oben skizzierte Aufgabe mit mehreren Personen gelöst werden. Daraus resultiert die Notwendigkeit zusammenzuarbeiten ohne zwangsläufig am gleichen Ort zu sein. Ein zentraler Aspekt ist hierbei, dass über Sprache miteinander und mit der Zentrale kommuniziert wird. Als zusätzliche Herausforderung zieht dann ein Gewitter auf, welches dazu führt, dass die Lernanwendung Zeitdruck als spielerisches Element bekommt. Alle Beteiligten werden bei starkem Unwetter innerhalb einer definierten Zeit mit dem Schiff von der Offshore Turbine abgeholt und müssen dann ihre Arbeiten beendet haben.

#### **4.5 Interaktivität in MARLA**

Die lernbezogene Interaktivität findet in Szenario eins im Rahmen einer Experimental/Explorationswelt statt. Sie wird in einer vollständig virtuellen Welt umgesetzt, die für das Lernziel den höchsten Mehrwert verspricht. Die Spieler\*innen sollen erste technische Details verstehen und eine Berufserfahrung in der Wartung von Windkraftanlagen erfahren. Dazu zählen neben einer Bootsfahrt, auch die Erfahrung in der Höhe zu Arbeiten oder bei starkem Wellengang. Für diese körperlichen (Grenz-)Erfahrungen eignet sich ein virtuelles Szenario eher als ein augmentiertes. Die vollständige Immersion ist für dieses Szenario von Vorteil, da der Spieler\*in vollständig in das Lernsetting eintauchen kann.

Für das Szenario zwei für Expert\*innen wird eine Trainingswelt in einer MR Lernanwendung entwickelt, welche detailgenaue Interaktionen und Kooperationen mit anderen Teilnehmenden erlaubt. Darüber hinaus wird für dieses Szenario eine möglichst natürliche Sprachinteraktion mit dem System und mit den anderen Teilnehmenden benötigt. Aktuell wird vor diesem Hintergrund die HoloLens 2 als Technologie favorisiert. Mit der HoloLens 2 ist darüber hinaus auch ein „Training on the Job“ und damit die Verwendung der Brille auf den realen Windkraftanlagen vorstellbar.

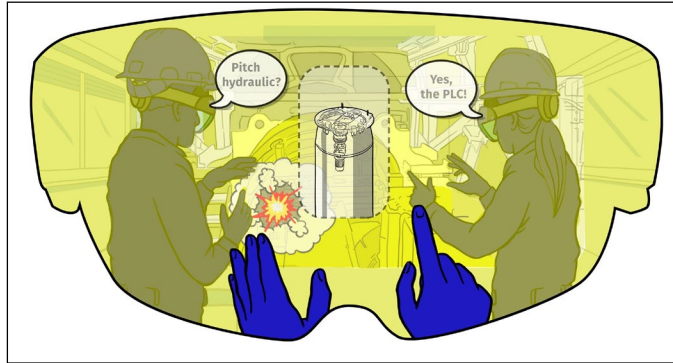


Abb. 3: Entwurf für das Szenario für Expert\*innen: ein Multiplayer für HoloLens, der Interaktionen mit Hologrammen über Sprache und Fingertracking ermöglicht.

Sowohl für die Anfänger\*innen als auch die Expert\*innen gilt, dass sich die Interaktion innerhalb der MR Lernanwendung möglichst nah an den gewohnten Interaktionsformen in der Realität orientieren sollten. Dazu gehört, dass die Lernenden auf Objekte und Personen zeigen können, Objektmanipulation (anklicken/drücken, nehmen, drehen, auseinanderbauen, werfen) vornehmen können, sich bewegen können (Bewegung (um die eigene Achse/im Raum/durch Räume), kommunizieren können (mit System/Mitspielern/Supervisor) und Steuerungsinput auf verschiedenen Wegen passiert (Steuerungsinput (durch Gesten/Sprache/Blickführung).

