



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK  
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE  
UND INTERAKTIVE SYSTEME

# **Einfluss verschiedener Ausprägungen physikalischer Eigenschaften in einer VR Umgebung auf die Physical Presence**

Vertiefungsprofil

Im Rahmen des Studiengangs  
**Medieninformatik**  
der Universität zu Lübeck

Vorgelegt von:

Jiayi Wang,  
Alexander Schuldt,  
Leonie Lindemann,  
Sarah Scheer

Ausgegeben und betreut von:

Prof. Dr.-Ing. Nicole Jochems

Lübeck 15. März 2021

## **KURZFASSUNG**

Im Rahmen des Projekts im Vertiefungsprofil mit dem Thema Virtual Reality wurden verschiedene Aspekte nach dem Einfluss der Presence nach Lee (2004) getestet. In dieser Arbeit wurde eine virtuelle Umgebung entwickelt, welche verschiedene Lichteinstellungen und Geräusche auf ihren Einfluss auf die Physical Presence untersucht. Hierbei wurden verschiedene Aufgaben vom Nutzer durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen einer Evaluation festgehalten und anschließend diskutiert.

## **SCHLÜSSELWÖRTER**

Physical Presence, Virtual Reality, Unity, Immersive VR

## **1 Einleitung**

Das Thema Virtual Reality oder kurz VR ist in der Medieninformatik ein besonders interessantes Feld. Die Technik ist dauerhaft im Wandel und daher stellt sich die Frage, welche Eigenschaften von VR-Simulationen die empfundene Präsenz nach Lee (2004) beeinflussen. Lee definiert Präsenz als einen psychologischen Zustand, in dem virtuelle Objekte als reale Objekte entweder auf sensorische oder nicht-sensorische Weise erlebt werden. Basierend auf dieser Definition unterteilte er Präsenz in drei Bereiche: Physical, Social und Self Presence. Die Social Presence beschreibt den Bereich der Präsenz, der sich mit dem Einfluss von sozialen Interaktionen beschäftigt. Hierbei betrifft es sowohl die Interaktion mit anderen Benutzern, als auch die Interaktion mit vom System erstellten Aktoren. Die Self Presence beschäftigt sich hingegen mit der Adaption des Benutzers in der VR-Simulation und mit ihrer Auswirkung auf die empfundene Präsenz des Benutzers. Diese beiden Bereiche werden in dieser Arbeit allerdings nicht betrachtet. Das Hauptaugenmerk liegt in dieser Arbeit bei dem ersten Bereich, der Physical Presence. Die Physical Presence befasst sich mit dem Erleben von virtuellen physischen Objekten und Umgebungen, die durch Technologie künstlich erzeugt oder simuliert werden. Basierend auf der Definition von Lee wird der Einfluss von Eigenschaften der virtuellen Umwelt auf die erlebte Physical Presence des Benutzers untersucht.

## **Ziele der Arbeit**

Die Ziele der Arbeit sind mitunter auch die Ziele des ganzen Projekts. Zum einen soll eine Literaturanalyse zum Thema Physical Presence durchgeführt werden. Auf Basis dieser Analyse sollen potenzielle Einflussfaktoren auf die Präsenz in der virtuellen Realität identifiziert werden. Durch das Herausfiltern solcher Einflussfaktoren sollte die Konzeption einer Virtual Reality-Umgebung erstellt werden. Dafür sollen mindestens zwei Eigenschaften gewählt werden, die auf den Einflussfaktoren basieren. Diese Eigenschaften soll mindestens zwei Abstufungen besitzen, die den Effekt des Einflussfaktors zeigen können. Auf Basis dieser Konzeption soll im Anschluss eine adaptive Virtual Reality-Umgebung implementiert werden, die die gewählten Faktoren umsetzt. Als Abschluss wird die Virtual Reality-Umgebung in einer mit den Teilnehmern des Moduls Cross Reality durchgeführten Evaluation getestet. Diese Evaluation wird mit Hilfe der Multimodal Presence Scale von Makransky et al. (2017) durchgeführt. So kann der Einfluss der gewählten Faktoren überprüft werden und ein Fazit gezogen werden.

## **Planung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses**

Auf Basis der Ziele wurde der menschenzentrierte Gestaltungsprozess geplant. Dieser stellt auch gleichzeitig die Vorgehensweise dieser Arbeit dar. Dabei ist das Vorgehen an den Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme nach DIN ISO 9241-210 angelehnt (siehe unten).

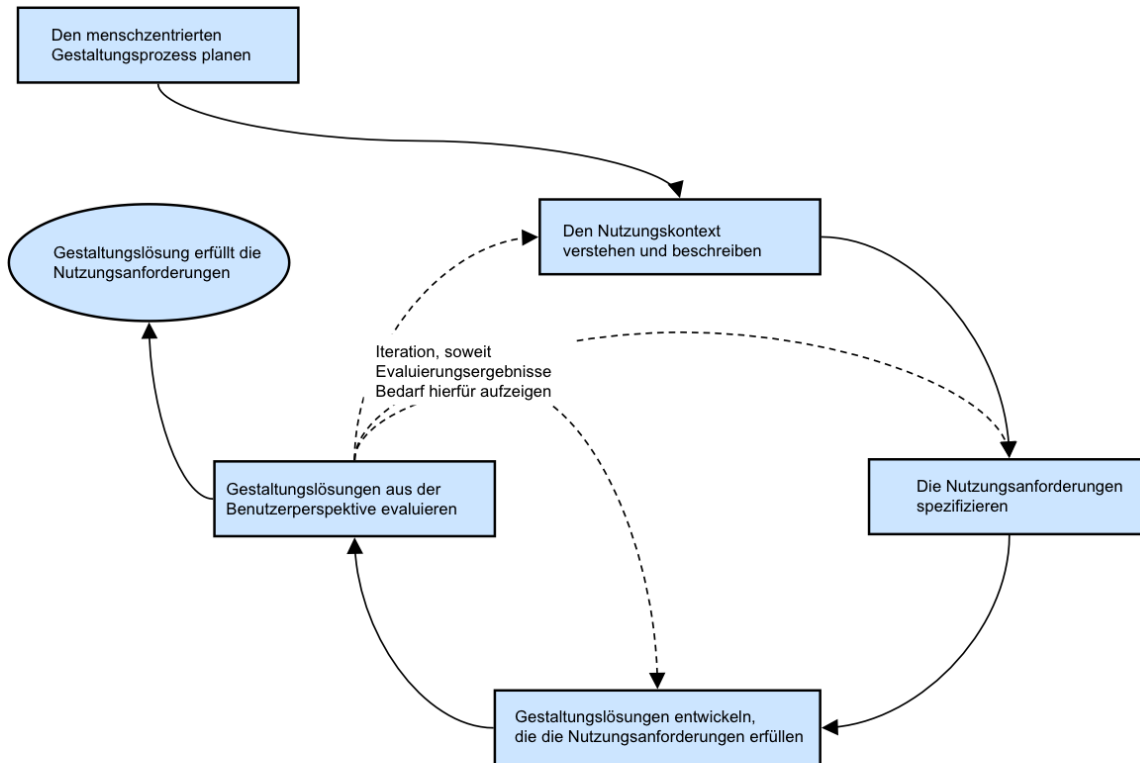


Bild 1 aus DIN EN ISO 9241-210: Wechselseitige Abhängigkeit menschenzentrierter Gestaltungsaktivitäten

**Abbildung 1: Planung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses nach DIN EN ISO 9241-210**

Wie in der Abbildung zu sehen ist, wird in einem ersten Schritt der menschenzentrierte Entwicklungsprozess geplant. Hierzu wird ein Zeitplan und ein grober Ablauf mit selbst festgelegten Meilensteinen erstellt, der alle wichtigen Abschnitte sowie das Schreiben der Ausarbeitung beinhaltet (Abbildung 2). Um den Nutzungskontext zu verstehen und Einblicke in das Themenfeld sowie bereits durchgeführte Studien zu bekommen, wird eine umfassende Literaturrecherche zum Thema durchgeführt. Diese beinhaltet weiterhin das Erarbeiten eines Seminarvortrags in Einzelarbeit. Die Ergebnisse dieses Vortrags, der passend zu dem Themenfeld der Physical Presence ausgerichtet ist, sind im Stand der Technik zu finden.

Nach der Analyse des Nutzungskontextes und der Spezifizierung der Nutzungsanforderungen, soll eine Konzeption der geplanten Umgebung stattfinden. Diese umfasst den Aufbau der Umgebung, die Aufgaben der Benutzer in der Umgebung sowie das Festlegen auf einzelne Aspekte, welche variiert werden sollen. Nach der Konzeption soll die Konzeption implementiert werden und in Unity umgesetzt werden. Im Anschluss wird anders als im oben dargestellten Prozess nicht zwischendurch mit Nutzern evaluiert, sondern erst am Ende. Stattdessen gibt es jede Woche Gespräche mit den Betreuern, die Änderungen vorschlagen und Feedback geben.

Nach Abschluss der Implementierung wird die Evaluation durchgeführt. Hierbei wird aber auch von der Konzeptionsphase zum Teil zur Evaluation gesprungen, da diese schon aus Zeitgründen während der Implementierung geplant werden muss. Die Ergebnisse der Evaluation werden im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet. Jedoch erfolgt lediglich eine Diskussion dieser. Entgegen dem oben gezeigten Prozess werden keine weitere Iterationsschritte nach Beendigung der Evaluation durchgeführt. Die Ergebnisse sollen abschließend zeigen, ob die gewählten Aspekte die Physical Presence beeinflussen können.

