

Standardisiertes Übungsszenario für HMD-basierte virtuelle Lernumgebungen

Leif Goldhahn, Robert Eckardt,
Katharina Müller-Eppendorfer

Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften,
InnArbeit - Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft,
Technikumplatz 17, 09648 Mittweida

Mittels einer entwickelten virtuellen Lernumgebung inklusive integrierten Trainingsszenarien kann methodisches Wissen zur Steigerung der Bediensicherheit von Fertigungsanlagen anschaulich vermittelt werden. Dabei stehen vor allem die typischen Bedienhandlungen zum Betreiben oder Rüsten einer Werkzeugmaschine, wie das Betätigen von Tasten und Drehschaltern an Bedienpulten oder Arbeitsstationen im Vordergrund. Als Hardware zur Darstellung der virtuellen Szene kommt für ein voll-immersives VR-Erlebnis ein Head Mounted Display (HMD) mit zwei handgehaltenen Controllern (Eingabegeräte mit Tracking) zum Einsatz. In der erstellten Lernumgebung „Trainingsfabrik 4.0“, welche auch als reale Trainingsfabrik 4.0 an der Fakultät Ingenieurwissenschaften der Hochschule Mittweida existiert, konnten IngenieurInnen und Studierende die Lernumgebung mit den integrierten Bedienhandlungen testen. Deutlich wurde dabei, dass Vorkenntnisse vor allem im Hardware-Umgang begünstigende Voraussetzung sind, um das eigentliche Trainingsziel „Erlernen von Bedienhandlungen“ erreichen zu können. Viele Testpersonen arbeiteten mit den Controllern in der virtuellen Szene zunächst nicht zielführend oder gar intuitiv. Das Navigieren in der Umgebung aber auch das Ausführen der Bedienhandlungen (Steuerung) wurden dadurch stark behindert, was den gewünschten Lernerfolg sowie die Akzeptanz der Technik und der Herangehensweise klar minderte. Daraus leitet sich die Notwendigkeit ab, den Lernenden zunächst den Umgang mit der HMD-Technologie sowie die Interaktion mit der VR-Softwareumgebung in einem virtuellen Übungsszenario gezielt zu veranschaulichen. Dafür wurde ein standardisiertes 2-Phasenkonzept erstellt.

1. Motivation

Digitale Technologien wie Virtual Reality (VR) eröffnen neue Potentiale und Ansätze für selbstgesteuerte und selbstorganisierte Lernprozesse zur Wissensvermittlung komplexer Prozesse. Bekannt und anerkannt ist, dass für das Erlernen der Flugzeugbedienung, welche in der Realität nur schwer zu simulieren ist (z. B. Landung bei Wind) bereits VR-basierte Trainingssimulatoren existieren. Mit Hilfe dieser Simulatoren und den darin durchzuführenden Szenarien kann das Verhalten der Piloten analysiert und dadurch evtl. Fehlverhalten aufgedeckt und prospektiv abgestellt werden. [1] Fehlerquoten aber auch der Schulungsaufwand im realen Betrieb werden damit deutlich reduziert. [2]

Für den Umgang mit Werkzeugmaschinen, wie CNC-gesteuerten Fräsmaschinen und charakteristischen Bedienhandlungen daran, gibt es solche VR-basierte Simulatoren gegenwärtig kaum. [3] Das Interagieren und Arbeiten mit VR-basierten Simulatoren wird durch die Entwicklung und Verwendung anwendungsbezogener virtueller Lernszenarien möglich. Virtuelle Lernumgebungen mit zielorientierten Lernszenarien, zum Beispiel für das Inbetriebnehmen oder das Rüsten einer Werkzeugmaschine, orientieren sich am sensomotorisch- und visuell basierten Wissensaufbau und unterstützen damit die Vermittlung prozeduraler und handlungsbezogener Fertigkeiten in einer virtuellen Trainingswelt. Daraus ergibt sich der Vorteil, das Schadenspotential für Menschen,

