

Angewandte Computer- und Biowissenschaften

Professur Medieninformatik

Bachelorarbeit

Konzeption und Umsetzung einer parametrisierbaren
Anwendung zur Untersuchung des Einflusses optischer Stimuli
auf Bewegungsentscheidungen in virtuellen Umgebungen

Stefanie Fröh

Mittweida, den 13. September 2019

Erstprüfer: Prof. Dr. Marc Ritter

Zweitprüfer: Manuel Heinzig, M.Sc.

Fröh, Stefanie

Konzeption und Umsetzung einer parametrisierbaren Anwendung zur Untersuchung des Einflusses optischer Stimuli auf Bewegungsentscheidungen in virtuellen Umgebungen

Bachelorarbeit, Angewandte Computer- und Biowissenschaften

Hochschule Mittweida– University of Applied Sciences, September 2019

Referat

Diese Arbeit thematisiert die Konzeption und Umsetzung einer Anwendung, welche den Einfluss optischer Stimuli in einer virtuellen Umgebung untersucht. Im Rahmen dieses Projekts entsteht eine Anwendung in der Unity-Engine, in welcher der Nutzer verschiedene Türen wählt. Der Fokus liegt auf den Entscheidungen der Nutzer und welche optischen Stimuli Farbe, Beschaffenheit, Positionierung und Scheinwerfer zu diesen Entscheidungen führen. Die Ergebnisse werden durch eine Umfrage der Probanden und das Verzeichnen ihrer Wahlen während der Tests ermittelt. Das Ergebnis zeigt, der Faktor Farbe erzeugt die größte Beeinflussung, weitere Beeinflussungen hängen von der visuellen Wahrnehmung des Menschen ab. Das Konzept der Anwendung ist erweiterbar und bietet die Möglichkeit, weitere Untersuchungen zu dem Thema durchführen zu können.

Name: Fröh, Stefanie

Studiengang: Medieninformatik und interaktives Entertainment

Seminargruppe: MI16w2-b

English Title: Concept and implementation of a parameterizable application to investigate movement decisions based on optical stimuli in virtual environments

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Motivation	1
1.1	Aufgabenbeschreibung	1
1.2	Zielstellung und Aufbau der Arbeit	2
2	Grundlagen	5
2.1	Psychologische Grundlagen	5
2.1.1	Menschliche Entscheidungen	5
2.1.2	Manipulation	7
2.1.3	Begriffe der Manipulation	7
2.1.4	Visuelle Wahrnehmung	8
2.1.5	Aufmerksamkeit und Bewusstsein	9
2.1.6	Farbwirkung	11
2.2	VR basierte Inhaltserstellung	13
2.2.1	Was ist VR?	13
2.2.2	3D-Modelle für VR	14
2.2.3	Texturen für VR	16
2.3	Implementierung	17
2.3.1	Unity	17
2.3.2	VR-Programmierung	21
2.3.3	Pseudozufall in der Programmierung	21
3	Anforderungen und Spezifikation	23
3.1	Aufbau und Inhalt der Nutzerstudie	23
3.1.1	Rahmenbedingungen	23
3.1.2	Aufbau der Nutzerstudie	25
3.1.3	Erstellung des Fragebogens	29

3.2	Modellerstellung	30
3.2.1	Planung	31
3.2.2	3D-Modellierung	32
3.3	Texturerstellung	34
3.3.1	UV-Unwrapping	35
3.3.2	Farbplanung	35
3.3.3	Texturierung	37
4	Implementierung	39
4.1	Auswahl Entwicklungsengine und Vorbereitung	39
4.2	Szenenerstellung und Objekteinbindung	40
4.3	Steuerung	42
4.3.1	Grundlegende Elemente des Systems	42
4.3.2	Interaktion Türen	42
4.4	Weitere Programmierungsaspekte	45
4.4.1	Szenenwechsel	46
4.4.2	Faktorenwechsel Türen und Scheinwerfer	46
4.4.3	Pseudozufall	50
5	Evaluation	51
5.1	Ablauf der Studie	51
5.2	Erkenntnisse der finalen Studie	52
5.3	Fazit Studie	56
6	Zusammenfassung und Ausblick	57
6.1	Anpassungs- und Verbesserungsmöglichkeiten	57
6.2	Fazit	58
	Literaturverzeichnis	I
A	Analysedokumente	A1
A.1	Klassendiagramme	A1
B	Konzeptionsdokumente	A3

B.1	Assettabelle	A3
B.2	Seed-Werte	A6
C	Evaluationswerte	A9
C.1	Umfrageergebnisse 2. Durchlauf	A9
C.2	Datenerhebung	A11
C.2.1	Durchlauf 1	A11
C.2.2	Durchlauf 2	A12

1. Einführung und Motivation

Die Entwicklung der Computertechnologien und insbesondere die der Virtuellen Realität verzeichnete in den letzten Jahren eine rasante Änderung. Fortlaufend verbesserten sich Geräte und Systeme, welche dem Nutzer ermöglichen, virtuelle Welten zu erleben und mit derartig neuen, interaktiven Umgebungen zu agieren. Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Nutzung der virtuellen Realität weitet sich auf unterschiedliche Bereiche aus. Aufgrund der Nachfrage sowie der rasanten Entwicklung sind die Systeme vor allem in den Faktoren Preis und technische Leistung auch für den allgemeinen Nutzer erhältlich geworden.

Folglich gewann die Thematik der Immersion des Nutzers in den letzten Jahren in den Unterhaltungsmedien an großer Reichweite. Von Interaktionsmöglichkeiten, die ein Spieler bei einem Computerspiel wählen kann, bis hin zu interaktiven Filmen fließen die aktiven Entscheidungen eines Nutzers immer mehr ein. Die scheinbar endlosen Handlungsmöglichkeiten werden durch eine geschickte Manipulation in eine Anzahl an Optionen verringert, deren Umsetzungsaufwand in einem realistischen Rahmen liegt. Diese Manipulationen können durch vorherige Interaktionen mit Charakteren oder mithilfe einiger Storyelemente erfolgen. Jedoch verfügt auch die Gestaltung der Level und der Objekte, mit denen der Nutzer interagieren kann, ein hohes Potenzial, um den Nutzer zu manipulieren.[Sch08, S. 284]

1.1. Aufgabenbeschreibung

Der Fokus der Arbeit liegt auf der Konzeption und der Umsetzung einer virtuellen Umgebung mit verschiedenen optischen Stimuli, welche einen Einfluss auf die Bewegungsentscheidungen des Nutzers verzeichnen können. Die exemplarische Umsetzung erfolgt anhand eines Korridors mit in Optik und Haptik unterscheidbaren Türen, welche den Aspekt der Bewegungsentscheidung darstellen. Eine modulare und erweiterbare Struktur des Projekts ist erstrebenswert, um die optischen Stimuli

beliebig erweitern und ersetzen zu können. Die Umsetzung erfolgt mithilfe der Entwicklungsumgebung *Unity Engine* sowie der dort verwendeten Programmiersprache *C#*. Aufgrund der Anwendung des Konzepts der virtuellen Realität ist es notwendig, ein *Head-Mounted-Display* zu nutzen. Beispiele für diese Systeme sind die HTC Vive sowie die Oculus Rift.

1.2. Zielstellung und Aufbau der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist, zu analysieren, in welcher Hinsicht differenzierende optische Stimuli in virtuellen Umgebungen den Nutzer manipulieren können. Diesbezüglich erfolgt eine Untersuchung, ob die optischen Stimuli des allgemeinen Erscheinungsbildes wie *Farbe*, *Positionierung*, *optische Beschaffenheit* und *Hervorhebung* den Nutzer in seiner Auswahl von Objekten beeinflussen. Eine potenziell positive Resonanz der Untersuchung bedeutet für Anwendungsfälle, in welchen Nutzer Entscheidungen treffen müssen, dass eine strategische Wahl des Erscheinungsbildes von Objekten dem Nutzer eine präferierte Option bereits suggerieren kann. Basierend auf der Varianz jener gewählten Faktoren besteht ferner die Möglichkeit, zu analysieren, welche Faktoren den Nutzer vorwiegend manipulieren können und welche Bedeutung das Zusammenspiel mehrerer Faktoren hat. Mithilfe der Erkenntnisse ergibt sich ein Instrument, um ebensolche Nutzerentscheidungen in Spielen oder Simulatoren effizienter zu beeinflussen.

Um eine erfolgreiche Bearbeitung dieses Ziels zu gewährleisten, wird zunächst die Konzipierung einer Studie vorausgesetzt, mit deren Hilfe das Verhalten potenzieller Nutzer an einem Beispielprojekt analysiert werden kann. Die immense Präsenz der psychologischen Grundlagen, welche für die Umsetzung benötigt werden, erfordert als ein Themenschwerpunkt die Einarbeitung in diverse psychologische Grundlagen. Die psychologischen Grundlagen setzen sich vor allem aus denen der Manipulation sowie der Wahrnehmung und der Farbwirkungen zusammen. Die Konzeption sieht eine Software vor, in welcher das Nutzerverhalten getestet werden kann. Hierbei besitzt eine verständliche Darstellung aller zu implementierenden Funktionen einen hohen Stellenwert. Zunächst erfolgt die Erstellung einer geeigneten Umgebung, bestehend aus einem Korridor sowie mehreren Türen, mithilfe der 3D-GraphicSuite *Blender*¹. Nachfolgend findet die Texturierung der Objekte basierend auf dem Konzept statt,

¹Blender Foundation.(2019). Blender (2.80) [Software]. Abgerufen von <https://www.blender.org>

woraufhin eine Implementierung aller Objekte mitsamt Texturen folgt. Neben den Funktionen zur Bewegung des Nutzers, werden auch Funktionen benötigt, erfolgt eine Implementierung von Funktionen, welche zum Wechseln der Faktoren befähigt. Anschließend wird ein Pseudozufall implementiert, wodurch die einzelnen Faktoren in unterschiedlichen, festgelegten Kombinationen gewechselt werden. Darauf aufbauend entsteht eine Analyse der Relevanz einzelner Aspekte, welche unter Wahrung der Vergleichbarkeit der Testdaten im Zuge der Evaluation ermöglicht wird.

Innerhalb von vier Kapiteln soll die Arbeit die Herangehensweise an die Problemstellung und die nachfolgende Umsetzung aufzeigen. Für das allgemeine Grundverständnis der Arbeitsweise erfolgt eine Heranführung an die grundlegenden Eigenschaften und Kenntnisse der zugrundeliegenden Themengebiete in Kapitel 2. Infolgedessen werden psychologische Grundlagen in den Themen Entscheidungsfindung und der verbundenen Manipulation erörtert. Weiterführend findet eine Ausarbeitung der Wahrnehmung sowie der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins, verbunden mit der Thematisierung der Farbwirkungen, statt. Überdies arbeitet das Kapitel die Grundlagen der Modellerstellung speziell im Anwendungsgebiet der virtuellen Realität sowie Anforderungen bezüglich der GameEngine und des Pseudozufalls heraus. Basierend auf diesen Grundlagen befasst sich Kapitel 3 mit der Konzeption der Studie. Hierbei liegt der Fokus auf dem Aufbau und Inhalt der Nutzerstudie sowie einer Anforderungsanalyse der anzufertigenden Software. Abschließend thematisiert das Kapitel die Erstellung der notwendigen Modelle, inklusive der Wahl der entsprechenden Software. Nachfolgend betrachtet Kapitel 4 die Implementierungsdetails, welche für die Erstellung der Software von Nöten waren. Die Wahl der Entwicklungssoftware, ergo der GameEngine, sowie die Erstellung der einzelnen Szenen werden detailliert reflektiert. Anschließend erfolgt in Kapitel 5 die Erörterung der Durchführung der Studie, welche mit der Auswertung der erreichten Daten, der Fehlerbetrachtung sowie der Evaluation endet. Abgeschlossen wird die Arbeit durch eine Zusammenfassung verknüpft mit einem Ausblick auf die Zukunft der Software und Studie in Kapitel 6.

2. Grundlagen

Das folgende Kapitel dient der Einführung in die Grundlagen der verschiedenen Themengebiete, welche in der Arbeit eine entscheidende Rolle spielen. Hierzu zählen neben den psychologischen Grundlagen die Basis der Konzeption sowie generelle Informationen über die Erstellung von Modellen für die virtuelle Realität. Weiterführend soll es durch die Erklärung der in der Arbeit verwendeten Begriffe eine Grundlage für das Verständnis schaffen. Abschließend dient eine Einführung in die Funktionsweise der virtuellen Realität zur Wissenserschließung.

2.1. Psychologische Grundlagen

Das Erschließen der Faktoren, welche die Entscheidungsfindung von Menschen zu manipulieren vermögen, benötigt ein rudimentäres Verständnis davon, wie Entscheidungen und ihre Manipulation verlaufen. Weiterführende Manipulationen mittels der Faktoren Farbe, Positionierung und Heraushebung von Objekten bedarf des Verständnisses, wie die Farbwahrnehmung abläuft, sowie Wissen über die verschiedenen Farbwirkungen.

2.1.1. Menschliche Entscheidungen

Jeder Mensch trifft täglich Entscheidungen. Die Spanne der Tragweite ist hierbei sehr breit, da in jedem Lebensbereich das Auswählen aus Optionen erforderlich ist. Ein Exempel für die Entschlüsse wäre die Entscheidung, zu welcher Uhrzeit der Wecker gestellt wird, oder welche Kleidung für den Alltag gewählt wird. Es existiert die Annahme, dass jeder Mensch täglich schätzungsweise 35.000[Hoo15] entfernt bewusste Entscheidungen trifft.

Der Begriff Entscheidung

Eine Situation wird als Entscheidung betrachtet, sobald eine Person zwischen mindestens zwei Optionen präferenziell entscheiden kann. Präferenziell bedeutet, dass eine Option gegenüber der beziehungsweise den anderen vorgezogen wird. Als Optionen können Objekte wie Wertgegenstände zählen aber auch Handlungen, wie das Abschalten von Geräten. Im Allgemeinen wird ein mehr oder weniger überdachtes, bewusstes Handeln als Entscheidung betrachtet, welches sich weiterhin als abwägend und zielorientiert auszeichnet. Wenn ein Problem als trivial eingestuft wird, erscheint es nicht notwendig, erneut Zeit in die Problemlösung zu investieren. In diesem Fall werden die Entscheidungen oft rasch, automatisch und ohne weiteres Nachdenken getroffen. Ebenfalls tritt eine rasche Entscheidungsfindung ein, wenn das Problem sowie dessen Bewältigung bekannt ist und daher die Lösung eine Gewohnheit geworden ist.[PJF17, S. 2f]

Stereotype Entscheidungen

Stereotype Entscheidungen werden durch die Art der möglichen Entscheidungsoptionen hervorgerufen. Darüber hinaus bedarf es eines minimalen Bewertungsprozesses. Hierdurch werden die Entscheidungen oft als bewusst empfunden, da ein entsprechender kognitiver Aufwand von Nöten ist. Typische stereotype Entscheidungen sind Konsumententscheidungen, etwa, welche Käsesorte gekauft oder welche Speise bestellt werden solle. Die grundlegende Situation kann hierbei immens variieren, die Optionen gehören jedoch einem klar definierten Bereich an. Bei der Speisewahl wäre der definierte Bereich das Menü. Namensgebend für diese Entscheidungsart ist, dass diese Entscheidungen in hohem Maße nach erlernten Bewertungsschemata erfolgen und somit stereotyp sind. Die Bewertungsschemata an sich werden häufig nicht mehr neu geprüft sondern lediglich angewendet. Der unmittelbare Gesamteindruck sowie einzelne, hervorstechende Merkmale sind ausschlaggebend für die Bewertung. Bei dem Beispiel des Käsekaufes würden sich Preis und Geschmack als hervorstechende Merkmale qualifizieren. Hauptsächlich bestimmen Gefühle oder Emotionen die stereotypen Entscheidungen. Im Gegensatz zu anderen Entscheidungsarten findet keine Analyse der Merkmale statt, um die Präferenz zu bilden, sondern ein holistisches Affekturteil.[PJF17, S. 27f]

2.1.2. Manipulation

Eine Handlung kann als manipulativ und somit als Manipulation anerkannt werden, sobald sie den drei entscheidenden Charakteristika folgt[Sac14, S. 8]:

1. Die Handlung ist intransparent, ihre Absicht ist schwer bis nicht zu erkennen.
2. Es wird ein Handeln veranlasst, welches der Interaktionspartner sonst nicht durchführen würde.
3. Der Interaktionspartner wird durch die vertuschten, tatsächlichen Handlungsgründe in seinen Entscheidungsmöglichkeiten eingeschränkt.