Konzeption		
Literaturrecherche	9.11.20	23.11.20
Einflussfaktoren bestimmen	9.11.20	23.11.20
Konzept erstellen	9.11.20	23.11.20
M1	23.11.20	23.11.20
Konzeption der Umgebung		
Umgebungskonzept erstellen	23.11.20	11.1.21
Inhalte planen	23.11.20	11.1.21
Interaktionsmöglichkeiten planen	23.11.20	11.1.21
M2	11.1.21	11.1.21
Implementierung		
Umgebung umsetzen	23.11.20	1.2.21
Einstellungsmöglichkeiten implementieren	11.1.21	1.2.21
M3	1.2.21	1.2.21
Evaluation planen	25.1.21	8.2.21
Evaluation durchführen	25.1.21	8.2.21
Evaluation auswerten	25.1.21	8.2.21
M4	8.2.21	8.2.21
Ausarbeitung fertigstellen M5	8.2.21	15.3.21

Abbildung 2: Zeitplan des Projekts mit Meilensteinen

## Stand der Technik

### 1.3.1 Interaction Fidelity

Interaction Fidelity (IF) bezeichnet den objektiven Grad der Genauigkeit, mit dem reale Interaktionen durch Computersystem reproduziert werden können (McMahan et al., 2012). Während hoher Grad von IF den Nutzer an die reale Welt erinnert, ist niedriger IF-Grad mit bekannten Computer Interfaces verbunden. Allerdings ist nicht eindeutig definiert, wie die unterschiedlichen Grade von IF auf das Benutzererlebnis auswirken. Einerseits würde man davon ausgehen, dass hohe Grade von IF die Benutzererlebnisse und Immersion verbessern, andererseits wurde bereits nachgewiesen, dass mit niedrigem IF-Grad ebenfalls vergleichbare Ergebnisse zu den mit hohem IF-Grad erreicht werden kann (McMahan et al., 2012). In dem Paper von McMahan et al. aus dem Jahr 2016 wurde auf eine ähnliche Beobachtung wie das „Uncanny Valley“ Phänomen (Mori et al., 2012) in der Robotik hingewiesen, dass die moderate Interaction Fidelity negativ auf das Benutzererlebnis beeinflusst, jedoch nicht zwangsläufig schlechter als das mit niedriger Interaction Fidelity. In dem Paper von Roger et al. aus dem Jahr 2019 werden die Auswirkung der IF sowohl für Objektmanipulationsaufgaben als auch für die Ganzkörperbewegungen in VR-Spielen empirisch

untersucht. Die Forschung konzentriert hauptsächlich auf zwei Fragen: Erhöht hohe IF bei den Objektmanipulationsaufgaben das Spielererlebnis in VR? Wie wirkt IF bei den Ganzkörperbewegungen in VR auf das Spielererlebnis aus? Zur Untersuchung wurden zwei Studien jeweils durchgeführt.

### **Studie 1: Objektmanipulationsaufgaben**

In der ersten Studie wurden die niedrige (LF) und hohe IF (HF) in drei Objektmanipulationsaufgaben in einem VR-Spiel miteinander verglichen. Dafür wurde ein VR-Shopkeeper Spiel mit LF und HF Varianten implementiert. Während die Spieler in der LF-Variante hauptsächlich mit Widgets interagieren, müssen die Spieler in der HF-Variante bestimmte realitätsnahe Handlungen ausüben. Die ganze Studie teilt sich in drei Aufgaben. Zunächst sollen die Spieler einen roten Edelstein in einer Truhe finden und rausnehmen. Bei der HF-Variante müssen die Spieler mit einer physischen Bewegung die Truhe öffnen und das virtuelle Objekt aus der Truhe greifen und in der Hand halten. Bei der LF-Variante müssen die Spieler, wie beim Computerspiel, auf die Truhe klicken und das dann erscheinende Widget zeigt den Inhalt der Truhe. Die Spieler können die Objekte per Drag-und-Drop Interaktion auf ihr eigenes Inventar ziehen, wobei das Inventar nur zwei Objekte gleichzeitig enthalten darf, welche vergleichbar mit der HF-Variante verhält. In dem zweiten Schritt sollen die Spieler zwei Tränke in einem Kessel mischen, wobei in der LF-Variante die Aufgabe durch Drag-und-Drop Interaktionen gelöst werden kann und in der HF-Variante die Spieler die Fläschchen mit den getrackten Händen physisch entkorken und die Flüssigkeiten in den Kessel gießen müssen. In der dritten Aufgabe sollen die Spieler ein Objekt in einem Buch finden. Hier erfolgt die Navigation zwischen den Seiten bei der LF-Version durch Buttons, während bei der HF-Version die Spieler das Buch aufheben und mit den Händen umblättern müssen. Insgesamt waren 26 Probanden, unter den 20 Probanden keine Vorerfahrung mit VR hatten. Die Probanden mussten das Spiel zweimal jeweils mit LF und HF spielen und die Fragebögen nach jedem Spielvorgang ausfüllen. Die Fragebögen lassen die relevanten Faktoren wie Emotion, Intuitivität, Immersion und die Beteiligung untersuchen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die meisten Teilnehmer die physischen Interaktionen mit den virtuellen Objekten bevorzugten. Die hohe Interaction Fidelity schnitten bei den meisten Faktoren laut der Ergebnisse aus den Fragebögen besser ab. Das Spielerlebnis mit HF-Variante wurde als immersiver in Bezug auf kognitive und emotionale Einbindung und Kontrolle bewertet. Die Faktoren wie Vergnügen, Präsenz und Intuitivität zeigten signifikante Unterschiede im Vergleich zur LF-Variante und die Bewertungen lagen deutlich höher. 84,62% der Teilnehmer präferierten die Interaktionen mit der HF-Variante und empfanden die direkte Manipulation als immersiver, interessanter und natürlicher. 3 Teilnehmer, die keine Präferenz hatten, bevorzugten einerseits die direkte Manipulation in der HF-Variante, andererseits fanden sie das Suchen in dem Inventar deutlich übersichtlicher und schneller. Die Aufgaben in der HF-Version benötigten längere Zeit zu erledigen. Ein Teilnehmer fand die LF-Variante besser, da die Interaktion mit den Widgets ihm an den Computerspielen erinnerte. Die Ergebnisse lassen sich zusammenfassen, dass die hohe Interaction Fidelity besseres Benutzererlebnis für die Objektmanipulationsaufgaben in VR bietet.

### **Studie 2: Ganzkörperinteraktion in VR**

In der zweiten Studie wurden die Erlebnisse der Interaction Fidelity in Ganzkörperbewegung-Aufgaben ermittelt. Hierfür wurde ein VR Spiel entworfen, in dem die Ganzkörperbewegungen sowohl in Kombination mit der Manipulation (einen Schlüssel finden und die Tür aufschließen oder ein Schwert finden und damit ein Spinnennetz durchschneiden), als auch allein als Aufgaben (unter einer Hürde durchkriechen oder an einem Klettergerüst baumeln) auftreten. Die Ganzkörperbewegungen wurden mit unterschiedlichen Graden von Interaction Fidelity durch verschiedenen Spielelemente implementiert, wobei der Fokus dieser Studie nicht auf den Vergleich zwischen HF und LF liegt. Stattdessen wurde untersucht, inwiefern die unterschiedlichen IF besser eingesetzt werden können und wo die Grenze der IF liegt. Um die visuellen Verzerrungen zu reduzieren, hat das Spiel ein minimalistisches Design und beinhaltet nur die notwendigen virtuellen Spielelemente. Die Spieler dürfen nicht durch die Wände oder andere Objekte gehen und ein Alarm wird visuell, aber auch auditiv beim nahen Ankommen an einem Hindernis ausgelöst. Durch Berühren des Gegenstands mit einem Controller und Drücken der Triggertaste können die Spieler Objekte aufheben und

an den Bars des Klettergerüsts hängenbleiben. Die Gegenstände sind dann am Controller fixiert, bis die Taste losgelassen wird. 36 Probanden wurden für diese Studie ausgesucht, die sehr unterschiedliche Erfahrungen mit VR hatten. Nach dem Spielen mussten die Probanden Fragebögen auszufüllen, um den affektiven Zustand, die Immersion, die Interessiertheit, die Autonomie, die Präsenz und das Vergnügen zu bewerten. Anschließend folgte ein Interview über die Erlebnisse mit den Spielelementen.

Auch in dieser Studie zeigten die Teilnehmer hohes Interesse an den Manipulationsaufgaben mit höherer Interaction Fidelity wie das Entfernen von Spinnennetzen. Die Teilnehmer tendierten dazu, mehrmals das Schwert zu schwingen, obwohl diese Bewegung nicht nötig ist und diese Tatsache den Teilnehmern auch bewusst ist. Mehr Realismus war gewünscht. Die Kriechen- und die Baumeln-Aufgaben wurden von einem großen Teil der Teilnehmer als real wahrgenommen, obwohl die Aufgaben nur mit moderater Interaction Fidelity umgesetzt worden sind. Die Annäherungen wie Gehen beim Hängen auf das Klettergerüst lassen der Unglaube in der virtuellen Welt trotz der irrealen Bewegung einstellen. Die physischen Herausforderungen und kognitive Ablenkungen aufgrund der hohen Konzentration beim Klettern sollten die reale Empfindung erhöhen. Die Ergebnisse der Interviews waren zwiespältig. Einige Teilnehmer wünschten sich mehr Abstraktion für erhöhte Spielbarkeit und Spielerlebnis und einige wollten mehr reale physische Bewegungen anstatt Teleportation beim Kriechen. Auch die sozialen Faktoren, die Sicherheitsprobleme und die Ermüdung hatten unterschiedliche Auswirkung bei den Erlebnissen. Allgemein lassen sich die Ergebnisse zusammenfassen, dass mehr Abstraktion bei den Ganzkörperbewegungen gewünscht ist und die Mischung aus Substitution und Approximation bei moderaten Interaction Fidelity die Ungläubigkeit in einer virtuellen Welt reduzieren kann.

Da bei der Physical Presence die Wahrnehmung der virtuellen Objekte als realen physischen Objekten untersucht werden soll, spielt die Interaktion mit den Objekten, somit auch die Interaction Fidelity eine große Rolle. Die Ergebnisse aus dem vorgestellten Paper und den verwandten Studien zeigten, dass die Auswirkungen der unterschiedlichen Grade von Interaction Fidelity je nach Aufgaben stark variieren können. Vor allem bei der direkten Objektmanipulation wirken die Interaktionen mit hoher Interaction Fidelity deutlich immersiver. In dieser Arbeit kann somit näher auf diese Kenntnisse eingegangen werden, ob die realitätsnahe Imitation der Objektreaktion nach bestimmter Interaktion tatsächlich positiver Einfluss auf die Physical Presence hat.

### **1.3.2 Effect of Visual Realism on Presence**

Das Paper „Visual Realism Enhances Realistic Response in an Immersive Virtual Environment“ von Slater et al. aus dem Jahr 2009 befasst sich mit dem Effekt von visuellem Realismus auf die Präsenz von Benutzern. Für die Studie wurden zwei Szenarien erstellt. Diese Szenen bestehen aus zwei Räumen, einem Startraum und einem mit einem Loch in der Mitte, einem Stuhl gegenüber dem Eingang und einem Tisch mit zwei Stühlen unten im Loch. Außerdem ist eine Fläche an der Wand gegenüber über dem Stuhl. Für den Unterschied zwischen den beiden Szenarien werden zwei Techniken verwendet: Raycasting und rekursives Raytracing. Raycasting erzeugt eine lokale Beleuchtung ohne Schatteneffekte, wohingegen und rekursives Raytracing sowohl Schatten als auch Reflexionen.

Die Studie wurde mit einer AB-Methode durchgeführt, wobei jede Gruppe beide Szenarien zu Gesicht bekam und im Anschluss einen Fragebogen ausfüllen sollte. Dieser Fragebogen enthält 16 Fragen, von denen elf auf die Präsenz bezogen sind und alle auf einer 7-Punkte Likert Skala basieren. Nach den beiden Durchläufen fand außerdem ein freies Interview statt. Zu der Messung wurde nicht nur der Fragebogen verwendet, sondern auch Technik zur Aufzeichnung physiologischer Daten. Mit dem Messen der Präsenz soll in Kombination mit diesen physiologischen Daten ermittelt werden, ob die Verwendung realistischer Schattenwürfe einen Effekt auf die empfundene Angst des Probanden hat. Schlussendlich wurden ausschließlich die Ergebnisse des ersten Fragebogens der jeweiligen Probandengruppen beachtet.

