

Systematic Literature Review for Learning in Virtual Realities

Linda Eckardt, Alexander Grotjahn, Adam Jankowiak, Armin Krain, Hao Wang, Jochen Wei, Susanne Robra-Bissantz

Abstract: Virtual realities (VR) offer many possibilities for acquiring skills and knowledge. Although, they have the potential to change and improve learning experience, it has not yet been sufficiently investigated to what extent previous learning applications with this technology have had an influence on learning effect. Therefore, a systematic literature review is carried out in this paper to determine the influence of VR on learning effect, especially with the use of Head-Mounted Displays (HMDs). Most of the considered learning applications with VR showed a positive influence. However, only a few of the studies achieved better results compared to traditional learning methods or without the use of an HMD.

Systematische Literaturanalyse zum Lernen in virtuellen Realitäten

Linda Eckardt¹, Alexander Grotjahn¹, Adam Jankowiak¹, Armin Krain¹, Hao Wang¹, Jochen Wei¹, Susanne Robra-Bissantz¹

Abstract: Virtuelle Realitäten (VR) bieten vielfältige Möglichkeiten bei der Aneignung von Fähigkeiten und Wissen. Obwohl sie das Potential zur Veränderung und Verbesserung der Lernerfahrung haben, wurde bislang noch nicht ausreichend untersucht, inwieweit bisherige Lernanwendungen mit dieser Technologie einen Einfluss auf den Lerneffekt erzielt haben. Daher wird in dem vorliegenden Beitrag eine systematische Literaturanalyse zur Feststellung des Einflusses von VR auf den Lerneffekt, insbesondere mit dem Einsatz von Head-Mounted Displays (HMDs), durchgeführt. Die Mehrheit der betrachteten Lernanwendungen mit VR zeigten eine positive Beeinflussung. Allerdings erzielten nur wenige der betrachteten Studien im Vergleich zu konventionellen Lernmethoden oder ohne die Verwendung eines HMDs bessere Ergebnisse.

Keywords: virtuelle Realität, augmentierte Realität, Lernen, Literaturanalyse

1 Motivation und Zielsetzung

Menschen lernen gerne in einer natürlichen Umgebung, mit der sie sich identifizieren und in der sie untereinander interagieren können [Hö13]. Aktuelle technologische Entwicklungen, wie beispielsweise virtuelle Realitäten, bieten neue Möglichkeiten beim Erlernen von Fähigkeiten und Kenntnissen.

Hierbei gelten immersive virtuelle Realitäten (VR) als computergenerierte Echtzeit-Darstellungen von realen oder fiktionalen Umgebungen, bei dem der Nutzer in den Programmablauf eingreifen und diesen verändern kann [SB06]. Im Vergleich zur VR beschreibt die augmentierte Realität (AR) eine teilweise Modifikation der realen Umgebung, bei der die reale Welt in Echtzeit in 3D registriert oder gescannt wird [Dö13]. Demzufolge verändert die VR und AR die Lernumgebung, indem alternative virtuelle Welten und Objekte dreidimensional simuliert werden. In diesem Zusammenhang gibt es viele Gründe (z. B. Psychotherapeutische Angsttherapie), sich sowohl mit VR als auch AR zu beschäftigen und entsprechende virtuelle und

¹ TU Braunschweig, Institut für Wirtschaftsinformatik, Abt. Informationsmanagement, Mühlenpfordtstr. 23, 38106 Braunschweig; linda.eckardt@tu-bs.de, a.grotjahn@tu-bs.de, a.jankowiak@tu-bs.de, y0081150@tu-bs.de, h.wei@tu-bs.de, s.robra.bissantz@tu-bs.de

augmentierte Welten zu realisieren [Dö13]. Für die digitale Umsetzung in eine VR und AR müssen visuelle Ausgabegeräte verwendet werden. Ein typisches Ausgabegerät für die Simulation sind die am Kopf befestigten Head-Mounted Displays (HMDs).

Vielfach wird darauf verwiesen, dass virtuelle Welten ein Wachstumsfeld mit hohem Potential zur Veränderung und Verbesserung der Lernerfahrung sind. Allerdings ist es noch ungewiss, welchen positiven Beitrag realistische Computersimulationen und interaktive VR-Systeme im Bereich der Wissensvermittlung wirklich erzeugen [SB06, BKP02]. Die Verwendung von VR bietet jedoch dem Benutzer die Möglichkeit innerhalb einer simulierten Realität zu handeln, deren Anwendung zu steuern und sich im Idealfall so wie in ihrer bekannten realen Umgebung zu verhalten [Bm09]. Sowohl der Lernprozess als auch die Lernumgebung und das intuitive Verständnis des Lernenden werden durch die Simulation einer virtuellen Welt verbessert [Iw11]. Zusätzlich dazu erhöht VR in Kombination mit spielerischen Elementen den Lerneffekt, das Verständnis der Lerninhalte, die akademische Leistung und Motivation [VFD14].