Maschinen oder Werkzeuge bei Fehlbedienungen im Prozess enorm zu reduzieren bzw. sogar auszuschließen. Auch unproduktive Stillstandzeiten der Werkzeugmaschinen, welche bspw. durch unsicheres Agieren, Fehlbedienungen oder Trainingsprozesse erzeugt werden, können dadurch reduziert werden. Die am Markt verfügbaren und kommerziell nutzbaren VR-Systeme, wie Head Mounted Displays (HMD) sind zwar kostengünstig in der Anschaffung, haben aber den grundlegenden Nachteil, dass die Navigation sowie die Steuerung vor allem auf die Adaption für VR-basierte Simulatoren im industriellen Bereich wie hier von Werkzeugmaschinen und deren komplexen Bedienhandlungen nicht intuitiv ist. Daher muss der Umgang mit dieser Technologie zunächst geübt werden, um sie adäquat für das voll-immersiv unterstützende Lernen nutzen zu können. Dafür wurde ein virtuelles Übungsszenario entwickelt, welches im Beitrag vorgestellt wird.

2. Grundlagen

2.1. Virtual Reality

Die Literatur bezeichnet VR als die „visuelle Präsentation und Manipulation von 3D-Daten in Echtzeit“. [4]

Nach [5] wird VR durch die drei nachfolgenden Eigenschaften charakterisiert:

- **Immersion**, die realitätsnahe Darbietung und Wahrnehmung

- **Interaktion**, die Beeinflussung und Veränderung in Echtzeit sowie
- **Imagination**, das Erleben als quasi reale Welt.

Mit Hilfe von VR werden die visuellen, akustischen und/oder haptischen Sinne des Menschen angesprochen. Publikationen wie [6] untersetzen, dass sich die auf dem Markt vorhandenen VR-Systeme (z. B. HMD oder Powerwall) durch den Grad der Trennung des Anwendenden von der realen Welt sowie der Einbindung in eine virtuelle Umgebung unterscheiden. Ein HMD wie die HTC vive pro, mit einem hohen Grad der Immersion [6], ermöglicht das freie Interagieren mit beiden Händen mittels Controllern an einem virtuellen Arbeitsplatz, wodurch Arbeitsaufgaben inkl. Bedienhandlungen gezielt sowie wiederholt trainiert werden können. Die Visualisierung und perspektivischen Veränderungen unterstützen einen realitätsnahen Tiefeneindruck.

2.2. Bedienhandlungen, Lernszenarien und -umgebung

Eine VR-basierte Bedienhandlung bezeichnet einen ganzheitlichen virtuellen Bedienvorgang zur Veranlassung, Ausführung und Abschluss einer Funktion an einer virtuellen technischen Einrichtung, welche sich unverzüglich, auch mehrstufig, auf die virtuelle technische Einrichtung auswirken kann. [7]

Bei einem virtuellen Lernszenario erfolgt, im Sinne von Problemlösungs- oder Handlungsstrategien, die Bereitstellung von mehreren kontextbezogenen Handlungssituationen. [8] Die Literatur spricht bei dieser Nutzung

der VR in Lernszenarien (auch „lernbezogene Interaktivität“) von einem hohen Praxisbezug und „guten Resultaten im Hinblick auf die Lernwirksamkeit“. [4] Virtuelle Lernszenarien unterstützen daher die Vermittlung prozeduraler und handlungsbezogener Fertigkeiten.

Sie sind in komplexere Lernumgebungen (Trainingswelten) einzubinden. Diese virtuellen Umgebungen stellen „begehbare“ und realitätsnahe Modelle bereit, welche die Lernmotivation und Akzeptanz fördern und auch der späteren Orientierung im realen Raum dienen. [9]

Die virtuellen Lernszenarien nutzen die realen Betriebszustände der Werkzeugmaschinen (z. B. Normalbetrieb, An- und Abfahren, Inbetrieb- und Außerbetriebnahme) und die für die auftragspezifische Bearbeitung erforderlichen Tätigkeiten wie Rüsten, Einlegen, operative Tätigkeiten usw.

