

Conception of a System for Network-Based Training Using Mixed Reality Technologies

Alexander Ripkens, Thomas Alexander

Abstract: Due to increasing complexity, work on technical systems requires more and more in-depth knowledge from technical personnel. As a result, it is necessary to train and further specialize technical personnel more frequently. Based on previous work, an existing system for telecooperation is to be expanded to suit independent and cooperative learning so that the costs of training can be reduced. This applies to both single- and multi-user interactions, which can be implemented both synchronously and asynchronously. This paper presents the necessary steps and examines the suitability of various methods established in other fields of research.

Konzeption eines Systems zur netzwerkgestützten Ausbildung mit Mixed Reality Technologien

Alexander Ripkens,¹ Thomas Alexander²

Abstract: Aufgrund steigender Komplexität verlangen Arbeiten an technischen Systemen vom technischen Personal zunehmend tiefergehende Kenntnisse. Daraus folgend ist es notwendig, das technische Personal öfter zu schulen und stärker zu spezialisieren. Basierend auf vorangegangenen Arbeiten, soll ein bestehendes System zur Telekooperation erweitert werden, sodass es sich für den Einsatz zum eigenständigen und auch kooperativen Lernen eignet. Somit können die Kosten von Schulungen verringert werden. Dies bezieht sich sowohl auf Single- als auch auf Multi-User Interaktionen, die sowohl synchron als auch asynchron umgesetzt werden können. Diese Arbeit stellt die dafür nötigen Schritte vor und untersucht verschiedene, in anderen Fachgebieten etablierte Methoden auf Ihre Eignung.

Keywords: Telemaintenance; Telekooperation; Telelernen; Fernlernen; Augmented Reality; Virtual Reality

1 Moderne Ausbildungsmedien

Die kompetenzorientierte Vermittlung von Wissen durch multimediale und telemediale Umgebungen hat in den letzten Jahren viele verschiedene Formen angenommen. Sowohl in der Fertigung, in der Instandsetzung, als auch in der Medizin können durch immer fortschrittlichere und immersivere Technologien Anweisungen und Lerninhalte detail- und realitätsgetreuer vermittelt werden. Dieser Weg ging vom Lehrbuch über verzweigte Webseiten bis hin zur Implementierung mit multimodalen Technologien. Durch eine Kombination von Serious Gaming und Mixed Reality (MR) Technologien ist es mittlerweile möglich, virtuelle realistisch erscheinende Umgebungen nahezu so wahrzunehmen wie die reale Welt. Dadurch wird die Abstraktion möglichst gering gehalten. Dies erlaubt es Lehrendem und Lernendem eindeutiger miteinander zu kommunizieren, als es mit vorangegangenen Medien möglich war. Um dies zu erreichen, setzen wir auf ein bereits implementiertes und in verschiedenen Studien untersuchtes Konzept zur Ferninstandsetzung. Dieses System planen wir um für E-Learning sinnvolle Funktionen zu erweitern.

¹ Fraunhofer FKIE, Human Factors, Zanderstraße. 5, 53177 Bonn, Deutschland alexander.ripkens@fkie.fraunhofer.de

² Fraunhofer FKIE, Human Factors, Zanderstraße. 5, 53177 Bonn, Deutschland thomas.alexander@fkie.fraunhofer.de

Die Basis bildet das von [K113] erstellte System zur Ferninstandsetzung. Es erlaubt zwei Nutzern über eine Netzwerkverbindung miteinander zu interagieren. Aufgeteilt in die Rollen unterstützende und unterstützte Person wird die Kommunikation durch auditive und visuelle Übertragungen gewährleistet. Den Nutzern stehen unter anderem Sprach- und Text-Chat, sowie grafische Markierungen und Animationen zur Verfügung. Während sich die unterstützte Person bei einem realen Arbeitsgegenstand befindet, wird dieser virtuell für die unterstützende Person dargestellt. Virtuelle Informationen werden von den Benutzern erstellt, bearbeitet oder gelöscht und zwischen den Systemen synchronisiert.

2016 wurde das System mit aktuellen Technologien neu erstellt. In Kapitel 2 werden Designentscheidungen und Architektur beschrieben. Durch die Verwendung von modernen Mixed Reality (MR) Technologien erweitern wir das neu entwickelte System, damit es sich auch für weitere Formen der Telekooperation eignet, u.a. für den hier vorgestellten Ansatz des E-Learnings. Ziel hierbei ist ein Experimentalsystem, das die im Versuchsfeld der Telemaintenance etablierten und bereits untersuchten Techniken aufgreift und sie gegebenenfalls um weitere didaktische Techniken erweitert.