Aufgrund des aktuellen Trends und des Potentials von VR beim Lernen wird in dem vorliegenden Beitrag eine systematische Literaturanalyse zur Feststellung des Einflusses von VR und AR auf den Lerneffekt durchgeführt. Darüber hinaus wird überprüft, inwieweit der Einsatz von HMDs den Lernenden in seiner simulierten Lernumgebung beeinflusst.

2 Lernen in einer virtuellen und augmentierten Realität

Synonyme für eine virtuelle Realität sind Artificial Reality, Virtual Environments, Virtual World, Telepräsenz oder Cyberspace [BB94]. Diese verschiedenen Begriffe definieren die Eigenschaft der VR, nämlich eine vom Computer generierte Welt. In dieser Welt werden Objekte aus der Wirklichkeit oder Fantasie abgebildet. Nutzer können in diese Welt eintauchen und darin interagieren. Virtuelle Realitäten können beispielsweise in der Industrie, Medizin, Architektur und in Computerspielen eingesetzt werden. Dort können sie auch für den Erwerb von Wissen benutzt werden [SB06].

Der Grad der Immersion ist ein geeignetes Mittel, um die Effektivität der VR zu beurteilen. Die Immersion bezeichnet die Verbundenheit zwischen Benutzer und VR und hängt einerseits von der kompletten sensorischen Wahrnehmung des Menschen und andererseits von der Prägung des Verhaltens der virtuellen Realität selbst ab [BB94].

Um ein effektives Lernen in VR zu erreichen, sollten die Regeln in VR für einen Wissenserwerb denen der realen Welt entsprechen. Nutzer einer VR sollten nicht nur in die virtuelle Welt eintauchen, sondern auch ein bestimmtes Lernziel in jener Welt verfolgen und mit eben dieser Welt interagieren [SB02].

Im Vergleich zur VR kann der Benutzer durch AR die reale Welt statt einer virtuellen Welt sehen. Die sogenannte reale Welt besteht aus virtuellen und realen Objekten. Es findet eine Integration einer virtuellen in die reale Welt statt. Dabei wird die reale Welt

nicht komplett ersetzt, wie es bei der VR der Fall ist [Az97; Dö13]. Um die Darstellung der virtuellen Objekte erfolgreich zu gestalten, benötigt man visuelle Ausgabegeräte, wie beispielsweise Smartphones, klassische Tablet-Computer oder Handheld-Geräte. Der Ablauf der Erstellung einer AR wird in fünf Schritte geteilt. Zuerst erfolgt eine Videoaufnahme der realen Welt, anschließend wird die Bewegung des Benutzers gegenüber der Welt verfolgt. Nach der Registrierung der Objekte in der realen Welt werden die virtuellen Objekte dargestellt. Als letzter Schritt erfolgt die Ausgabe [Dö13].

Die AR bietet somit eine Möglichkeit mithilfe eines Ausgabegerätes virtuelle Objekte über die reale Welt in Echtzeit und 3D zu überlagern. Auch eine Interaktion oder Manipulation dieser Objekte ist möglich [GF14]. Mögliche Anwendungsbeispiele sind dabei das Lernen in Klassenräumen oder Laboren [GF14]. Die Lernwelten von VR und AR lassen sich in verschiedene Lernwelten aufteilen in sogenannte Explorationswelten, Trainingswelt, Experimentierwelten und Konstruktionswelten [SB02].

3 Systematische Literaturanalyse

3.1 Methodisches Vorgehen

In der vorliegenden Arbeit wird eine systematische Literaturanalyse zur Feststellung des Einflusses von virtuellen Umgebungen auf den Lerneffekt durchgeführt. Hierbei werden anhand einer systematischen Übersichtsarbeit relevante Beiträge, welche sich auf die Aufgabenstellung beziehen identifiziert und mittels festgelegter Kriterien beachtet bzw. ignoriert [RBK09]. Diesbezüglich werden vier unterschiedliche wissenschaftliche Literaturdatenbanken (ScienceDirect, ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library, PubMed) herangezogen und nach bestimmten Suchbegriffen, hinsichtlich des Einflusses auf den Lerneffekt von VR und AR unter Verwendung von HMDs untersucht. Für die Filterung und Auswertung der unterschiedlichen Quellen wird das PRISMA-Statement für systematische Übersichten und Metaanalysen verwendet [Mo10]. Dabei setzt sich das PRISMA-Statement aus einem Flussdiagramm und einer Checkliste zusammen und soll sämtliche Informationen einschließen, welche für den Nachvollzug der Technologieevaluation von Bedeutung sind [Wi15].