In den Ergebnissen zeigte sich, dass bei neun von elf Fragen der Durchschnitt der Raytracing-Gruppe über dem der Raycasting-Gruppe lag. Insbesondere erinnerten sich die Teilnehmer an den Grubenraum als einen Ort, den sie besucht hatten (Frage 3), und ihr Gefühl, im Grubenraum zu sein, war im direkten Vergleich zur realen Welt des Labors stärker (Frage 4), als bei der Raycasting Gruppe. Die Durchschnittswerte dieser beiden Fragen waren bei der Raytracing-Gruppe signifikant höher. Die Ergebnisse der Fragen fünf und sechs waren hingegen bei der Raycasting-Gruppe höher. Bei der EDA Messung zeigte sich bei der Raytracing-Gruppe eine höhere Erregung und bei der EKG Messung sogar eine signifikant höhere Herzfrequenz. Letzteres deutet auf eine signifikant höhere psychische Belastung hin. Allerdings war kein physischer Effekt erkennbar.

Das Fazit dieser Studie war, dass durch die beiden Varianten der Lichterzeugung unterschiedliche Niveaus von Angst und unterschiedliche Stufen der gemeldeten Präsenz erkennbar waren. In dem anschließenden Interview kam außerdem heraus, dass für 24 der 33 Probanden die Schatten und die Reflexion eine Auswirkung auf die Präsenz hatten. Von diesen äußerten sich 17 positiv. Zudem fühlten sich sieben Probanden unter anderem von dem nicht passenden Avatar gestört, weshalb geschlossen wurde, dass ein erhöhter visueller Realismus die realistische Verhaltensreaktion verbessern könnte. Allerdings wurde auch vermutet, dass sich die visuelle Verbesserung des Aussehens durch Raytracing die Ergebnisse beeinflusst haben könnte, wodurch dies nicht ausschließlich der Grund für die Ergebnisse sei.

Für diese Arbeit kann aus diesem Paper mitgenommen werden, dass der Unterschied zwischen ambientem Licht, in diesem Fall Raycasting, und direktonalem Licht mit der Verwendung von Schatten, hier Raytracing, Einfluss auf die Präsenz haben kann. Außerdem könnte eine weitere Betrachtung dieses Phänomens im Kontext der Präsenz nach Lee (2004), vor allem der Physical Presence in Betracht gezogen werden. Durch dieses Paper wurde eine der Einstellungsmöglichkeiten innerhalb dieses Projektes stark beeinflusst.

### 1.3.3 Effect of Emotions on Presences

Im Paper von Felnhofer et al. aus dem Jahr 2015 geht es um den Effekt, den Emotionen auf die Präsenz haben. In der vorgestellten Studie wurden fünf verschiedene Szenarios erstellt, welche jeweils eine Parkumgebung zeigten. Die verschiedenen Szenarios sollten jeweils einen unterschiedlichen Emotionszustand hervorrufen. Die fünf unterschiedlichen Emotionen und ihre jeweiligen Unterscheidungsmerkmale sind in Tabelle 1 dargestellt.

Emotion	Freude	Wut	Langeweile	Angst	Traurigkeit
Merkmale	Sonne, Vögel, bunt, Sommertag	Baustelle, ansonsten wie Freude	Betonklötze, leere Bänke, entfernter Verkehr, keine Menschen	Nacht, Laternen, Eule, Schattenhafte Charaktere	Regen, hektische Menschen mit Regenschirmen, graue Umgebung

**Tabelle 1: Tabelle zu den verschiedenen Emotionen und ihrer Merkmale.**

Die Forscher stellten zwei für unseren Kontext relevante Hypothesen auf:

- Do the different virtual park scenarios succeed in eliciting the intended emotion (joy, sadness, boredom, anger, anxiety)?
- Do the five emotional virtual park scenarios differ with regards to reported presence levels?

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurden 120 deutschsprachige Probanden aus der Universität zu einer Studie eingeladen. Mit Hilfe eines Head-Mounted-Display und einer Navigation mittels Smartphone konnten sich die Probanden in einem zufällig zugeteilten Szenario bewegen. Ihr virtueller Körper war sichtbar und sie sahen die Umgebung aus der First-person-view.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde die deutsche Version des Differential Emotions Scale (Modifizierte Differentielle Affekt Skala) verwendet, um die emotionalen Auswirkungen von Medien zu überprüfen. Das Präsenzepfinden wurde mit der deutschen Version des Presence Questionnaires gemessen.

Die Ergebnisse zeigten, dass die erste Hypothese meistens bestätigt werden konnte. Freude, Wut, Langeweile und Angst waren in den entsprechenden Szenarios jeweils am höchsten. Die Traurigkeit jedoch in dem Langeweile-Szenario am höchsten, da Regen auf viele Personen entspannend wirkt.

Es wurde in dieser Studie festgestellt, dass die unterschiedlichen Emotionen sich nicht auf das Präsenzepfinden auswirken. Zwischen verschiedenen Emotionen gab es also keine Abstufungen im Präsenzepfinden.

Für diese Projektarbeit können einige Schlüsse aus dieser Studie und der Verwandten Literatur gezogen werden. In der in dem Paper kurz vorgestellten Studie von Riva et al. von 2007 wird erläutert, dass ein emotionales Szenario mehr Präsenz hervorruft als ein neutrales Szenario. Wir könnten in unserem Projekt also eine Emotion erzeugen, um eine höhere Präsenz zu erlangen. In dem Paper wurde gezeigt, dass Emotionen erzeugbar sind somit, sollte es für uns möglich sein, eine Emotion durch eine sommerliche Umgebung zu erzeugen. In dem eben vorgestellten Paper wurde allerdings keine neutrale Umgebung für den Vergleich benutzt, sodass wir uns hier an der Studie von Riva et al. orientieren.

Für die Physical Presence können aus diesem Paper weitergezogen werden, dass Umgebungen durch kleine Dinge wie Geräusche stark in ihrem Empfinden bei der Person beeinflusst werden können. Welche Einflüsse Geräusche genau auf die Physical Presence haben, wollen wir in unserem Projekt unter anderem untersuchen.

In der weiterführenden Literaturrecherche wurde das Paper von Volkmann et al. (2020) betrachtet. In diesem wurde untersucht, inwieweit die Polygonanzahl eine Rolle für die Physical Presence spielt. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die Polygonanzahl keinen Einfluss auf die Social und die Physical Presence hat. Dieses Paper schloss somit die Veränderung von Polygonanzahlen für dieses Projekt aus.

### **1.3.4 Mental Training in VR**

#### **Virtual Reality (VR) Displays und räumliches Bewusstsein in Bezug auf Mental Training**

Virtual Reality (VR) Displays, wie z. B. Head-Mounted Displays (HMD) bieten im Vergleich zu traditionellen Displays (Desktop Display) die Möglichkeit uns ein überlegenes räumliches Bewusstsein zu bieten, indem sie unsere vestibulären und propriozeptiven Sinne ansprechen. VR-Displays können so im Gegensatz zu traditionellen Displays visuell immersive räumliche Repräsentationen von Informationen mit unseren vestibulären Sinnen (Gleichgewichtssinn) und propriozeptiven Sinnen (Wahrnehmung des eigenen Körpers nach dessen Lage im Raum) kombinieren (Krokos et al., 2019). Dieser Vorteil kann für kognitives Training in VR Umgebungen genutzt werden. HMD können im Vergleich zu traditionellen Displays ein höheres Gefühl von Immersion erzeugen (Cho, 2018). Dieser erhöhte Grad von Immersion wird oft auf das weite Blickfeld (Field of Regard, FOR) zurückgeführt, welches in einer HMD Umgebung bis 360° betragen kann. Auch ein weites Sichtfeld (Field of View, FOV) soll zur Immersion und Präsenz in einer virtuellen Umgebung beitragen, dadurch, dass ein weites FOV eher die natürliche Betrachtung simuliert. Ein hoher Grad an Immersion in einer VR soll dabei einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben (Dede, 2009. Huttner et al., 2019). In einer Studie vom Ragan et al (2010) sollten sich Teilnehmer\*innen die Reihenfolge von in einem Raster platzierten virtuellen Objekte merken. Diese wurden ihnen über drei Bildschirme präsentiert (einer vorne und zwei Seitenwände).



Die Teilnehmer\*innen wurden in mehrere Gruppen aufgeteilt, die die Aufgabe mit unterschiedlichen FOV & FOR durchführen sollten. Das Ergebnis zeigte, dass ein höheres FOV & FOR zu signifikanten Leistungsverbesserungen führten.

#### **Virtuelle Gedächtnispaläste (method of loci)**

Eine Lernstrategie, die ermöglicht deklarative Lerninhalte mit räumlichen Eigenschaften zu verbinden, sind sogenannte Gedächtnispaläste (GP). Die Lerninhalte wurden dabei mental an verschiedenen und bekannten Orten platziert (Ort = lat. locus, pl. loci). Diese Orte dienen dann als Navigationspunkte beim Durchqueren des Gedächtnispalastes. Die Informationen werden auf ein mentales Modell einer Umgebung gemappt und sich dann an diese Infos durch das mentale Visualisieren des entsprechenden Teils der Umwelt versucht zu erinnern. Eine wichtige Komponente ist dabei die subjektive Erfahrung der virtuellen Präsenz in dem Palast, auch wenn man physisch woanders ist (Krokos et al., 2019). Diese Gedächtnispaläste können auch in virtuelle Realitäten übertragen werden. Die Stärke der Immersion in einem Gedächtnispalast in der virtuellen Realität bestimmt dabei mit, wie hoch der Lernerfolg am Ende ist (Huttner, Robbert, & Robra-Bissantz, 2019). Das Gefühl von physischer Präsenz spielt also eine wichtige Rolle bei dieser Lernstrategie.