Arbeitsaufgaben wie die Inbetriebnahme einer Maschine können in einem virtuellen Lernszenario abgebildet und nachfolgend innerhalb einer virtuellen Lernumgebung (vgl. Abbildung 1) trainiert werden. [4] In der Abbildung 1 muss die Testperson die Bedienhandlung „Druckluftversorgung herstellen“ umsetzen. Dazu bekommt sie die Informationen, wie das Ventil aussieht, wie sie zur Handlungsstelle gelangt (Fußspuren) und wie sie die Bedienhandlung umsetzen muss. Dies kann die Anzahl und Schwere der Fehler senken, die während der realen Herstellung der Betriebsbereitschaft oder des Betriebs der Anlage auftreten und zu einer Gefährdung des Menschen sowie der Beschädigung der realen Anlagenkomponenten führen könnten.

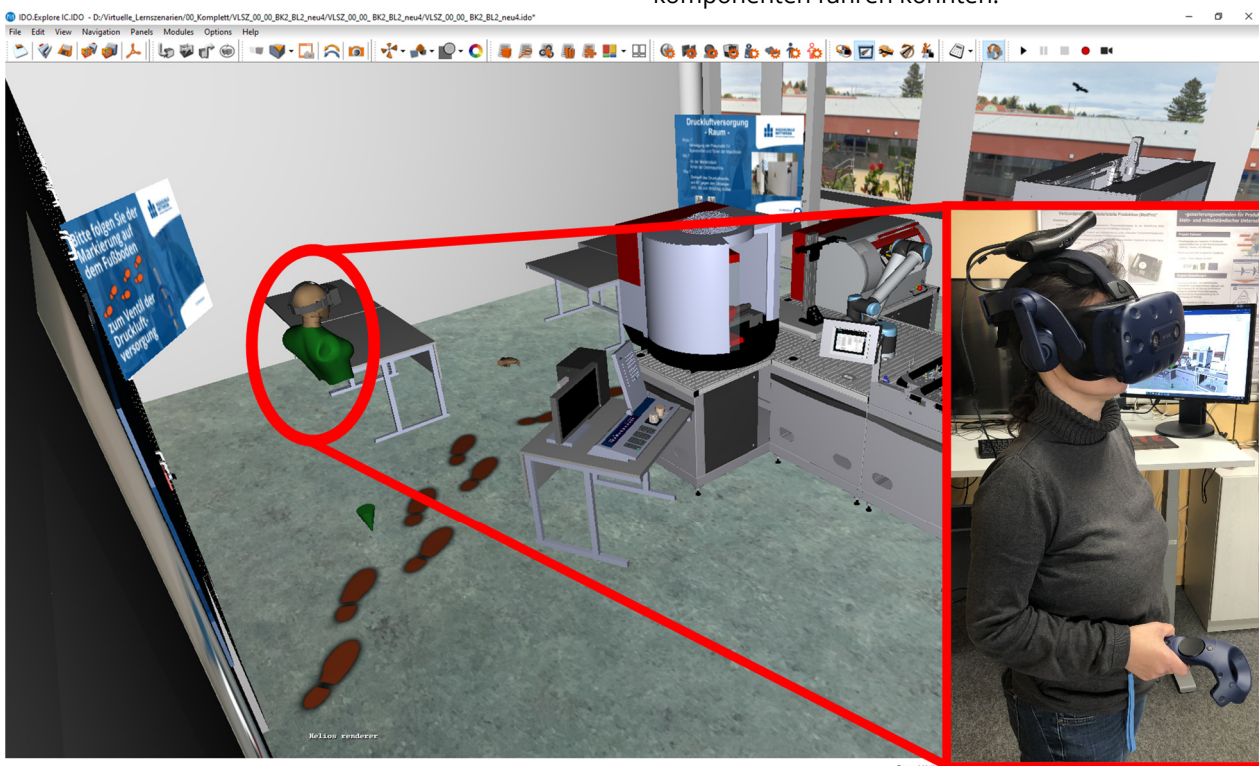


Abbildung 1: Virtuelle Lernumgebung mit Orientierungselementen (Fußspuren) sowie Anwenderin mit HMD-Brille und Controller

