

Interaktionsdesign in Virtual Reality Lernumgebungen

Niklas Gerwens

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg, Germany
niklas.gerwens@haw-hamburg.de

Zusammenfassung. Diese Ausarbeitung beschäftigt sich mit der Gestaltung von Interaktionen in Virtual Reality Lernumgebungen. Dabei soll konkret die Fragestellung untersucht werden, welchen Einfluss eine immersive Interaktionsgestaltung auf den Lernerfolg einer virtuellen Schulung hat. Hierzu werden zwei Verwandte Arbeiten vorgestellt und Grundlagen der Immersion und Interaktion in VR erörtert. Außerdem wird eine Vorgehensweise zur weiteren Erforschung dieser Fragestellung präsentiert.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Virtuelle Lernumgebung, Immersion, Präsenz, Mensch-Computer Interaktion, Interaktionsdesign in VR

1 Einleitung

Fortschritte in der Kommunikations- und Informationstechnologie in den letzten Jahren ermöglichen eine kostengünstige Verfügbarkeit von Virtual Reality (VR) Hardware wie Head-Mounted Displays (HMDs) und leistungsstarke Grafikkarten. Diese Entwicklung spiegelt sich in der Zunahme von VR-Anwendungen in verschiedenen Anwendungsgebieten wider. Eines dieser Gebiete ist der Bereich der Bildung. Virtuelle Lernumgebungen versprechen bessere Lernergebnisse sowie geringere Kosten und Risiken in einem vielfältigen Spektrum an Fachgebieten wie Schulbildung [17], Medizin [5], Architektur [16] und Industrie [6].

Hierbei gilt die Immersion, also der Effekt inwieweit der Nutzer die virtuelle Welt als real empfindet, als entscheidender Faktor für den Erfolg einer virtuellen Lernumgebung. Aktuelle Forschungen beziehen sich dabei hauptsächlich auf Unterschiede in der Darstellung der virtuellen Welt, jedoch kaum auf die Gestaltung der Interaktion von Nutzern mit der virtuellen Welt. Diese ist im Kontext der Immersion relevant, da Nutzer durch ihr Wissen über die reale Welt auch Erwartungen an die Interaktion in einer virtuellen Welt haben.

Grundsätzlich gilt, dass eine natürliche, der Realität entsprechende, Gestaltung von Interaktionen den Grad der Immersion steigert, aber auch aufwändiger und kostspieliger ist. In Anbetracht der Zielstellung virtueller Lernumgebungen die Kosten zu minimieren, ergeben sich folgende Forschungsfragen: Welchen Einfluss hat eine immersive Gestaltung von Interaktion in VR auf den Lernerfolg einer

virtuellen Schulung? Ist eine nahezu perfekte Abbildung der Realität notwendig oder reicht eine Reduktion auf das Wesentliche?

Ziel dieser Ausarbeitung ist es benötigte Grundlagen zum besseren Verständnis dieser Fragen zu erläutern und eine Vorgehensweise zur weiterführenden Erforschung dieser zu formulieren. Dafür werden zunächst zwei Verwandte Arbeiten vorgestellt. Anschließend werden der Begriff der Immersion und damit zusammenhängende Konzepte genauer erörtert. Darauf folgt eine Übersicht über Interaktionsarten und Interaktionstechniken in VR. Abschließend werden Schritte zur weiterführenden Forschung im Ausblick dargelegt.

2 Verwandte Arbeiten

2.1 Einsatz von Virtual-Reality Techniken in Lernumgebungen

Johann Bronsch hat sich in seiner Masterarbeit [2] mit der Konzeption und Entwicklung von virtuellen Lernumgebungen beschäftigt. Dazu wurden zwei Szenarien zur Vermittlung der grundlegenden, mechanischen Eigenschaften einer Windkraftanlage formuliert und durch eine virtuelle Lernumgebung prototypisch umgesetzt. Im ersten Szenario betrachten Nutzer ein Modell einer Windkraftanlage aus einer exozentrischen Perspektive und besitzen dabei die Möglichkeit einzelne Komponenten aus- und einzublenden. Im zweiten Szenario erkunden die Nutzer das Innenleben einer Gondel und können sich hierbei frei in der virtuellen Darstellung dieser bewegen.