#### **Recall erlernter Informationen in Head-Mounted-Display Umgebungen**

In deiner Studie von Krokos et al. (2019) wurde untersucht, ob ein virtueller Gedächtnispalast, der in einer immersiven stereoskopischen HMD Umgebung mit Kopf-Tracking erlebt wird, besser beim Recall von Informationen unterstützen kann als eine mausbasierte Interaktion über ein traditionellen, nicht-immersiven, monoskopischen Desktop-Display. Die Hypothesen dabei waren, dass die Genauigkeit des Erinnerungsrückrufs der Teilnehmer\*innen im HMD-Zustand höher sein wird als im Desktop-Zustand, aufgrund der erhöhten Immersion und dass die Teilnehmer\*innen ein höheres Vertrauen in ihre Antworten im HMD-Zustand haben im Vergleich zum Desktop-Zustand. Die Nullhypothese war dabei, dass es keinen statistischen Unterschied zwischen Genauigkeit und Antwortsicherheit von den Ergebnissen zwischen den HMD- und Desktop-Bedingungen gibt und dass es keinen statistischen Unterschied in der Reihenfolge der Anzeigebedingungen gibt. Um dies zu untersuchen, sollten die Teilnehmer\*innen Gesichter-Namen-Paare auswendig lernen. Die Gesichter wurden dabei in virtuellen Gedächtnispalästen positioniert. Innerhalb eines  $2 \times 2 \times 2$  Latin-Square-Design Versuchsaufbaus sollten die Teilnehmer\*innen über jeweils einmal eine der beiden Anzeigebedingungen (HMD vs. Desktop) ein Set von 21 Gesichtern Auswendiglernen, die ihnen in jeweils einem von zwei virtuellen Gedächtnispalästen präsentiert wurden. In einer beliebigen Reihenfolge sollte also jeder der Teilnehmer\*innen einmal im HMD- und einmal im Desktop-Zustand ein Set von Gesichtern auswendig lernen. Die Gesichter durften innerhalb von 5 Minuten in beliebiger Reihenfolge bezüglich ihrer Position in dem jeweiligen Gedächtnispalast auswendig gelernt werden. Nach den 5 Minuten wurden die Gesichter dann durch Zahlen ersetzt. Nach einer 2-minütigen Pause sollten die Teilnehmer\*innen dann in einer Recall-Phase in beliebiger Reihenfolge den Namen des zugehörigen Gesichtes für jede nummerierte Position im Gedächtnispalast wiedergeben und dabei und deren Antwortsicherheit nennen (1 - 10, keine Antwort: 0). Nach einer Pause wurde dann zur anderen Anzeigebedingung gewechselt.

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die Recall-Genauigkeit der Teilnehmer\*innen im HMD Zustand durchschnittlich 8,8% höher war als im Desktop Zustand. Auch machten die Teilnehmer\*innen in der HMD Bedingung durchschnittlich weniger Fehler als in der Desktop-Umgebung. Die Anzahl übersprungener Antworten war im Desktop Zustand deutlich höher. In der HMD Umgebung fühlten sich die Teilnehmer\*innen sicherer bezüglich der Korrektheit ihrer Antwort als im Desktop Zustand. Auch waren die Teilnehmer\*innen im HMD Zustand häufiger korrekt bzgl. derer Antwortsicherheit. Bei der Betrachtung der Reihenfolge der Anzeigebedingungen zeigte sich, dass der Wechsel vom Desktop zu HMD Zustand eine Erhöhung der Leistung und vom HMD zu Desktop Zustand eher eine Verringerung der Leistung verursachte. Es wurde dabei vermutet, dass Personen, die erst einen HMD nutzten, beim Wechsel zum Desktop den Vorteil der erhöhten Immersion verloren und dass Personen, die mit dem Desktop starteten, mehr Mühe investieren mussten, um sich Infos zu merken und dieses Engagement dann beim Wechsel zum HMD behielten und dann zusätzlich von der erhöhten Immersion profitierten. Aus den Ergebnissen wurde

geschlossen, dass die Verwendung von virtuellen GP in einer HMD Bedingung die Rückrufgenauigkeit (Recall) von erlernten Informationen im Vergleich zur Verwendung einer traditionellen Desktop-Bedingung verbessert. Immersive VR Umgebungen können scheinbar beim Recall von erlernten Informationen unterstützen.

#### **Relevanz für diese Arbeit**

Die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen, dass die Darstellung einer VR-Umgebung über einen HMD ein Gefühl räumlicher Präsenz erzeugen kann. Dieses Gefühl von räumlicher Präsenz ist für die Gestaltung einer VR Umgebung, in der das Gefühl von physischer Präsenz untersucht werden soll sehr relevant. Je höher das Gefühl von Präsenz ist, desto mehr erinnern sich Personen an die Details der virtuellen Umgebung (Lin et al., 2002. Cho, 2018). Die Wahrnehmung der Details der virtuellen Umgebung ist ein wichtiger Faktor, der die Physical Presence beeinflussen könnte, da es bei dieser Presence Definition primär auch um die Wahrnehmung der virtuellen Objekte in einer VR Umgebung geht. Wenn ein Gefühl der Präsenz besteht, dann werden virtuelle Objekte bezogen auf den entsprechenden Ort im Gehirn kodiert (Lin et al., 2002). Im Vergleich zu Desktop VR kann immersive HMD so ein höheres Gefühl von (physischer) Präsenz erzeugen. Ein weites FOR und FOV scheinen dabei einen positiven Einfluss auf die Immersion und Präsenz zu haben. Im Rahmen dieser Arbeit sollte deshalb darauf geachtet werden, dass die VR Umgebung, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wird, ein angemessenes FOV und FOR ausgewählt wird. Auch sollte eher eine HMD Umgebung verwendet werden als eine Desktop-Anzeige.

## 2 Analyse

### Nutzungskontext

Im folgenden Abschnitt wird der Nutzungskontext beschrieben. Hierbei geht es erst um die verschiedenen Benutzergruppen, welche für die Verwendung der Anwendung in Frage kämen. Anschließend werden die Aufgaben beschrieben, die diese Anwendung erfüllen soll. Es wird auf die Hardware eingegangen, welche verwendet wird und weiterhin die Anpassungen, die durch die Corona-Pandemie vorgenommen werden mussten, erläutert. Als letztes wird auf die physische Umgebung eingegangen, in der die Anwendung von einem potenziellen Benutzer verwendet werden könnte.

#### 2.1.1 Benutzergruppen

Benutzer einer VR-Anwendung umfassen eine große Altersspanne, so dass die Anwendung für alle Altersgruppen gleich geeignet sein muss. Die Umgebung muss so konzipiert sein, dass sowohl ältere Kinder als auch Erwachsene bis ins hohe Alter diese nutzen können. Kleinere Kinder, welche noch nicht lesen und somit die Aufgaben nicht verstehen, werden hier nicht betrachtet.

Auch für ältere Benutzer sollte die Bedienung trotz eventueller niedrigerer Technikaffinität intuitiv genug sein, um diese nach der beiliegenden Anleitung zu benutzen, auch wenn der Lernprozess wahrscheinlich länger andauert. Die am meisten vertretene Benutzergruppe werden vermutlich die jungen Erwachsenen sein, welche schon mehr mit VR in Kontakt gekommen sind. Junge Erwachsene sind meistens technikaffiner als andere Altersgruppen. Für diese Gruppe reicht oftmals nur eine kurze Erklärung, um die zu benutzende Technik korrekt verwenden zu können.

#### 2.1.2 Arbeitsaufgaben

Durch die Anwendung sollen die Auswirkungen von verschiedenen physikalischen Anpassungen der Welt auf das Präsenzepfinden des Nutzers gemessen werden. Die Aufgabe ist demnach Daten zur Verfügung zu stellen. Diese Daten können dann im Anschluss für die Forschung in diesem Forschungsbereich verwendet werden. Damit dient die Anwendung hauptsächlich zur Forschung. Allerdings kann angenommen werden, dass die Anwendung auch für Freizeitzwecke verwendet werden könnte.

#### 2.1.3 Hardware

Die erstellte Anwendung sollte wenn möglich auf vielen Betriebssystemen laufen, um vielen Benutzern zur Verfügung gestellt zu werden. Im Rahmen dieses Projektes beschränken wir uns allerdings auf eine Erstellung der Anwendung für Android-Betriebssysteme und somit nur für die Nutzung durch Android-Smartphones. Weiterhin benötigt jeder Nutzer eine VR-Brille, um sein Smartphone als VR-Umgebung betrachten zu können. Außerdem ist eine Art von Controller eine Voraussetzung, um sich in der Umgebung zu bewegen und mit ihr zu interagieren. Dazu würde sich ein Bluetooth fähiger Controller anbieten. Ein solcher Controller muss mit dem Smartphone verbunden werden können, um somit eine Interaktion zu ermöglichen.

#### 2.1.4 Coroonaanpassungen

Im Verlauf des Semesters wurden Regelungen bezüglich der Anwesenheit auf dem Universitätsgelände festgelegt. Der Grund dafür war die Corona-Pandemie. Da es nur möglich gewesen wäre die Virtual Reality Systeme des Instituts zu verwenden mussten einige Änderungen in der Planung und Arbeitsweise in Kauf genommen werden. Es stellte sich heraus, dass die bestellten Controller für die Testpersonen nicht einfach zu verbinden sind und dass daher nicht sichergestellt werden kann, dass alle diesen auch benutzen können.

Dies hatte zu Folge, dass die Steuerung neu konzipiert werden musste. Im Laufe der Arbeit an dem System musste deshalb von einer Controllerbasierten auf eine einfache Blicksteuerung umgestellt werden.

### **2.1.5 Physische Umgebung**

Die Nutzer befinden sich, während sie die Anwendung verwenden in den meisten Fällen zu Hause. Da jeder Nutzer andere Umstände zuhause hat, kann an dieser Stelle wenig zu der physischen Umgebung gesagt werden. Es sollte jedoch ausreichend Platz zur Bewegung und eine möglichst ruhige Umgebung sichergestellt werden, um korrekt mit der Welt interagieren zu können. Neben dem zu Hause des Benutzers könnte das System auch an anderen Orten verwendet werden. Dieser Ort sollte allerdings nicht nur innerhalb eines Raumes sein, sondern auch möglichst wenige bis keine Gegenstände in einem kleinen Bereich haben. Da keine Steuerung mit den Händen in Kombination von Gesten geplant ist sollte eine Fläche von einem Mal einem Meter reichen, da die Arme nicht ausgestreckt werden müssen. Da die Steuerung ursprünglich auf Controllerbasis war und letztendlich auf Basis einer Blicksteuerung, könnte der Benutzer die Anwendung sogar im Sitzen verwenden. Dies könnte sich allerdings negativ auf die Immersion und die empfundene Präsenz des Benutzers haben, da der Benutzer sich durch das System bewegt, sich dabei allerdings in der realen Welt nicht in einer stehenden Position befindet.

## **Spezifikation der Nutzungsanforderungen**

Ziel dieses Projektes ist die Physical Presence, durch die Gestaltung einer adaptierbaren VR-Umgebung, gezielt zu untersuchen. Im Rahmen dieses Projektes soll eine adaptierbare VR-Umgebung konzipiert, implementiert und evaluiert werden. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte VR-Umgebung soll als Smartphone Anwendung auf den Smartphones der Studienteilnehmer\*innen ausgeführt werden können und über eine Mobile-VR-Brille (Cardboard) betrachtet werden können.