2 Konzept des Basissystems

Beim technischen Design haben wir im Voraus folgende Voraussetzungen festgelegt: Die Erstellung des Basissystems sollte moderne Technologien nutzen, möglichst einfach erweiterbar sein und eine etablierte und erprobte Umgebung für die Entwicklung bieten. Das Design sollte an die ursprüngliche Version von [K113] angelehnt sein aber auf modernen Plattformen laufen und deren Performance ausnutzen um eine genauere und visuell verbesserte Erfahrung zu bieten.

Das System wurde konzipiert um zwischen zwei Parteien Informationen zu vermitteln. In der bisherigen Ausführung sollte eine unterstützende Person einer unterstützten Person bei einer zu lösenden Aufgabe anleitend behilflich sein. Mehrere Szenarien wurden hierfür entworfen. Zum einen kann es sich um eine Lehrer-/Schüler-Interaktion handeln, wobei der Lehrer dem Schüler explizite Anweisungen gibt, indem er an einem virtuellen Arbeitsgegenstand Veränderungen vornimmt, die der Schüler anschließend an einem echten Gegenstand nachexerziert. In der ursprünglichen Anwendung von [K113] wurde das System für die Kommunikation zwischen Technikern und Experten genutzt. Der Experte leitet den Techniker schrittweise zur Problemlösung an. Dafür sind verschiedene Kommunikationswege vorgesehen. Das zugrundeliegende Experimentalsystem wurde zuvor von [A117] beschrieben.

Die Entscheidungen zu den verwendeten Kommunikationswegen des Systems beruhte auf Untersuchungen von [K112], die nachgewiesen haben, dass sich durch die Verwendung von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) im Gegensatz zu einer reinen Video-Übertragung signifikante Verbesserungen einstellen. Dies führte dazu, dass 14 von

18 Versuchsteilnehmern in der gegebenen Zeit unter Verwendung des Experimentalsystems mehr Arbeitsschritte ausführten.

2.1 Designgrundlagen

Bezüglich des Grades der technologischen Unterstützung gibt es verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten. [HVB17] nutzen in Ihrem Ansatz die MR zur automatisierten Ausbildung. Der Lehrer wird hier durch die Maschine ersetzt. In unserem Ansatz dient die MR zur Unterstützung der klassischen Ausbildung zwischen Lehrer und Schüler. Unser Ansatz setzt auf eine manuelle, aber flexible Methode, in der die lernende Person von einer lehrenden Person unterstützt wird. Diese Flexibilität erlaubt es, das System mit geringerem Aufwand für unterschiedliche Einsatzzwecke zu konfigurieren. Unser System ist somit mehr ein didaktisches Werkzeug zur Unterstützung beim kompetenzorientierten Lernen, als ein vom Lerninhalt abhängiges System. Es deckt ein weiteres Spektrum an Lerninhalten ab, bedeutet so weniger Aufwand in der Entwicklung und kann für verschiedene Spezialisierungen genutzt werden.

Zur Steigerung der didaktischen Effektivität wurden Designpatterns aus dem Bereich des Multimedia-Lernens mit einbezogen. Da das System stark an Gaming Systeme angelehnt ist, ist es sinnvoll, sowohl den Bereich E-Learning und Gamification, als auch Serious Games in Betracht zu ziehen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die diesen Technologien folgten sind, soweit sinnvoll, beim Design mit einzubeziehen. [KdW04, S.2] beschreiben E-Learning folgendermaßen: „Mit dem Begriff E-Learning sind alle Varianten von Lehr- und Lernaktivitäten gemeint, die das Internet für Information oder Kommunikation nutzen.“ . Nach dieser Definition wäre das gegenwärtige Experimentalsystem durchaus als E-Learning Applikation einzuordnen. Allerdings ist dabei zu beachten, dass beim Design der Schwerpunkt auf die technische Gestaltung des Systems gelegt wurde.