Für die technische Umsetzung der Szenarien wurde ein 3D-Modell einer Windkraftanlage für die Verwendung in einem VR Kontext aufbereitet. Des Weiteren wurde für das erste Szenario eine virtuelle Nachbildung des realen Raumes geschaffen, in dem das Projekt durchgeführt wurde. Nutzer der virtuellen Lernumgebung befinden sich im ersten Szenario in dieser Nachbildung und betrachten das Modell der Windkraftanlage von außen. Durch eine Skalierung der Windkraftanlage wurde diese für das Begehen im zweiten Szenario zugänglich gemacht. Die Darstellung erfolgt in beiden Szenarien durch ein HMD, welches auch die Basis für das Ganzkörper-Tracking bildet. Grundsätzlich wurde beim Design der virtuellen Lernumgebung darauf geachtet nur die wesentlichen Elemente darzustellen, um Kosten zu reduzieren und die Nutzer nicht von den Lerninhalten abzulenken.

Im Rahmen einer Evaluation mit einer breit aufgestellten Gruppe von Probanden wurde unter anderem untersucht, welchen Einfluss die Immersion auf den Lernerfolg hat. Hierbei hat eine Befragung der Probanden ergeben, dass die Immersion in beiden Szenarien von allen Probanden als hoch wahrgenommen wurde und den Lerneffekt gefördert hat. Insbesondere die freie Bewegung im zweiten Szenario hat den Lernprozess unterstützt. Im ersten Szenario hingegen haben sich die erfahreneren VR-Nutzer mehr Interaktionsmöglichkeiten gewünscht.

In diesem Zusammenhang wurde von den Probanden eine Integration von haptischem Feedback zur Steigerung der Immersion jedoch einstimmig abgelehnt. Dieses verursache Mehrkosten, sei eine Ablenkung und verhindere die Möglichkeit

durch Objekte zu gehen, um Komponenten der Windkraftanlage aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Nur in einem Kontext, in dem eine Situation absolut der Realität getreu entsprechen muss z. B. im Sicherheitstraining, würde haptisches Feedback als vorteilhaft erachtet.

2.2 When Does Immersion in a Virtual Environment Help Students Construct Understanding?

Der Artikel von Winn et. al. [18] behandelt eine Studie, die untersucht inwiefern Immersion in einer virtuellen Lernumgebung Studenten beim Verständnis von neuem Wissen hilft. Dazu wurde ein Computer Programm benutzt, welches Informationen zu Gezeiten, Wasserbewegung und Salzgehalt des Wassers einer Meerenge simuliert und bereitstellt. Dieses Wissen wurden zwei Gruppen von Studenten präsentiert. Die erste Gruppe erhielt dabei eine immersive Darstellung der virtuellen Lernumgebung durch ein HMD. Bei der zweiten Gruppe hingegen wurde zur Wiedergabe ein klassisches Computersystem mit einem Monitor verwendet. Die Interaktion mit der Lernumgebung erfolgte bei beiden Gruppen nahezu identisch mittels eines Controllers. Einzig die Bewegung des Kopfes wurde bei der ersten Gruppe durch Tracking des HMDs bestimmt, während die Studenten der zweiten Gruppe die Ausrichtung des Blickfeldes durch eine Kugel am Controller steuerten.

Zur Evaluation der Studie absolvierten Teilnehmer beider Gruppen vor und nach Benutzung der Lernumgebung einen Test, in dem ihr Fachwissen über die behandelten Themen überprüft wurde. Dabei sollten die Teilnehmer ihre ersten Erkenntnisse schon im Verlauf der Schulung den Versuchsleitern mitteilen. Des Weiteren haben alle Teilnehmer ihr Präsenzgefühl in der virtuellen Lernumgebung bewertet. Außerdem wurden individuelle Gespräche mit Vertretern beider Gruppen geführt, um Veränderungen im konzeptuellen Denken zu ermitteln.

Dabei hat sich ergeben, dass keine Unterschiede im Verständnis von Gezeiten und Salzgehalt des Wassers zwischen beiden Gruppen existieren, jedoch die Teilnehmer der Gruppe mit den immersiven HMDs ein besseres Verständnis von der Wasserbewegung entwickelt haben. Winn et. al. erklären diese Ergebnisse durch das Zusammenspiel der natürlichen Kopfbewegung mit der Art der Wissensrepräsentation. So wird einzig die Wasserbewegung vollständig dreidimensional in der virtuellen Lernumgebung dargestellt. Teilnehmer, die ein HMD trugen, schauten sich aufgrund der natürlichen Interaktion mehr um und erkundeten folglich die Bewegung des Wassers ausführlicher.