Innerhalb dieser VR-Umgebung sollen mehrere Aspekte, die einen Einfluss auf die Physical Presence haben können über mehrere Stufen hinweg variiert werden und erprobt werden und untersucht werden, welchen Einfluss diese auf das Gefühl der Physical Presence der Studienteilnehmer\*innen haben, während diese in der VR-Umgebung interagieren. Die VR-Umgebung sollte dabei mehrere Abstufungen dieser Aspekte beinhalten, zwischen denen in der Applikation gewechselt werden kann. Da keine geeigneten Controller für die Interaktion in der VR-Umgebung zur Verfügung stehen, muss die Interaktion in der VR-Szene mittels Gaze-Interaction realisiert werden. Die Umsetzung der mobilen VR-Applikation soll auf Grundlage der Unity Engine erfolgen. Hierbei kann das Google VR SDK für Unity verwendet werden, um eine Cardboard kompatible VR Anwendung zu entwickeln.

Es ist darauf zu achten, dass die Anwendung auf den privaten Geräten der Teilnehmer\*innen laufen soll und somit die Anwendung auch auf älteren Geräten performant laufen sollte. Bei der Gestaltung der VR-Umgebung ist daher zu beachten, dass der Detailgrad der Objekte in der VR-Umgebung die Performance nicht beeinträchtigt. Dabei muss bedacht werden, dass möglicherweise sehr alte Geräte nicht in der Lage sind eine solche Anwendung zu benutzen. Daher werden diese nicht betrachtet.

### 3 Konzeption

Im folgenden Abschnitt wird die Konzeption beschrieben. Zuerst wird die allgemeine Forschungsfrage vorgestellt. Anschließend wird die konzipierte virtuelle Umgebung und das Szenario beschrieben. Weiterhin werden die zu untersuchenden Aspekte und deren Abstufungen in der Szene erläutert. Dabei werden die Schwierigkeiten bei der Umsetzung und die Abwägung bei der Wahl der Aspekte im Detail erklärt und die entsprechenden Anpassungen im Anschluss vorgestellt.

#### ■ Forschungsfrage

In dieser Arbeit soll die Forschungsfrage bezüglich der Wahrnehmung der Physical Presence untersucht werden. Die aktuelle Forschung hat gezeigt, dass die Physical Presence von vielen Faktoren beeinflusst werden kann. In dieser Arbeit soll die Untersuchungsaspekte auf die physikalischen Eigenschaften beschränkt werden: Wie wirken sich unterschiedliche Ausprägungen physikalischer Bedingungen in einer VR-Umgebung auf die wahrgenommene Physical Presence nach Lee aus? Dazu werden mehrere physikalische Faktoren in Betracht gezogen, die von dem Stand der Technik abgeleitet sind. Die Abwägung bei der Wahl der Untersuchungsfaktoren werden in dem Abschnitt 3.4 erläutert. Letztendlich wurden die Faktoren Geräusche und Licht in dieser Arbeit umgesetzt. Dabei wird untersucht, ob das Vorhandensein von directionalem Licht im Vergleich zu ambientem Licht/ Geräusch in einer virtuellen Umgebung einen positiven Einfluss auf das Gefühl von Physical Presence in der virtuellen Umgebung haben kann.

#### ■ Virtuelle Umgebung

Als virtuelle Umgebung soll eine Parkszenen erstellt werden, in der die Naturelemente wie Wiese, Wald, Flüsse untergebracht werden sollen und die physikalischen Eigenschaften schrittweise gut variiert werden können. Die Abbildung 3 visualisiert die konzipierte Umgebung. Die Szene soll komplett von großen Bergen umgeben sein, damit die Teilnehmer sich nicht aus der Szene bewegen können. In dieser Umgebung soll der Spieler auf einer Wiese starten und über einen Schotterweg durch einen Wald zu einem See laufen. Dabei muss der Spieler über eine Holzbrücke laufen, um einen Fluss zu überqueren. Nachdem der Wald durchquert wurde, ist man an einem See angekommen, der vom Gebirge mit einem laufenden Wasserfall umgeben ist. Am Ufer sollen mehrere Tische mit Bänken und Camping-Gegenstände wie Zelte und Lagerfeuer stehen. In diesem Bereich sollen sich die interaktiven Objekte befinden, mit den der Spieler bei dem Durchführen der Spielaufgaben interagieren muss. Um die Grade der Realismus zu erhöhen, sollen die Objekte möglichst in realitätsnahen 3-D-Darstellungen abgebildet werden. Der See und der Fluss sollen ebenfalls mit einer natürlichen Wasserbewegung und Lichtreflexen dargestellt werden.



Abbildung 3: Abbildung der konzipierten Umgebung

## Szenario

Basiert auf die konzipierte Parkszenen wurde das Szenario konstruiert. Dabei ist der Spieler ein Camper, der nach einem Campingwochenende im Nationalpark sein Feuerzeug verloren hat. Der Spieler ist von der Wanderung zurückgekehrt und muss in der Szene sein Feuerzeug finden. Nach dieser Voraussetzung muss der Spieler vier Spielaufgaben durchführen. Zunächst soll der Spieler das Feuerzeug finden und sammeln, das auf dem Schotterweg liegt. Aufgrund des Regens am Vortag, soll der Spieler überprüfen, ob das Feuerzeug noch funktionstüchtig ist, in dem der Spieler das Lagerfeuer am Ufer anzündet. Nach dem Anzünden muss das Feuer wieder gelöscht werden, deshalb muss der Spieler Wasser vom See mit einer leeren Plastikflasche, die ebenfalls am Ufer liegt, holen und anschließend das Feuer löschen.

Für die Interaktion mit den Objekten wurde zunächst konzipiert, dass der Spieler einen Button auf dem vorgelegten Controller drückt, um die entsprechenden Interaktionen bzw. Animationen zu triggern. Ebenfalls sollte die freie Bewegung in der Szene per Tastensteuerung ermöglicht werden. Da der Controller jedoch nur per Kabelverbindung mit dem Smartphone bedient werden kann und das benötigte Kabel nicht vorhanden ist, ist diese Methode eher ungeeignet. Stattdessen wurde es für die Gaze-Interaktion entschieden, mit der keine Limitation durch Hardware aufweist. Die Bewegung in der Szene soll automatisch nach der Aktivierung, welche wiederum durch Gaze-interaktion ausgelöst wird, erfolgt werden.

In der Szene werden dem Spieler durch Overlays textuellen Instruktionen zu den Aufgaben gegeben. Vor der Durchführung soll ebenfalls ein Tutorial angeboten werden, in dem das Szenario im Vorfeld beschrieben wird und die Bewegungs- und Interaktionsmethoden mit den Objekten erklärt werden.

## Physikalische Eigenschaften

Damit die Forschungsfrage untersucht werden kann, sollen zunächst die zu untersuchenden physikalischen Eigenschaften definiert werden. Aus dem Stand der Technik wurde es bereits nachgewiesen, dass unterschiedliche Abstufungen von Interaction Fidelity die Empfindung der Menschen in der virtuellen Welt stark beeinflussen können. Aufgrund der Hardware-Limitation kann kein Hand-Tracking durchgeführt werden, somit ist der Realitätsgrad der Interaktion stark eingeschränkt. Jedoch ist es möglich, unterschiedlich reale Reaktionen der Objekte durch verschiedene Abstufungen der physikalischen Eigenschaften zu erzeugen. Aus den Kenntnissen von Felnhofer et al. 2015 ist abzuleiten, dass die Geräusche Einflüsse auf die Emotion haben, und ein emotionales Szenario soll mehr Präsenz hervorrufen als ein neutrales Szenario (Riva et al., 2007). Somit ist Geräusch ein interessanter Aspekt zu untersuchen, wie solche passive Interaktion mit der Umgebung auf die Präsenz auswirkt. Darüber hinaus wurde die Gravitation, eine der Naturkräfte, als Untersuchungsaspekt ausgewählt, da einerseits mit der Gravitation realistische Erlebnisse erzeugt werden könnten und die Reaktion der Objekte, die durch die Gravitation verursacht wird, gut imitiert und auf verschiedene Abstufungen angepasst werden kann. In den folgenden Abschnitten werden die Abstufungen der ausgewählten Eigenschaften beschrieben.

### **3.4.1    Geräusche**

In der ersten Stufe sollen keine Geräusche in die Szene eingebunden sein. In der zweiten Stufe sollen Geräusche eingebunden werden, die innerhalb der Szene selbst erzeugt werden. Die Geräuschquellen sind zunächst die Geräusche aus der Umgebung, die die Spieler passiv wahrnimmt. Dabei handelt es sich um das Wasserrauschen des Flusses und dem Wasserfall. Zusätzlich sollen noch Geräusche präsentiert werden, die durch die menschliche Bewegung erzeugt werden. In dieser Arbeit geht es hier primär um das Geräusch von Schritten.

### **3.4.2    Gravitation**

Bei der Gravitation soll es eine Abstufung geben, mit sehr geringer Gravitation, sodass die Objekte nach bestimmter Interaktion für eine kurze Zeit in der Luft schweben und langsam auf den Boden fallen. Dann

soll es eine realitätsnahe Form der Gravitation geben. Dieser Aspekt soll vor allem in der Interaktion mit den in dem Abschnitt 3.3 beschriebenen interaktiven Objekten auffallen, wenn die Spieler die Objekte aufheben oder werfen sollen. So soll z. B. den Müll in dem Campingbereich aufgesammelt und in den Mülleimer geworfen werden.

## ■ Reaktion der Objekte

In der ersten Stufe soll die Umgebung „starr“ sein und nicht mit dem Spieler interagieren. In der zweiten Abstufung sollen die Objekte Eigenbewegungen haben, so dass die Äste der Bäume und die Wiese durch den Wind bewegt werden oder sich das Wasser im Fluss und See und Wasserfall bewegt. Außerdem soll die Person in der Szene Einfluss auf die Bewegung der Objekte haben, sodass eine Laufspur auf den Rasen hinterlassen wird, wenn die Person durch die Wiese läuft.

## ■ Schwierigkeiten bei der Umsetzung

Bei der Umsetzung sind jedoch einige Schwierigkeiten aufgetreten. Zunächst ist die Implementierung der Grass-Reaktion sehr kompliziert. Da die Szene eine große Fläche von Wiese beinhaltet, braucht die Animation auf die gesamte Fläche sehr hohe Rechenkapazität, die auf einem Smartphone nicht zwingend vorhanden ist. Somit kann die Performance des Spiels beeinträchtigt werden und die Ergebnisse der Untersuchung können auch aufgrund der unzufriedenen Erlebnisse durch schlechte Grafikperformance enorm verzerrt werden.