Das System macht sich Technologien zunutze, die bei der Entwicklung von Unterhaltungssoftware, insbesondere der Spieleentwicklung, genutzt werden. Deswegen lag es nah, zu untersuchen, ob auch die Nutzung von Spieleelementen, wie beispielsweise Gamification, einen Mehrwert liefert. Nach [De11] bezieht sich Gamification auf die Nutzung von Designelementen und Charakteristiken in nichtspielerischen Zusammenhängen. Dabei soll die Benutzung keine Erweiterung von Spielen sein. Das Design soll nicht auf der Technologie von Spielen basieren oder auf anderen spielverwandten Praktiken. Anstelle vollwertiger Spiele sollen lediglich Elemente von Spielen, unabhängig der geplanten Nutzung, Zusammenhänge oder dem eingesetzten Medium, verwendet werden. In unserem System setzen wir Mittel wie Gamification nicht ein, da die Applikation ursprünglich auf Telemaintenance ausgelegt war und Gamification in diesem Aspekt weniger Sinn ergibt. Das generische Vorgehen beim Lernen wird bei unserer Applikation vom Lehrenden vorgegeben. Vom System vorgegebene Gamification-Ansätze halten wir deswegen nicht für sinnvoll. In Zukunft wäre eventuell zu prüfen ob ein adaptives System zur Einbettung von Gamification-Ansätzen implementiert werden soll. Weitere Untersuchungen sind hierzu notwendig. Momentan ist

es jedoch Aufgabe des Nutzers, der die Unterstützende Rolle in der Applikation einnimmt, das Vorgehen beim Lernen zu steuern.

Serious Games sind im Gegensatz zu Gamification nicht genau definiert und es herrschen einige Unklarheiten wie [BB10] schreiben. Es gelten per Definition auch Spiele als Serious Games, die eigentlich keinen ernsthaften Zweck verfolgen, aber durch eine ernste Verwendung zu Serious Games werden. Beispielsweise könnte dies ein normaler Ego-Shooter sein, der im Rahmen militärischer Übung genutzt wird. [SJB07, S.1] beschreiben Serious Games als „(digital) games used for purposes other than mere entertainment“, sagen aber auch aus, dass es sehr viele unterschiedliche Interpretationen von Serious Games gibt.

Die Fachliteratur nennt noch weitere, Gamification und den Serious Games ähnliche Formen, wie edutainment und (digital) game-based learning. Die Abgrenzung ist in den meisten Fällen nicht einfach, da viele Umsetzungen von Lernsystemen auf mehr als eine dieser Definitionen passen. Alle haben das gemeinsame Ziel, durch den Einsatz neuer Kommunikationswege und Medien didaktische Methoden sinnvoll zu erweitern.

2.2 Funktionen des Systems

Beim Design wurde das benutzerzentrierte Design des Vorgängersystems übernommen und angepasst. Die Anwendung wurde mit modernen Entwicklungsmethoden umgesetzt und komplett neu erstellt. Im Zentrum des Designs steht das gemeinsame 3D-Modell des Arbeitsgegenstands, zu sehen in Abb. 1 für die VR-Seite. Dies gilt auch für die AR-Seite, wo das Modell zwar vorhanden ist, aber nicht die gesamte Zeit über angezeigt wird. Die Applikation erkennt den Arbeitsgegenstand eigenständig auf der AR-Seite und erkennt die Position des Nutzers anhand dessen Kameraposition. Diese Informationen werden anschließend über das Netzwerk an die VR-Seite gesendet, die dann das entsprechende virtuelle Modell darstellt. Eine Voraussetzung der Anwendung ist, dass die Datenübertragung auch bei langsamen Verbindungen gut funktionieren soll. Um dies zu gewährleisten werden nur die notwendigen Daten übertragen. Das 3D-Objekt befindet sich beim Start schon in der Applikation und wird von ihr lediglich erkannt. Die Software überträgt dann kodiert nur noch welches 3D-Modell erkannt wurde, sodass der Empfänger dieses aus seinem eigenen Speicher laden kann und die verfügbare Bandbreite nur minimal belastet wird.

Den Benutzern stehen auf beiden Seiten verschiedene Funktionen zur Verfügung. Abb. 2 zeigt die zum gegenwärtigen Zeitpunkt verfügbaren Funktionen des Experimentalsystems. Über das Netzwerk können sowohl Chat-Nachrichten als auch Annotationen versendet werden. Die Annotationen teilen sich wiederum in Text und grafische Annotationen auf. So kann ein Bereich des Arbeitsgegenstandes ausgewählt werden. Dieser wird vom System grafisch markiert. Es ist dem Benutzer möglich über ein frei im Raum schwebendes Text-Label kurze Arbeitsanweisungen hinzuzufügen, sie zu bearbeiten oder die Annotation wieder komplett zu entfernen. Diese Änderungen werden anschließend über das Netzwerk synchronisiert.