Weitere Ergebnisse zeigten keine Differenz bei der Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses beider Gruppen, dafür aber ein höheres Präsenzgefühl der HMD-Nutzer. Ebenfalls auffällig war, dass Teilnehmer der HMD-Gruppe weniger mit den Instruktoern kommunizierten, da sie keine Möglichkeit hatten auf bestimmte Objekte der Simulation zu zeigen.

Die Autoren schließen aus diesen Ergebnissen, dass die Mehrkosten einer immersiven virtuellen Lernumgebung nur gerechtfertigt sind, wenn das zu vermittelnde Wissen von einer natürlichen Interaktionsgestaltung profitiert und eine Kommunikation nach außen nicht notwendig ist.

3 Immersion

Der Begriff der Immersion ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Grundsätzlich wird jedoch zwischen einem mentalen Aspekt der Immersion, also dem subjektiven Gefühl des Nutzers sich in der virtuellen Umgebung zu befinden, und einem technischen Aspekt, welche hauptsächlich Bezug auf die Ausgabegeräte und die Art der Präsentation der virtuellen Umgebung nimmt, unterschieden. So differenzieren Craig und Sherman Immersion in mentale Immersion und physikalische Immersion [11], während Sadowski und Stanney die Begriffe physiologische und psychologische Immersion einführen [9].

Der technische Aspekt von Immersion lässt sich gut an dem Ansatz von Slater und Wilbur [14] charakterisieren. Diese definieren vier Eigenschaften von Ausgabegeräten, welche einen hohen Grad an technischer Immersion ermöglichen:

1. Der Nutzer soll weitestgehend von der Außenwelt isoliert sein, d. h. alle Sinneseindrücke sollen möglichst ausschließlich computergeneriert sein.
2. Ein möglichst großes Spektrum an Sinnen des Nutzers soll angesprochen werden.
3. Der Nutzer soll weitestgehend von den Ausgabegeräten umgeben sein und ein enges Sichtfeld vermieden werden.
4. Die Qualität der Darstellung soll möglichst hoch sein.

Im Kontext der mentalen Immersion wird häufig der Begriff „Präsenz“ genutzt. Dabei bezieht sich das Konzept der Präsenz, welches ursprünglich im Bereich der Telerobotik entwickelt wurde, auf das Gefühl des Nutzers, sich innerhalb einer virtuellen Umgebung zu befinden. In der Literatur werden die Begriffe mentale Immersion und Präsenz, wenn sie nicht explizit anders definiert sind, analog verwendet. Allgemein lässt sich das Gefühl von Präsenz den drei Teilaspekten Ortsillusion, Plausibilitätsillusion und Involviertheit des Nutzers zuordnen [12][13]:

1. Die Ortsillusion bezieht sich auf das Gefühl des Nutzers sich an dem virtuellen Ort zu befinden. Sie wird durch immersive Displays und eine Betrachter-abhängige Darstellung der Szene unterstützt. Dreht der Nutzer den Kopf erwartet er die selbe virtuelle Umgebung zu sehen, bloß aus einer anderen Perspektive.
2. Die Plausibilitätsillusion entsteht, wenn die Ereignisse der virtuellen Umgebung so wahrgenommen werden, als ob sie wirklich geschehen. Sie beruht im Gegensatz zur Ortsillusion mehr auf den Inhalten der virtuellen Umgebung als auf der Art und Weise der Darstellung dieser. Dabei ist die Glaubwürdigkeit der Virtuellen Umgebung wichtiger als sensorischer Realismus. Es gilt Brüche der Präsenz durch unstimme Inhalte zu vermeiden.
3. Die Involviertheit des Nutzers nimmt Bezug auf den Grad der Aufmerksamkeit bzw. das Interesse des Nutzers an der virtuellen Umgebung. Auch hier stehen hauptsächlich die Inhalte der virtuellen Umgebung im Vordergrund. Fehlt das Interesse beim Nutzer könnte er sich trotz überzeugender Ortsillusion langweilen und sich nicht weiter mit der virtuellen Umgebung auseinandersetzen, wodurch das Präsenzgefühl sinkt.

Das Zusammenspiel von Immersion und Präsenz ist in Abb. 1 dargestellt. Die Inhalte der virtuellen Umgebung werden durch physikalische Ausgabegeräte vermittelt. Dabei nimmt der Grad der physikalischen Immersion der Ausgabegeräte direkten Einfluss auf die drei Präsenz Aspekte, welche wiederum zusammen das Gefühl der Präsenz eines Nutzers bestimmen.