Manipulationen können in *positive* und *negative* Manipulationen aufgeteilt werden. *Positive* Manipulationen bringen den Interaktionspartner dazu, ein von ihm nicht gewünschtes Verhalten zu zeigen, jedoch hat dies auch positive Effekte. Seine Motive oder Ziele werden befriedigt. Ein Beispiel für eine positive Manipulation lässt sich auf Feiern finden, wenn ein Interaktionspartner mit dem ursprünglichen Ziel die Feier besuchte, mit vielen Menschen kurze Gespräche zu führen. Ein anderer Besucher erzählt jedoch eine laute und lange Geschichte, welche für den Interaktionspartner unüberhörbar aber unterhaltsam ist. Infolgedessen werden Bedürfnisse des Interaktionspartners durch die Spannung und Unterhaltung der Geschichte befriedigt, allerdings besteht die Möglichkeit, durch diese Manipulation ein Störgefühl zu erzeugen. *Negative* Manipulationen veranlassen den Interaktionspartner zu einer ihm zuwider liegenden Handlung, welche keine positiven Resultate erzeugt. Solche Manipulationen bewirken oft Frust und Ärger beim Interaktionspartner. Eine negative Manipulation kann in einer Beziehung entstehen, wenn jemand seinen Partner bittet, aufgrund eines geringfügigen Unwohlseins bei ihm zu bleiben und seinen Gesellschaftsabend ausfallen zu lassen.[Sac14, S. 12f]

2.1.3. Begriffe der Manipulation

Priming beschreibt die Verknüpfung einer Situation oder eines Reizes mit einem bekannten Schemata nach chronologischer Reihenfolge. Der Psychologe Lashley bezeichnet Priming als unterschwellige Aktivierung von Assoziationen. Somit beeinflusst beispielsweise die Beantwortung einer Frage die nachfolgenden Fragen. Ruft die Frage nach einem Objekt eine bedeutend negative Bewertung hervor, ist es möglich,

dass eben diese negative Bewertung auf alle nachfolgenden und mit dem Objekt assoziierten Fragen Auswirkung zeigt. Entsprechend liegt Priming vor, wenn durch das Auftreten eines Ereignisses A somit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Ereignisses B vergrößert wird, da Ereignis B mit Ereignis A verknüpft ist.[BFP11, S. 132]

Heuristik beschreibt das Vermögen, trotz unvollständigen Wissens, somit trotz unvollständiger Informationen, in kurzer Zeit auf praktikable Lösungen sowie wahrscheinliche Aussagen zu kommen[GG99].

Kognitive Verzerrung definiert als Sammelbegriff systematisch fehlerhafte Neigungen beim Wahrnehmen, Erinnern, Denken sowie Urteilen. Sie charakterisieren sich meist durch das Unbewusst-bleiben und dem Basieren auf *kognitiven Heuristiken*. [Poh04, S. 2]

Der *Ambiguity Effect* beschreibt die Tatsache, dass Menschen dazu neigen, eine Option zu wählen, bei welcher die Wahrscheinlichkeit des positiven Ausgangs bekannt ist, als eine mit unbekannter Wahrscheinlichkeit. Somit basiert die Wahl auf dem Mangel an Informationen. Da die Mehrheit der Menschen riskante Möglichkeiten nicht präferiert, verstärkt diese Unwissenheit ihre Unsicherheit und führt dazu, die bekannte Option zu wählen, selbst wenn diese nur eine geringe Wahrscheinlichkeit des Erfolges hat. Ein Beispiel bietet der Automobilkauf. Ein Auto wird aufgrund mangelnder Informationen über die Leistung aus der Auswahl eliminiert.[HT91, S. 6]

Als *Bizarreness Effect* wird die menschliche Tendenz bezeichnet, sich eher ungewöhnliche Informationen zu merken als gebräuchlich Erscheinende. Dies erfolgt durch das menschliche Interesse an ungewöhnlichen oder skurrilen Dingen und die höhere Wahrscheinlichkeit des Vergessen von banalen Informationen. Ein Tag, an dem ein pinkes Auto mit Luftballons an einem vorbeigefahren ist, wäre einfacher zu erinnern, als ein gewöhnlicher Tag.[GMMH13, S. 1228]

2.1.4. Visuelle Wahrnehmung

Es gibt mehrere Forschungsbereiche, welche die *visuelle Wahrnehmung* des Menschen thematisieren. Dies liegt an einer immensen Differenzierung an Objekten,

welche ein Mensch wahrnehmen kann, und der Tatsache, dass Objekte nicht vollständig erfasst werden müssen, um sie wahrzunehmen und erkennen zu können. Der gegensätzliche Prozess der sinnlichen Wahrnehmung eines Objektes der Außenwelt, ohne das bewusste Erfassen und Identifizieren des Wahrgenommenen, nennt sich *Perzeption*. Im Gegensatz zu Gibsons Ansatz, welcher die Wahrnehmung in sogenannte Raumwinkel aufteilt und einen optischen Fluss propagiert, verfügt die Wahrnehmungspsychologie häufig über den Vorgang der *Objekterkennung*. Dieser Vorgang beschreibt die Objektwahrnehmung durch die Ermittlung von relevanten Merkmalen sowie deren Repräsentation und anschließende Zusammensetzung zu größeren Einheiten, welche eben die Objekte sind. Im Allgemeinen stützen zwei Argumente eine Erklärung der Objektwahrnehmung durch Merkmalsdetektion. Die Ähnlichkeiten verschiedener Wahrnehmungsgegenstände basiert auf der Übereinstimmung von Merkmalen, andererseits erklären die Divergenzen der Kombinationen der Merkmale die Unterschiede zwischen den Wahrnehmungsgegenständen. An dieser Stelle greift die Theorie der Objektwahrnehmung durch Kategorisierung, es existieren sogenannte *Basiskategorien* sowie über- und untergeordnete Objektklassen. „Vogel“ besitzt als übergeordnete Kategorie „Lebewesen“ sowie als untergeordnete Kategorie „Sperling“. Das Schema „Vogel“ stellt eine Basiskategorie dar. Solche Basiskategorien sind besonders interessant für die Objekterkennung. Klassifiziert werden etliche Objekte anhand ihrer Basiskategorien, aufgrund des guten Verhältnisses zwischen unterscheidenden Merkmalen zu alternativen Kategorien sowie übereinstimmender Merkmale mit alternativen Exemplaren jeweiliger Kategorien.[AL17, S. 116ff]

Anhand der Abbildung 2.1 ist ersichtlich, auf welche Art und Weise die Basisobjektklassen funktionieren. Sämtliche Türen besitzen eindeutig das Erscheinungsbild „Tür“, da sie über ein Türblatt, einen Türrahmen und die Öffnungsfunktion verfügen. Dahingegen bringen Variationen an der Form oder den Verzierungen der einzelnen Türen differierende Merkmale, welche die Türen jedoch nicht zu anderen Objekten, wie beispielsweise einem Telefon, verändern.

2.1.5. Aufmerksamkeit und Bewusstsein

Begrifflichkeiten wie *Aufmerksamkeit* und *Bewusstsein* sind in der Allgemeinen Psychologie mit ihren Themengebieten eng miteinander verbunden, jedoch verfügen sie häufig über sehr differenzierende Bedeutungen. Hinzu kommt, dass es noch keine



Abbildung 2.1.: Variationen und Gemeinsamkeiten der visuellen Erscheinung innerhalb der Basisobjektklasse „Tür“.

anerkannte Theorie des Bewusstseins gibt. *Bewusstsein* wird meistens als Sammelbegriff für das Wahrnehmen, Denken oder Erinnern benutzt, wenn eine Person voll anwesend ist. Desweiteren umfasst es weniger gegenwärtige Bereiche, wodurch verschiedene Bewusstseinsgrade festgelegt werden können. Hingegen wird der Begriff *Aufmerksamkeit* einheitlicher verstanden, wenngleich auch hier die Unterscheidung in verschiedene Aspekte erfolgen kann. Aufmerksamkeit charakterisiert sich dadurch, dass sich das menschliche Bewusstsein in jedem Moment nur selektiv auf einen begrenzten Aspekt von all dem Erlebten richten kann. Die *bewusste Aufmerksamkeit* lässt sich als psychischer Zustand konzentrierter Bewusstheit, welcher mit der wachen Bereitschaft einhergeht, eine Reaktion auf äußere oder innere Reize zu bieten, beschreiben.[BCW17, S. 198]

In den meisten Alltagssituationen sortiert die menschliche Aufmerksamkeit unmerklich aus der immensen Reiz- und Informationsvielfalt, welche die menschlichen Sinnesorgane trifft und unmöglich alle gleichzeitig verarbeitet und beachtet werden können, nur eine geringfügige Menge aus, welche die weitere Interaktion mit der Umwelt bestimmt. Infolgedessen werden nur Teilmengen der Gesamtmenge der eingehenden Informationen, welche im Gehirn gespeichert werden, erfasst und bearbeitet, um ein effizientes Handeln zu sichern. Dementsprechend erfolgt häufig das Verständnis der *selektiven Aufmerksamkeit* als Aufmerksamkeit. Zum Teil hängt das, was tatsächlich wahrgenommen wird, von den Reizen ab, welche die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, auch *Blickfänger* oder *Eyecatcher* genannt. Als jedoch entscheidende-

re Komponente definieren die momentanen kognitiven Aufmerksamkeitsprozesse die Wahrnehmung, diese Prozesse resultieren aus persönlichem Interessen, Erwartungen oder jeweiligen (Handlungs-)Zielen. Diese Steuerung der Aufmerksamkeit erlebt der Mensch unter anderem bei Gesprächen in Gruppen. Durch ein allgemeines Stimmenrauschen der unterschiedlichen Sprecher bietet das Fokussieren auf einen Sprecher die Möglichkeit, jenem Gespräch zu folgen und andere Nebengespräche ausblenden zu können.[BCW17, S. 198f]

Als Determinanten der Reizauswahl fallen zwei Faktoren ins Gewicht. Einen Faktor bieten die *physikalische Charakteristika* der Reize, hierzu gehören Intensität, Größe, Kontrast sowie Bewegung und Auffälligkeit. Zusätzlich bilden die *internen persönlichen Faktoren* wie interne Bedürfnisse und Erwartungen sowie Motive einen Entscheidungsfaktor. Zu diesem fallen auch die durch frühe Erfahrungen erlernten Voreinstellungen, von denen abhängt, worauf unsere Aufmerksamkeit gelenkt wird.[BCW17, S. 205] Vor allem in der Werbepsychologie werden die genannten Faktoren ausgenutzt. So verfügt die Werbung der Württembergischen Versicherung beispielsweise über die Darstellung eines Felsens als Verknüpfung mit den Emotionen Stabilität, Sicherheit und Standfestigkeit[Huj05, S. 211].

2.1.6. Farbwirkung

Wie Farben auf den Menschen wirken, hängt von unterschiedlichen Komponenten ab. Entscheidend hierbei ist vor allem der Kontext, da einige Farben und Farbtöne in unterschiedlichem Kontext eine vollkommen andere Bedeutung zugeschrieben bekommen. Neben der *psychologischen Wirkung* spielt die *symbolische Wirkung* ebenfalls eine Rolle. Desweiteren definieren die *kulturelle Wirkung*, die *politische Wirkung* sowie die *traditionelle Wirkung* die Wahrnehmung. Als ein letzter Faktor kann die *kreative Wirkung* weitere Auswirkungen auf die Wahrnehmung mit sich bringen, jedoch ist diese zu vernachlässigen, da verschiedene Regeln basierend auf den anderen Wirkungen befolgt werden müssen.[Hel13, S. 13ff]

Die psychologische Wirkung

Basierend auf Erfahrungen können Farben automatisch-unbewusste Reaktionen und Assoziationen auslösen. Verursacht wird dies durch Erfahrungen, die so häufig auf-

traten, dass sie verinnerlicht wurden. Als ein signifikantes Beispiel dienen die Farbwirkungen von Grün. Eine Assoziation mit Unreife erfolgt durch die grünliche Färbung eines unreifen Obstes. Entgegengesetzt steht die Bedeutung im Straßenverkehr, dort symbolisiert eine grüne Ampel Positives.[Hel13, S. 13f]

Symbolische Wirkung

Die symbolische Wirkung ist mit der psychologischen Wirkung eng verbunden. Durch eine Verallgemeinerung und Abstraktion der psychologischen Farbwirkung bilden sich die symbolischen Farbwirkungen. Jene sind meist überlieferte Symboliken. Als Beispiel einer solchen überlieferten Metapher steht die Kombination aus den Farben Gelb und Grün für Neid. Die Assoziation hierbei basiert auf der Annahme, Menschen werden grün vor Neid. Jene Annahme beruht auf dem medizinischen Ursprung, dass Menschen, die sich viel ärgern, gallenkrank werden[KoboA]. Die Verbindung der Farben hat ihre Herkunft durch die Galle erhalten, welche gelbgrün ist.[Hel13, S. 14]

Kulturelle Wirkung

In unterschiedlichen Kulturen werden die Farben mit unterschiedlichen Wirkungen behaftet. So kann die Farbe Blau in England mit einer melancholischen Wirkung verbunden sein, hingegen in Deutschland mit der Beschreibung für jemanden, der betrunken ist. Durch die Erklärbarkeit der Ursprünge kultureller Wirkungen gehören die Wirkungen den bewussten Wirkungen an. Grundsätzlich werden die hochgeachteten Farben jeder Kultur als männlich definiert, die zweitrangigen Farben gelten als weiblich.[Hel13, S. 14]

Politische Wirkung

Die unterschiedlichen politischen und religiösen Machtverhältnisse werden durch entsprechende Farben symbolisiert. Weiterführend entsprechen einige Farben in unterschiedlichen Ländern differenzierenden Symboliken. Die Nutzung der Farbe Grün in islamischen Staaten symbolisiert die heilige Farbe Grün und entsprechend den

islamischen Glauben. In Irland hingegen steht Grün für den Katholizismus. Infolgedessen lässt sich bei der Farbe Grün eine gemeinsame Symbolik des Glaubens feststellen, jedoch differiert diese je nach Glaubensrichtungen.[Hel13, S. 15]

Traditionelle Wirkung

Die traditionelle Wirkung von Farben entstand durch einen historischen Hintergrund, welcher kuriose Bedeutungen zur Folge haben kann. Farbwirkungen, welche mit dem Wert einer Farbe verbunden sind, basieren auf den Verfahren der Farbgewinnung. Teurer wirkende Farben verfügten über eine geringe Verbreitung und damit verbundenen hohen Kosten, ein Beispiel für so eine Farbe ist Purpur. Durch eine aufwändige Herstellung und die Exklusivität für hochrangige Persönlichkeiten, brachte der Erwerb von jenen Kleidungsstücken hohe Kosten mit sich.[Hel13, S. 15]

2.2. VR basierte Inhaltserstellung

Die Erstellung des Inhalts ist auf die Nutzung in einer Virtuellen Realität, auch VR genannt, ausgelegt. Die zu erstellenden Modelle und Texturen verfügen über entsprechende Anforderungen, um der Nutzung zu entsprechen. Deshalb wird zuerst ein allgemeines Verständnis der Virtuellen Realität und ihrer Funktionsweise geschaffen.