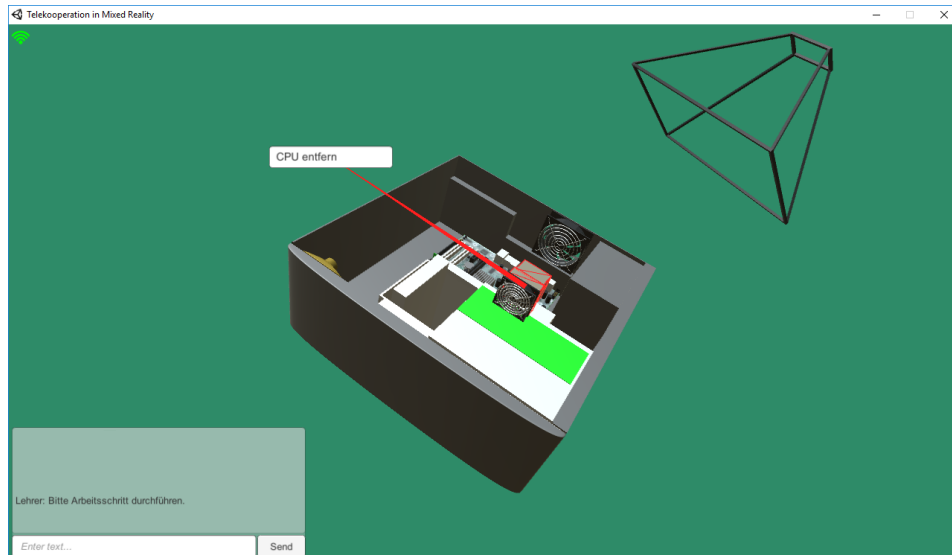


Abb. 1: Unterstützung mit Arbeitsanweisung im Chat und als Annotation am CPU Kühler und virtueller Position der unterstützten Person

Die Übermittlung des Wissens anhand von Annotationen unterscheidet sich vom ursprünglichen System. Hier wurden stattdessen Animationen eingeblendet. Diese brachten starke Bewegungen in das Bild und man musste bis zum Abspielen der Animation warten um den ursprünglichen Zustand zu sehen. Deswegen haben wir uns in der gegenwärtigen Implementierung für die vorgestellte Funktionsweise entschieden. Darüber hinaus hat die unterstützte Person weitere Möglichkeiten die AR-Sicht anzupassen. Über die Funktion Pause kann der Benutzer die AR-Sicht einfrieren und ist nicht mehr darauf angewiesen, die Kamera in der richtigen Position zu halten um alle Arbeitsanweisungen zu sehen. Eine weitere Funktion ist das Ein- und Ausblenden von Teilen des Arbeitsgegenstandes. So kann das Bild durch den virtuellen Arbeitsgegenstand oder durch Teile des Arbeitsgegenstands überdeckt werden. Alternativ kann der virtuelle Arbeitsgegenstand in der AR-Sicht unsichtbar sein. Somit ist es möglich einzelne virtuelle Elemente des Arbeitsgegenstandes einzublenden und somit eine Art virtuellen Röntgenblick durch den realen Arbeitsgegenstand zu erlauben.

2.3 Entwicklungsumgebung und Tracking-Framework

Das zu erstellende Experimentalsystem sollte die reale Welt hauptsächlich um 3D-Objekte erweitern oder sie virtuell repräsentieren. Für die Umsetzung haben wir deswegen folgende Anforderungen an die Entwicklungsumgebung gestellt: Der Entwicklungsaufwand sollte möglichst gering sein und die Software trotzdem auf verschiedenen Endgeräten lauffähig sein, oder auf diese mit geringem Aufwand portierbar sein. Der Einsatz von modernen