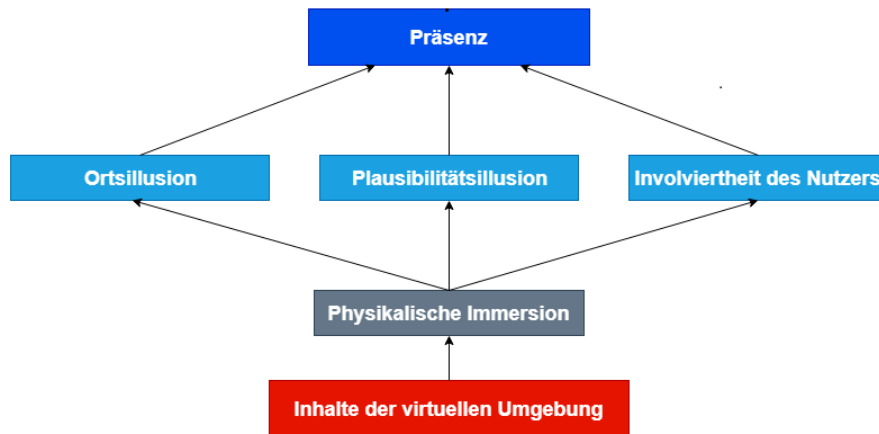


Abb. 1. Das Zusammenspiel von Immersion und Präsenz

3.1 Suspension of Disbelief

Menschen sind in der Lage den offensichtlichen Widerspruch einer fiktiven oder virtuellen Welt zur Realität auszublenden und dieses zum Zwecke der Unterhaltung auch zu wollen. Der Philosoph Samuel T. Coleridge nannte diese Eigenschaft "willing suspension of disbelief" [3]. Für VR bedeutet diese menschliche Eigenschaft, dass keine perfekte Simulation der Realität benötigt wird, um überzeugende Orts- und Plausibilitätsillusionen zu schaffen. Damit sind auch weniger aufwändige bzw. unnatürlichere Simulationen in der Lage eine glaubhafte virtuelle Umgebung zu vermitteln.

3.2 Uncanny Valley

Eine perfekte physikalische Immersion sieht eine vollständige Simulation von der Realität entsprechenden Reizen vor. Dieses ist trotz der enormen Fortschritte in der Entwicklung von VR-Hardware in den letzten Jahren zurzeit noch nicht möglich. Angesichts dieser Tatsache stellt sich die Frage, ob eine Nachbildung der Realität, die zwangsweise nie perfekt ist, ausreichend zum Gefühl der Präsenz

der Nutzer beiträgt, um die Mehrkosten der aufwändigeren Gestaltung zu rechtfertigen. In diesem Zusammenhang ist der Uncanny Valley Effekt, der in Abb. 2 dargestellt ist, von Relevanz. Der Uncanny Valley Effekt sagt aus, dass Menschen die visuelle Repräsentation eines Menschen in einer virtuellen Umgebung grundsätzlich umso mehr akzeptieren desto ähnlicher sie einem realen Menschen ist, die Akzeptanz jedoch kurz vor der perfekten Nachbildung schlagartig abfällt und dann bei einer perfekten Nachbildung auf den maximalen Akzeptanzwert ansteigt [8]. Diese Erkenntnisse lassen sich auch auf das haptische Feedback von Gegenständen [15] und auf die Kombination verschiedener simulierten Sinnesindrücke [1] transferieren.

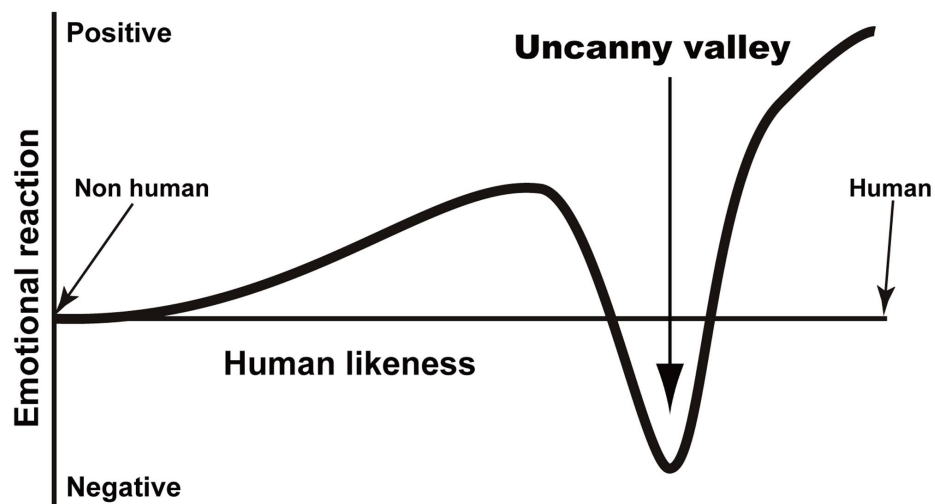


Abb. 2. Graphische Darstellung des Uncanny Valley [10]