Die Gravitation lässt sich zwar gut umsetzen, jedoch ist die Interaktion mit den Objekten aufgrund der Hardware-Einschränkung nur begrenzt realisierbar. Zwar wird die Gaze-Interaktion als Ersatz eingeführt, jedoch ist die Interaktion wegen der fehlenden physischen Bewegung wie Taste-Drücken nicht annähernd realistisch. Die Gaze-Interaktion erschwert ebenfalls die Bedienbarkeit bei der Interaktion wie Werfen, da sowohl die Interaktion als auch die visuelle Wahrnehmung mit den Augen verbunden sind und die visuelle Konzentration ständig im Wechsel ist, was den kognitiven Aufwand erhöht. Diese Einschränkungen können starke Einflüsse auf die Untersuchung mit der Gravitation haben.

## ■ Anpassungen der Untersuchungsaspekte

Damit die Verzerrungen bei der Untersuchung möglichst geringgehalten werden können, wurde in dieser Arbeit auf die Gravitation und Reaktion der Objekte verzichtet. Stattdessen wurde das Licht als Untersuchungsfaktor genommen. Denn das ambiente Licht und das direktionale Licht lassen die Szene unterschiedlich realistisch erscheinen und wahrnehmen. Somit kann untersucht werden, ob das Vorhandensein der Schatten einen positiven Einfluss auf das Gefühl von Physical Presence in der virtuellen Umgebung haben. In der Stufe mit dem ambienten Licht wird kein Schatten abgebildet und in der Stufe mit dem direktionalen Licht bekommen alle Objekte die entsprechenden Schatten. Die Anpassung dieses Faktors lässt sich einfach ermöglichen und die Darstellung von Schatten benötigt nur geringe Rechenkapazität. Weitere Interaktion durch Spieler ist nicht erforderlich.

## 4 Implementierung

Im folgenden Abschnitt wird die Implementierung des Projekts näher erläutert. Zuerst wird die Erstellung der Welt erklärt. Weiterhin wird auf die Spiellogik und die Implementierung der verschiedenen Aufgaben eingegangen. Die Umsetzung anpassbaren Parameter wird vorgestellt und abschließend die Implementierung der Bewegung mittels Gaze-Interaktion erläutert.

### ■ Frameworks und Entwicklungsumgebung

Zur Implementierung des Konzepts wurde die GameEngine von Unity Technologies verwendet. Unity ist eine Entwicklungsumgebung, die die Entwicklung von Spielen und anderen Anwendungen für verschiedene Plattformen (PC, Spielkonsole, mobile Geräte ...) ermöglicht. Die Anwendung und die Scripte müssen nur einmalig erstellt werden. Die Entwicklungsumgebung von Unity ist der Unity Editor. Hier können GameObjects, Objekte von Unity, welche die grundsätzlichen Elemente der Anwendung darstellen, erstellt werden. Sie können vom Entwickler hierarchisch in der jeweiligen Szene platziert und durch Eigenschaften (Components) angereichert werden. Die Programmierung der Scripts erfolgt in der Sprache C#. Einzelne C# Skripte können dem GameObject zugeordnet werden. In der Szene können grafische Primitive oder 3-D-Objekte, aber auch Sounds und Lichtquellen eingefügt werden.

Um die Unterstützung von VR zu gewährleisten wurde das Google Cardboard Plugin benutzt. Dies ermöglicht die Umwandlung einer Unity Szene in eine VR Szene, welche dann über ein Smartphone in einer VR-Ansicht betrachtet werden kann, sodass lediglich eine VR-Brille (Cardboard) benötigt wird. Die 3-D-Szene wird dabei auf dem Smartphone in einer stereoskopischen Ansicht gerendert. Mit dem Cardboard SDK kann das Smartphone in eine VR-Plattform umgewandelt werden. So können Blickbewegungen und Kopfbewegungen als Eingabe dienen. Hierzu wurde das passende Google-Cardboard Plugin geladen und eingebaut.

### ■ Umgebung

Die Umgebung wurde mit den Tools von Unity erstellt. Es wurden passende Assets und Texturen für die Landschaft und die Interaktionsobjekte im Unity Asset-Store gesucht und in der Szene platziert. Dazu wurde den Objekten ein passender Name und weitere Eigenschaften wie Collider zugeordnet. Weiterhin wurde in der Szene ein First-Person-Controller platziert, um den Spieler zu repräsentieren. Folgende Abbildung zeigt einen Screenshot der VR-Szene aus der Sicht des First-Person-Controllers.

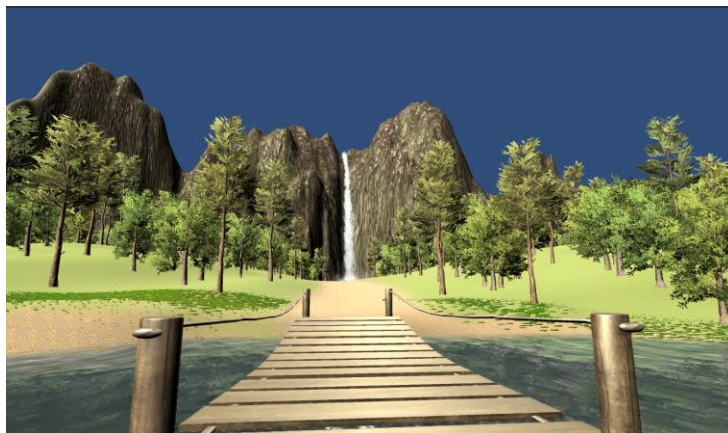


Abbildung 4: Screenshot der VR-Szene



## Verstellbare Parameter

Die beiden verstellbaren Parameter wurden innerhalb der Szene umgesetzt. Für das Licht wurden zwei ambiente sowie eine direktionale Lichtquellen in der Szene platziert. Wenn nur das direktionale Licht verwendet werden sollte, dann wurden zum Start der Szene alle Lichtquellen gesucht und nur die direktionale eingeschaltet. Analog erfolgte die Anschaltung der ambienten Lichtquellen, wenn nur diese verwendet werden sollten.

Für die Geräusche wurden verschiedene Geräuschquellen wie ein Rauschen für den Wasserfall, ein Knistern des Feuers, Vogelgeräusche, sowie Wind und Schritte hinzugefügt. Wenn die Geräusche an sein sollten, wurden alle Objekte vom Typ „Audio Source“ in der Hierarchie der Szene gesucht und eingeschaltet. Wenn sie aus sein sollten, wurden sie ausgeschaltet. Die Audio Sources wurden als 3-D-Sounds umgesetzt, sodass je weiter sich der First-Person-Controller (FPS) eine Sound-Quelle nähert, desto lauter wird auch der Sound. Je weiter sich der FPS von einer Sound-Quelle entfernt, desto leiser wird der Soundeffekt wieder.

## Ablauf des Spiels

Beim Start der Anwendung gelangt der Benutzer zu einem Menü, welche die Auswahl seiner jeweiligen Gruppe erwartet. Je nachdem welche Gruppe gewählt wurde, wurde eine andere Reihenfolge der vier Szenenausprägungen gestartet. Wenn die Aufgabe der jeweiligen Szenenausprägung beendet worden ist, wird das Spiel pausiert und nach erneuter Eingabe durch den Benutzer mit der nächsten Szenenausprägung gestartet und der Ablauf fortgesetzt.

## Texte

In der Szene sollen Aufgaben durchgeführt werden, die die Interaktion mit Objekten in der Szene erfordert. Die Anweisungen zu diesen Aufgaben werden textuell repräsentiert. Die Texte werden dem Spieler dabei durch auf einem Canvas angezeigt, welches direkt vor der Kamera platziert ist. Dieses Canvas wird je nach Spielfortschritt ein- oder ausgeblendet. Der Text wird mit einer IEnumerator-Methode aufgerufen, welche eine Dauer der Anzeige von 10 Sekunden erlaubt und das Canvas danach wieder ausblendet. Für jede der einzelnen Aufgaben gibt es eine eigene Methode mit passendem Aufgabentext.



Abbildung 5: Screenshot des Aufgaben-Overlays in der VR-Szene

## Aufgaben und Spiellogik

Die Logik des Spiels findet in der Update-Methode der Klasse „SceneOptions“ statt. Hier wird für jeden Frame geschaut, ob die Bedingungen erfüllt sind. Zu Beginn der Spieldaufgaben wird der Spieler im Nationalpark platziert und erhält die erste Aufgabe, das Feuerzeug zu suchen. Sobald die Distanz zwischen dem Spieler und dem Feuerzeug kleiner als 10 ist, kann es aufgehoben werden und das GameObject wird deaktiviert und ist nicht mehr zu sehen. Hierzu wird mit booleans gearbeitet, welche auf wahr gesetzt werden, wenn das Feuerzeug aufgesammelt wurde. Der Spieler erhält die Nachricht das Feuer anzuzünden und kann

erst mit dem Feuerzeug das Feuer aktivieren, welches beginnt zu brennen. Hierzu wurde mit eine „Particle System“ gearbeitet, welches eine Animation von Feuerfunken freisetzt. Das Aufsammeln der Flasche erfolgt analog zum Feuerzeug. Abschließend wenn alle booleans gesetzt wurden und der Spieler das Feuer ansieht, wird das Spiel erfolgreich abgeschlossen.

## ■ Blickbasierte Interaktion

Die Interaktion mit den virtuellen Objekten erfolgt mit der blickbasierten Interaktion. Sobald der Benutzer sich in der Nähe eines interaktiven Objekts befindet und seinen Blick bzw. die MainCamera auf die Mitte des Objekts gerichtet hat, wird das Objekt „gesammelt“. Hierfür muss das Objekt für eine gewisse Zeit fixiert werden. Jedem interaktiven Objekt wird eine individuelle ObjectController-Komponente zugewiesen, in der eine onPointerEnter() Methode jedes Mal aufgerufen wird, wenn die MainCamera auf das Objekt gerichtet wird. Das Sammeln von Objekten und die darauffolgenden Animationen werden mit booleans, die in der onPointerEnter() auf wahr gesetzt werden, gesteuert.

## ■ Automatische Bewegung in der Szene

Die Bewegung in der Szene passiert automatisch und die Bewegungsrichtung entspricht der Blickrichtung des Benutzers. Das Tracking der Kopfbewegung erfolgt dabei über die Erfassung der Neigung des Smartphones in dem Cardboard. Dieses Tracking wird durch das Google Cardboard SDK realisiert. Um die die automatische Bewegung zu aktivieren, muss der Benutzer seinen Blick nach oben wenden und einen stets über der First-Person-Camera liegenden Aktivator, der in der Mitte des Blickfeldes platziert wurde, anvisieren. In Abbildung 6 ist ein Screenshot dieses Aktivator-Objektes zu sehen. Der Aktivator wird anschließend kurz lila aufleuchten. Dies soll dem Benutzer den Hinweis geben, dass die Interaktion erfolgreich war und die automatische Bewegung nun gestartet ist.