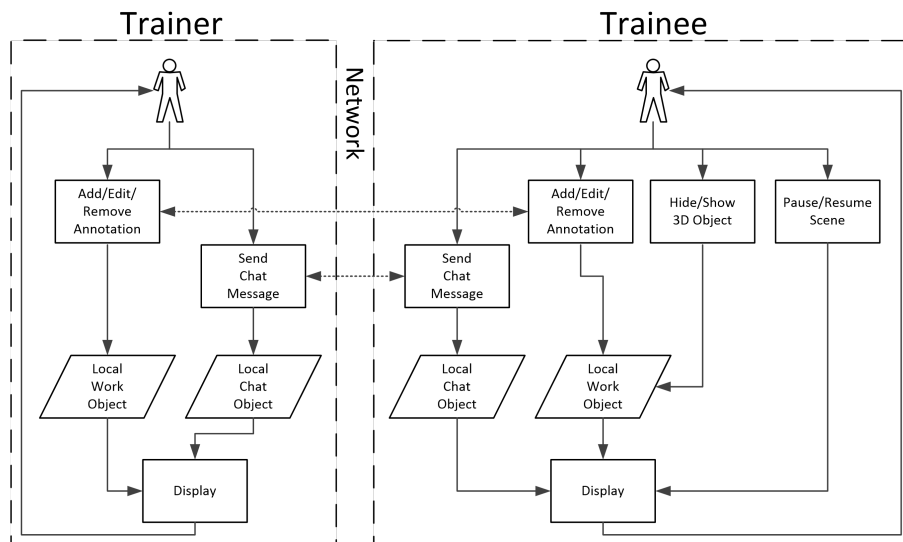


Abb. 2: Design der geteilten und nicht geteilten Funktionen zwischen unterstützender Person (links) und unterstützter Person (rechts) nach [A117]

Technologien wie auf Head-Mounted-Displays (HMDs) zur Ausgabe basierender AR und VR, sollte möglich sein, um den Nutzen für spezielle Anwendungsszenarien untersuchen und mit anderen Ein- und Ausgabe-Geräten vergleichen zu können. Änderungen und Erweiterungen sollen mit möglichst geringem Aufwand nicht nur in Bezug auf die Endgeräte, sondern auch weitere Anwendungsgebiete ausgedehnt werden können. Eine große Entwickler-Community ist außerdem für schnelle Problemlösungen wünschenswert. Basierend auf einer Untersuchung zur Verwendung von Game Engines [WA15] entschieden wir uns deswegen für die Unity Game Engine [Un17a], die diese Anforderungen erfüllt. Ein weiterer wichtiger Teil der Software ist die AR-Tracking-Technologie. Diese soll möglichst genau und fehlerfrei arbeiten. Wir entschieden uns für das Framework Vuforia [Vu17], da dieses in internen Tests die beste Trackingqualität lieferte und durch die Integration in Unity intuitiv einzubinden und einzusetzen ist.

2.4 Erweiterbarkeit des Systems

Die Nutzung der Unity Game Engine vereinfacht durch ihre Struktur die Entwicklung einer generisch nutzbaren Applikation und ermöglicht dadurch den Austausch einzelner Elemente. Dies liegt am modularen Entwicklungskonzept der Game Engines im Allgemeinen und der Verwendung von GameObjects bei Unity im Speziellen. [Un17b] beschreibt GameObjects als "Base class for all entities in Unity scenes". Der Grundgedanke der Erweiterbarkeit des

Systems sollte vorwiegend dem Austausch des Arbeitsgegenstands, sowie der zur Ein- und Ausgabe verwendeten Peripherie dienen.

Der Applikation können weitere Arbeitsgegenstände hinzugefügt werden. Die Erweiterung findet immer auf ähnlichem Weg statt: Ein Austausch des 3D-Objektes, das Hinzufügen eines Markers für das Tracking und anschließend eine Verknüpfung der Elemente für die Annotationen über verschiedene Skripte. Der Arbeitsgegenstand muss in digitaler Form vorliegen. Er muss hierfür mit Hilfe von 3D-Modellierungstools, beispielsweise mit Blender [B117], manuell nachmodelliert werden.

3 Erweiterung des Systems durch MR

Die Nutzung des Systems für weitere Wege der Telekooperation, wie in diesem Fall für das E-Learning, macht verschiedene Anpassungen sinnvoll. Eine mögliche Veränderung des Experimentalsystems ist der Verzicht auf die Kombination von AR und VR. Es wäre damit möglich ausschließlich VR für Lernzwecke zu verwenden. Wird die virtuelle Seite sowohl von der unterstützenden Person als auch von der unterstützten Person genutzt, so ist es möglich das System auch ohne realen Arbeitsgegenstand zu nutzen. Mit zwei VR-Seiten wird das System so zu einem Lern-/Schulungssystem. Beide Teilnehmer benötigen dann nur noch die VR-Hardware und können auf das Training am realen Objekt verzichten, was sowohl die Kosten für die Beschaffung spart, als auch das Risiko reduziert den Arbeitsgegenstand während des Trainings zu beschädigen.