3. Entwicklung eines standardisierten Übungsszenarios in 2 Phasen

3.1. Allgemeines & Aufbau virtuelles Übungsszenario

Voraussetzung für die Akzeptanz eines virtuellen Lernszenarios ist, dass ein hoher Wiedererkennungswert der virtuellen Umgebung im Vergleich zur realen Umgebung vorhanden sein muss. Darüber hinaus ist es wesentlich, dass nach dem Betätigen einer Taste auf der Steuerung der virtuellen Werkzeugmaschine (Bedienhandlung) eine möglichst realitätsnahe Reaktion im virtuellen System erfolgt. Daher ist es wesentlich, das Nutzungserlebnis bewerten zu können. Erste Versuche mit den erarbeiteten virtuellen Lernszenarios zeigten, dass zunächst nicht das Umsetzen der geforderten Bedienhandlungen die Testpersonen vor Probleme stellte, sondern der Umgang mit der voll-immersiven VR-Technologie selbst. 8 von 10 Testpersonen kamen mit der Steuerung und Navigation innerhalb der virtuellen Lernumgebung nicht zurecht, wodurch das eigentliche Training des Lernszenarios in diesen Fällen nicht durchgeführt werden konnte. Die Abbildung 2 zeigt eine Übersicht, welche Fehler, in welcher Häufigkeit bei den gescheiterten Versuchen aufgetreten sind. Die Abbildung macht deutlich, dass vor allem die Navigation beim Bewegen durch die virtuelle Lernumgebung erhebliche Probleme verursachte.

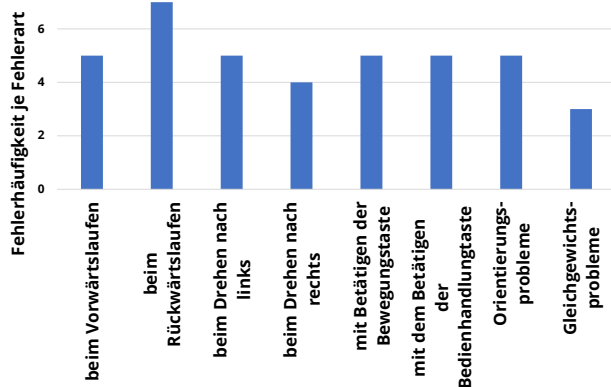


Abbildung 2: Überblick Fehlerarten und -häufigkeiten während der Durchführung des virtuellen Lernszenarios (8 Testpersonen)

Auf der Grundlage dieser Versuchsreihen wurde ein zusätzliches und voranzuschaltendes **virtuelles Übungsszenario** erarbeitet. Mit diesem sollen die Testpersonen sowohl die Navigation als auch die Steuerung im Sinne spezifischer Bedienhandlungen im Kontext eines zielführenden Umgangs mit der VR-Hardware sowie den charakteristischen Aufgaben an Werkzeugmaschinen zukünftig standardisiert üben können. Damit werden zunächst technische Versuche zur Machbarkeit und Akzeptanz vorgenommen. Die Basis für das virtuelle Übungsszenario bildet die virtuelle Lernumgebung (vgl. Abbildung 3), wodurch ein hoher Wiedererkennungswert erreicht werden konnte. Mit der Hilfe der Informationstafeln im Übungsszenario wird der Testperson schrittweise beschrieben, wie sie durch die Lernumgebung navigieren kann sowie Bedienhandlungen ausführen (steuern) muss. Verbal unterstützt wird dies von außen durch den Laboringenieur.

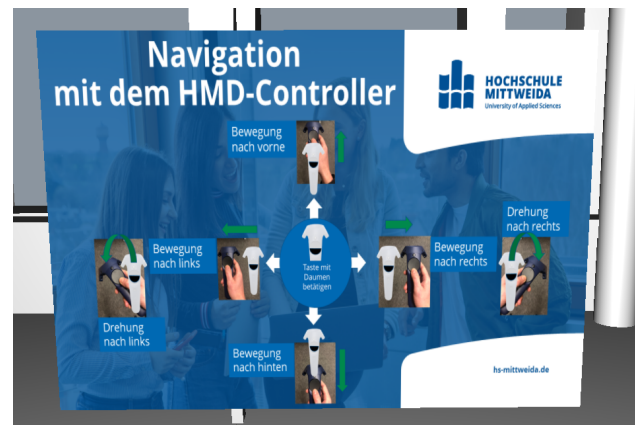


Abbildung 3: Informationstafel zum Erlernen der Navigation im virtuellen Übungsszenario