2.2.1. Was ist VR?

Virtuelle Realität wird häufig als Zukunftstechnologie bezeichnet, welche vermehrt Bedeutung in vielerlei Anwendungsgebieten der Forschung und Industrie gewinnt. Sie beschreibt die Schaffung einer digitalen Welt, in welcher der Nutzer meist aktiv interagieren kann. Da bereits in der realen Welt die Realität und die visuell wahrgenommene Realität bei verschiedenen Menschen Differenzen aufweisen kann, ist die Wahrnehmung im Allgemeinen eher subjektiver Natur. In der Wahrnehmungspsychologie existieren Phänomene, welche den komplexen Prozess des Zusammenfassens, Verstärkens, Filterns oder neu Kombinierens der Perzeption von Sinneszellen stammender Reaktionen auf externe Reize des visuellen Systems zeigen. Aufgrund

der Fähigkeit des visuellen Systems, seine Arbeitsweise mit der Zeit zu verändern und sich zu adaptieren, sowie der Fähigkeit eines Individuums, basierend auf der Fokussierung und Konzentration eine unterschiedliche Wahrnehmung der selben Reize zu erhalten, besteht die Manipulationsmöglichkeit der visuellen Wahrnehmung über die Realität. Als einfacher Weg qualifiziert sich die Methode, einen von einem realen Objekt ausgehenden Reiz durch einen ähnlichen, künstlichen Reiz zu alternieren. Der potenzielle Trugschluss, dieses Objekt sei tatsächlich in der Realität vorhanden, tritt ein, wenn der Mensch, aufgrund der Anregung des visuellen Systems durch den künstlichen Reiz, eine kongruierende Wahrnehmung zu der Wahrnehmung des realen Objektreizes erhält. Somit liegt der Fokus darauf, die künstlichen Reize virtuell einzubinden und diese den natürlichen Pendanten anzunähern. Damit der Nutzer die virtuelle Welt nutzen kann, ist ein sogenanntes *VR-System* notwendig. Der Begriff beschreibt ein Computersystem, welches in Kombination der geeigneten Hardware und Software die Vorstellung einer Virtuellen Realität realisieren kann.[DBGJ14, S. 1ff] So ein System besteht aus einem Computer mit leistungsfähiger Hardware, einem audiovisuellen System wie beispielsweise einem Head-Mounted-Display und den dazugehörigen Controllern. Das Gehäuse eines Head-Mounted Displays verfügt über einen eigenen Bildschirm, welcher mit einer Spielkonsole oder einem Computer verbunden ist. Vor diesem Bildschirm befinden sich zwei Linsen, welche dem Nutzer die Virtuelle Welt darstellt. Damit jedes Auge ein eigen berechnetes Bild erhalten kann, ist der Bildschirm eines HMD in zwei Bereiche geteilt. Infolgedessen simuliert der Unterschied der Bilder dem Gehirn eine Winkelstellung der Augen und schafft dadurch eine Wahrnehmung des räumlichen Sehens, auch Stereoskopie genannt. Der Eindruck räumlicher Tiefe entsteht durch die Fähigkeit des Gehirns, beide Bilder zu kombinieren. Head-Tracking-Sensoren, welche in Head-Mounted Displays verbaut werden, ermitteln die Kopfbewegung der Nutzer und richten so das dargestellte Bild nach der aktuellen Perspektive aus.[Eng18]

2.2.2. 3D-Modelle für VR

Ein 3D-Modell wird als die mathematische Darstellung eines dreidimensionalen Objektes definiert. Der Nutzen von 3D-Modellen besteht darin, Objekte des realen Lebens virtuell darstellen und weiterverwenden zu können. Ein 3D-Modell besteht immer aus folgenden Bestandteilen.

- **Vertices** sind die Punkte in einem Koordinatensystem mit den Achsen X/Y/Z.

- **Edges** werden Kanten genannt, die einzelne Vertices miteinander verbinden.
- **Faces** sind die Flächen, welche durch verbundene Vertices gebildet werden.
- **Mesh** wird das gesamte Objekt, bestehend aus Vertices, Edges und Faces, genannt.
- **Normalen** sind die Vektoren, welche orthogonal zu jedem Face existieren.
- **UV-Koordinaten** bezeichnen die 2D-Koordinaten eines 3D-Objekts, welche für das Texturieren jenes Objekts von Nöten sind.

Bei Virtuellen Welten stehen die Aspekte der *Echtzeitfähigkeit* und *Interaktivität* im Vordergrund. *Echtzeitfähigkeit* beschreibt die Fähigkeit, die Virtuelle Welt möglichst verzögerungsfrei aktualisieren und darstellen zu können. Idealisiert würde das zeitliche Verhalten in der Virtuellen Welt mit dem der Realität harmonisieren. Die Art und Weise der Modellierung der 3D-Modelle beeinflusst hauptsächlich die Teilschritte Weltsimulation und Rendering bei der Ausführung der Software. Je komplexer die Virtuelle Welt modelliert ist, desto weniger ist deren Echtzeitfähigkeit gegeben. *Interaktivität* definiert sich im Allgemeinen darüber, dass der Nutzer sich in der Virtuellen Welt bewegen und das Verhalten der 3D-Objekte dieser beeinflussen kann. Bei VR-Systemen existiert das Ziel, die Reaktion der Nutzereingabe möglichst verzögerungsfrei zu gestalten. Damit dies funktioniert, muss ein dynamisches Verhalten der 3D-Objekte implementiert werden. Die Berechnung des dynamischen Verhaltens erleichtert eine Anreicherung von einfacheren Kollisionsgeometrien, wie Kugeln oder Quader, der 3D-Objekte. Infolgedessen werden, neben den Kollisionen der 3D-Modelle untereinander, die der Nutzerinteraktionen effizienter erkannt. Nach der Erstellung der jeweiligen 3D-Modelle werden diese in den Faktoren *Vereinfachung der Objektgeometrie* sowie die *Konversion in geeignete Dateiformate* überarbeitet. Die *Vereinfachung der Objektgeometrie* dient zur effizienteren Darstellung der 3D-Modelle, erreicht werden kann jenes durch die Reduzierung der Anzahl an Polygonen des Modells, sofern diese Anzahl einen gewissen, individuellen Wert überschreitet. Zudem benötigt es eine Konvertierung der Modelle, welches von der jeweiligen Laufzeitumgebung unterstützt wird. Die gängigsten Formate existieren bei den meisten Modellierungsprogrammen in den Exporteinstellungen als voreingestellte Profile. Unity unterstützt entsprechend die Formate *.obj* sowie *.fbx*.

2.2.3. Texturen für VR

Um ein Objekt texturieren zu können, benötigt das 3D-Modell UVs. Diese werden mithilfe von UV-Mapping erstellt. UV-Mapping beschreibt den Vorgang, ein zweidimensionales Bild herzustellen, welches das 3D-Modell repräsentiert. Dieser Vorgang ist in der nachfolgenden Abbildung 2.2 anschaulich dargestellt.

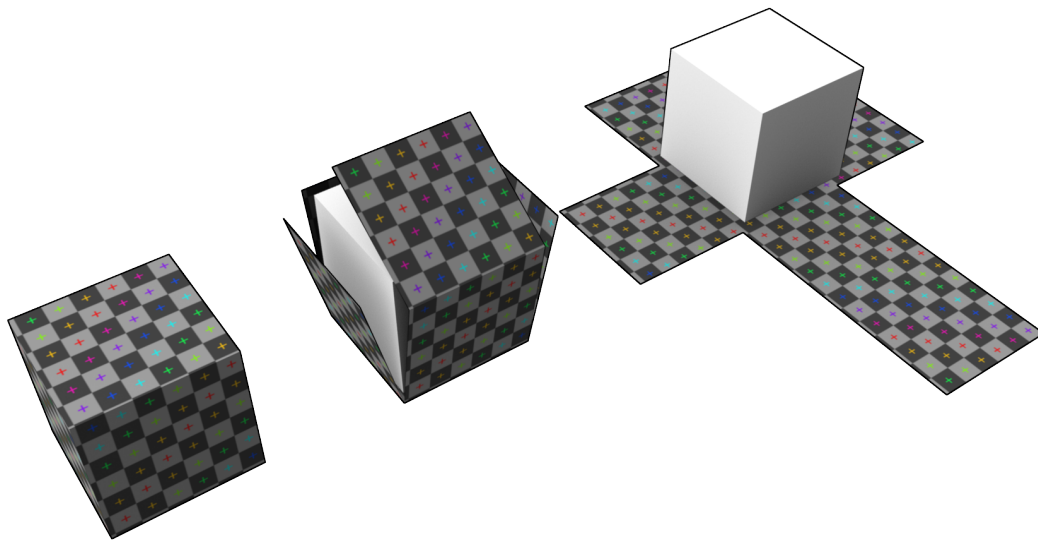


Abbildung 2.2.: UV- Mapping am Würfelbeispiel[Zep08]

UV-Koordinatensystem ist das Koordinatensystem, welches zum Texturieren genutzt wird. Für jeden Punkt auf dem 3D-Modell gibt es eine eindeutige Position auf der UV-Map der Textur.

UV-Map ist die zweidimensionale Abbildung eines 3D-Modells.

Seams sind Edges, an denen das Objekt zerschnitten wird, um die Textur auffalten zu können.

UV-Shells entstehen, wenn man ein Modell zum Texturieren zerschneidet. Die einzelnen zweidimensionalen Stücke des Modells werden Shells oder Islands genannt.

Die angefertigten Texturen werden mithilfe verschiedener Maps gespeichert. Im Allgemeinen werden diese an die Verwendung angepasst. In diesem Projekt werden die Texturen für Unity ausgegeben, hierfür werden entsprechende Maps benötigt.

Albedo Map übergibt die Farbinformationen ohne Schatten und Highlights. Mithilfe dieser Map wird das 3D-Modell kolloriert.

Metallic Map ist eine Map, welche lediglich schwarz-weiß ist. Hierbei werden Informationen über die Beschaffenheit des Modells übergeben, in diesem Fall, wie metallisch das Objekt ist. Schwarz definiert eine nicht metallene Fläche, Weiß hingegen bedeutet, dass diese Stelle das Objekt vollständig Metall ist. Die Graustufen bilden entsprechende Zwischenwerte ab.

Normal Map beinhaltet Informationen über die Normalenvektoren der einzelnen Texel, welche die Texturpixel definieren. Dadurch kann ein flaches Objekt uneben erscheinen.[BBF⁺19]

2.3. Implementierung

Zur effizienteren Nutzung der Systemressourcen sowie der einfacheren Programmierung der Software dient eine Game-Engine als Hilfsmittel. In diese werden die Objekte implementiert und Code über Skripts hinzugefügt.

2.3.1. Unity

Als eine Game-Engine simplifiziert Unity das Entwickeln von 2D- und 3D-Applikationen mit Hilfe von verschiedenen Tools. Neben den Erstellungsmöglichkeiten für Animationen existieren Einstellungen für verschiedene Bewegungsoptionen in jener Software. Unity beinhaltet eine Einbindung von diversen Skripten in der Engine, hierzu gehören die Programmiersprachen C# sowie JavaScript.[Sei15, S. 2] Unity unterstützt die Entwicklung von Software für über 25 Plattformen wie Desktops, Head-Mounted Displays sowie Mobilgeräte und qualifiziert sich damit als marktführend. Darüber hinaus definieren die Entwickler Unitys die Software als

„Alles in Einem“-Editor: Der Editor ist auf Windows, Mac und Linux verfügbar und beinhaltet sowohl eine Reihe von grafikerfreundlichen Tools für das Kreieren immersiver Erlebnisse und Spielwelten als auch zahlreiche starke Entwickler-Tools für die Implementierung von Spiellogik und für ein erstklassiges Gameplay.

Die Nutzung von Unity steht sowohl kommerziellen Zwecken als auch privaten Softwareentwicklungen zur Verfügung.[Tec19a]

Oberfläche

Die Oberfläche der Unity Engine besteht aus einer individuell anpassbaren Fensterkombination. Die verschiedenen Fenster lassen sich in das Hauptfenster hinzufügen und werden über Tabs angezeigt. In Abbildung 2.3 ist das Standard-Layout Unitys zu erkennen, vertreten sind die folgenden Fenster: *Hierarchie*, *Szenenansicht*, *Game-Ansicht*, *Inspektor*, *Projektfenster* sowie *Console*. In der *Hierarchie* werden sämtliche Objekte der aktuell ausgewählten Szene aufgelistet. Mithilfe der *Szenen-Ansicht* erfolgt die Gestaltung der ausgewählten Szene. Um Einstellungen und Inhalte der Szene zu testen, wechselt der Start-Button die Ansicht dieses Fensters in die *Game-Ansicht*. Diese Ansicht weist eine Vorschau der Anwendung auf und dient Testzwecken. Auf der rechten Seite ist der *Inspektor* vorzufinden, welcher Informationen über die Funktionen sowie Eigenschaften und anpassbare Komponenten des angewählten Objekts beinhaltet. Jene können über die Eigenschaftsfelder verändert werden, desweiteren besteht die Möglichkeit, beispielsweise neue Skripts hinzuzufügen oder zu entfernen. Das *Projektfenster* befindet sich im unteren Viertel und dient der Auflistung aller importierten *Assets*, wie beispielsweise 3D-Modelle, Animationen oder Skripte. Unter dem Projektfenster liegt die *Console*, welche im Projektfenster-Fenster vollständig angezeigt wird, in der Wechsel in die Game-Ansicht stattfindet. Dienlich ist jene für die Anzeige von Hinweisen und Fehlermeldungen der Applikation.

Szene

Die Umgebung und Menüs einer Anwendung werden in *Szenen* erstellt. Szenen können wie einzelne Level verstanden und dafür häufig genutzt werden. Szenen bieten

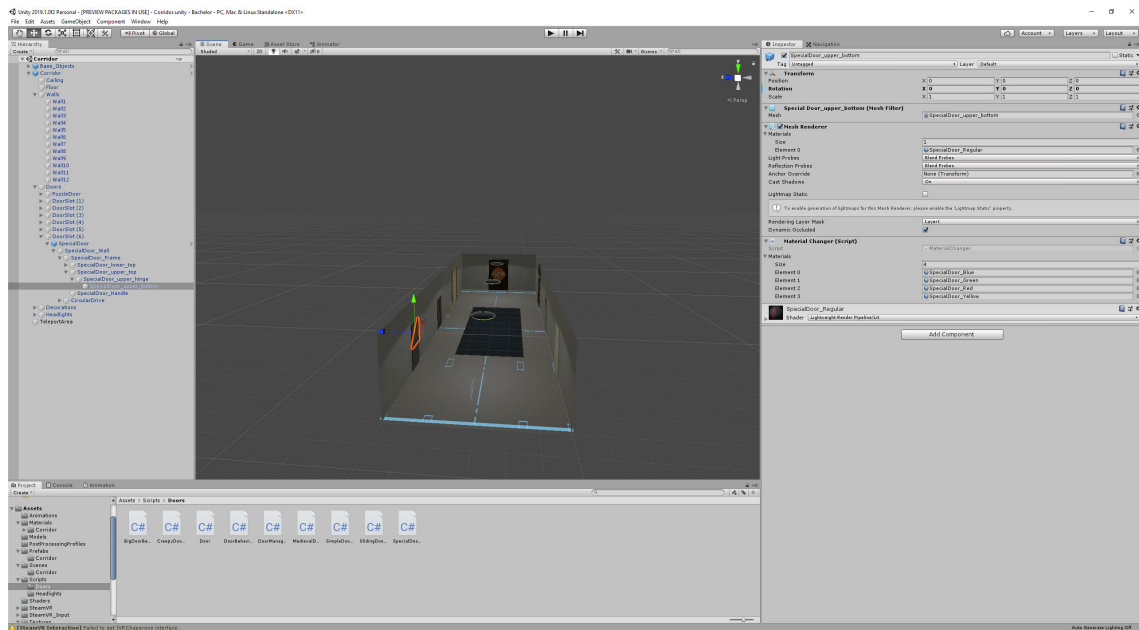


Abbildung 2.3.: Das Unity Interface in dem Projekt, Beschreibung im Text

die Möglichkeit, importierte Assets, welche *GameObjekt* genannt werden, anzuordnen. Aufgrund der nicht limitierten Instanzierungsanzahl an Szenen ist es möglich, mithilfe von Szenenwechseln zwischen Szenen zu schalten. Es existiert ebenfalls die Möglichkeit, einzelne Szenen erneut zu laden. Beide Optionen benötigen die Funktion **SceneManager.LoadScene()**, wobei die aktive Szene noch einen Aufruf dieser benötigt, um geladen werden zu können.[Tec19b, Kapitel Scene]

Kamera

Um den Nutzern eine visuelle Ansicht der Anwendung darstellen zu können, ist eine *Kamera* erforderlich, welche der Sicht des Nutzers entspricht. Unity generiert automatisch eine Hauptkamera, sobald die Erstellung einer neuen Szene getätigt wird. Veränderungen an den Kameraeinstellungen im Inspektor hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie etwa Sichtweite bieten individuelle Anpassungsmöglichkeiten. Bei Anwendungen, welche mithilfe von *SteamVR* erstellt werden, ersetzt die vorgefertigte Kamera der *SteamVR* die automatisch erstellte Hauptkamera. Jene qualifiziert sich durch eine simultane Kopfbewegung zum Headset und wird im nachfolgenden Abschnitt 2.3.2 näher erläutert.[Tec19b, Kapitel Camera]

Prefab

Ein Prefab bietet die Möglichkeit, ein GameObject zu erstellen und es mitsamt aller individuellen Einstellungen und Komponenten als ein eigenes GameObject zu speichern. Dieses Prefab ermöglicht eine Änderung, welche alle erstellten Objekte dieses Prefabs gleichermaßen verändert. Vereinfacht bedeutet dieses, wenn Prefab A drei mal in einer Szene existiert, beeinflusst eine Änderung der Größe an dem Prefab jede der drei Kopien, da alle dieselben Eigenschaften besitzen.[Tec19b, Kapitel Prefab]