Suchstrategie

Die Suche nach Artikeln erfolgt anhand von drei Gruppen mit unterschiedlichen Begriffskombinationen. Die drei Gruppen für die Begriffskombinationen beinhalten Begriffe zu virtuellen Realitäten, VR-Brillen und zum Lernen:

- virtual reality, augmented reality und immersive reality
- head-mounted displays, virtual reality glasses und helmet-mounted displays
- learning und education

Artikelauswahl

Nach der Literatursuche erfolgt die Auswahl der Artikel für die systematische Übersichtsarbeit anhand festgelegter Charakteristika. Dabei werden zunächst nur Originalartikel mit deutscher und englischer Sprache für die Auswahl untersucht. Ein zweites Ausschlusskriterium sind Artikel, welche die VR in Kombination mit einem HMD oder einer entsprechenden Technologie setzt. Danach werden Artikel ausgewertet, bei der VR-basierte Systeme hinsichtlich Simulationen, Spielen und virtuelle Welten verwendet werden. Abschließend wird mit der Schneeball-Methode, bei der in den Literaturverzeichnissen der Ergebnisse nach weiteren Quellen gesucht wird, der erfasste Themenbereich auf weitere relevante Artikel ausgedehnt.

3.2 Ergebnisse der Literaturanalyse

Die Literaturanalyse wurde in vier verschiedenen Literaturdatenbanken durchgeführt. Während die Datenbanken IEEE Xplore und ACM Digital Library 270 bzw. 483 Ergebnisse zu den Suchbegriffen lieferten, ergaben die Suchen bei ScienceDirect und PubMed 2096 und 35 Ergebnisse. Aus dem gesamten Pool von 2884 Ergebnissen wurden 1635 Duplikate entfernt. Eine anschließende Selektion nach dem PRISMA-Verfahren nach Moher et al. (2010) ergab 23 Studien. Dabei wurden nacheinander Titel, Abstracts und Einschlusskriterien der Studien geprüft. Durch die Schneeballmethode konnten drei zusätzliche Studien gefunden werden. Für die Untersuchung ergibt sich somit ein Pool von 26 Studien. Der Verlauf der Literaturanalyse ist in Abb.1 zusammenfassend skizziert.

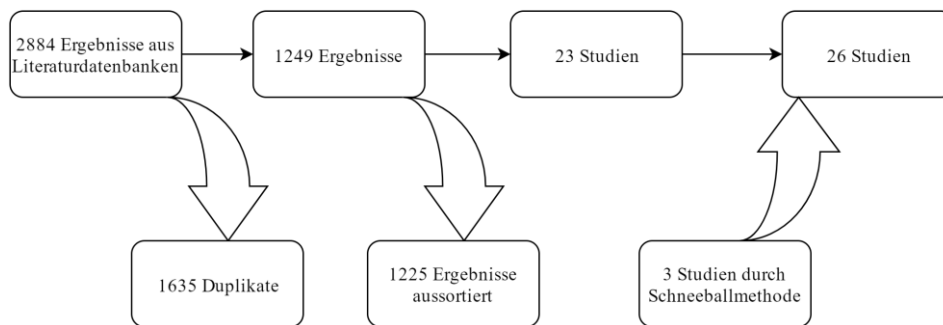


Abb. 1: Verlauf des PRISMA-Verfahrens bei der Literaturanalyse

3.3 Lernen in einer virtuellen Realität

Bei der Untersuchung des Einflusses von VR mithilfe von HMDs auf den Lerneffekt wurden insgesamt 16 Studien gefunden, die dies untersucht haben. Nur drei der Studien befassen sich direkt mit dem Einfluss von HMDs [Ao07; JRB16; Lo04]. Diese drei Studien stellten insgesamt ein positives Ergebnis bei der Benutzung von HMDs fest. Wobei Aoki et al. (2007), bei einem Astronauten 3D-Navigationstraining ähnliche

Ergebnisse ohne HMDs erzielte. Hierfür wurde anstelle eines HMDs ein nicht-immersives System (Desktop Monitor) verwendet. Juanes, Ruisoto und Briz-Ponce (2016) stellten fest, dass HMDs zur Unterstützung von traditionellen Lernmethoden hilfreich sind. Einige Studien stellten fest, dass bei einer längeren und durchgehenden Benutzung Nebenwirkungen wie Übelkeit, Schwindel und trockene Augen auftreten [Ao07; JF00; K114], im Fachjargon bekannt unter cyber-sickness [K114, Ao07; GJ14; JF00; JRB16].