## Diskussion und Ausblick

Der vorliegende Beitrag stellt vier Kernelemente für MR Lernanwendungen vor und zeigt exemplarisch auf, wie diese in zwei Anwendungsszenarien in der Windenergiebranche gestaltet sein könnten. Die vier postulierten Erfolgsfaktoren Lernaufgaben/Quests, Feedback, Game-Features und Interaktivität werden dabei als Diskussionsgrundlage für einen Beitrag hin zur systematischen Konstruktion von lernförderlichen MR Anwendungen betrachtet und sollen auch anhand der ersten Konzepte im Projekt MARLA hinsichtlich ihrer Validität im VR/AR Learning Workshop diskutiert werden.

## Literaturverzeichnis

- [Bun18] Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB): Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2018. Bonn, 2018.
- [DBT19] DB Training, <https://www.db-training.de/dbtraining-de/Methoden/Moderne-Konzeptefuer-innovatives-und-individuelles-Lernen-Virtual-Reality-bei-DB-Training-3927268>, Stand 21.06.2019

- [DSP10] Domagk, S., Schwartz, R. N., & Plass, J. L.: Interactivity in multimedia learning: An integrated model. *Computers in Human Behavior*, 26, 1024–1033, 2010.
- [FO15] Freina, L., & Ott, M.: A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education (Vol. 1, p. 133)*. "Carol I" National Defence University, 2015.
- [Gr13] Grantz, T et al.: Offshore-Kompetenz. Windenergie und Facharbeit -Sektorenentwicklung und Aus- und Weiterbildung. In: Matthias Becker, Georg Spöttl (Hrsg.). *Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt*. Band 9. Peter Lang Verlag, 2013.
- [HC11] Heidig, S., & Clarebout, G.: Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning?. *Educational Research Review*, 6(1), 27-54, 2011.
- [HCH17] Hung, Y. H., Chen, C. H., & Huang, S. W.: Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(3), 252-266, 2017.
- [Int19] Into VR 3sechzig GmbH, <https://intovr.de/2017/05/11/stasi-gefaengnis-360-film-was-wollten-sie-in-berlin/>, Stand 21.06.2019
- [Ja19] Janssen, D. et al.: Education 4.0: Lehren und Lernen in Mixed Reality. In *Handbuch Innovative Lehre* (pp. 453-463). Springer, Wiesbaden, 2019.
- [Ke12] Kettner, A. (2012). *Fachkräftemangel-Fakt oder Fiktion?: Empirische Analysen zum betrieblichen Fachkräftebedarf in Deutschland* (Vol. 337). W. Bertelsmann Verlag.
- [Me14] Merchant, Z. et al.: Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40, 2014.
- [MK94] Milgram, P., Kishino, F.: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information System*, Vol. E77-D No. 12, pp. 1321-1329, 1994.
- [Na13] Narciss, S.: Designing and Evaluating Tutoring Feedback Strategies for Digital Learning Environments on the Basis of the Interactive Tutoring Feedback Model. *Digital Education Review*, 23, 7-26, 2013.

- [PKN12] Proske, A., Körndle, H., & Narciss, S.: Interactive learning tasks. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 1606-1610, 2012.
- [PM18] Parong, J., & Mayer, R. E.: Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110 (6), 785–797, 2018.
- [SB06] Schwan, S. & Buder, J., Virtuelle Realität und E-Learning (e-teaching.org-Artikel, 24.3.2006). URL: <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf>, Stand 21.06.2019
- [Ti19] Tiono, T., <https://www.heise.de/brandworlds/zukunftsmacher/bvg-virtueller-lehrmeister-hilft-bei-der-reparatur-von-bussen/?source=bwt>, Stand 21.06.2019
- [WM10] Weber, K. & Männer, R., <https://www.uni-heidelberg.de/presse/ruca/2010-2/6virt.html>, Stand 21.06.2019