4 Interaktion in VR

Die technische Umsetzung einer virtuellen Umgebung erfolgt durch eine virtuelle 3D-Welt und ein VR-System. Ein VR-System ist ein Computersystem, welches drei Aufgaben erfüllt, die Erfassung von Informationen und Interaktionen des Nutzers durch Eingabegeräte, die Erzeugung von Reizen für den Nutzer durch Ausgabegeräte sowie die Simulation der virtuellen Welt.

Im Ablauf dieses Gesamtsystems interagiert ein Nutzer mit der virtuellen Umgebung, indem er über Eingabegeräte mit dem Computersystem der virtuellen Umgebung kommuniziert. Abstrakt betrachtet ist dieser Vorgang eine Mensch-Computer Interaktion (MCI, engl. Human-Computer Interaction, HCI). Der Forschungsbereich der MCI beschäftigt sich mit dem Design, der Evaluierung und der Realisierung interaktiver computerbasierter Systeme. Der Fokus liegt hierbei

auf der benutzergerechten Gestaltung der Schnittstellen anhand von Erkenntnissen der Informatik, aber auch anderer Gebiete wie der Arbeitswissenschaft, der Psychologie und des Designs.

In den letzten Jahrzehnten haben sich hauptsächlich Graphische Benutzungsschnittstellen z. B. WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointing)-Schnittstellen als ein Paradigma der MCI durchgesetzt. Diese wurden ursprünglich für 2D-Systeme und Aufgaben innerhalb dieser z. B. der Dokumentenverwaltung entwickelt. Die Integration von WIMP-Schnittstellen in eine virtuelle 3D-Umgebung setzt voraus, dass einzelne 3D-Aktionen in mehrere 2D-Aktionen übersetzt werden, welches den Aufwand erheblich erhöht. Dies kann dennoch sinnvoll sein, um den Lernaufwand zu verringern, da Nutzer in der Regel schon weitreichende Kompetenzen mit WIMP-Schnittstellen erworben haben.

Im Gegensatz zu den klassischen Benutzungsschnittstellen existieren für VR noch keine etablierten Vorgehensweisen und Richtlinien zur Entwicklung effektiver MCI. Deswegen ist man darauf angewiesen, für die jeweiligen Aufgaben der Nutzer Lösungsmöglichkeiten prototypisch zu entwickeln und diese auf ihre Eignung hin zu evaluieren. Im folgenden werden einige dieser Lösungsmöglichkeiten vorgestellt. Dazu bietet es sich an zuerst eine allgemeine Klassifizierung von Interaktionen in VR durchzuführen.

4.1 Allgemeine Klassifizierung von Interaktionen in VR

Für eine allgemeine Klassifizierung von Interaktionen in VR lassen sich verschiedene Ansätze finden. Eine erste Einteilung bezieht sich auf die Natürlichkeit einer Interaktion. Dabei wird zwischen natürlichen und magischen Interaktionen differenziert. Eine natürliche Interaktion wird möglichst der Erfahrung des Nutzers aus der realen Welt entsprechend gestaltet. Der Nutzer könnte z. B. nur Dinge in der virtuellen Welt greifen, die sich in der realen Welt in seiner Reichweite befinden. Alternativ könnte der Nutzer bei einer magischen Gestaltung von Interaktionen Dinge durch Verlängerung der Arme auf große Entfernung manipulieren oder sich einfach zu ihnen teleportieren. Während eine natürliche Interaktion es dem Nutzer ermöglicht seine Erfahrung aus der Realität in die VR zu transferieren, bietet eine magische Interaktion hingegen mehr Möglichkeiten und Funktionalitäten. Welche Art für die Umsetzung einer Interaktion besser geeignet ist, hängt dabei von dem jeweiligen Anwendungskontext ab.

Eine weitere mögliche Kategorisierung ordnet Interaktionen in VR vier Grundaufgaben zu: Selektion, Manipulation, Navigation und Systemsteuerung. Innerhalb dieser lassen sich eine Vielzahl weiterer Differenzierungen von Interaktionstechniken vornehmen. Um den Rahmen dieser Ausarbeitung nicht zu sprengen, werden in den nachfolgenden Abschnitten nur die Grundaufgaben der Selektion und Manipulation weiter ausgeführt. Hierbei stammen die Inhalte dieses Kapitels größtenteils aus [4], welches dem Leser für eine umfassendere Recherche zu diesem Thema empfohlen wird.