Lights

Essentiell für die Stimmung und die Farbe einer Szene sind *Lights*. Unity bietet eine Variation an verschiedenen Lichtquellen, einige sind beispielsweise *Directional Light*, *Spotlight* und *Point Light*. Die jeweiligen Einstellungen und Wirkungsweisen definieren die Eigenschaften im Inspektor und sind individuell einstellbar.[Tec19b, Kapitel Lights]

Rigidbody

Ein Rigidbody ist die Hauptkomponente, um Objekte von der Unity-Physik zu beeinflussen. GameObjecte, welche über einen Rigidbody verfügen, reagieren entsprechend der Unity-Physik-eigenen Gravitation.[Sei15, S. 210]

Kollision

Sogenannte *Collider* werden benötigt, um Kollisionen, basierend auf der Unity-Physik, in der Engine zu simulieren. Ein Collider sollte den ungefähren Maßen eines Objekts entsprechen, je besser diese übereinstimmen, desto realistischer werden die Kollisionen und Einwirkungen. Entsprechend existieren verschiedene Arten von Collidern, die *Box Collider*, die *Sphere Collider* sowie die *Capsule Collider* und die *Mesh Collider*. Ein *Mesh Collider* passt sich dem Mesh des GameObjects an. Um die Abbildung Kollisionen zu ermöglichen, setzt einerseits Methoden und einen Rigidbody auf einem der kollidierenden Objekte voraus.[Tec19b, Kapitel Colliders]

2.3.2. VR-Programmierung

Um eine unkomplizierte Nutzung der VR-Anwendungen zu bieten, steht das Plugin *SteamVR* in Unity zur Verfügung. *Valve Corporation* stellt dieses Plugin, welches drei Teilgebiete für den Entwickler verwaltet, zur Verfügung. Diese drei Teilgebiete sind das *Laden der 3D-Modelle* der Controller, die *Verarbeitung* der Controllereingaben sowie das *Berechnen*, welche Positionierung und Gesten die Hände bei der Verwendung annehmen würden. Infolgedessen ermöglicht SteamVR als Schnittstelle die Kommunikation zwischen vielen bekannten HeadMounted-Displays und dem Computer des Entwicklers.[Cor19]

2.3.3. Pseudozufall in der Programmierung

Aus diversen Gründen findet in der Programmierung die Nutzung eines Pseudozufallsgenerator Anwendung. Die Verwendung eines Zufallsgenerators, welcher vollständig zufällige Ergebnisse generiert, bedarf häufig eine spezielle Hardware.[Sin11, S. 4] Pseudozufallsgeneratoren nutzen einen Anfangswert, welcher *seed* genannt wird. Dieser Anfangswert bestimmt eine Sequenz an zufälligen Zahlen, welche der Algorithmus erzeugt. Wenn der seed-Wert bei jedem Mal identisch ist, hat dies zur Folge, dass die Sequenz an Zahlen bei jedem Durchlauf identisch ist.[Ada10, S. 317]

Am Beispiel einer Überraschungstüte würde ein identischer seed-Wert bedeuten, dass jede Überraschungstüte einen identischen Inhalt besitzt. Analog dazu bleibt die Reihenfolge, in welcher die Objekte gezogen werden würden, ebenfalls identisch. Das erste Objekt wäre beispielsweise immer ein Plüschtier, das zweite ein Buch über Fotografie und das dritte Objekt wäre ein Apfel.

3. Anforderungen und Spezifikation

Nachstehend erfolgt eine ausführliche Darlegung, auf welche Art und Weise an die Problemstellung herangegangen wurde. Weiterhin wird der Aufbau des Projekts erläutert, hierbei findet eine Fokussierung auf die allgemeine Struktur als auch auf die Umsetzung der Inhalte statt. Neben einer Herausarbeitung der Rahmenbedingungen, welche für eine qualitative und effiziente Umsetzung von großer Bedeutung waren, thematisiert das Kapitel die Konzeptionierung aller benötigter Komponenten der virtuellen Umgebung sowie der Experimente.

3.1. Aufbau und Inhalt der Nutzerstudie

Die Problemstellung setzt den Fokus auf eine virtuelle Umgebung, welche von Nutzern beschritten werden kann. Infolgedessen befasst sich die Untersuchung mit der Fragestellung, welche Stimuli eine Manipulationsmöglichkeit bieten. Es bedarf somit eine Differenzierung und Definition der Stimuli, um eine wissenschaftlich haltbare und aussagekräftige Untersuchung zu erreichen.

3.1.1. Rahmenbedingungen

Die Anzahl der Möglichkeiten der optischen Stimuli, durch die eine Manipulation des Nutzers potenziell erzeugbar ist, ist immens. Infolgedessen stellte es sich als notwendig heraus, die Stimuli im Voraus zu spezifizieren. Eine Festlegung der Anzahl und Art der Faktoren sowie das optische Erscheinungsbild der virtuellen Umgebung erfolgte. Um eine isolierte Auswahl für den Nutzer generieren zu können, bot ein Raum mit einer festen Anzahl an Türen eine praktische Möglichkeit. Durch den abgegrenzten Raum werden Nebenreize minimiert und der alleinige Fokus auf die Stimuli ist einfacher gegeben. Als Objekte, die als Grundlage der Faktoren der Stimuli dienen sollten, sagten die Türen zu. Aufgrund der Varianz der Erscheinungsbilder

von Türen bieten sich verschiedene Faktoren an, welche untersucht werden könnten. Desweiteren trifft der Nutzer aktiv eine sondierte Entscheidung sobald er eine Tür öffnet und eine Dokumentation dieser kann stattfinden. Die Türen können in den Faktoren *Farbe* und *Beschaffenheit* verändert werden, ebenfalls ist eine Veränderung ihrer *Positionierung* im Flur sowie ein Hinzufügen eines *Highlights* durch Scheinwerfer erzeugbar.

Der Faktor *Farbe* ändert das Erscheinungsbild der Türen basierend auf ihrer farblichen Begebenheit. Begründet auf den Farbwirkungen bietet sich die Manipulationsmöglichkeit, mithilfe der psychologischen Wirkungen, Türen attraktiver zu gestalten oder sie weniger attraktiv wirken zu lassen. Zugrunde liegt hier die These, der Nutzer werde von den Farbwirkungen beeinflusst und möglicherweise erfolgt eine Manipulation. Der Faktor *Beschaffenheit* beinhaltet die Größe und die Bauart der Tür. Folglich lässt sich untersuchen, ob Türen mit bestimmten Arten jener Eigenschaften bevorzugt gewählt werden. Bei dem Faktor *Positionierung* bietet sich die Möglichkeit, zu untersuchen, ob eine bestimmte Positionierung im Blickfeld und im Verhältnis zur Nutzerpositionierung eine Manipulationsmöglichkeit darstellt, welcher auf der Aufmerksamkeit und Wahrnehmung basiert. Als letztes untersucht der Faktor *Highlights*, ob eine Hervorhebung von Türen durch Licht den Nutzer in seiner Auswahlentscheidung, verknüpft mit besserer Wahrnehmung, manipuliert.

Um dem Nutzer die Möglichkeit zu bieten, ein immersives Erlebnis zu erfahren, ergibt sich daraus ein genau festgelegtes Sichtfeld. Da die Anwendung auf die Nutzung der virtuellen Realität ausgelegt ist, existiert keine Frage nach der Perspektive. Head-Mounted-Displays (HMD) basieren auf der Egoperspektive, folglich sind sämtliche Anwendungen, die sich an HMDs bedienen, in der Egoperspektive vorhanden[Tsc]. Infolgedessen ist eine klare Festlegung der Dimensionen des Korridors zwingend. Dieser soll die Möglichkeit bieten, sämtliche Türen von der Startposition einsehen zu können, dies aber soweit beschränkt, dass der Nutzer sich nicht in den Dimensionen des Korridors verliert. Sämtliche Objekte, die im Korridor vorhanden sind, einschließlich der Türen und Wände, benötigen aufgrund der Egoperspektive interaktierbare 3D-Modelle, welche ihren Zwecken angepasst erstellt werden. Aufgrund des limitierten Zeitrahmens bedarf es einer Reduzierung der Anzahl von Variationen der einzelnen Faktorelementen sowie der Anzahl an Türen. Zur Gewährleistung der vollständigen Betrachtung der Umgebung ist es dienlich, wenn der Nutzer sämtliche Bereiche des Korridors erreichen kann. Des Weiteren dient eine neutrale Umgebungsgestaltung hinsichtlich Dekorationselementen und Farbwahl aller Objekte neben den

Türen dazu, eine Ablenkung oder ungewollte Manipulation durch Nebeneffekte zu verringern.

3.1.2. Aufbau der Nutzerstudie

Die Nutzerstudie stellt einen wesentlichen Teil der Bearbeitung der Fragestellung dar. Insofern liegt es nahe, zu konkretisieren, welche einzelnen Fragen es in der Studie zu beantworten gilt. Insbesondere befasst sich die Studie damit, ob ein Nutzer durch optische Stimuli in seinen Bewegungsentscheidungen manipuliert werden kann. Die Nutzerstudie soll aus einem begehbaren Korridor bestehen, welcher über sechs Türen als Basisobjekte der optischen Stimuli verfügt. Durch diese Türen wird der erste Faktor, die Beschaffenheit des Objektes, bedient. Die optischen Variationen zwischen der Beschaffenheit der Türen ergibt die erste Unterscheidungsmöglichkeit für die Wahl des Nutzers. Dieser Faktor zeichnet sich durch Beständigkeit aus, da die modelltechnische Beschaffenheit der einzelnen Türen identisch bleibt. Die Beschaffenheit zeichnet sich als eine hohe Komponente des Erscheinungsbildes aus, welches weiterhin durch den Faktor Farbe beeinflusst wird. Folglich besteht eine Notwendigkeit, jeden Faktor einzeln zu untersuchen sowie das Zusammenspiel zwischen den Faktoren. Dies wird dadurch erreicht, dass der Nutzer den Korridor eine festgelegte Anzahl an Durchgängen durchläuft, wobei die einzelnen Durchgänge verschiedene Faktoren abrufen. Die Anzahl an Faktoren beläuft sich auf vier verschiedenen Stimuli, welche eine unterschiedliche Anzahl an Schritten aufweisen. Infolgedessen kann mithilfe einer Auflistung der unterschiedlichen Möglichkeiten erfasst werden, wie viele Durchläufe sinnig erscheinen. Es existieren folgende Kombinationsmöglichkeiten der Faktoren:

Szenario	Beschreibung
Beschaffenheit	Dieser Status wird durch die Existenz der Türen im Korridor erreicht. Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, besitzen die Türen eine unterschiedliche Beschaffenheit, welche durch die Erstellung des 3D-Modells der jeweiligen Tür für diese festgelegt wurde. Um ein realistisches Erscheinungsbild zu erreichen, sind die Türen entsprechend einer gedeckten und häufig auftretenden Farbwahl texturiert. Folglich sind Türen aus dem Material Holz in einer Holzoptik gehalten, um ein passendes Gesamtbild zu erreichen. Aufgrund der sechs Türen lassen sich hier sechs Entscheidungsoptionen vermerken. In diesem Fall kann eine Manipulation des Nutzers durch die Beschaffenheit der Tür erschaffen werden.
Beschaffenheit Farbe	Zusätzlich zu der Beschaffenheit verfügen die Türen in diesem Szenario über eine wechselnde Farbgebung. Diese beruht auf den grundlegenden bunten Farben Rot, Grün, Blau und Gelb mit den entsprechenden Farbwirkungen verknüpft. Sämtliche Farbgebungsoptionen existieren zusätzlich zu der Grundtexturfür die Gesamtheit der Türen. Somit entstehen je Tür fünf Entscheidungsoptionen. Der entstehende Fall untersucht, ob Farbwirkungen den Nutzer manipulieren können und in welcher Relation diese mögliche Manipulation mit der Beschaffenheit steht.
Beschaffenheit Positionierung	Der Korridor verfügt über sechs feste Türpositionen, jedoch sind die Modelle der Türen dort nicht fest integriert sondern austauschbar. Jede Tür bekommt eine Position auf den möglichen Türpositionen zugewiesen. Da es sich um sechs Türen handelt, entstehen somit sechs Entscheidungsmöglichkeiten. Dies dient der Untersuchung der Auswirkung der Positionierung und damit der Wahrnehmung auf den Nutzer.

Beschaffenheit Scheinwerfer	In diesem Szenario entsteht eine mögliche Wahrnehmungsmanipulation durch zwei Scheinwerferlichter. Hierfür werden ihnen zufällig zwei Positionen im Raum zugeordnet. Die Positionierung ist so eingestellt, dass die zugehörigen Türen immer im selben Winkel angeleuchtet werden. Dies ergibt 15 mögliche Kombinationen der Scheinwerfer, jedoch beruht die Hauptuntersuchung darauf, ob eine Tür mit Scheinwerfer eher ausgewählt wird. Somit ergeben sich als zwei Entscheidungsoptionen pro Tür, welche eine Manipulation in Relation zu der Aufmerksamkeit und Wahrnehmung analysieren sollen.
Beschaffenheit Farbe Scheinwerfer	Die Kombination aus den Faktoren Farbgebung und Scheinwerfern soll untersuchen, welche Divergenz zwischen der Hervorhebung durch Scheinwerferlicht in Verbindung mit der Farbänderung zu den Szenarien 2 und 4 vorhanden ist. Auch hier liegt der Fokus nicht auf der Gesamtheit der Kombinationsmöglichkeiten sondern auf der Divergenz der Entscheidungen, die durch eine Kombination der Faktoren erreicht werden könnte.
Beschaffenheit Farbe Positionierung	Bei diesem Szenario werden die Texturierungsunterschiede und die unterschiedliche Positionierung kombiniert, um zu überprüfen, welcher dieser Stimuli den Nutzer eher anspricht. Dies dient der Analyse, ob eine Differenz zu den Mustern der Szenarien 2 und 3 zu erkennen ist. Basierend auf der Zeitlimitierung liegt der Fokus der Entscheidungsoptionen nicht auf allen Kombinationsmöglichkeiten, sondern darauf, einen Kontrast zu eben diesen Szenarien zu finden.
Beschaffenheit Positionierung Scheinwerfer	Jene Kombination dient der näheren Untersuchung, wie die Wahrnehmung und Aufmerksamkeit durch die Positionierung und eine Hervorhebung durch Scheinwerfer beeinflusst wird. Folglich ist ein Vergleich mit den zu erhebenden Daten aus den Szenarien 3 und 4 erstrebenswert und die Anzahl Entscheidungsmöglichkeiten rückt in den Hintergrund.

Beschaffenheit Farbe Positionierung Scheinwerfer	In diesem Szenario wird das Zusammenspiel aller Faktoren untersucht und eine Vergleichsanalyse zu den anderen Szenarien durchgeführt. Weiterhin stellt sich die Frage, ob die Kombination aller Faktoren dazu führt, dass ein bestimmter Faktor in den Entscheidungsvordergrund rückt oder jeder Faktor mit dem selben Entscheidungswert einfließt.
---	---

Tabelle 3.1.: Stimulifaktoren und ihre Kombinatinsmöglichkeiten

Damit die Probanden noch eine bewusste Entscheidung fassen und nicht in ein monotones Auswahlverfahren durch zu viele repetitive Entscheidungen fallen, liegt der Entschluss nahe, die Probanden nur so häufig wie nötig eine Auswahl treffen zu lassen. Aufgrund der acht verschiedenen Möglichkeiten, die Faktoren miteinander zu kombinieren, liegt nahe, eine zweistellige Anzahl an Auswahldurchgängen zu wählen. Da der Korridor über sechs Türen verfügt, wäre es zunächst naheliegend, mindestens 60 Durchgänge durchzuführen. Jedoch ist diese Anzahl zu hoch, um zu garantieren, dass der Nutzer eine bewusste Entscheidung trifft und nicht das Interesse sowie die Aufmerksamkeit verliert. Infolgedessen erschien es sinnvoll, die Anzahl auf 30 Durchgänge zu begrenzen, was jedes Szenario mindestens drei mal aufruft.

Aufgrund der benötigten Hardware testen die Probanden vor Ort, wo sie die gestellten Head-Mounted-Displays und den Zugang zu der Anwendung erhalten. Vor der Durchführung des Tests erfolgt eine kurze Einweisung in ihre Aufgabe, die Funktionsweisen der Türen sowie die Steuerung. Während der Studie werden die Entscheidungen der Probanden mithilfe einer Liste festgehalten. Abschließend erhalten die Probanden einen Onlinezugriff auf eine Umfrage, welche umgehend beantwortet werden soll. Diese reflektiert die Studie und soll dazu dienen, genauere Aussagen über die potenzielle Manipulation treffen zu können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Wirkung der Stimuli einerseits einzeln untersucht wird und andererseits alle möglichen Kombinationen in Relation dazu gestellt werden, um Rückschlüsse auf das Verhalten der Nutzer betreffend ihrer Bewegungsentscheidungen zu ziehen. Diesbezüglich werden die einzelnen Entscheidungen der Nutzer untersucht und mit den Antworten des Fragebogens verglichen, um potenzielle Manipulationswege zu erkennen. Auch gilt es herauszuarbeiten, welche Faktoren in den einzelnen Kombinationen beachtet werden und ob sich ihr

Stellenwert verändert. Die Gesamtheit der Ergebnisse wird ebenfalls betrachtet und in Relation gestellt, um zu analysieren, ob sich grundsätzlich Entscheidungsmuster ableiten lassen.