Um den Bewegungsvorgang zu beenden, muss der Aktivator wieder kurz angeschaut werden. Die Gaze-Interaktion mit dem Aktivator erfolgt nach demselben Prinzip wie mit anderen interaktiven Objekten. Hierbei wird allerdings einen Boolean-Wert in dem First-Person-Controller verändert, der für die Aktivierung der Auto-Bewegung zuständig ist. In der Update-Methode des Skriptes für den First-Person-Controller wird für jeden Frame überprüft, ob die Automatische Bewegung aktiviert wurde. Wenn dies der Fall ist, wird die Bewegung ausgeführt und der First-Person-Controller automatisch in Richtung der Blickrichtung des FPS bewegt. Die Fortbewegung ist abhängig von der Blickrichtung und der vordefinierten Bewegungsgeschwindigkeit. Der y-Wert der Bewegung entspricht stets dem y-Wert von dem Boden des Terrains. Die automatische Bewegung ist innerhalb der ganzen Szene möglich und ermöglicht die Exploration der gesamten VR-Umgebung. Es ist aber kein Springen des FPS innerhalb der VR-Szene möglich, um zu verhindern, dass die Szene durch Springen über die Begrenzungen der 3-D-Szene verlassen werden kann.

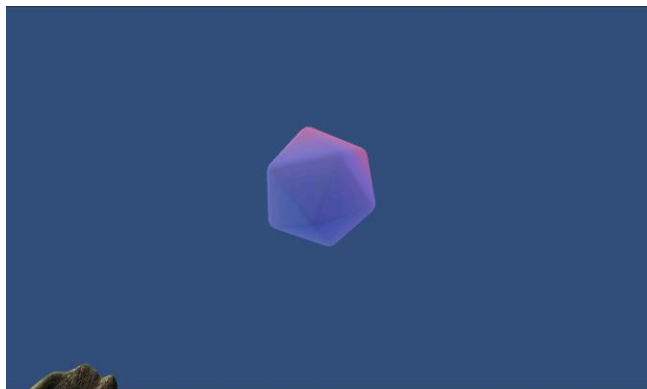


Abbildung 6: Screenshot des Auto-Move Activators in der VR-Szene

## 5 Summative Evaluation

Folgendes Kapitel beschreibt die Maßnahmen zur abschließenden Evaluation der Anwendung. Im Rahmen der summativen Evaluation soll ermittelt werden, welchen Einfluss unterschiedliche Ausprägungen physikalischer Bedingungen in einer VR-Umgebung auf die wahrgenommene Physical Presence nach Lee (2004) haben. Es soll untersucht werden, ob das Vorhandensein von Geräuschen in einer virtuellen Umgebung einen positiven Einfluss auf das Gefühl von Physical Presence hat und welchen Einfluss das Vorhandensein von direktonalem im Vergleich zu ambientem Licht auf das Gefühl von Physical Presence hat.

### Methode

Für die Evaluation wurde ein Online-Fragebogen als Evaluationsmethode gewählt, welcher während einer schrittweisen Durchführung der Evaluationsaufgaben ausgefüllt werden sollte. Zu Beginn des Fragebogens wird eine Willkommensansicht angezeigt, auf welcher kurz das Thema und das Ziel der Umfrage beschrieben wird. Außerdem wird eine Einverständniserklärung angezeigt, in welcher die Datenschutzbestimmungen beschrieben werden. Dieser Einverständniserklärung müssen die Teilnehmer\*innen zustimmen, um mit der Umfrage beginnen zu können. Die Umfrage ist in 7 Abschnitte geteilt. Der erste Abschnitt dient der Erhebung der Teilnehmer\*innen ID. Im zweiten Schritt wird der Evaluationsablauf beschrieben und den Teilnehmer\*innen ein Link zur Verfügung gestellt, über welchen die Anwendung heruntergeladen werden kann. Auch wird den Teilnehmer\*innen die Funktionsweise der Anwendung erläutert. Den Teilnehmer\*innen wird anhand ihrer ID eine Evaluationsgruppe (Gruppe 1 - 4) zugewiesen. In den nächsten vier Abschnitten muss jeweils für ein VR-Szenario die Multimodal Presence Scale (Makrinsky et al., 2017) ausgefüllt werden. Da diese die Erfassung der Präsenz als mehrdimensionales Konstrukt aus physischer, sozialer und Selbstpräsenz ermöglicht und somit die Betrachtung der einzelnen Präsenzdefinition nach Lee (2004) ermöglicht. Es wird dabei die deutsche Übersetzung der Skala nach Volkmann et al. (2018) verwendet. Diese wurde auf die Erhebung der Physical und der Self Presence reduziert, da die Erhebung der Social Presence für diese Arbeit nicht weiter relevant ist. Im letzten Abschnitt werden persönliche Angaben der Teilnehmer\*innen erhoben (Alter, Geschlecht, Beruf/Ausbildung). Auf der Endansicht der Umfrage wird den Teilnehmer\*innen noch einmal für die Teilnahme gedankt. Für jede Evaluationsgruppe variiert die Reihenfolge von vier VR-Szenarien. In der Anwendung werden die Teilnehmer\*innen schrittweise durch vier VR-Szenarien geführt. Ein Szenario umfasst dabei die virtuelle Szene, die in allen Szenarios gleich ist, sowie eine Abstufung der Lichtverhältnisse in der Szene und des Vorhandenseins von Umgebungsgeräuschen (Sounds) in der Szene. Die Teilnehmer\*innen sollen in der VR-Umgebung nacheinander für jede der vier Szenarios einmal die Evaluationsaufgaben durchführen. Während der Durchführung der Aufgaben kann sich frei in der Szene bewegt werden und diese exploriert werden.

Folgende vier Szenarien wurden definiert:

- S0L0: keine Sounds, ambientes Licht
- S0L1: keine Sounds, direktonales Licht
- S1L0: Sounds, ambientes Licht
- S1L1: Sounds, direktonales Licht

Für die vier Versuchsgruppen wurde folgende Reihenfolge der Szenarien definiert:

- Gruppe 1: S0L0, S0L1, S1L1, S1L0
- Gruppe 2: S1L0, S1L1, S0L1, S0L0
- Gruppe 3: S0L1, S0L0, S1L0, S1L1
- Gruppe 4: S1L1, S1L0, S0L0, S0L1

## Durchführung

Der Fragebogen wurde in LimeSurvey (LimeSurvey GmbH, 2020) umgesetzt. LimeSurvey ist eine Open-Source-Umfrage-Software, mit der Online-Umfragen aufgesetzt und durchgeführt werden können. Der Online Fragebogen wurde für eine Woche aktiviert. Der Umfragelink, sowie die APK für die Anwendung wurde den Umfrageteilnehmer\*innen zu Verfügung gestellt. Innerhalb der dieser Woche sollten die Teilnehmer\*innen selbständig die Evaluation bei sich zuhause durchführen, indem diese die Anwendung auf ihrem privaten Smartphone installierten und den Anweisungen im Fragebogen und in der Anwendung folgten. Für die Betrachtung der VR-Szenen wurde den Teilnehmer\*innen eine 3-D VR Brille von Celexon zur Verfügung gestellt, in die das Smartphone eingelegt werden konnte, nachdem die jeweilige VR Szene gestartet wurde. Alle Fragebögen, die innerhalb dieser Woche vollständig beantwortet wurden, sind in die Auswertung eingeflossen. Im Rahmen der Auswertung werden Mittelwerte und die jeweilige Standardabweichung über die ganze Stichprobe vollständig ausgefüllter Fragebogen gebildet. Je nachdem, ob eine spezielle Teilnehmergruppe betrachtet wird, werden auch Mittelwerte und Standardabweichung über Teilmengen der Stichprobe gebildet.

## Ergebnisse

An der summativen Evaluation haben 21 Student\*innen ( $N=21$ , 100%) im Alter zwischen 21 und 31 Jahren teilgenommen ( $M=24,30$   $SD=5,51$ ). Von diesen Personen waren 15 (71%) männlich, 5 (24%) Personen weiblich und eine Person (5%) hat keine Angabe zu ihrem Geschlecht gemacht. Der durchschnittliche Physical Presence Score ( $N=21$ , 100%) für das Szenario S0L0 liegt bei 1,65 ( $SD = 0,66$ ), beim Szenario S0L1 bei 1,66 ( $SD = 0,61$ ), bei dem Szenario S1L0 bei 2,11 ( $SD = 0,79$ ) und bei dem Szenario S1L1 bei 2,08 ( $SD = 0,65$ ). Tabelle 1 - 4 zeigen die durchschnittlichen Physical Presence Scores für die einzelnen Szenarien der einzelnen Evaluationsgruppen.

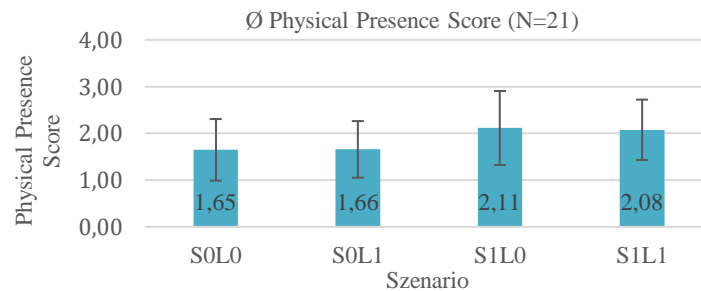


Abbildung 7: Durchschnittlicher Physical Presence Score für die einzelnen Evaluationsszenarien

Gruppe 1	S0L0	S0L1	S1L1	S1L0
M	1,90	1,50	1,85	1,70
SD	0,67	0,36	0,83	0,67

Tabelle 2: Physical Presence Scores für die Szenarios der Gruppe 1 ( $n=4$ , 19,05%).

Gruppe 2	S1L0	S1L1	S0L1	S0L0
M	2,27	2,13	1,37	1,37
SD	0,64	0,66	0,27	0,21

Tabelle 3: Physical Presence Scores für die Szenarios der Gruppe 2 ( $n=6$ , 28,57%).

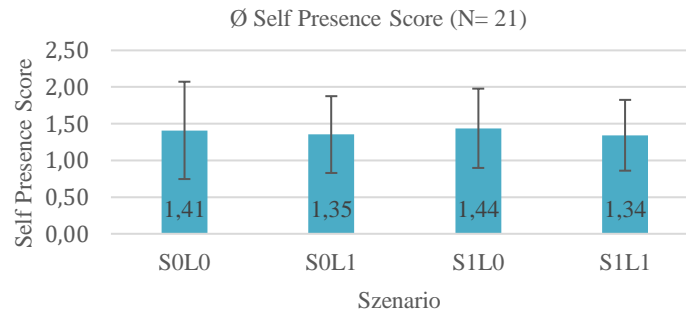
Gruppe 3	S0L1	S0L0	S1L0	S1L1
M	2,40	2,24	2,76	2,24
SD	0,67	0,78	0,92	0,59

Tabelle 4: Physical Presence Scores für die Szenarios der Gruppe 3 ( $n=5$ , 23,81%).