4.2 Selektion

Unter der Aufgabe der Selektion fasst man die Menge der Interaktionen zusammen, die es erlauben einen Punkt, eine Fläche oder ein Objekt in einer virtuellen Welt auszuwählen. Die populärste Technik dafür ist das Zeigen. Dabei liegt die weite Verbreitung dieser Technik im Fokus des Menschen auf der visuellen Wahrnehmung begründet. Auch erleichtert der Fakt, dass Menschen bereits ein mentales Modell des Zeigens zur Auswahl von Objekten aus der realen Welt besitzen, den Transfer der Technik in die virtuelle Welt. Für das Zeigen werden häufig spezielle Zeigegeräte und Techniken verwendet. Diese werden folgend in einem separaten Unterabschnitt zum Zeigen behandelt.

Neben dem Zeigen existieren weitere Techniken zur Selektion z. B. kann die Auswahl einer Entität der virtuellen Welt durch Eingabe von Koordinaten oder Benennung durch Sprachsteuerung erfolgen. Diese sind weniger intuitiv und natürlich als das Zeigen, bieten dafür aber die Möglichkeit Entitäten außerhalb des Blickfelds zu selektieren.

Zeigen Allgemein wird beim Zeigen ein Ziel mit einem Zeigegerät anvisiert und dann ausgewählt. Hierbei werden für die Identifikation der anvisierten 3D-Entitäten Algorithmen aus der Computergraphik genutzt. Des Weiteren werden häufig Aktionen definiert, welche eine Auswahl signalisieren. Die Verwendung solcher Aktionen ist nicht zwangsweise nötig, verhindert aber die unbeabsichtigte Auswahl von Entitäten. Eine Alternative dazu bietet die Benutzung verschiedener Modi, ein Modus in dem die Auswahl permanent versucht wird und ein Modus in dem keine Auswahl stattfindet.

Für eine erfolgreiche Gestaltung eines Selektionsprozesses ist es wichtig den Nutzer durch visuelles Feedback zu unterstützen. Dies kann durch eine Hervorhebung der ausgewählten Entität oder in Form eines 3D-Cursors realisiert werden. Ein 3D-Cursor ist das dreidimensionale Gegenstück zum Mauszeiger der Desktop-Metapher und ermöglicht mitunter das Zeigen auf entfernte Entitäten in einer virtuellen Welt. Hierbei werden reale Position und Orientierung von passenden Eingabegeräten wie Flystick, 3D-Maus oder Zauberstab auf die Parameter des 3D-Cursors abgebildet. Davon abzugrenzen ist die Technik der virtuellen Hand. Diese erlaubt einem Nutzer in der virtuellen Welt Objekte in seiner Reichweite mittels einer 3D-Repräsentation seiner Hand zu selektieren. Eine Erweiterung der virtuellen Hand findet sich in der Go-Go-Technik, welche eine virtuelle Verlängerung des Armes unterstützt, damit der Nutzer auch Objekte außerhalb seiner Reichweite per Hand auswählen kann. Bezogen auf die Kategorisierung nach Natürlichkeit, ist die virtuelle Hand eher eine natürliche und der Einsatz eines 3D-Cursors eher eine magische Interaktionstechnik.

Die Zeigegeräte von 3D-Cursor Techniken können weiter in direkte oder indirekte Geräte unterteilt werden. Bei direkten Zeigegeräten z. B. dem Zauberstab wird die Position des 3D-Cursors absolut bestimmt. Hingegen wird bei indirekten Zeigegeräten wie der 3D-Maus die Position des 3D-Cursors relativ zur letzten Position verändert. Im Vergleich sind direkte Geräte natürlicher und erfordern weniger Lernaufwand vor allem bezüglich der Hand-Auge-Koordination. Auf der

anderen Seite ist die Benutzung indirekter Geräte auf Dauer weniger ermüdend und es werden keine Teile der virtuellen Welt durch Arme oder Hände verdeckt. Eine andere Möglichkeit der Kategorisierung differenziert zwischen nahen und entfernten Interaktionstechniken. Die Aspekte nah und entfernt beziehen sich hierbei auf die Reichweite einer Interaktion. Auch hier lässt sich wieder eine Verbindung zu der oben aufgeführten Einteilung in natürliche und magische Interaktionen herstellen. So weisen nahe Interaktionstechniken häufig die Vorteile einer natürlichen Interaktionsgestaltung auf, während entfernte Interaktionstechniken die Vorteile einer magischen Interaktionsgestaltung bieten. Bei der Benutzung einer entfernten Interaktionstechnik ist die Treffsicherheit dieser im Nutzungskontext zu beachten, da diese großen Einfluss auf Usability und User Experience des Nutzers hat.