Neun Studien haben den Einfluss einer VR auf den Lerneffekt untersucht, davon stellten fünf einen positiven Einfluss auf die Lerngruppen fest. Eine Studie zeigte, dass das Verständnis und die akademische Leistung durch die Verbindung von VR mit spielerischen Elementen verbessert wurden [VFD14]. Das Lernen durch die eigene Handlung („Learning-by-doing“) in Verbindung mit VR führt laut der Studie von Jackson und Fagan (2000) zu einem positiven Lerneffekt [JF00]. In diesem Bereich sind jedoch noch weitere Studien nötig um diese Aussage zu bestätigen. Sechs Studien untersuchten den Einfluss von VR als eine Simulation, um beispielsweise ohne Gefahren oder die Verschwendung von Ressourcen lernen zu können [Ao07; AON07; GJ14; K114; Ku13; TSK97]. Bei zwei Studien ist eine deutliche Steigerung der Leistung mit VR im Vergleich zu ohne VR festgestellt worden [TSK97; GJ14]. Kulcsár et al. (2012) verglichen die Verwendung von VR mit konventionellem Training. Sie stellten dabei eine geringfügige Verbesserung gegenüber dem konventionellen Training fest [Ku14]. Bei einigen Studien wurde festgestellt, dass sich neben dem Lerneffekt auch die Motivation der Teilnehmer durch die Verwendung der neuen Technologie verbesserte [Iw11; JF00; K114; Pe16; VFD14]. Der Immersionsgrad ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg des Lernens mit VR, je besser die Teilnehmer sich in das System integrieren konnten, desto wahrscheinlicher war der Lernerfolg [JRB16; GJ14; JF00].

Die Anzahl der Teilnehmer und die Größe der untersuchten Gruppen sind ebenfalls ein wesentlicher Faktor, der zu betrachten ist. Die Teilnehmer bestehen in der Regel aus Studenten, Fachpersonal oder themenfremden Personen, die repräsentativ für einen Großteil von Lernenden stehen sollen. Beispielsweise sind Studenten durch ihr Studium mit dem Lernen täglich konfrontiert, wodurch diese im Lernbereich bereits vertraut sind. Durch unterschiedliche Teilnehmer- und Gruppengrößen ist eine Variation gewährleistet, so dass ein Vergleich der Studienergebnisse möglich ist. So können zum Beispiel die Ergebnisse der Studie von Kaphingst et al. (2009) mit 156 Teilnehmern und zwei Gruppen, mit der von Jackson/Fagan (2000), welche 56 Teilnehmer und drei Gruppen betrachtet, verglichen werden. Trotz der unterschiedlichen Teilnehmer- bzw. Gruppengrößen kommen beide Studien zu dem Ergebnis, dass der Einfluss von immersiven VR im Lernbereich motivierend auf die Benutzer wirkt [Ka09; JF00]. Die Anzahl der Teilnehmer bzw. Gruppen und die Ergebnisse der insgesamt 16 Studien sind in Tab. 1 aufgelistet.

Studie	Stichprobe	Methode	Einfluss auf Lerneffekt	Einfluss auf Benutzer
Aoki et al. 2007	36 T, 5 G	quantitativ	Kein signifikanter Einfluss	-

Linda Eckardt et al.

Aoki/Oman/ Natapoff 2007	36 T, 3 G	quantitativ	Lernprozess gefördert	cyber-sickness
Chittaro/ Buttussi 2015	48 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; Wissenserhalt	Motivation, erhöhte neg. Emotion
Grabowski/ Jankowski 2014	21 T	quantitativ	Lernprozess gefördert	Benutzerfreund- lich, nützlich, lohnenswert
Iwane et al. 2011	7 T	quantitativ	Lernprozess gefördert; Verständnis gefördert	Systembenutzun g positiv
Jackson/Fagan 2000	56 T, 3 G	qualitativ	Lernprozess gefördert; kollaboratives Lernen unterstützt	Motivation, cyber-sickness
Juanes/Ruisoto/ Briz-Ponce 2016	-	-	Lernprozess gefördert, Verständnis gefördert	cyber-sickness
Kaphingst et al. 2009	156 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; Verständnis gefördert	Motivation, Interesse, Vergnügen
Kleven et al. 2014	12 T, 2 G (1); 12 T (2)	quantitativ	Lernprozess gefördert; kollaboratives Lernen unterstützt	Motivation, Vergnügen, cyber-sickness
Kulcsár et al. 2013	27 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; Verständnis gefördert	Weniger Stress und Druck, höhere Risikobereit- schaft
Low et al. 2004	25 T, 4 G	quantitativ	HMD kein Unterschied zu Hybrid-Brille	-
Passig/Tzuriel/ Eshel-Kedmi 2016	117 T, 4 G	quantitativ	Kog. Modifizier- barkeit besser	-
Tate/Sibert/ King 1997	12 T, 2 G	quantitativ	Starker Anstieg der Ausführung/ Leistung	Weniger Risiko, Sicherheitsge- fühl
Villagrasa/ Fonseca/ Durán 2014	50 T	quantitativ und qualitativ	Lernprozess gefördert; Verständnis gefördert	Motivation & Engagement erhöht, Positive Nutzerfahrung
Yamada/	20 T	quantitativ	Lernprozess	Positiver