Die bisherigen AR- und VR-Arbeitsplätze sind mit bildschirmbasierten Geräten wie Smartphones oder stationären PCs realisiert. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass HMD-basierte MR noch vor wenigen Jahren sehr groß und sehr schwer war. Auch reichten qualitative Anforderungen an Auflösung, Latenz und Tracking nicht für eine zufriedenstellende Umsetzung. Die momentane Entwicklung, insbesondere durch das Erscheinen von VR-Systemen im Konsumentenmarkt, lässt einen starken Trend zu qualitativ hochwertigen VR- und AR-Systemen erkennen.

3.1 Display Typen für MR

HMD-basierte Virtual Reality und Augmented Reality können eine sinnvolle Erweiterung für das System darstellen. Aus ergonomischer Sicht hat der Vorteil der erhöhten Immersion den Nachteil, dass der Benutzer einen Fremdkörper auf dem Kopf tragen muss. Formfaktor und Gewicht der HMDs machen es sinnvoll die Nutzung zu reglementieren um eine Überbeanspruchung zu vermeiden. Die Studie von [Th14] hat dieses Problem untersucht.

Bei der Portierung von monitorbasierten zu HMD-basierten Systemen sind Best Practices, beispielsweise zur Vermeidung von Simulatorkrankheit, zu berücksichtigen. Ein Beispiel hierzu ist die Einführung zu Best Practices von [Oc17]. Grundlegend lassen sich die

möglichen Probleme entweder auf dem System oder dem Design der Software begründen. Da die Telekooperationsanwendung keinerlei künstliche Bewegung verlangt, sind voraussichtlich wenige Änderungen am Design vorzunehmen. Auch mit Hardwareproblemen, wie zu geringer Leistung für die Darstellung, was zu Latenz führen kann, ist bei der momentanen Komplexität der darzustellenden Objekte nicht zu rechnen.

Mixed Reality-Hardware hat in den letzten Jahren starke Verbesserungen erlebt. Eine Miniaturisierung der Hardware durch Komponenten aus dem Smartphone Markt hat zu MR Systemen für Konsumenten geführt. Für Gaming, einschließlich Serious Games, haben sich besonders VR Systeme wie Playstation VR, HTC Vive und Oculus Rift durchgesetzt. Mobile Systeme wie Gear VR und Googles Daydream haben zwar eine größere Nutzerbasis, jedoch sind sie in ihrem Tracking zumeist noch auf 3 Freiheitsgrade beschränkt. Bei vollwertigen AR Systemen sind momentan hauptsächlich Microsofts HoloLens und Meta verfügbar. Bei beiden Systemen handelt es sich noch um Entwicklerversionen.

3.2 Interaktion mit MR Systemen

Die an PC-Arbeitsplätzen verbreitete Steuerung mit Maus und Tastatur ist für die HMD-basierte AR und VR wenig geeignet. Hier bieten sich insbesondere intuitive Eingabemöglichkeiten an, die an die reale Welt angelehnt sind.

Der für die Telemaintenance optionale Voice Chat ist beim Fernlernen in der MR wichtiger. Da die Benutzung von Tastatur und Maus aufgrund der geschlossenen Brillen problematisch sein kann, ist die Verwendung dieser Eingabegeräte zu vermeiden. Ein Hybridssystem, welches per Spracherkennung die Eingaben aufnimmt, dem Nutzer zuordnet und ihn visualisiert kann Probleme vermeiden, welche durch das gleichzeitige Sprechen mehrerer Lernender entstehen. Der Lehrer kann dann durch visuelles fixieren auf den Fragestellenden die Aufnahme abspielen. Das aus der Schule bekannte Aufzeigen entfällt somit.

Bei AR Systemen, wie HoloLens oder Meta befinden sich die Eingabemethoden noch in einem frühen experimentellen Stadium. Hier wird momentan Gesten- oder Sprachsteuerung genutzt. Ältere Systeme, wie Zeigegeräte mit virtuellen Markern, haben sich bisher nicht durchgesetzt. Die Nutzung der vom PC bekannten Eingabegeräte, Maus und Tastatur, sind für eine zwei dimensionale Interaktion gedacht. Die Interaktion im drei dimensional Raum ist somit umständlich und für unser System nicht wünschenswert.