Als Alternative zu entfernten Techniken kann zur Erweiterung der Reichweite auch die Perspektive des Nutzers angepasst werden. So wird bei der World-In-Miniature (WIM) Technik die virtuelle Welt runterskaliert, so dass sie in als Miniaturmodell in die Hand des Nutzers passt. Der Nutzer ist nun in der Lage die Selektion von Objekten der virtuellen Welt im Modell vorzunehmen. Techniken wie WIM, bei denen der Nutzer seine eigene Sicht in der Welt verlässt, werden exozentrisch genannt und bilden das Gegenstück zu egozentrischen Techniken.

4.3 Manipulation

Interaktionen im Aufgabenbereich der Manipulation haben das Ziel die Parameter eines Objektes zu verändern. Dabei umfassen typische Objektparameter Position, Orientierung, Größe, Form, Geschwindigkeit oder Erscheinung eines Objekts. Grundlage für die Manipulation eines Objekts ist die vorangehende Selektion von diesem. Demnach stehen Selektion und Manipulation in einem direkten Zusammenhang und sollten bei der Gestaltung von Interaktion in VR nicht isoliert betrachtet werden. Weiterhin eignen sich die meisten Techniken zur Selektion auch zur Manipulation von Objekten. Folglich lassen sich auch die Manipulationstechniken wie in Kapitel 4.2 beschrieben weiter klassifizieren.

Auch bei der Gestaltung von Interaktionen zur Manipulation ist die Frage, inwieweit eine Spiegelung der Realität gewünscht wird, von zentraler Bedeutung. Objekte in der virtuellen Welt sind nicht an Eigenschaften oder Verhaltensmuster der realen Welt gebunden. Sie können sich wie reale Objekte verhalten und bei einer Manipulation die Erwartung des Nutzers erfüllen oder eine einfachere Interaktion mit den präsentierten Inhalten ermöglichen. z. B. die Manipulation von Objekten, die sich außerhalb der Reichweite des Nutzers befinden.

Um die Manipulation von Objekten zu erleichtern, existieren einige Techniken, welche Objektparameter ausblenden oder die Anzahl der Freiheitsgrade beschränken. So bieten die Techniken Arcball und Virtual Sphere eine Möglichkeit mit 2D-Interaktionen nur die Orientierung eines Objekts in einer 3D-Umgebung zu manipulieren [7].

5 Ausblick

Die Grundlagen zusammenfassend existieren diverse Möglichkeiten Interaktion in einer virtuellen Lernumgebung zu gestalten. Konkrete Interaktionstechniken können natürliche oder magische Eigenschaften aufweisen und bieten dadurch entweder eine der Realität entsprechende Interaktionsart oder stellen neue Funktionalitäten bereit. Dabei spielt die Immersion des Nutzers eine wichtige Rolle für die Qualität einer virtuellen Lernumgebung. Diese ist sowohl von technischen wie auch mentalen Aspekten abhängig und wird durch Konzepte wie den Uncanny Valley Effekt oder die Willing Suspension of Disbelief beeinflusst.

Die aktuelle Forschung zum Einfluss von Immersion auf den Lernerfolg von virtuellen Lernumgebungen vernachlässigt zumeist das Interaktionsdesign und fokussiert die visuelle Darstellung. Dabei finden sich erste Ansätze zum Einfluss der Interaktionsgestaltung auf den Lernerfolg in den vorgestellten Verwandten Arbeiten. Für die Beantwortung der in dieser Ausarbeitung formulierten Forschungsfragen reichen diese Erkenntnisse jedoch nicht. Demnach ist es nötig weitere Forschungen in diesem Kontext durchzuführen.