3.1.3. Erstellung des Fragebogens

Der Fragebogen dient dem Zweck, die Bewegungsentscheidungen der Probanden besser auswerten zu können. Hierzu ist die Beachtung der psychologischen Hintergründe der Stimuli und der menschlichen Entscheidungen wichtig. Die Auswahl optischer Stimuli ist mit der Aufmerksamkeit und der Wahrnehmung verbunden, jedoch auch mit den Grundlagen der Farbwirkungen. Der Fragebogen setzt sich deshalb aus mehreren Themenbereichen zusammen.

Name des Testers Meine Antwort: _____	
Wie alt sind Sie? Meine Antwort: _____	Worauf haben Sie bei Ihrer Auswahl geachtet? ☐ Scheinwerfer ☐ Türdesign ☐ Farbe ☐ Position der Tür im Raum ☐ Türart ☐ nichts, zufällige Auswahl der Tür ☐ Jede Tür mindestens einmal ☐ Größe
Würden Sie sich dem europäischen Kulturkreis zuordnen? ☐ Ja ☐ Nein ☐ Sonstiges: _____	Wurden Sie durch die Scheinwerfer beeinflusst? Meine Antwort: _____
Was ist Ihre Lieblingsfarbe? * ☐ Blau ☐ Rot ☐ Grün ☐ Gelb ☐ Sonstiges: _____	Hat die Größe und Breite der Türen Ihre Auswahl beeinflusst? Meine Antwort: _____

Abbildung 3.1.: Der erste Abschnitt des Fragebogens mit Fragen über allgemeine Informationen und der Farbwirkung(links), der zweite Abschnitt mit Fragen über die Wahrnehmung(rechts)

Der erste Bereich, zu sehen auf der linken Seite der Abbildung 3.1, widmet sich den allgemeinen Informationen, aber auch der *Farbwirkung*. Neben Fragen über das Alter und den Namen des Probanden zielen die Fragen nach der Kulturkreiszuordnung und der Lieblingsfarbe auf die Bereiche *kulturelle Wirkung* und die *Vorlieben* ab. Wie

rechtsseitig in Abbildung 3.1 zu erkennen, beschäftigen sich die Fragen im zweiten Abschnitt mit der *Aufmerksamkeit* und *Wahrnehmung*. Ein wichtiger Punkt bei der Aufmerksamkeit ist die *selektive Aufmerksamkeit*, ergo die Teilmenge der Informationen, die erfasst werden. Um eben die Teilmenge zu analysieren, beschäftigen sich die Fragen mit den Auswahlkriterien, auf welche der Proband geachtet hat. Übergreifend zu den Fragen zu den Entscheidungen an sich, thematisieren die anschließenden Fragen, zu sehen in Abbildung 3.2, die Auswahlkriterien und die Wahrnehmung der Objekte. Abschließend ermitteln die Fragen im letzten Abschnitt charakterliche Eigenschaften des Probanden, ebenfalls in Abbildung 3.2 dargestellt. Jene sollen Rückschlüsse auf weitere Manipulationshintergründe begünstigen.

Welche Tür haben Sie Ihrer Meinung am häufigsten ausgewählt? Meine Antwort _____	Gehen Sie gerne Herausforderungen ein? ☐ Ja ☐ Manchmal ☐ Nein
Wussten Sie in jeder Runde, welche Tür Sie zuvor gewählt hatten? ☐ Ja ☐ Nein	Würden Sie etwas Unbekanntes auswählen, auch, wenn Sie sich davor gruseln? ☐ Ja ☐ Nein
Wie viele Türauswahlen haben Sie sich merken können? Meine Antwort _____	Wenn Sie sich in einer Situation unwohl fühlen, bestreiten Sie diese trotzdem? ☐ Ja ☐ Nein ☐ Nur, wenn ich sehen kann, was auch mich zukommt
War es für Sie entscheidend, wann Sie die Tür gesehen haben? ☐ Ja, ich habe die erste Tür genommen ☐ Ja, ich habe alle Türen erst angeschaut und die erste genommen ☐ Nein ☐ Manchmal	Wollen Sie eine Aufgabe beenden, sobald Sie diese begonnen haben, egal, was kommt? ☐ Ja ☐ Nein
War für Sie entscheidend, welche Funktionsweise die Türen haben? Meine Antwort _____	

Abbildung 3.2.: Links weiterführende Fragen zu den getroffenen Entscheidungen und der Wahrnehmung, rechts der letzte Abschnitt mit Fragen über die charakterlichen Eigenschaften

3.2. Modellerstellung

Nachfolgend werden die designtechnischen Aspekte der Modellerstellung bezüglich aller relevanten Objekte für die Studie beschrieben. Sämtliche Objekte sollen zweck-

mäßig gestaltet werden sowie den Anforderungen der virtuellen Realität entsprechen. Infolgedessen ist es notwendig, alle Objekte an realistische Vorbilder anzulehnen sowie die Interaktionsmöglichkeiten mit ihnen dem normalen Umfeld des Nutzers anzupassen und in jeglicher Hinsicht nachvollziehbar zu gestalten. Insofern besitzen Faktoren wie die passende Größe der Objekte und die Dreidimensionalität aller umgehbaren Objekte einen hohen Stellenwert. Für eine hinreichend realistische virtuelle Welt benötigen die entstehenden Modelle einen relativ hohen Detailgrad. Folglich ergibt sich die Herausforderung, einen maximalen Polycount für den Detailgrad mit einem minimalen Polycount in Hinsicht auf die Performanz der Software zu vereinigen.

3.2.1. Planung

Die Erstellung der benötigten 3D-Modelle fand in dem Programm *Blender 2.80* statt. Basierend auf den bereits gesammelten Erfahrungen in der Arbeit mit Blender und der Varianz an Bearbeitungsoptionen fiel die Wahl auf ebendiese Software. Um eine strukturierte Herangehensweise zu erleichtern, erfolgte die Erstellung einer Assetliste. Diese beinhaltet jedes Asset, ergo die einzelnen Objekte, welche anzufertigen waren. Diese Liste wird nach Prioritäten sortiert und abgearbeitet. Anschließend folgte die Planung der Größenmaße des Korridors, um die Ansprüche und Rahmenbedingungen zu erfüllen. Für eine gute Übersichtlichkeit fiel die Entscheidung, eine symmetrische Anordnung der Türen anzustreben. Dies konnte, da es sich um sechs Türen handelt, einfach gelöst werden. Eine weitere bedeutende Planungsentscheidung waren die genauen Maße des Korridors. Die Rahmenbedingungen geben eine klare Richtlinie, um die Dimensionen umsetzen zu können. Der erste Schritt bestand darin, festzulegen, welche Höhe die Decke und die höchste Tür erhält. Damit eine Illusion des normalen Nutzerumfeldes erzeugt wird, sollte die Deckenhöhe bei drei Metern liegen. Daraus ließ sich die Breite des Korridors ableiten, da eine doppelte Wandhöhe als Breite sinnvoll erschien, so ergaben sich sechs Meter Korridorbreite. Die Länge des Korridors setzte sich aus mehreren Komponenten zusammen, um das passende Erscheinungsbild zu erhalten. An diesem Punkt fiel die Entscheidung, modulare Türpositionen zu erstellen und somit auch den Flur modular zu erstellen. Infolgedessen wurden sogenannte Türstücke festgelegt. Jene Türstücke haben eine festgelegte Höhe und Breite und fungieren als Platzhalter für die Türen. In diesem Platzhalter wird die Tür erstellt und alle Lücken mit

angepassten Wandteilen aufgefüllt. Somit ist es möglich, jede Tür an jede der sechs Positionen zu setzen. Um die Studie erweiterbar zu erhalten sowie eine umfassende Variation an Türen erstellen zu können, fiel die Entscheidung, den Platzhaltern die Maße zwei mal drei Meter zuzuweisen. Folglich können die Türen bis zu drei Meter hoch und zwei Meter breit werden. Somit definiert sich eine Mindestlänge von sechs Metern für den Flur. Jedoch würde dadurch eine Übersichtlichkeit der Türen auf einem Blick nicht erreicht werden. Somit werden reine Wandstücke mit einer Breite von drei Metern zwischen die Türstücke gesetzt. Insgesamt ergeben sich dadurch die Flurmaße von sechs Metern Breite, achtzehn Metern Länge und drei Metern Höhe. Als letzter Schritt der Planung folgte eine Recherche nach Referenzbildern für die Türen, damit diese realitätsgetreu modelliert werden konnten.

Folgende Türen sollten erstellt werden:

- ausladende Schiebetür mit zwei Flügeln aus Holz mit eckigen Verzierungen
- simple, einfarbige Tür ohne Verzierungen mit langer Metallstange als Griff
- Holztür mit Glasfenster und Rundfenster über der Tür sowie mit Metallverzierungen auf beiden Türflügeln
- schmale einfarbige Tür mit Riegelschloss und mit Holz verschlagenem Fenster
- kleine Holztür mit Metallring, optisch an Stalltüren angelehnt
- aus vier Dreiecken bestehende Tür mit speziellem Öffnungsmechanismus

Die unterschiedlichen Verzierungen der Türen sowie die Größendifferenzen sollten als potenzielle Manipulationsoptionen dienen. Weitere Eigenschaften der Türen, wie die mit Brettern verhangene Tür, sollten mögliche Emotionen und Empfindungen mit sich bringen.

3.2.2. 3D-Modellierung

Die in der Konzeptionsphase entstandene Assetliste wurde entsprechend der Prioritäten der Objekte anschließend abgearbeitet. Zuerst entstand die modulare Grundlage für den Korridor, welcher die Größenverhältnisse aufzeigt und Aussparungen an den Türpositionen besitzt. Aufgrund der Tatsache, dass der Korridor nur von innen gesehen und betreten wird, schien es performanztechnisch sinnvoll, die Wände

lediglich aus einzelnen Planes zu erstellen. Anschließend begann die Erstellung der Türen, welche, bedingt durch die Interaktionen des Nutzers, eine dreidimensionale Beschaffenheit benötigten. Die vorangegangene Recherche ergab sechs verschiedene Türreferenzen, welche es umzusetzen galt. Diese wurden nacheinander erstellt und jeweils mittig in die Türstücke positioniert. Nachdem das entsprechende Türmodell fertiggestellt worden war, erfolgte die Platzierung von Planes als Wandstücke, um die Lücken aufzufüllen. In Abbildung 3.3 ist ein Bild des Zwischenstandes zu sehen, bei welchem einige Türen schon die angepassten Wandstücke haben und eine Wand an den Stellen noch Lücken aufweist.

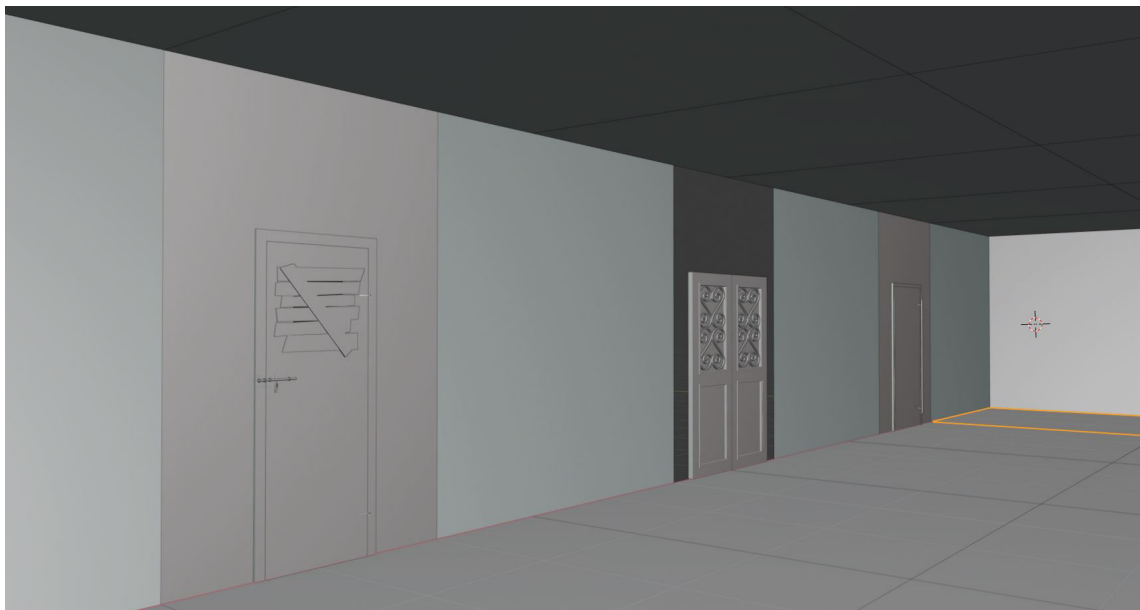


Abbildung 3.3.: Korridor Work in Progress mit Türen in Türpositionen mit und ohne die angepassten Wandabschnitte

Bedingt durch die Anforderung, die Umgebung realitätsgetreu darzustellen, war es notwendig, die Wände exakt aneinander auszurichten. Das *Snapping Tool* half dem Erreichen dieses Ziels. In Blender lässt sich das *Snapping Tool* mit der Tastenkombination „Shift + Tab“ aktivieren. Sobald das Tool aktiviert ist, springen ausgewählte Objekte oder Objektteile an die passenden Objekte in naher Umgebung des Mauszeigers, in Abbildung 3.4 ist dies für das Snappen an Vertices zu sehen. Das erfolgreiche Snappen an passenden Objektteile wird mithilfe eines orangenen Kreises angezeigt und muss durch einen Linksklick bestätigt werden. Welche Objekte als passend qualifiziert sind, wird durch ein Dropdown Menü ausgewählt. Dort existiert neben den Möglichkeiten an Vertices, Edges und Faces zu snappen, auch die

Möglichkeit, an Volumen oder Inkremente des Grids, also in bestimmten Abständen in der Modellierungsumgebung, zu snappen.

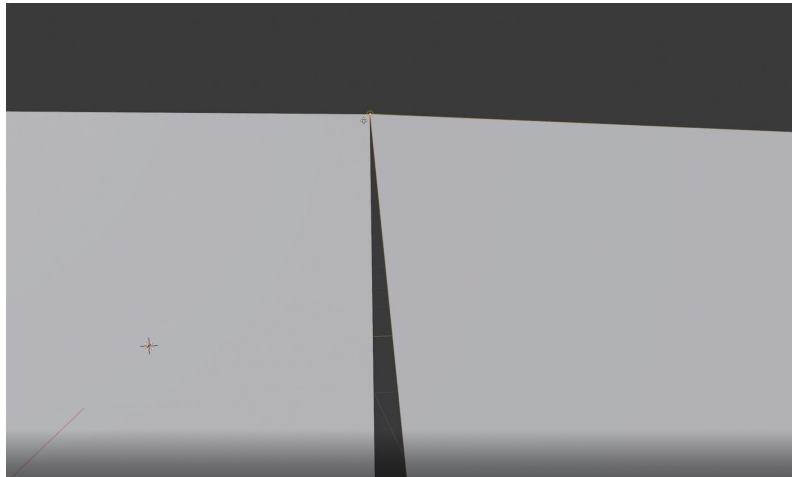


Abbildung 3.4.: Funktionsweise Snapping Tools der Auswahl, Vertices zu snappen

Um den Arbeitsworkflow bei einigen Objekten zu vereinfachen, wurde außerdem der *Mirror Modifier* von Blender verwendet. Dieser Modifier wird über den Modifier-Tab mithilfe des *Add Modifier* Menüs einem Objekt hinzugefügt. In Abbildung 3.5 liegt der Modifier auf dem linken Schiebetürflügel. Da beide Türflügel über eine identische Beschaffenheit verfügen sollten, bot sich die Nutzung des Modifiers als sinnvoll an. Anschließend erfolgte die Bestimmung der Spiegelachse, welche, wie in Abbildung 3.5 ganz rechts zu erkennen ist, die x-Achse der Achsenzuordnung Blenders war. Der Modifier bietet die Option, bis zu drei Spiegelachsen auszuwählen, damit auch komplexe aber symmetrische Objekte erstellbar sind. Desweiteren gibt es achsenbezogen noch weitere Einstellungen, diese besitzen jedoch keine Bedeutung für die Erstellung der Türen. In dem Einstellungsabschnitt „Options“ existieren die Möglichkeiten, das entstehende Spiegelobjekt mit seinem Vorbild zu mergen oder clippen, um beide Objekte zu einem Mesh zu vereinigen. Weil die Türflügel separiert voneinander beweglich sein sollten, waren auch diese Optionen nicht nötig.