3.2 Beschreibung 2-Phasenkonzept

Als Konsequenz der beschriebenen Probleme wurde ein 2-Phasenkonzept entwickelt, welches in Abbildung 4 auszugsweise dargestellt ist. Die 2 Phasen bauen dabei aufeinander auf und sind auch unabhängig voneinander anwendbar. Dies ist vor allem bei unterschiedlichen Wissensständen im Hinblick auf die Navigation und Steuerung durch die künftigen Testpersonen essentiell.

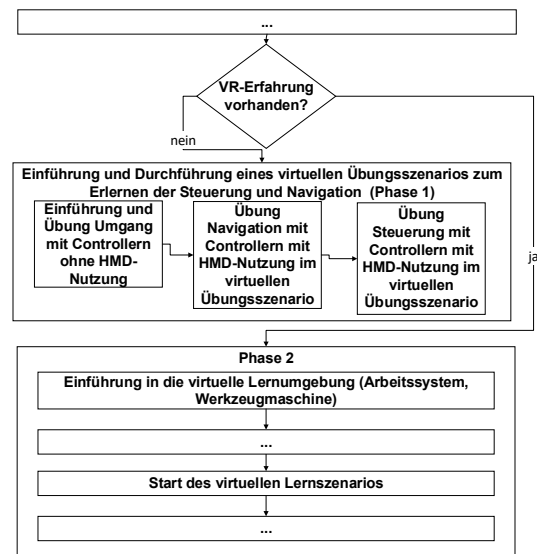


Abbildung 4: Ausschnitt methodischer Ansatz zur Entwicklung eines virtuellen Übungs- und Lernszenarios mit integriertem 2-Phasenkonzept

Die **Phase 1 – Umgang mit der Hardware HMD** zielt dabei darauf ab, zunächst ein Gefühl für die Controller und deren Tasten zu bekommen (vgl. Abbildung 1). Vor allem das gezielte Auswählen der unteren Taste mit dem Zeigefinger sowie der oberen Taste für den Daumen müssen für eine Interaktion durch die Testperson nutzbar sein (Hand-Auge-Koordination). Dazu erhalten die Testpersonen zunächst eine Einführung in die Controller, ohne dass ihnen dabei das HMD die Sicht auf die Controller nimmt. Im Anschluss wird das Controller-Handling, während die HMD den Testpersonen die Sicht auf die Controller nimmt, geübt, ohne dass eine Hand-Auge-Koordination möglich ist. Sobald der Umgang mit der Hardware sicher ist, erfolgt die Bewegung

und Interaktion im virtuellen Übungsszenario (vgl. Abbildung 5). Im Übungsszenario wird das Zusammenspiel zwischen Hardware (Controller und Brille) sowie Software (VR-Umgebung) geübt. Dazu wird die Testperson mit Hilfe der Informationstafeln durch die (vgl. Abbildung 5) virtuelle Welt geleitet und vollzieht kleine Aufgaben wie das Drehen eines Schalters (Steuerung). Nach Abschluss des Trainings der Navigation und der Steuerung (Testpersonen können sich von Bedienstelle zu Bedienstelle selbstständig bewegen sowie Bedienhandlungen durchführen) in der Phase 1 folgt die Phase 2. Die **Phase 2** umfasst das **selbstständige virtuelle Lernen** und beinhaltet die Bedienhandlungen, welche zum Erlangen der Bediensicherheit von Werkzeugmaschinen dienen (vgl. Abschnitt 2.2).