Systematische Literaturanalyse zum Lernen in virtuellen Realitäten

Tsagaan/ Nakatani 2011			gefördert, ersetzt aber kein konventionelles Lernen	Eindruck des VR-Systems auf alle Benutzer
---------------------------	--	--	---	---

Tab. 1: Einfluss durch VR (T=Teilnehmer, G=Gruppen)

3.4 Lernen in einer augmentierten Realität

Insgesamt wurden zehn Studien identifiziert, welche den Einfluss mittels AR in Verbindung mit HMDs auf den Lerneffekt untersucht haben. Vier davon haben sich spezifischer mit dem Einfluss auf den Lerneffekt mit Hilfe von HMDs beschäftigt [AKG11; JBC08; MNG12; PMT16]. Alle vier Studien sind zu einem positiven Ergebnis gekommen. Jedoch stellte sich auch heraus, dass die Verwendung der AR mit einem HMD keinen signifikanten Unterschied zu einer Kontrollgruppe der jeweiligen Studien ergab. In zwei Studien wird das Tragen eines HMDs als unangenehm empfunden, da diese bei einer dauerhaften Benutzung zu schwer werden [AKK05; MNG12]. In der Studie von Juan, Beatrice und Cano (2008) wurden zwei Gruppen getestet. Eine Gruppe lernte mit HMDs und die andere Gruppe am PC-Monitor. Bei beiden Gruppen wurde ein positiver Lernerfolg festgestellt, jedoch ohne signifikanten Unterschied zueinander. Für die Probanden war es nicht relevant, ob sie mit einem HMD oder am PC-Monitor lernen.

Bei der Studiensuche, die sich im Allgemeinen mit der Untersuchung des Einflusses von AR auf den Lerneffekt unter Verwendung von HMDs beschäftigen, wurden insgesamt sechs Studien identifiziert [Co13; Dü06; MGP12; OOG15; Wa96; YL14]. Fünf davon stellten fest, dass AR den Lernprozess effektiv beeinflusst [Co13; Dü06; MGP12; OOG15; YL14]. Bei der Studie von Chow et al. (2013) kamen die Forscher zu der Erkenntnis, dass die Probanden durch Praxis und Spielelemente, wie beispielsweise Feedback während bzw. nach der Anwendung, motivierter sind. Durch die pädagogische AR-Anwendung für Studenten stellten Martin-Gutiérrez/Guinters/Perez-Lopez (2012) fest, dass dies nicht nur den Lernerfolg gefördert hat, sondern auch die Lehrer entlastet hat. Zu einer ähnlichen Erkenntnis kamen auch Yang und Liao (2014), die eine AR als einen virtuellen Klassenraum testeten. Die Schüler waren dadurch motivierter und die Kommunikation mit den Lehrern wurde ebenfalls verbessert. Die Vergleichsgruppe lernte an konventionellen PCs mit Tastatur und Maus. Das bessere Lernergebnis wurde von den Probanden mit dem AR-System erzielt. Zwei Studien stellten fest, dass AR eine gute Trainingsmethode ist, um sich Wissen schnell anzueignen, jedoch wurde dabei auch festgestellt das eine lange und dauerhafte Benutzung der HMDs als unangenehm empfunden wird [OOG15; AKK05]. Dünster et al. (2006) bemerkten beim Lerntraining (räumliche Fähigkeiten) keinen relevanten Unterschied zur Vergleichsgruppe. Wagner et al. (1996) stellten in ihrer Studie fest, dass ihr AR-System durchaus nützlich ist, um die Fähigkeiten der Ärzte bei Operationen zu verbessern. Durch die Verwendung der AR-Technologie wurde in fünf Studien ein positiver Effekt festgestellt. Die Teilnehmer waren interessierter und dadurch motivierter beim Lernen [Co13; MGP12; OOG15, PMT16; YL14]. Auf Basis der Recherche ist die Verwendung der AR-Technologie als positiv zu werten, jedoch bleibt die Frage offen, ob sich eine Investition in diese

Linda Eckardt et al.