Zuerst gilt es eine geeignete virtuelle Testumgebung zu entwickeln, in der verschiedene Arten von Interaktionstechniken implementiert sind. Folgend sollten im Rahmen einer Studie die Interaktionstechniken evaluiert werden. Zur Evaluation können Vorher-Nachher Tests in den jeweiligen Probandengruppen und Fragebögen genutzt werden, um die Wissensvermittlung bei Nutzung der unterschiedlichen Interaktionstechniken zu untersuchen. Dabei zeigen die Erkenntnisse der Verwandten Arbeiten, dass sowohl das fachliche Wissen und die VR-Erfahrung der Probanden als auch die Art des zu vermittelnden Wissens Einfluss auf den Lernerfolg nehmen. In der Gestaltung der Studie sollten deswegen entweder Probanden und Lerninhalte anhand eines konkreten Anwendungskontextes klar spezifiziert werden oder in einem größeren Rahmen eine breit aufgestellte Gruppe von Probanden und Lerninhalte unterschiedlicher Art mit einbezogen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Berger C, Gonzalez-Franco M, Ofek E, Hinckley K (2018) The uncanny valley of haptics. *Science Robotics* 3:eaar7010, DOI 10.1126/scirobotics.aar7010
- [2] Bronsch J (2018) Einsatz von Virtual-Reality Techniken in Lernumgebungen. Master's thesis, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, Germany
- [3] Coleridge ST (2004) *Biographia Literaria*. Projekt Gutenberg, URL <https://www.gutenberg.org/files/6081/6081-h/6081-h.htm>, Zugriff: 11.10.2018
- [4] Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (2014) *Virtual und Augmented Reality (VR / AR) - Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York
- [5] Ferracani A, Pezzatini D, Seidenari L, Del Bimbo A (2015) Natural and virtual environments for the training of emergency medicine personnel. *Universal Access in the Information Society* 14(3):351–362, DOI 10.1007/s10209-014-0364-1, URL <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0364-1>
- [6] Gavish N, Gutiérrez T, Webel S, Rodríguez J, Peveri M, Bockholt U, Tecthia F (2015) Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. *Interactive Learning Environments* 23(6):778–798, DOI 10.1080/10494820.2013.815221, URL <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.815221>
- [7] Hinckley K, Tullio J, Pausch R, Proffitt D, Kassell N (1997) Usability analysis of 3d rotation techniques. In: *Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ACM, New York, NY, USA, UIST '97, pp 1–10, DOI 10.1145/263407.263408, URL <http://doi.acm.org/10.1145/263407.263408>
- [8] Mori M, MacDorman KF, Kageki N (2012) The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics Automation Magazine* 19(2):98–100, DOI 10.1109/MRA.2012.2192811
- [9] Sadowski W, Stanney K (2002) Presence in virtual environments. *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications* pp 791–806
- [10] Sasaki K, Ihaya K, Yamada Y (2017) Avoidance of novelty contributes to the uncanny valley. *Frontiers in Psychology* 8:1792, DOI 10.3389/fpsyg.2017.01792, URL <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01792>
- [11] Sherman WR, Craig AB (2003) *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA
- [12] Slater M (2003) A note on presence terminology. In: *Presence connect*, vol 3, URL http://www.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Presencia/ConsortiumPublications/ucl_cs_papers/presence-terminology.htm

- [13] Slater M (2009) Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences* 364 1535:3549–57
- [14] Slater M, Wilbur S (1997) A framework for immersive virtual environments five: Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoper Virtual Environ* 6(6):603–616, DOI 10.1162/pres.1997.6.6.603, URL <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- [15] Temming M (2018) Why touch can be such a creepy sensation in VR. <https://www.sciencenews.org/article/why-touch-can-be-creepy-sensation-vr-uncanny-valley>, zugriff: 09.03.2019
- [16] Tsou CH, Hsu TW, Lin CH, Tsai MH, Hsu PH, Lin IC, Wang YS, Lin WC, Chuang JH (2017) Immersive vr environment for architectural design education. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Posters*, ACM, New York, NY, USA, SA '17, pp 55:1–55:2, DOI 10.1145/3145690.3145726, URL <http://doi.acm.org/10.1145/3145690.3145726>
- [17] Vituccio R, Cho J, Tsai TYJ, Boak S (2018) Creating compelling virtual reality and interactive content for higher education: A case study with carnegie mellon university. In: *ACM SIGGRAPH 2018 Educator's Forum*, ACM, New York, NY, USA, SIGGRAPH '18, pp 1:1–1:2, DOI 10.1145/3215641.3215647, URL <http://doi.acm.org/10.1145/3215641.3215647>
- [18] Winn W, Windschitl M, Fruland R (2002) When Does Immersion in a Virtual Environment Help Students Construct Understanding? University of Washington URL <http://hitl.washington.edu/people/tfurness/courses/inde543/READINGS-03/WINN/winnpaper1.pdf>, Zugriff: 10.03.2019