3.3. Texturerstellung

Die Texturen der Türen besitzen eine hohe Priorität aufgrund ihrer Funktion als optisches Stimuli und der Manipulationsmöglichkeit mithilfe der Farbwirkungen.

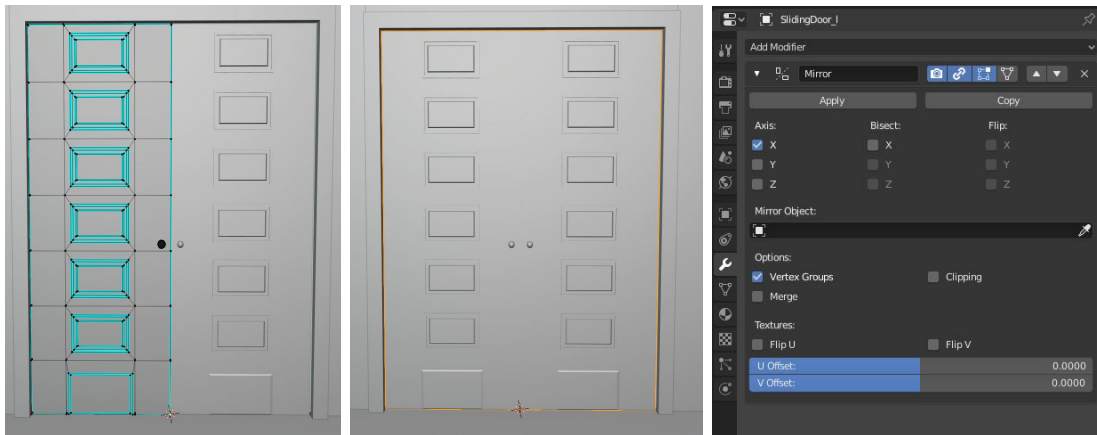


Abbildung 3.5.: Mirror Modifier am Beispiel der Schiebetür, links der Effekt auf die Tür und rechts der Modifier Tab

Infolgedessen benötigen diese einen hohen Detailgrad, welcher ebenfalls durch die Nutzung in der virtuellen Realität bedingt wird. Damit Texturen in einem Programm erstellt werden können, ist es sinnvoll, die Modelle als .obj oder .fbx Datei abzuspeichern. In diesem Fall erschien die Wahl der .fbx Datei praktischer, da hier auch Animationen gespeichert werden.

3.3.1. UV-Unwrapping

Damit die Texturen der Modelle entstehen konnten, benötigte es ein UV-Unwrapping der Modelle. Hierbei handelt es sich um das Erstellen einer *UV-Map*, welche die Texturpunkte des Modells enthalten kann. Bedingt durch die individuelle Texturierung der Türen, verlief die Erstellung der UV-Map reibungslos und ohne großen Zeitaufwand. Für die Wände des Korridors sowie die individuellen Wandteile neben den Türen schien eine händische Ausrichtung von Nöten. Basierend auf der Anzahl an einzelnen UV-Shells für die Wandtextur, wird eine Anordnung benötigt, bei welcher die Wandtexturübergänge nicht verdreht oder fehlpositioniert waren.

3.3.2. Farbplanung

Bei der Farbplanung spielte einerseits die Nachvollziehbarkeit und Normalität des Umfelds für den Nutzer als auch die psychologisch basierte Manipulationsmöglichkeit

eine Rolle. Um eine natürliche Optik für die Türen zu gestalten, half einerseits die vorausgehende Recherche, welche ebenfalls Referenzen für die Texturierung brachte. Eine verhältnismäßig schlicht gehaltene Farbwahl kombiniert mit kleinen Akzenten entsprach dem angestrebten Ziel. Infolgedessen erschien die Wahl sinnvoll, einen ausgeprägteren Kontrast bei den gefärbten Türen zu suchen. Daraufhin folgte die Entscheidung, den Großteil der jeweiligen Tür einfarbig zu gestalten. Zusätzlich zu den Farbwirkungen spielte der möglichst ausgeprägte Kontrast eine Rolle. Verschiedene Nuancen einer Farbe besitzen unterschiedliche Wirkungen, welche jedoch nicht so konträr zu denen verschiedener Farben sind, da sie meist unter einem Empfindungsbereich zusammengefasst werden können. Die zusätzliche Vielschichtigkeit, welche durch verschiedene Farbtönen erreicht werden würde, bringt einen Aufwand mit sich, welcher nicht im Rahmen der Arbeit geleistet werden könnte. Somit war es empfehlenswert, den Fokus auf die Grundfarben zu legen. Folglich ergaben sich die Farben *Grün*, *Blau*, *Gelb* und *Rot*. Die Recherche zu den Farbwirkungen dieser Farben lieferte nutzbare Informationen für die potenzielle Manipulationsoption.

Rot verfügt über konträre Farbwirkungen, welche jedoch hauptsächlich mit dem Thema Leidenschaft verbunden sind. Die bekannteren Wirkungen der Farbe sind Emotionen wie *Wut* und *Liebe* sowie die Symbolik verbunden mit *Feuer*. Weiterhin dient Rot ebenfalls als biologische Überlebenshilfe, da es einerseits als sehr auffällige Farbe und als Warnung dient, andererseits eine unwillkürliche Orientierungsreaktion auslöst.[WL12, S. 56ff]

Hingegen symbolisiert die Farbe *Blau* Ruhe und Sicherheit, verbunden mit einer Distanzillusion. Erzeugt wird die Distanzillusion durch visuelle Begebenheiten, da alle Objekte in der Entfernung bläulich wirken, gleichermaßen erzielt die Symbolik der *Kälte* ebenfalls eine Distanz.[WL12, S. 66ff]

Gelb und *Grün* sind die beiden Farben, welche über vielschichtige und oppositäre Wirkungen verfügen. Eine der gängigsten Verknüpfungen mit Gelb beschreibt die Emotion Fröhlichkeit und die Verbindung mit Wärme. Dies basiert auf der Verbindung von Gelb mit der Sonne und der einhergehenden biologischen Reaktion auf Sonnenlicht. Je weniger Sonnenstunden an einem Tag zu verzeichnen sind, was besonders im Winter der Fall ist, desto wahrscheinlicher befindet sich der Mensch in einem depressiven Stimmungsbild[DBPvA, S. 666]. Negative Verknüpfungen mit Gelb hingegen existieren hinsichtlich der Begriffe *Neid*, *Unruhe* und *Achtung*. Die Assoziation mit Neid basiert auf einem alten Glauben, Ärger säße in der Galle, da

Individuen, welche sich häufig ärgern, gallenkrank werden und zu Gelbsucht neigen. Die Verknüpfung mit der Achtsamkeit basiert auf der Nutzung von Gelb als internationale Warnfarbe, aufgrund ihrer optimalen Fernwirkung mit sehr aufdringlicher Nahwirkung, und den Gelb-Schwarzen Markierungen auf radioaktiven oder giftigen Stoffe.[WL12, S. 72ff]

Gift und *Verdorbenes* existieren ebenfalls als Farbwirkungen für *Grün*. Naheliegend ist in diesem Fall die Assoziation mit Schimmel für *Verdorbenes*. Neben der häufigen Darstellung von Gift als grüne Flüssigkeiten, basiert die Verbindung mit dem Begriff auf der ehemaligen Herstellung des schönsten Grüns. Jenes wurde aus Kupfergrünspan durch das Lösen in Arsen gewonnen. Eine positive Symbolik von Grün beinhaltet die Assoziation mit *Jugend/Frische*, wie der Verbindung mit grünen Knospen zu entnehmen ist, und *Ruhe*. Infolgedessen besitzen die ausgewählten Farben variierende Farbwirkungen, welche auch konträre Reaktionen ausrufen können. Unter Berücksichtigung der verschobenen Farbwirkungen, welche bei Farbkombinationen auftreten können, fiel die Wahl der Wand und Dekorationsfarbpalette auf gedeckte Kolorierung. Infolgedessen besteht die Möglichkeit, dass die Aufmerksamkeit nicht auf andere Objekte schwenkt oder Farbmuster diese ebenfalls umlenken und somit die Studie durch falsch beeinflusste Auswahlen verfälschen.[WL12, S. 62ff]

3.3.3. Texturierung

Substance Painter bot die geeignete Software für die Texturerstellung, bedingt durch die verschiedenen nutzbaren Standardmaterialien sowie die umfangreichen Einstellungsoptionen für realistische Texturgestaltungen. Auch lassen sich einige Größenverhältnisse und Auflösungsoptionen einstellen, wodurch die Detailstufe eingehalten werden kann. Des weiteren vereinfachte die bereits gesammelte Erfahrung die Handhabung und Arbeit mit dem Programm.

Das Texturieren der einzelnen Objekte erfolgte in einer Datei mit unterschiedlichen UV-Maps der einzelnen Objekte im Korridor. Somit wurde der gesamte Korridor inklusive Inhalt im Programm dargestellt und die Wirkung der Farbwahl war direkt ersichtlich. Infolgedessen gestaltete sich die Abstimmung der Wandtexturen mit jenen der Dekorationselementen sowie das Erreichen eines stimmigen Gesamteindrucks der jeweiligen Farben einfacher. Im Allgemeinen erreichte die Verwendung der Standardmaterialien entsprechend der Referenzen mit individuellen Änderungen,

wie das Nutzen eines anderen Farbcodes, das angestrebte Ziel. Zuerst erfolgte das Texturieren des Korridors für die allgemeine Ansicht, welche der Nutzer als bekannt einstufen soll. Dies beinhaltete die vollständige Texturierung der Wände mit einer zementähnlichen Textur in Grau, sowie den Referenzen ähnelnde Türtexturen, welche in Abbildung 3.6 zu sehen sind. Anschließend brachte die Veränderung des Farbcodes die effizienteste Erstellung der farbigen Türen. Der entsprechende Farbcode einer Farbe wurde für alle Türen verwendet, um einen universellen Farbton zu erhalten und die verschiedenen Farbwirkungen durch Farbnuancen zu minimieren.



Abbildung 3.6.: Der Flur mit Grundtextur

4. Implementierung

Das folgende Kapitel dient der Erläuterung der konkreten Umsetzung der Software hinsichtlich der Implementierung der im vorausgehenden Kapitel thematisierten Assets und der Programmierung der einzelnen Funktionen. Entsprechend erfolgt eine Erörterung der Objekteinbindung sowie der Einbindung der Nutzerinteraktionen wie Steuerung und Objektinteraktionen. Somit befasst sich das erste Kapitel mit der Wahl der Entwicklungseengine und den technischen Vorbereitungen. Anschließend beschreibt das nächste Kapitel die Umsetzung und Gestaltung der einzelnen Szenen inklusive der Objekteinbindung. Das nachfolgende Kapitel thematisiert die Einbindung und Einstellung der Steuerung des Nutzers sowie die Interaktionsmöglichkeiten mit den vorher implementierten Modellen. Abschließend werden die weiteren, programmiertechnischen Inhalte beschrieben, welche für die Mindestanforderung benötigt werden.

4.1. Auswahl Entwicklungseengine und Vorbereitung

Grundsätzlich ist bei der Spieleentwicklung die Verwendung einer Game Engine vorzufinden[Pay17]. Entsprechend der weiten Verbreitung, bot sich die Nutzung einer Game Engine bei der Entwicklung der angestrebten Software an. Die *Unity Engine* verfügt über eine hohe Popularität bei angehenden Spieleentwicklern. Dies basiert vor allem auf der kostenlosen Nutzbarkeit für den privaten Gebrauch und einer großen Varianz an unterstützten Betriebssystemen[Tec19a]. Hinzu kommt die Möglichkeit, mithilfe Unitys Programme zu entwickeln, welche über virtuelle Realitäten verfügen. Im Allgemeinen ähnelt die Benutzeroberfläche der bekannter 3D-Modellierungsprogrammen, wodurch die Steuerung intuitiv benutzt werden kann. Damit die Arbeit übersichtlich und strukturiert von Statten laufen kann, wurde eine Ordnerstruktur erstellt. Diese beinhaltet, wie in Abbildung 4.1 zu sehen, für jeden Bereich der Objekte des Projekts einen Ordner. In den Ordner *Assets* werden alle Ressourcen für das Projekt geladen. Alle Assets des Korridors sind im gleichnamigen

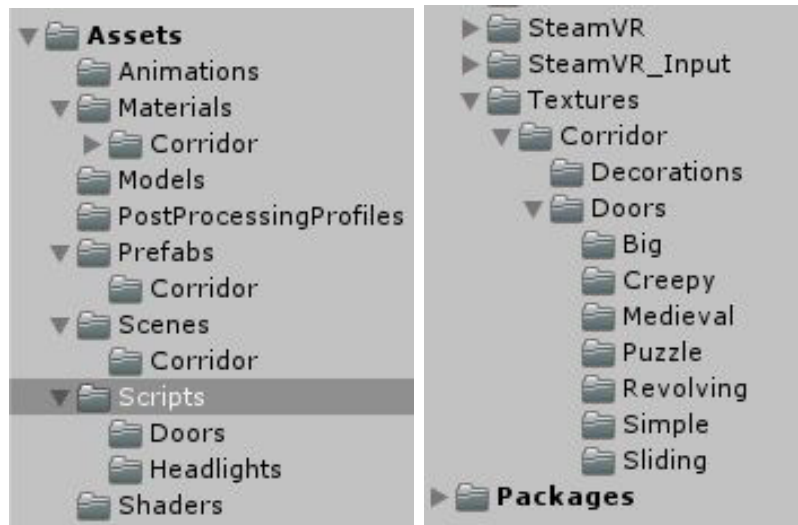


Abbildung 4.1.: Die Ordnerstruktur aller Inhalte des Unityprojekts

Ordner *Models* vorzufinden. Die Speicherung der Materialien und Texturen erfolgt in den jeweiligen Ordnern, hier benötigte es jedoch eine weitere Kategorisierung. Neben dem *Decorations* Ordner, in welchem alle Texturen bis die der Türen, Wände und des Bodens gespeichert werden, existieren in dem Verzeichnis *Doors* eigene Ordner für die entsprechenden Türen. Jene Strukturierung vereinfacht die Zuordnung der Texturen zu den Materialien und jene zu den Modellen. Der Abschnitt *Scripts* verfügt über die während des Projekts geschriebenen Skripte. Hier erfolgt eine weitere Unterteilung in *Doors*, *Headlights* und den Skripten, die im übergeordneten Ordner liegen. Aufgrund einer ähnlichen Benennung sowie einer hohen Anzahl an Skripten, gestaltete es sich angenehmer, einzelne Bereiche zu separieren.

4.2. Szenenerstellung und Objekteinbindung

Aufgrund der Nutzung eines Raumes als Korridor und der Möglichkeit, die jeweils aktuelle Szene uneingeschränkt neu zu laden, dient die Erstellung einer Szene dem Zweck hinreichend. Jene Szene benötigte jedoch alle Objekte und Kombinationsmöglichkeiten der Faktoren, um die gewünschten Tests ausführen zu können.

Zuerst erfolgte der Import des Korridor-Assets, welches alle benötigten Modelle beinhaltet. Durch *Drag and Drop*, dem Ziehen der .fbx Datei in den Asset Ordner, war dies einfach zu bewerkstelligen. Nachdem auf selbige Art und Weise alle Texturen

in den entsprechenden Ordner hinzugefügt worden waren, begann die Erstellung der Szene. Anschließend erfolgte das Platzieren des Korridorassets in der neu erstellten Szene *Corridor*. Durch das Hineinziehen des Assets in die Szenenansicht findet die Platzierung statt, die genauen Koordinaten können anschließend im Inspektor eingegeben werden. Um den einzelnen Objekten ihre Texturen zuweisen zu können, müssen die Bilddateien entweder über den Inspektor hinzugefügt werden oder als Materialien zusammengefügt auf die Objekte gezogen werden. Infolge der Anzahl an einzelnen Texturen für die Türen erschien es effizienter, die Materialien zuerst zu erstellen und sie nachfolgend auf die Objekte zu ziehen. Hierbei mussten je nach Verwendung unterschiedliche Texturkanäle benutzt werden, Lampen benötigen beispielsweise eine *Emission Map*, um die leuchtenden Stellen zu kennzeichnen. Aufgrund der Möglichkeit, einfach Veränderungen an Prefabs vorzunehmen, sollte der Korridor sowie die einzelnen Türen sollten als eigene Prefabs gespeichert werden. Bedingt durch anstehende Modifikationen zeigte sich die einfache Veränderbarkeit als nützlich.