Technologie lohnt. In Tab. 2 sind die Studien mit Teilnehmerzahl und Gruppengröße, sowie deren Erkenntnisse aufgelistet.

Studie	Stichprobe	Methode	Einfluss auf Lerneffekt	Einfluss auf Benutzer
Asai/Kobayashi/Kondo 2005	22 T	quantitativ	Lernprozess gefördert; keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Technologien	HMD: keine Benutzung der Hände positiv; schlechte Auflösung; HMD bei Langzeitbenutzung zu schwer
Chow et al. 2013	7 T	quantitativ	Lernprozess gefördert	Nützlich, erzeugt Interesse, motiviert, Anfangs verwirrend
Dünser et al. 2006	215T, 4 G	quantitativ	Lernprozess gefördert	-
Juan/Beatrice/Cano 2008	40 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; kein Unterschied zwischen HMD und PC	Nützlich
Martin-Gutiérrez/ Guinters/ Perez-Lopez 2012	20 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; kein Unterschied zwischen HMD und Tablet PC	Interessant, zufrieden, angenehm zu bedienen
Martin-Gutiérrez/ Navarro/ González 2011	260 T, 3 G	quantitativ	Lernprozess gefördert; kein Unterschied zwischen HMD und PC	Niedrige pos. Haltung gegenüber HMD, HMD unbequem, Kabel der Geräte störend, schwer
Okimoto/ Okimoto/ Goldbach 2015	12 T	quantitativ	Wissen schnell und einfach angeeignet	Vergnügen, Sicherheit und Motivation
Peden/Mercer/Tatham 2016	14 T, 3 G	quantitativ	Lernprozess gefördert, kein signifikanter Unterschied zw. den Gruppen	HMD-Gruppen empfanden den Unterricht angenehmer als konventionelle Gruppen
Wagner et al. 1996	-	-	Verbessert	Gewehrt mehr

Systematische Literaturanalyse zum Lernen in virtuellen Realitäten

			präoperative Vorbereitungszeit	Sicherheit
Yang/Liao 2014	44 T, 2 G	quantitativ	Lernprozess gefördert	Angenehme Benutzung, Schwindel durch HMD

Tab. 2: Einfluss durch AR (T=Teilnehmer, G=Gruppen)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die systematische Literaturanalyse nach dem PRISMA-Statement lieferte 26 Studien, die sich mit dem Einfluss von VR und AR mithilfe eines HMDs auf den Lerneffekt beschäftigen. Die meisten Studien berichteten über einen positiven Einfluss, aber nur wenige über einen besseren Einfluss auf den Lerneffekt durch VR oder AR mit HMDs als VR oder AR ohne die Benutzung der Displays oder konventionellen Lernmethoden.

Im Bereich der VR stellt der Großteil der Studien einen positiven Effekt auf den Lerneffekt fest. Bei Studien mit Kontrollgruppen und der Benutzung von HMDs widersprechen sich die Ergebnisse. Während die Mehrheit keinen Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe feststellen konnte, wird dieses Ergebnis von einigen Studien widerlegt. Durch die nicht eindeutigen Ergebnisse ist in diesem Bereich eine Vertiefung der Forschung nötig. Dies könnte durch weitere Versuche mit Kontrollgruppen, die speziell den Einfluss von HMDs auf den Lerneffekt betrachten, durchgeführt werden.

Bei der Teilung in die Bereiche *Simulation* und *virtuelle Lernumgebung* ergeben sich die positiven Effekte aus unterschiedlichen Gründen. VR als Simulation bietet mögliche Vorteile in der Verhinderung von Gefahrensituationen für den Lernenden und Ressourcenschonung. Die virtuelle Lernumgebung wirkt sich hingegen positiv auf das Engagement und die Motivation des Lernenden aus. Dadurch ist eine Verbesserung des Lerneffekts zu erwarten. Diese muss allerdings noch weiterführend erforscht werden. Dazu bieten sich Versuche an, die Engagement und Motivation von Versuchspersonen bei der Benutzung von Lernumgebungen mit VR, beispielsweise mit Fragebögen, messen. Anschließend besteht die Möglichkeit die Auswirkungen auf den Lerneffekt und die Langfristigkeit dieser Effekte zu untersuchen.

Neben Motivation und Engagement hat auch der Grad der Immersion und cyber-sickness einen Effekt auf den Lerneffekt. Durch eine verstärkte Immersion kann sich der Lernerfolg verbessern, wohingegen cyber-sickness den Lernenden bei der Erfüllung seiner Aufgabe behindert. Beide Effekte sind bei der Entwicklung neuer Lernanwendungen zu berücksichtigen.