3.3. Beschreibung Versuchsreihe virtuelles Übungsszenario

Drei Testpersonen konnten bisher entsprechend den Ausführungen der Phase 1 mit den Navigations- und Steuerungsgegebenheit des HMD vertraut gemacht werden. Dabei wurde je Testperson die dokumentiert, zu welcher die Testpersonen dem eigenen Empfinden nach, sicher im Umgang mit der Hardware waren Zeit (im Durchschnitt 9min und 13s). Um die Steuerung, das heißt das Ausführen von Bedienhandlungen zu üben, wurde den Testpersonen das in der Abbildung 5 dargestellte Druckluftventil vorgestellt. Hier musste das Berühren, das Festhalten sowie das Drehen des Ventils mit unterschiedlichen Ventilgrößen geübt werden. Je kleiner das Ventil, desto schwieriger die Bedienhandlung des Drehens. Ziel war es, das Bedienen des Ventils in Originalgröße zu üben.



Abbildung 5: Druckluftventil zum Erlernen der Steuerung im virtuellen Übungsszenario

4. Auswertung und Zusammenfassung

Drei von drei Testpersonen erachteten die Durchführung des virtuellen Übungsszenarios als hilfreich für die anschließende Durchführung des virtuellen Lernszenarios. Weiterhin kann gesagt werden, dass das Übungsszenario eine wesentliche Unterstützung darstellt, den anvisierten Erfolg für das virtuelle Lernen realer Bedienhandlungen an maschinellen Anlagen sicherzustellen. Der Umgang mit dem HMD im Zusammenspiel mit dessen Controllern erfolgte nach Durchführung des Übungsszenarios sicher und selbstständig durch die jeweilige Testperson. Die ersten Daten der Versuchsreihe zeigen, dass nach der Durchführung des virtuellen Übungsszenarios die Testpersonen

das anschließende virtuelle Lernszenario erfolgreich absolvieren konnten. Darüber hinaus zeigen die Versuche, dass der Zeitbedarf zur Ausführung des virtuellen Lernszenarios (vgl. Abschnitt 2.2.) im Mittel bei 4min und 23s lag. Die beiden Testpersonen, die ohne die Durchführung des Übungsszenarios das virtuelle Lernszenario durchführten, benötigten dafür im Mittel 4min und 50s.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung sowie dem Projektträger Jülich für die Betreuung des Forschungsprojektes „Smart University Grid Saxony5 - Wissensströme intelligent vernetzen (Saxony5)“.



Literaturverzeichnis

- [1] Dörner, R., Geiger, C., Oppermann L., Paelke V., Interaktionen in Virtuellen Welten in Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, (2013), S. 157ff.
- [2] Wiendahl, HP., Fiebig, T. Virtual factory design – a new tool for a co-operative planning approach Nr. 7: (2003), S. 535-540
- [3] Klimant, P., Klimant, F., Putz, M., Allmacher, C., Trends der virtuellen und erweiterten Realität mit dem Fokus auf virtueller Inbetriebnahme. VAR² 2019 – Realität erweitern. Chemnitz, (2019), S. 7-26
- [4] Hirt C, Spahn M, Kompis Y, Jetter D, Kunz A Alles rund um die Maschine – Begehbare virtuelle Schulung an Werkzeugmaschinen. In: VAR² 2019 – Realität erweitern, Hrsg. Putz M, Klimant P, Klimant F, Chemnitz, ISBN: 978-3-00-064420-7, (2019), S. 43 – 58
- [5] Goldhahn, L. Montageplanung und -ausführung – virtuell und real. 16 th International Scientific Conference Mittweida IWKM. Scientific Reports Nr. 2, (2003), S. 46 – 50
- [6] Engel, B., Immersion oder Versinken in der virtuellen -Realität – auch ein Thema für die Arbeitsmedizin? In: Zeitschrift für medizinische Prävention, vol. 54, n° 09, Enlign: <https://www.asu-arbeitsmedizin.com/node/30413/print>. (2019), S. 604–607
- [7] Goldhahn, L, Eckardt, R., Pietschmann, C., Roch, S. Lernszenarien und Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen zur Mitarbeiterqualifizierung. Dortmund: GfA Press, ISBN 978-3-936804-27-0, B1.1. (2020), S. 1-6
- [8] Hirschle, T. Lernszenario, Zugang Jan 07. <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/faecher/gesellschaftswissenschaften/ethik/ Lernszenario.pdf> (2020)
- [9] Schwan, S., Buder, J., Virtuelle Realität und E-Learning, S. 7-9, Zugang Jan 7, 2020, <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf> (2006)