Gruppe 4	S1L1	S1L0	S0L0	S0L1
<i>M</i>	2,03	1,70	1,27	1,43
<i>SD</i>	0,47	0,34	0,32	0,37

**Tabelle 5: Physical Presence Scores für die Szenarios der Gruppe 4 (n=6, 28,57%).**

Der durchschnittliche Self Presence Score (N=21, 100%) für das Szenario S0L0 liegt bei 1,41 (SD = 0,66), beim Szenario S0L1 bei 1,35 (SD = 0,52), bei dem Szenario S1L0 bei 1,44 (SD = 0,54) und bei dem Szenario S1L1 bei 1,34 (SD = 0,48).



**Abbildung 8: Durchschnittlicher Self Presence Score für die einzelnen Evaluationsszenarien (N=21).**

## Diskussion

### Einfluss von Sounds & verschiedenen Lichtbedingungen auf die Physical Presence

Unter Betrachtung der durchschnittlichen Physical Presence Scores (N=21) für die einzelnen Evaluationsszenarien (Abbildung 7), dass die Physical Presence bei Nicht-Vorhandensein von Umgebungsgeräuschen (S0L0, S0L1) niedriger war als in den Szenarien, in denen Umgebungsgeräusche vorhanden waren (S1L0, S1L1). Bei der Betrachtung der Lichtverhältnisse zeigt sich, dass zwischen dem Wechsel von einer Szene (gleiche Soundbedingung) mit dem einen Lichtverhältnis zum jeweils anderen kein deutlicher Unterschied im Physical Presence Score erkennbar ist. Das Vorhandensein von direktionalem bzw. ambienten Licht scheint keinen anderen Effekt auf die Physical Presence zu haben als die jeweils andere Belichtungsbedingung. Unter Betrachtung des Einflusses der Reihenfolge der Szenarien für die einzelnen Evaluationsgruppen zeigt sich, dass in Gruppe 2 (S1L0, S1L1) & 4 (S1L1, S1L0), in denen mit den beiden Szenarien gestartet wurde, in denen Sounds vorhanden waren, beim Übergang zu den Szenarien ohne Sound (S0L1, S0L0) eine Verringerung des Physical Presence Scores erkennbar ist. Bei Gruppe 1 & 3, bei denen erst mit den beiden Szenarien ohne Sounds gestartet wurde, ist keine deutliche Erhöhung und auch keine Verringerung des Scores erkennbar. Scheinbar scheint das Wegfallen von Umgebungsgeräuschen einen stärkeren negativen Einfluss zu haben, als dass das Hinzufügen von Sounds einen positiven Einfluss hat, wenn vorher keine Sounds vorhanden waren.

### Einfluss der Faktoren auf die Self Presence

Bei den durchschnittlichen Self Presence Scores (N=21) für die einzelnen Szenarien (Abbildung 8) sind keine deutlichen Abstufungen erkennbar. Der Score liegt bei allen Szenarien unter 1,45. Somit schienen die unterschiedlichen Ausprägungen der Lichtverhältnisse und des Vorhandenseins von Umgebungsgeräuschen keinen großen Effekt auf die Self Presence zu haben.

## 6 Fazit

Da die Evaluation ein positives Ergebnis im Kontext der Eigenschaft basierend auf Geräuschen ergeben hat, könnte gesagt werden, dass die Arbeit an diesem Projekt erfolgreiche Ergebnisse gebracht hat. Diese Ergebnisse zeigen, dass die unterschiedliche Verwendung von ambienten Geräuschen Einfluss auf die empfundene Präsenz des Benutzers haben kann. Außerdem ist festzuhalten, dass der Unterschied zwischen ambientem und direktonalem Licht in diesem Fall nicht gut zu erkennen war, oder nicht auffällig genug war. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Arbeit an diesem Thema ein Erfolg war und die Ergebnisse, auch wenn sie vermutlich durch die Verwendung von Mobiltelefonen anstelle von kompletten Virtual Reality Brillen beeinflusst wurden. Letztendlich kann gesagt werden, dass es zwar Komplikationen mit der Machbarkeit einiger Eigenschaften gab, allerdings durch die sofortige Neukonzeption andere Möglichkeiten gefunden werden konnten und im Anschluss auch entwickelt werden konnten.

### Diskussion

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass das Vorhandensein der Umgebungsgeräusche einen positiven Einfluss auf die Physical Presence hat. Hier muss beachtet werden, dass in der Studie nicht zwischen den von Benutzern erzeugten Sounds (z.B. Schritten) und passiv wahrgenommenen Geräuschen aus der Umwelt (z.B. Vogelzwitschern) differenziert wurde. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass die Arten der Geräusche unterschiedlich stark auf die Physical Presence auswirken könnten.

Die Erkenntnis, dass die Effekte durch ambientes und direktonales Licht auf die Wahrnehmung nicht groß voneinander unterscheiden, könnte auch von der Performance des Systems abhängig sein. Denn die Rechenkapazität auf einem Smartphone ist begrenzt, somit konnten die Spieleperformance sowie die Darstellung und die Textur der Szene nicht maximiert werden. Ob die verbesserte Performance durch Verwendung von anderen Systemen einen potenziellen Einfluss auf die Ergebnisse ausübt, kann in den zukünftigen Forschungen noch genauer untersucht werden.

### Offene Punkte

Während der Arbeit wurden einige Eigenschaften der virtuellen Realität verworfen. Dazu gehörten die Eigenschaft Gravitation und die Reaktion von Objekten untereinander beziehungsweise die Manipulation von Objekten, wie zum Beispiel Gras, durch den Benutzer. Diese sollten in kommenden Forschungen betrachtet werden.

### Ausblick

Durch die Begebenheiten, die die Corona-Pandemie mit sich brachten, konnten die Eigenschaften nicht korrekt untersucht werden. Da die Arbeit an die Begebenheiten gebunden war und somit auf die Technologie basierend auf dem Google Cardboard zurückgegriffen werden musste, konnten keine kompletten Virtual Reality Systeme verwendet werden. Mit Systemen wie zum Beispiel die Oculus Rift oder die HTC Vive bieten neben einer höheren möglichen Prozessorleistung als Mobiltelefone auch eine separate Eingabetechnik. Diese Eingabetechnik kann unter anderem die Bewegung durch die Simulation erleichtern. Außerdem bieten solche Virtual Reality Systeme eben durch die höhere Leistung eine bessere Möglichkeit Grafiken mit höherer Auflösung und besseren Texturen zu verwenden. Allein diese könnten möglicherweise die physical Presence erhöhen. Dadurch wären auch möglicherweise Veränderungen, wie zum Beispiel der Wechsel zwischen direktonalem und ambienten Licht besser erkennbar. Zudem wäre die Erweiterung um einen Avatar eine sinnvolle Möglichkeit, um die Darstellung von ambienten Licht zu verdeutlichen.

## REFERENCES

Cho, Y. (2018). "How Spatial Presence in VR Affects Memory Retention and Motivation on Second Language Learning: A Comparison of Desktop and Immersive VR-Based Learning". Theses - ALL. 204

Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323, 66–69

DIN 9421-210. (2011). DIN-EN-ISO 9421-210 Prozess zur Gestaltung ge-brauchstauglicher interaktiver Systeme. Beuth Verlag.

Felnhofer, A., Kothgassner, O.D., Hetterle, T., Beutl, L., Hlavacs, H., Kryspin-Exner, I. (2014). Afraid to be there? Evaluating the relation between presence, self-reported anxiety, and heart rate in a virtual public speaking task. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 17 (5), 310–316.

Felnhofer et al. (2015). Is virtual reality emotionally arousing? Investigating five emotion inducing virtual park scenarios. *Int. J. Human-Computer Studies* 82 (2015) 48–56

Huttner, J., Robbert, K., & Robra-Bissantz, S. (2019). Immersive Ars Memoria: Evaluating the Usefulness of a Virtual Memory Palace. *HICSS*.

Krokos, E., Plaisant, C., & Varshney, A. (2019). Virtual memory palaces: immersion aids recall. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>

Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50

Lin, J. J.-., Duh, H. B. L., Parker, D. E., Abi-Rached, H., & Furness, T. A. (2002). Effects of field of view on presence, enjoyment, memory, and simulator sickness in a virtual environment. *Proceedings IEEE Virtual Reality 2002*, 164–171. <https://doi.org/10.1109/VR.2002.996519>

Makransky, G., Lilleholt, L., & Aaby, A. (2017). Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, 72, 276–285. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>

McMahan, R., Bowman, D., Zielinski, D., & Brady, R. (2012). Evaluating Display Fidelity and Interaction Fidelity in a Virtual Reality Game. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 18, 626–633. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.43>

McMahan, R., Lai, C., & Pal, S. (2016). Interaction Fidelity: The Uncanny Valley of Virtual Reality Interactions. 9740, 59–70. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39907-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39907-2_6)

Mori, M., MacDorman, K., & Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley [From the Field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19, 98–100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>

Ragan, E., Sowndararajan, A., Kopper, R., & Bowman, D. (2010). The Effects of Higher Levels of Immersion on Procedure Memorization Performance and Implications for Educational Virtual Environments. *Presence*, 19, 527–543.

Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C.S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., Gaggioli, A., Botella, C., Alcañiz, M., 2007. Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions. *CyberPsychol. Behav.* 10 (1), 45–56.

Rogers, K., Funke, J., Frommel, J., Stamm, S., & Weber, M. (2019). Exploring Interaction Fidelity in Virtual Reality: Object Manipulation and Whole-Body Movements. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '19*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300644>

Slater, M., Khanna, P., Mortensen J. & Yu, I. (2009) “Visual Realism Enhances Realistic Response in an Immersive Virtual Environment,” *IEEE computer graphics and applications* 29, IEEE, pp. 76-84

Sowndararajan, A., Wang, R., & Bowman, D. (2008). Quantifying the benefits of immersion for procedural training. *IPT/EDT 2008 - Immersive Projection Technologies/Emerging Display Technologies Workshop*. <https://doi.org/10.1145/1394669.1394672>

Volkman, T., Wessel, D., Jochems, N. & Franke, T., (2018). German Translation of the Multimodal Presence Scale. In: Dachelt, R. & Weber, G. (Hrsg.), *Mensch und Computer 2018 - Tagungsband*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. DOI: 10.18420/muc2018-mci-0428

Volkman et al. (2020) What You See Isn't Necessarily What You Get - Testing the Influence of Polygon Count on Physical and Self-Presence in Virtual Environments. In *Proceedings of Mensch und Computer (MuC '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA

## **SOFTWARE**

Lime Survey GmbH (2021) LimeSurvey 3.8.1

Unity Technologies (2021) Unity 2020.1.15



## ERKLÄRUNG

Ich versichere an Eides statt, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen benutzt zu haben.



Jiayi Wang



Alexander Schuldt



Leonie Lindemann



Sarah Scheer

Lübeck, 15.03.2021