Bei VR Systemen haben sich bei den drei großen Systemen, HTC Vive, Oculus Rift und Sony Playstation VR, bereits Eingabemethoden durchgesetzt. Alle Systeme setzen bei Interaktionen im Nahbereich auf Touch-Implementierungen. Hierbei kann der Benutzer das Objekt mit sogenannten motion-controllern greifen und direkt manipulieren. Eingesetzt wird dies im Serious Gaming Bereich bei Anwendungen wie dem 3D Modellierungs-Tool Oculus Medium oder dem Zeichenprogramm Tilt Brush von Google. Diese bereits bewährten

Systeme entsprechen stark der Nutzung unserer Lernumgebung und sollten deswegen für die Interaktion mit dem Arbeitsgegenstand genutzt werden.

4 Erweiterungen der Funktionalität

Zusätzlich zu der Portierung unseres Systems zur Fernwartung mit Ein- und Ausgabemethoden der MR sind für die Applikation weitere Anpassungen für das virtuelle Lernen geplant. Hierbei handelt es sich um mögliche Erweiterungen und Verbesserungen, die im Laufe unserer Systemtests und Versuchsreihen geäußert wurden.

4.1 Virtuelle Lehrgänge mit mehreren Teilnehmern

Ein weiteres Ziel für das computergestützte Lernen mit MR ist es mehrere Schüler gleichzeitig zu unterrichten. Konkret bedeutet das, dass alle Schüler den Lehrer in ihrer eigenen Lernumgebung sehen. Der bisherige Code muss daraufhin erweitert werden um virtuelle Lehrveranstaltungen zu ermöglichen. Um das Sichtfeld nicht durch zu viele Teilnehmer einzuschränken, werden die Schüler nur durch ihre Interaktion visualisiert. Die Aktionen des Lehrers können dann synchron an alle Schüler weitergegeben werden. Dies würde weitere Veränderungen am System sinnvoll machen. Offene Fragen müssen geklärt werden: Was soll der Lehrer in einer virtuellen Schulklasse alles sehen können? Sollen alle Schüler gleichzeitig angezeigt werden oder immer nur die Schüler, die gerade aktiv unterstützt werden? Hierbei ist geplant den Benutzern alle Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen und Versuchsreihen zur Effektivität und Akzeptanz durchzuführen.

4.2 Asynchrones lernen

Eine weitere geplante Erweiterung des Systems stellt die asynchrone Kommunikation dar. Diese Lösung könnte durch eine schrittweise Aufzeichnung von Arbeitsschritten durch den Lehrer umgesetzt werden. Der Schüler kann die Arbeitsschritte dann zu jeder Zeit und in seiner individuellen Lerngeschwindigkeit ansehen. Ein Üben der Arbeitsschritte wäre dann auch ohne die Verbindung zum Lehrer möglich. Alternativ könnten somit auch die zuvor beschriebenen virtuellen Lehrgänge mit mehreren Teilnehmern erweitert werden. Durch das Vorgehen des asynchronen Lernens muss der Lehrer nur die Personen unterstützen, die trotz der gespeicherten Lösungsvorschläge Probleme haben. Diese Art des Lernens kann unter Umständen nicht mehr als E-Learning definiert werden, je nachdem ob die Aufnahme lokal oder online gespeichert wird.

4.3 Fotofunktion

Nicht immer ist es sinnvoll ausschließlich mit virtuellen Objekten zu arbeiten. Eine weitere sinnvolle Erweiterung ist das Senden von Fotos vom AR-Benutzer zum VR-Benutzer. Diese Fotofunktion ermöglicht es der unterstützenden Person Fehler, die das System nicht selbständig auszumachen im Stande ist, zu erkennen. Im Gegensatz zur Videoübertragung spart die Übertragung eines Bildes viel Bandbreite. Mit einem Foto kann die unterstützende Person dann Ferndiagnosen erstellen, die über den Sprachkanal nicht möglich wären. Die aufgewendete Zeit für die Beschreibung des Arbeitsgegenstandes entfällt durch dieses Vorgehen. Darüber hinaus können so Fehler oder Missverständnisse bei der Kommunikation vermieden werden.