Um die Anforderungen der Veränderbarkeit der optischen Stimuli zu gewährleisten, benötigte es das Hinzufügen weiterer Objekte. Damit die Türen zwischen den Positionen wechseln können, ist eine Zuweisung erforderlich, was als Position anzuerkennen ist. Dies erfolgt über *Empty*s, sozusagen leere GameObjects mit Positionsinformationen, die an jeweils einer Ecke der Türücken platziert wurden und in der Szenenhierarchie den einzelnen Türen übergeordnet sind. Eine Ansprache und Kategorisierung der *Empty*s über den Code ist möglich und dient dem Positionswechsel. Dieses Konzept findet ebenfalls Anwendung bei den Scheinwerfern, da jede Scheinwerferposition ebenfalls über ein solches leeres GameObject erfolgt. Die Ermittlung der richtigen Positionierung für die Scheinwerfer qualifizierte sich als notwendig. Hierfür wurde nach der vorläufigen Positionierung der *Empty*s, etwa mittig zu den jeweiligen Türpositionen, ein Scheinwerferobjekt der Szene hinzugefügt. Um eine entsprechende Nutzung der Positionen zu erreichen, war es notwendig, die Scheinwerferobjekte in der Szenenhierarchie unter den Positionsempyts anzuordnen. Dadurch bedingt erfolgt die Rotation und Ausrichtung der Scheinwerfer über die Koordinaten jener *Empty*s, welche so rotiert und bewegt wurden, dass der Lichtkegel mittig auf die Tür fiel. Als nächstes fielen die Lichteinstellungen an, die Faktoren *Intensität*, *Entfernung* und *Scheinwerferradius* bedurften Anpassungen. Da der Korridor symmetrisch ist, genügte es, die Scheinwerferpositionen einseitig zu ermitteln

und zu spiegeln. Ebenfalls reichte das Duplizieren der Lichtquelle, um eine zweite, identische Lichtquelle zu erhalten.

4.3. Steuerung

Aufgrund der Umsetzung als virtuelle Realität benötigte die Anwendung eine Einbindung des VR-Systems und entsprechenden Interaktionsmethoden. Die nachfolgenden Abschnitte dienen der detaillierten Erläuterung einiger Funktionen und Einstellungen dieses Systems. Teilweise wurden die im SteamVR-Plugin zur Verfügung stehenden Skripts überarbeitet und den eigenen Zwecken angepasst, um eine Erweiterbarkeit und Anpassbarkeit zu gewährleisten.

4.3.1. Grundlegende Elemente des Systems

Die Controller ermöglichen die Interaktionen des Nutzers mit der virtuellen Umgebung. Um diese effizienter zu gestalten, benötigen beide Controller sowohl einen *RigidBody* als auch einen *BoxController*. Der einschaltbare Parameter *Is Kinematic* des *RigidBody*s dient dem Zweck, dass ein Objekt nur noch durch die *Transform*-Komponente physikalische Beeinflussungen erfährt[Sei15, S. 210]. Damit die Controller Signale ausgeben, wenn sie mit anderen Objekten kollidieren, erhält der *BoxCollider* den Parameter *Is Trigger*. Allgemein kann der Nutzer sich in der Umgebung mithilfe eines Teleports bewegen. Hierzu benötigt es eine Teleport Area, welche die begehbare Fläche definiert, und des *Teleporting Prefabs*. Nachdem eine Plane mit entsprechenden Maßen mittels der *Teleport Area* Komponente in eine solche formatiert wurde, kann das Teleporting Prefab in die Szene gezogen werden und ermöglicht die Nutzereingaben.

4.3.2. Interaktion Türen

Die Interaktionen mit den Türen variieren, bedingt durch ihr Erscheinungsbild, in der Durchführungsweise. Somit lassen sich einige Türen aufschieben, andere lassen sich durch das Aktivieren einer Animation öffnen und weitere benötigen eine ausführliche Interaktion. Jegliche Türen benötigen somit einen Trigger, welcher die

gewünschten Aktionen ausruft und ein jeweiliges Skript, welches dem *Door Manager* mitteilt, dass eine Tür geöffnet wurde und somit den Szenenwechsel initiiert. Darüber hinaus ist die Verwendung von *Fixed Joints* sinnvoll, um Objekte voneinander abhängig zu bewegen.

Die einzelnen Türen lassen sich, wie in Tabelle 4.1 beschrieben, auf unterschiedliche Arten öffnen. Die *Big Door* verfügt auf beiden Türflügeln über einen Collider, welcher mithilfe eines Skripts abgerufen wird. Sobald ein anderes Objekt mit diesem Collider zusammen stößt, erfolgt eine Überprüfung, ob dieses der Spieler ist. Wenn der Spieler mit der Tür kollidiert ist, wird diese als offen angesehen und aktiviert den Szenenwechsel. Die Türen *Medieval Door* und *Simple Door* verfügen über ein *Circular Drive* Objekt, welches die Öffnungsbewegung der Tür festlegt. Ein *GrabPoint* wird definiert, an dem der Nutzer die Tür anfassen und entsprechend öffnen kann, weiterhin erfolgt die Festlegung des Winkelbereichs, in welchem die Tür bewegt werden kann. Wenn der maximale Winkel erreicht ist, aktiviert sich das entsprechende Skript und die Tür erhält den Status „offen“. Das Skript *SlidingDoor-Behaviour* definiert die Bedingung, wann die Schiebetür als offen gilt. Die einzelnen Türflügel verfügen über einen Wert, welcher von ihrer Position abhängt und über ein *Linear Drive Script* definiert wird. Als offen gilt die Tür, sobald ein Türflügel die Endposition erreicht hat oder der Abstand zwischen den beiden Flügeln eine bestimmte Entfernung erreicht hat. Um dies zu erreichen, dient die Verwendung eines *Threshold*, welcher den maximalen Abstand definiert, bei welchem die Tür als geschlossen gilt. Wie in Listing 4.1 zu erkennen, werden die Positionswerte der einzelnen Türflügel addiert, um alle Öffnungsvarianten zu berücksichtigen, mit dem Threshold verglichen und wenn dieser geringer ist als der Türflügelabstand, die Tür aber trotzdem als geschlossen gilt, erhält die Tür den Status „offen“.

Aufgrund des limitierten Zeitumfangs war es nicht möglich, die *Evolving Door* und die *Creepy Door* für die vollständige Interaktion des Nutzers einzurichten. Infolgedessen fiel die Entscheidung, die aufwändigen Öffnungsmechanismen durch Animationen zu bewältigen, welche nach entsprechenden Interaktionen abgespielt werden sollten. Hierfür benötigten die Tür-Prefabs einen Animator, zu sehen in Abbildung 4.2, in welchem die Definition stattfindet, zu welchem Zeitpunkt die Animation starten soll. Dieser kann über die Methode *GetComponent<Animator>* abgerufen und ausgelesen werden. Die *Evolving Door* arbeitet mit einem Collider als Trigger, sobald der Nutzer diesen berührt, erfolgt das Abspielen der Animation und der somit verbundene Szenenwechsel. Die *Creepy Door* benötigt eine spezifischere Interaktion,

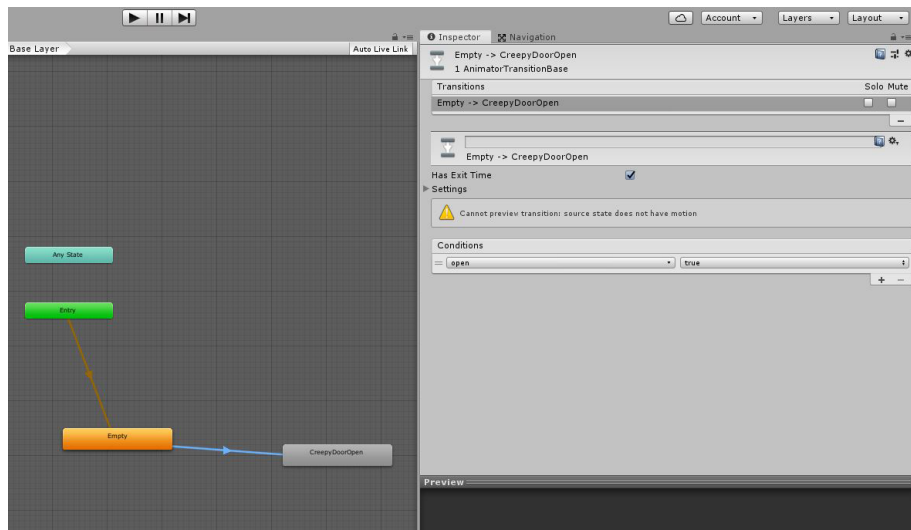


Abbildung 4.2.: Animator der Creepy Door und Inspector Einstellungen

das Öffnen erfolgt über das Drehen und Schieben des Riegels. Um das Schieben zu ermöglichen, benötigt es einen *GrabPoint* sowie *Start- und Endtransforms*. Neben dem *Interactable Script*, welches Eigenschaften der Nutzerinteraktion mit dem Objekt definiert, dient das *Circular Drive Script* dazu, die mögliche Drehbewegung des Riegels zu definieren. Nachdem dieser den maximalen Drehwinkel erreicht hat, wird das *Linear Drive Script* aktiviert und der Hebel lässt sich horizontal bewegen. Den Anfangs- und Endpunkt bestimmen die Koordinaten der Start- und Endtransforms. Sobald der Riegel sich am Endpunkt befindet, wird das Skript *CreepyDoorBehaviour* aufgerufen, welches der Tür den Status „offen“ gibt.

Listing 4.1: Sliding Door Code zum Bestimmen des maximalen Abstands

```

1 private void HandleDoorSlide() {
2     //checking, if Positionrange is bigger than Threshold
3     //and door is closed, positions are added, because
4     //one door could be opened or both
5     if(leftPosition + rightPosition > openThreshold && closed)
6     {     //door cant be closed
7         closed = false;
8         DoorOpen(); }
9 }

```

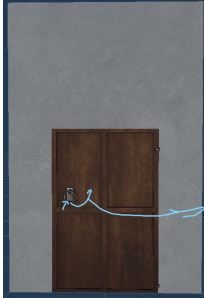
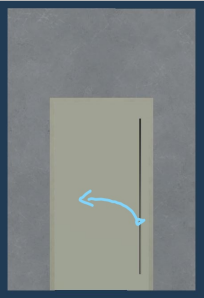
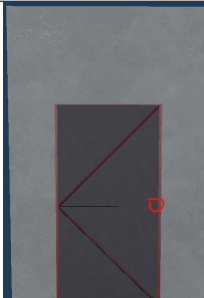
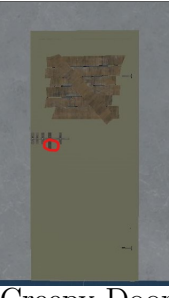
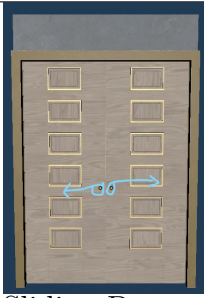
Tür	Öffnungsweise	Tür	Öffnungsweise
 Big Door	Der Nutzer bewegt den Kopf durch die Tür und sie schwingt auf.	 Medieval Door	Der Nutzer greift den Metallring und zieht die Tür auf.
 Simple Door	Durch das Drücken gegen die Metallstange öffnet sich die Tür.	 Evolving Door	Der Nutzer bewegt seinen Kopf zu dem Trigger, welcher sich an der rechten Seite mittig befindet. Daraufhin spielt eine Animation ab.
 Creepy Door	Der Riegel muss nach oben gezogen und danach nach rechts geschoben werden, damit sich die Animation aktiviert.	 Sliding Door	Beide Türgriffe können in Richtung des Türrahmens geschoben werden, bis sie den eingestellten Abstand erreichen.

Tabelle 4.1.: Türen mit Öffnungsweise

4.4. Weitere Programmierungsaspekte

Weiterhin benötigte es noch weitere Funktionsweisen, damit die Software den Rahmenbedingungen entspricht. Hierunter fallen vor allem *Szenenwechsel* und die Funktionen für die Faktorenwechsel wie *Positions-* und *Materialwechsel*.

4.4.1. Szenenwechsel

Ein Szenenwechsel kann in Unity auf unterschiedliche Weisen erzielt werden. Jedoch unterscheiden sich hierbei die Funktionsweisen der Möglichkeiten sehr. Einerseits existiert die Variante, den Szenenwechsel über verschiedene Szeneninstanzen zu erreichen. In Kombination mit Teleportationspunkten, welche in den Türdurchgängen positioniert und nach dem Öffnen der Türen aktiviert werden, erfolgt der Wechsel von einer Szene in eine andere. Da die Szenen bei dieser Variante eine unterschiedliche Nummerierung benötigen, besteht die Notwendigkeit der Nutzung einer weiteren Szene. Dies setzt einen unnötigen Arbeitsaufwand durch die Platzierung der Teleportationspunkte sowie der Erstellung einer Zwischenszene voraus, welcher durch eine andere Wechselvariante umgangen werden kann.

Andererseits ist es möglich, die aktuelle Szene neu zu laden, wofür das Skript *SceneLoader* zuständig ist. Zuerst erfolgt das erneute Laden der Szene durch die *LoadScene* Methode. Der *SceneManager* ist eine Klasse Unitys, welche das Szenenmanagement während der Laufzeit händelt. Um ein vollständiges Laden der Szene reibungslos zu gewährleisten, erfolgt ein asynchrones Laden und Schließen dieser. Infolgedessen ließ sich die Szene durch das Aktivieren der Türtrigger neu laden, jedoch war es nicht möglich, den Szenenwechsel ein weiteres mal zu aktivieren. Nach der Nutzung von Debug-Meldungen erfolgte die Erkenntnis, dass die Trigger beim Neuladen bereits den aktivierten Status erhielten. Dieses Problem ist durch die Nutzung einer *boolean*-Abfrage lösbar, während des Szenenwechsels ist dieser wahr, sobald der Szenenwechsel erfolgte, wird er auf *false* gesetzt.

4.4.2. Faktorenwechsel Türen und Scheinwerfer

Die Rahmenbedingungen bestimmen einen Wechsel der einzelnen Faktoren, um die Relevanz ihrer Manipulationsfähigkeit zu prüfen. Um alle benötigten Funktionen zu kombinieren, entstanden skriptübergreifende Verbindungen. Diese sind in Abbildung 4.3 zu sehen. Die höchste Instanz bilden die sogenannten Manager Skripte, *Door Manager*, *Headlights Manager* und *Script Manager*. Das Script Manager Skript verwaltet die Kombinationsszenarien und ihre Counter für die Auswertung sowie den seed-Wert des Pseudozufalls, indem die entsprechenden Methoden aus den anderen Manager Skripten ausgelesen werden, infolgedessen steht es über den beiden anderen Managerskripten. Die beiden anderen Skripte rufen die Skripte der entsprechenden

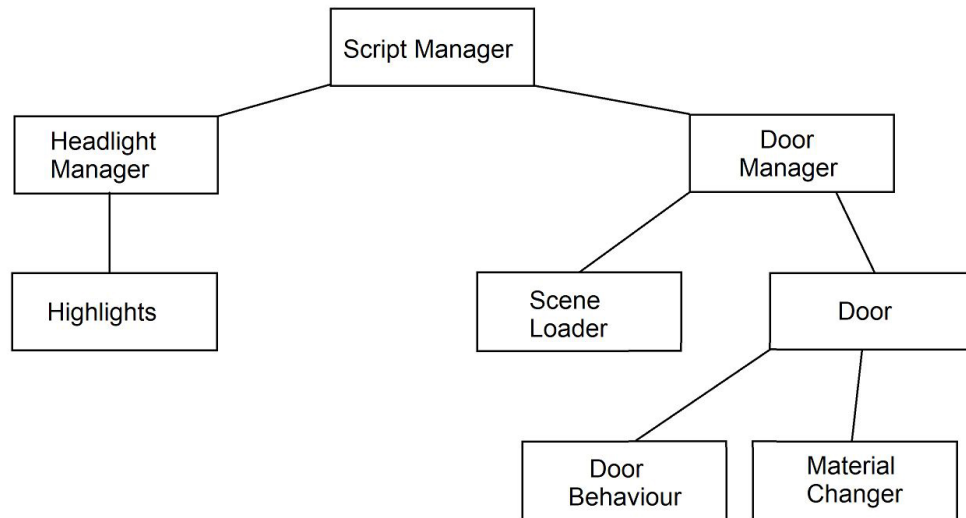


Abbildung 4.3.: Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen den Klassen

Wechsel auf, wie beispielsweise den Positionswechsel. Ein jeweiliges *Serialized Field*, welches dazu dient, die Variable einerseits in anderen Skripts ansprechbar zu machen und andererseits eine Speicherung und Ladbarkeit zu garantieren, verwaltet die Objekte und deren entsprechenden Positionen. Das *Door Manager* Skript verfügt somit über die einzelnen Türen und weist diese den Türpositionen, welche ebenfalls in einem Serialized Field vorliegen, zu. Die untergeordneten Skripts *Headlight*, *Door* und *Scene Loader* dienen dazu, den Szenenwechsel sowie die Positions- und Verhaltensskripts zu ermöglichen. Zuletzt definieren die Skripts *Door Behaviour* und *Material Changer* einerseits im Material Changer Skript eine Liste an Materialien und andererseits im Door Behaviour Skript das Event der offenen Tür.