Die Immersion kann beispielsweise durch eine Vergrößerung des gleichzeitig wahrnehmbaren Sichtfeldes (Field of View) und des maximal möglichen Sichtfeldes

(Field of Regard) verbessert werden [RA10]. Die cyber-sickness wird durch die Latenzzeit zwischen Eingabe des Benutzers und Ausgabe in der VR beeinflusst. Eine geringe Latenz, speziell bei schnellen Bewegungen in der VR, ist erstrebenswert, um die Effekte der cyber-sickness zu verringern [SNL16].

Das Ergebnis bei Untersuchungen mit einer AR ähnelt denen mit VR. Konnte in einer Studie ein verbessertes Abschneiden der Gruppe mit AR gegenüber einer Kontrollgruppe festgestellt werden [YL14], weisen die restlichen Studien nicht auf signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsgruppen hin, stellen aber durchaus einen positiven Einfluss auf den Lerneffekt fest.

Durch die Unterschiede in den Technologien zwischen VR und AR lässt sich ableiten, dass sich AR eher als unterstützende Technologie zum Lernen eignet, wohingegen VR eine vollständige Lernumgebung darstellen kann. Bei beiden Technologien ist jedoch ein hoher Grad an Immersion wichtig, um ein gutes Ergebnis zu erzielen.

Literaturverzeichnis

- [AKK05] Asai, K.; Kobayashi, H.; Kondo, T.: Augmented Instructions – A Fusion of Augmented Reality and Printed Learning Materials. In (Goodyear, P.; Sampson, D. G.; Yang, D. J.; Kinshuk; Okamoto, T.; Hartley, R.; Chen, N., Hrsg.): Proc. of the 5th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society, Taiwan, S. 213-215, 2005.
- [Ao07] Aoki, H.; Oman, C. M.; Buckland, D. A.; Natapoff, A.: Desktop-VR system for preflight 3D navigation training. Acta Astronautica 63/7, S. 841-847, 2008.
- [AON07] Aoki, H.; Oman, C., M.; Natapoff, A.: Virtual-Reality-Based 3D Navigation Training for Emergency Egress from Spacecraft. Aviation, Space and, Environmental Medicine 78/8, S. 774-783, 2007.
- [Az97] Azuma, R., T.: A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6/4, S. 355-385, 1997.
- [BB94] Bullinger, H.-J.; Bauer, W.: Strategische Dimensionen der Virtual Reality. In (Warnecke, H. J.; Bullinger, H.-J., Hrsg.): Virtual Reality '94 Anwendungen und Trends, Springer Berlin Heidelberg, S. 15-26, 1994.
- [Bm09] Brill, M.: Virtuelle Realität, Springer Berlin Heidelberg, S. 6, 2009
- [BKP02] Bente, G.; Krämer, N. C.; Petersen, A.: Virtuelle Realität als Gegenstand und Methode in der Psychologie. In (Bente, G.; Krämer, N. C.; Petersen, A., Hrsg.): Virtuelle Realitäten, Hogrefe Verlag, Göttingen, S. 1-32, 2002.
- [Co13] Chow, J. et al.: Music Education using Augmented Reality with a Head Mounted Display. In (Smith, T. S.; Wünsche, B. C., Hrsg.): Proc. of the 14th Australasian User Interface Conference, Australian Computer Society, Australien, S. 73-79, 2013.
- [Dü06] Dünser, A. et al.: Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. In (Hinze, A.; Nichols, D. M.; Masoodian, M., Hrsg.): CHINZ '06 Proc. of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human