5 Langfristige Erweiterungsmöglichkeiten

Wir haben aufgezeigt, wie man eine Applikation zur Telemaintenance auch für das Fernlernen nutzen kann. Weitere Verbesserungen sollen es ermöglichen, auch neue Konzepte des Fernlernens umzusetzen, wie Gruppenlernen oder asynchrones Lernen mit MR. Ein weiteres Beispiel ist die Unterstützung des Lernenden durch das System selbst. Dies ist aufgrund der hohen technischen Komplexität ein langfristiges Ziel. Durch automatische Fehlererkennung wäre es möglich statt des Lehrers einen virtuellen Lehrer einzusetzen. Die automatisierte Erkennung kann mittels einer Künstlichen Intelligenz (KI) auch ohne Datenverbindung komplexe Vorschläge zur Lösung anbieten. Nur bei komplexeren Problemen, bei deren Auftreten die KI keine eindeutige Lösung errechnen kann wäre es dann notwendig weiterhin durch eine reale Person unterstützt zu werden. Somit könnte die Gruppengröße für Lehrgänge entscheidend angehoben werden. Ein solches intelligentes Tutoring System könnte alle zuvor genutzten Verbesserungen erweitern und die Applikation auch in der Telemaintenance und im telemedizinischen Bereich erweitern.

Zur Messung der Effektivität wäre ein Feedbacksystem als mögliche Erweiterung zu implementieren. Dieses könnte über systeminterne Evaluationswerkzeuge den Lernerfolg, sowie den Fortschritt der Arbeit des Lernenden messbar machen. Ermittelt werden könnte somit die Zeit zur Durchführung der Aufgabe. In einem als Graphen realisierten Modell könnte der genommene Weg aus Arbeitsschritten mit dem optimalen Pfad verglichen werden. Bei entsprechender Visualisierung könnte dies den in Kapitel 2.1 genannten Weg zum Einsatz der Gamification darstellen. Der Erfolg wäre somit messbar und könnte durch visuelle Darstellung zur Motivation des Lernenden beitragen.

Literaturverzeichnis

- [A117] Alexander, Thomas; Ripkens, Alexander; Westhoven, Martin; Kleiber, Michael; Pfendler, Claudius: Virtual Tele-Cooperation: Applying AR and VR for Cooperative Telemaintenance and Advanced Distance Learning (in Review). 2017.

- [BB10] Breuer, Johannes; Bente, Gary: Why so serious? On the relation of serious games and learning. *Journal for Computer Game Culture*, 4:7–24, 2010.
- [Bl17] Blender. <https://www.blender.org/>, 2017. Stand: 01.06.2017.
- [De11] Deterding, Sebastian; Dixon, Dan; Khaled, Rilla; Nacke, Lennart: From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*. S. 9–15, 2011.
- [HVB17] Hochberg, Jana; Vogel, Cathrin; Bastiaens, Theo: Gestaltung und Erforschung eines Mixed-Reality-Lernsystems. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 28(0), 2017.
- [KdW04] Kerres, Michael; de Witt, Claudia: Pragmatismus als theoretische Grundlage für die Konzeption von eLearning. na, 2004.
- [Kl12] Kleiber, Michael; Alexander, Thomas; Winkelholz, Carsten; Schlick, Christopher M.: User-centered design and evaluation of an integrated AR-VR system for tele-maintenance. In: *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference on*. S. 1443–1448, 2012.
- [Kl13] Kleiber, Michael: Konzeption und Entwicklung eines integrierten stereoskopischen Systems der Erweiterten und Virtuellen Realität für die Ferninstandsetzung. Shaker, 2013.
- [Oc17] Oculus: , Introduction to Best Practices. https://developer.oculus.com/design/latest/concepts/bp_intro/, 2017. Stand: 01.06.2017.
- [SJB07] Susi, Tarja; Johannesson, Mikael; Backlund, Per: , *Serious games: An overview*, 2007.
- [Th14] Theis, Sabine; Alexander, Thomas; Mertens, Alexander; Schlick, Christopher; Wille, Matthias: Physiologische Auswirkungen der Langzeitnutzung von Head-Mounted Displays im industriellen Kontext. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.(Hrsg.) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft (60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft) 2014*. S. 106–108, 2014.
- [Un17a] Unity Game Engine. <https://unity3d.com/unity>, 2017. Stand: 01.06.2017.
- [Un17b] Unity GameObject. <https://docs.unity3d.com/Manual/class-GameObject.html>, 2017. Stand: 01.06.2017.
- [Vu17] Vuforia. <https://developer.vuforia.com/>, 2017. Stand: 01.06.2017.
- [WA15] Westhoven, Martin; Alexander, Thomas: Towards a Structured Selection of Game Engines for Virtual Environments. In (Shumaker, Randall; Lackey, Stephanie, Hrsg.): *Virtual, Augmented and Mixed Reality*, Jgg. 9179 in *Lecture Notes in Computer Science*, S. 142–152. Springer International Publishing, Cham, 2015.