Systematische Literaturanalyse zum Lernen in virtuellen Realitäten

- interaction: design centered HCI, Neuseeland, S. 125-132, 2006.
- [Dö13] Dörner, R. et al.: Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [GF14] Gutiérrez, J. M.; Fernández, M. D. M.: Augmented Reality Environments in Learning, Communicational and Professional Contexts in Higher Education, Digital Education Review, S. 61-73, 2014.
- [GJ14] Grabowski, A.; Jankowski, J.: Virtual Reality-based pilot training for underground coal miners, Safety Science 72, S. 310-314, 2015.
- [Hö13] Höntzsch, S. et al.: Simulationen und simulierte Welten – Lernen in immersiven Lernumgebungen. In (Ebner, M.; Schön, S., Hrsg.): Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien, epubli GmbH, Berlin, S. 327-334, 2013.
- [Iw11] Iwane, N. et al.: Learning by Body Action: A Virtual Environment for Refraction of Light. In (Alhajj, R.; Joshi, J.; Shyu, M.-L., Hrsg.): IEEE Int. Conf. on Information Reuse and Integration, IEEE Computer Society, Las Vegas, S. 462-467, 2011.
- [JBC08] Juan, C., Beatrice, F., Cano, J.: An Augmented Reality-System for Learning the Interior of the Human Body. In (Diaz, P.; Kinshuk; Aedo, I.; Mora, E., Hrsg.): 8th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society, Spanien, S. 186-188, 2008.
- [JF00] Jackson, L., R.; Fagan, E.: Collaboration and Learning within Immersive Virtual Reality. In (Churchill, E. Reddy, M., Hrsg.): Proc. of the 3rd Int. Conf. on Collaborative virtual environments, ACM New York, San Francisco, S. 83-92, 2000.
- [JRB16] Juanes, J. A.; Ruisoto, P.; Briz-Ponce, L.: Immersive Visualization Anatomical Environment using Virtual Reality Devices. In (Garcia-Penalvo, F. J., Hrsg.): Proc. of the 4th Int. Conf. on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, ACM New York, Spanien, S. 473-477, 2016.
- [K114] Kleven, N., F. et al.: Training Nurses and Educating the Public Using a Virtual Operating Room with Oculus Rift. In (Wyeld, T. G.; Kenderdine, S.; Docherty, M., Hrsg.): Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia, Springer Berlin Heidelberg, Australien, S. 206-2013, 2014.
- [Ku13] Kulcsár, Z. et al.: Preliminary evaluation of a virtual reality-based simulator for learning spinal anesthesia. Journal of Clinical Anesthesia 25/2, S. 98-105, 2013.
- [Lo04] Low, K.-L. et al.: Combining Head-Mounted and Projector-Based Displays for Surgical Training. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 13/2, S. 128-145, 2004.
- [MNG12] Martín-Gutiérrez, J.; Guinters, E.; Perez-Lopez, D.: Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. Procedia – Social and Behavioral Sciences 51, S. 832-839, 2012.
- [Mo10] Moher, D. et al.: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. International Journal of Surgery 8, S. 336–341, 2010.
- [OOG15] Okimoto, M., L., L., R.; Okimoto, P. C.; Goldbach, C., E.: User Experience in Augmented Reality applied to the Welding Education. Procedia Manufacturing 3, S. 6223-6227, 2015.

- [Pe16] Peruzzi, A. et al.: Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: a pilot study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders* 5, S. 91-96, 2016.
- [PMT16] Peden, R., G.; Mercer, R.; Tatham, A., J.: The use of head-mounted display eyeglasses for teaching surgical skills: A prospective randomized study. *International Journal of Surgery* 34, S. 169-173, 2016.
- [RA10] Ragan, E., D.: The Effects of Higher Levels of Immersion on Procedure Memorization Performance and Implications for Educational Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 19/6, S. 527-543, 2010.
- [RBK09] Ressing, M., Blettner, M., Klug, S. J.: Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen. Verfügbar unter: <https://www.uni-kiel.de/medinfo/lehre/seminare/methodik/Dtsch%20Arztebl%2006%20Systematische%20%C3%9Cbersichtsarbeiten%20und%20Metaanalysen.pdf> , 03.12.2016.
- [SB02] Schwan, S.; Buder, J.: Lernen und Wissenserwerb in virtuellen Realitäten. In (Bente, G.; Krämer, N. C.; Petersen, A., Hrsg.): *Virtuelle Realitäten*, Hogrefe Verlag, Göttingen, S. 109-132, 2002.
- [SB06] Schwan, S.; Buder, J.: *Virtuelle Realität und E-Learning*. Verfügbar unter: <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf> , 27.11.2016.
- [SNL16] Stauffert, J.-P.; Niebling, F.; Latoschik, M., E.: Reducing application-stage latencies for real-time interactive systems. In: 2016 IEEE 9th Workshop on Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems, IEEE Computer Society, USA, S. 31-37, 2016.
- [TSK97] Tate, D., L.; Sibert, L.; King, T.: Virtual Environments for Shipboard Firefighting Training. In: *Proc. of the 1997 Virtual Reality Annual International Symposium*, IEEE Computer Society, USA, S. 61-68, 1997.
- [VFD14] Villagrasa, S.; Fonseca, D.; Durán, J.: Teaching Case: Applying Gamification Techniques and Virtual Reality for Learning Building Engineering 3D Arts. In (Garcia-Penalvo, F. J., Hrsg.): *2nd Int. Conf. on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, ACM New York, Spanien, S. 171-177, 2014.
- [Wa96] Wagner, A. et al.: Image-guided surgery. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 25/2, S. 147-151, 1996.
- [Wi15] Widrig, D.: *Health Technology Assessment*, Springer Berlin Heidelberg, 2015.
- [YL14] Yang, M.-T.; Liao, W.-C.: Computer-Assisted Culture Learning in an Online Augmented Reality Environment Based on Free-Hand Gesture Interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 7/2, S. 107-117, 2014.