Materialwechsel Türen

Wie im vorherigen Abschnitt erklärt, dienen vor allem die Skripts Material Changer, Door und Door Manager. Das Door Manager Skript ruft über eine weitere *foreach-Schleife* den Texturwechsel für jede Tür auf. Über ein Serialized Field definiert das Material Changer Skript die austauschbaren Texturen für die jeweiligen Türobjekte durch ein Hinzufügen dieser Komponente zu den einzelnen Türbestandteilen, hierbei wird jedem Material eine Zahl zugewiesen. Über den Code im Door Skript erfolgt

die zufällige Zuordnung der Materialien des Material Changer Fields, zu sehen in Listing 4.2. Die Zuweisung der Materialienanzahl als indices ist notwendig, da die Anzahl ganzzahlig und absolut, also bei der Zahl 1 beginnend ist, und Integer-Werte bei 0 beginnen. Die *for-Schleife* ermöglicht, dass das aktuelle Material nicht in der nachfolgenden Runde gezogen wird. Schlussendlich erfolgt das bestimmen einer zufälligen Zahl zwischen 0 und der angepassten Anzahl der Materialien. Alle Türbestandteile erhalten anschließend das zu der Zahl gehörende Material.

Listing 4.2: Materialzuweisung aller Türbestandteile

```
1 public void ChangeDoorMaterials ()
2 {
3     //to get a range from 0 to max Material count
4     var indices = new int[numMaterials];
5     //change materials if i smaller than numb of materials -1
6     for (int i = 0, j = 0; i < indices.Length; i++)
7     {
8         //if current material is chosen, get another
9         indices[i] = j++;
10    }
11    var r = Random.Range(0, indices.Length);
12    foreach (var materialChanger in materialChangers)
13        materialChanger.ChangeMaterial(indices[r]);
14 }
```

Positionswechsel Objekte

Die Funktionsweise der Positionswechsel der Türen und Scheinwerfer ist identisch. Die Skripte *Headlight* und *Door* definieren, dass die Slots *Transform*-Komponenten sind. In *Door Manager* und *Headlight Manager* erfolgt die zufällige Auswahl der Positionslots, welche über den Inspector dem entsprechendem Skript hinzugefügt werden können. Dies erfolgt über ein SerializedField, hierbei existiert ein Feld für die Positionstransforms und eins für die Türen oder Scheinwerfer. Jedes Objekt in der Tür-/Scheinwerferliste bekommt eine dieser Positionen zugewiesen, woraufhin diese aus der Liste entfernt wird, um keine Positionen doppelt zu vergeben.

Listing 4.3: Positionszuweisung der Scheinwerfer und Türen, Beispiel des Türcodes

```
1  var list = new List<Transform>();
2      list.AddRange(doorSlots);
3
4      foreach (var door in doors)
5      {
6          //i is defiened between zero and the objects within list
7          var i = Random.Range(0, list.Count);
8          door.ChangePosition(list[i]);
9          list.RemoveAt(i);
10     }
```

Kombinationsszenarien

Das Skript *Script Manager* ruft die einzelnen Kombinationsszenarien zufällig auf. Dazu erfolgt die Nutzung der Methoden, in welchen die Komponenten entsprechend aufgerufen werden. Ein Beispiel für die Methode, in welcher alle Faktoren aufgerufen werden, ist in Listing 4.4 zu sehen. Eine zufällige Auswahl der acht Methoden erfolgt über das Ziehen eines *randomValue* mithilfe einer *if-else-Verzweigung*. Über die *if-else* Anweisungen werden die Methoden mit bestimmten *float-Werten* verglichen, welche zwischen 0 und 1 liegen.

Listing 4.4: Methode, die alle Faktoren aufruft

```
1  void ChangeAll()
2  {
3      GetComponent<DoorManager>().ChangeDoorMaterials();
4      GetComponent<HeadlightsManager>().
5      ShuffleHeadlightPositions();
6      GetComponent<DoorManager>().ShuffleDoorPositions();
7      GetComponent<HeadlightsManager>().HeadlightsOn();
8  }
```



Abbildung 4.4.: Seed-Werte von links nach rechts: 30,42,15,25

4.4.3. Pseudozufall

Der Pseudozufall kann mithilfe des seed-Wertes erreicht werden. Damit der seed-Wert die entsprechende Zahlenfolge mit jedem Neuladen der Szene weiterhin abgearbeitet werden kann, muss eine globale Definition des Wertes vorliegen. Wenn diese nicht global vorliegt, startet die Kombinationsvergabe von vorne und alle Kombinationen wären bei jeder Aktualisierung identisch. Somit befindet sich die Vergabe des seed-Wertes im *ScriptManager*. Um den Wert beim Start zu definieren, erfolgt erst die Zuweisung des boolean-Wertes *false*. In der *Awake*-Methode existiert eine if-Anweisung, die bei einem nicht definiertem seed-Wert diesen auf einen definierten Wert setzt. Die *Awake*-Methode wird einmalig aufgerufen und somit bleibt dieser Wert durchgehend beständig. Um eine ungefähre Gleichverteilung der Kombinationsszenarien zu erhalten, wurden verschiedene Zahlen getestet und durch einen Counter dokumentiert. Eine Auswahl der Werte sind in der Abbildung 4.4 zu sehen. Aufgrund der gleichmäßigsten Verteilung fiel die Wahl auf den Wert 30.

5. Evaluation

Anschließend an die Konzeption und die Erstellung der Software erfolgt die Durchführung der Untersuchung. Um Schlüsse ziehen zu können, ist eine Erhebung, Zusammenfassung und eine vergleichende Analyse von Daten notwendig. Der Ablauf der Aufgaben wird nachfolgend thematisiert und schließt mit einer wissenschaftlichen Analyse der Software und der Untersuchung.

5.1. Ablauf der Studie

Im Laufe der Umsetzung der Software stellte sich heraus, dass zwei Experimentdurchläufe unabdinglich sind. Auswahlkriterien für die Probanden bezogen sich hauptsächlich auf das Interesse an der Nutzung virtueller Realität, jedoch lag die ungefähre Altersgruppe durchschnittlich zwischen 18 und 27 Jahren. Der erste Experimentdurchlauf diente ersten Erkenntnissen und nötigen Modifikationen des Programms und wurde ohne VR-System durchgeführt. Für diese Durchführung testeten drei Probanden die Software und wählten die Türen mithilfe der 2D-Debug-Möglichkeit Unitys aus. Die entsprechenden Ergebnisse wurden in einer Tabelle händisch eingetragen und nach den dreißig Durchläufen beantworteten die Probanden die Onlineumfrage. Während der Absolvierung der Studie zeigten sich die Neigung, bestimmte Türen und Farben eher als andere zu wählen wohingegen die Scheinwerfer geringe bis keine Aufmerksamkeit erhielten. Die Beantwortung der Fragebögen unterstützte diese Erkenntnis, da die Mehrheit die Scheinwerfer nicht einmal bemerkte und einen selbsteingeschätzten Augenmerk auf die Faktoren *Türdesign* und *Türart* legte. Bezüglich der Modifikation der Software bedurfte es in den Bereichen der einfacheren Benutzerinteraktion mit den Türen, der Verteilung der Kombination der optischen Stimuli sowie der Funktionalität des virtuellen Systems eine weitere Bearbeitung. Um diese Optimierung der Studie umzusetzen, erfolgte das Integrieren der pseudozufälligen Verteilung der optischen Stimuli und eine Fehlerbehebung der

Funktionen des virtuellen Systems. Eine vollständig zufällige Verteilung beinhaltet eine immense Anzahl an Kombinationen der einzelnen Faktoren untereinander. Infolgedessen würde kaum bis keine Vergleichbarkeit der Tests vorliegen, da jeder Proband unterschiedliche oder eingeschränkte Farben-, Highlights- und Positionskombinationen erhalten könnte und somit keine gleichen Bedingungen geschaffen werden würden. Neben den genannten Modifikationen an der Software fand eine Überarbeitung des Fragebogens statt, um weiterführende Informationen der Tester zu erhalten, welche die Auswertung hinsichtlich psychologischer Grundlagen genauer gestalten sollte.

Der zweite Experimentdurchlauf erfolgte über einen ausgedehnteren Zeitraum, um eine ausreichende Probandenanzahl zu erhalten. Diese belief sich auf 11 Personen, welche den überarbeiteten Stand der Software mithilfe eines VR-Systems testeten. Trotz unterschiedlicher Teststandorte erfolgten die Tests jeweils mit einer HTC Vive inklusive der entsprechenden Controller. In diesem Zeitraum testeten auch zwei Personen, welche dem Altersdurchschnitt nicht entsprachen, die Anwendung. Ihr Alter betrug 46 und 52 Jahre. Darüber hinaus benötigten alle Tester, unabhängig ihrer Kenntnisse der Nutzung von VR-Systemen, etwa 20 Minuten für die 30 Entscheidungsdurchläufe.

5.2. Erkenntnisse der finalen Studie

Während der Experimentdurchläufe konnten bereits erste Erkenntnisse gezogen werden. Die Mehrheit der Tester zeigte Verwunderung bei der Frage nach den Scheinwerfern in der Umfrage, da ihnen diese im Durchlauf nicht aufgefallen waren. Dieses Erkenntnis konnte durch die Daten und Antworten bestätigt werden, da etwa 85% der ausgewählten Türen nicht über aktivierte Scheinwerfer verfügten. Hierbei muss beachtet werden, dass nicht in jedem Auswahlvorgang Scheinwerfer existierten. Jedoch rechtfertigt das nicht die hohen Prozentwerte, da durchschnittlich 13 der 30 Auswahlvarianten über Scheinwerfer existierten. Die Tester, welche eine Beeinflussung der Scheinwerfer angaben, kommentierten, dass ihnen vor allem die Farbänderung durch das Licht aufgefallen sei und entsprechend die Farben interessanter waren.

Die Umfrage ergab, dass die Probanden, ihrer Meinung nach, am meisten die Faktoren *Beschaffenheit*, diese in den Punkten *Türart* und *Türdesign*, und *Farbe* bei

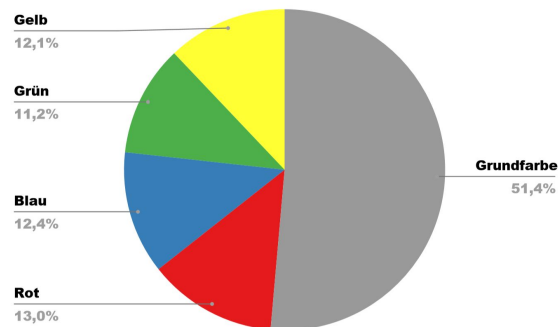


Abbildung 5.1.: Verteilung der Auswahl der Texturfarben

der Entscheidung berücksichtigten. Dies lässt sich mithilfe der Testdaten insofern bestätigen, dass jeder Proband eigene Präferenzen zeigte, welche mit diesen Faktoren eng verknüpft waren. So entschied vorwiegend die Lieblingsfarbe, welche farbige Tür am häufigsten gewählt wurde und die Auswahlanzahl der einzelnen Türen unterschied sich ebenfalls. Aber ein Vergleich mit den Testdaten zeigt hingegen, dass die farbigen Türen deutlich seltener gewählt wurden als jene, welche die Grundfarbe als Textur besaßen. Rund 52% der ausgewählten Türen hatten eben so eine Textur. Der Vergleich der Auswahlswahlen der farbigen Texturen zeigte wiederum, dass die anderen Farben, wie in Abbildung 5.1 zu erkennen, ungefähr über eine Gleichverteilung verfügen und somit keine allgemein beliebtere Farbe zu verzeichnen ist. Diese Analyse zeigt, dass eine Manipulation durch die Präferenzen des Nutzers hinsichtlich der bunten Farben zwar möglich, jedoch in der Umsetzung schwer zu realisieren ist, da bei den Farben eine Gleichverteilung vorliegt.

Als Entscheidungspunkt bezüglich der *Beschaffenheit* fiel die Handhabung der Öffnung deutlich mehr ins Gewicht als die Optik. Obwohl Türen in der ersten Runde eine Bevorzugung erhielten, die bei der ersten Sichtung als „hübsch“ oder „schön“ bezeichnet wurden, merkten einige Nutzer an, sich im weiteren Verlauf bevorzugt Türen ausgesucht zu haben, welche einfach zu Öffnen gewesen sind. Generell wurde die Funktionsweise der Türen als entscheidungsträchtig von den Probanden bewertet. Bei der Abfrage nach der am meisten gewählten Tür gaben bis auf zwei Tester alle die tatsächlich am meisten gewählte Tür an, die zwei Tester nannten eine der drei am meisten von ihnen gewählte Türen. Dieses Ergebnis ist auffällig, da die Nutzer überwiegend angaben, sich nur wenige Türauswahlen gemerkt zu haben aber größtenteils die von ihnen am meist gewählte Tür richtig angaben. Durchschnittlich belief sich die Anzahl auf 6,8 gemerkte Auswahldurchgänge. Wenn diese Zahl mit

den Daten verglichen wird, fällt auf, dass die meist gewählte Tür von den jeweiligen Personen durchschnittlich 10 mal gewählt wurde. Die Umfrage verzeichnet zwei herausragende Favoriten. Die Daten unterstützen diese These, da die beliebtesten Türen, die *Sliding Door* sowie die *Big Door*, über dem Mittelwert von 16,7% liegen. Die Auswahl der Sliding Door fand in etwa 28,5% der Fälle statt, die Big Door brachte es auf 17,8%, wie in Abbildung 5.2 abgebildet. Jedoch ist anzumerken, dass in der Realität die *Creepy Door*, welche lediglich von zwei Testern favorisiert wurde und deren Öffnungsart eine Interaktion des Nutzers benötigt, rund 18,2% erreichte und somit die Wahl der Türen öfter auf diese als auf die Big Door fiel. Der allgemeine Favorit relativiert sich dadurch, dass ein Tester 25 der 30 mal eben diese Tür wählte, wodurch eine statistische Verschiebung durch einen Nutzer erreicht wurde. Als am wenigsten gewählte Türen qualifizierten sich die *Simple Door* sowie die *Special Door*, beide verzeichneten exakt die selbe Auswahlanzahl, obwohl die Simple Door über einen vorher unerkannten Bug verfügte und damit eine Abweichung nach unten erwarten ließ, und erreichten 10,3%. Wenn die Besonderheit der gehäuften Auswahl einer Tür des einen Nutzers berücksichtigt wird, liegt diese Tür näher an dem Mittelwert und Abstände aller Werte werden kleiner, dies zeigt die Abbildung 5.2 auf der unteren Grafik. Hier liegen alle Türen mit einem Abstand von bis zu 5,4% um den Mittelwert.

Die Positionierung der Türen erschien den Nutzern als nicht relevant, da lediglich einer angab, alle Türen vor der Entscheidung angesehen und nachfolgend die zuerst gesehene gewählt zu haben. Drei weitere gaben teilweise eine Berücksichtigung der Position an. Die Daten zeigen hier jedoch deutlichere Erkenntnisse, wie in Abbildung 5.1 rechts zu erkennen ist. Allgemein liegen die Prozentanzahlen nahe beieinander, aber eine vermehrte Auswahl der Positionen 3,4 und 5 ist zu verzeichnen. Diese Positionen liegen, durch die fast parallele Startposition des Nutzers zu den Türen auf den Positionen 1 und 2, am Ende seines Sichtfeldes.

Zusammenfassend lässt sich sagen, die höchste Übereinstimmung der Auswahlfaktoren liegt bei der *Türart*. Konträr dazu beeinflusste der Faktor *Scheinwerfer* die Probanden am wenigsten, lediglich eine Person bemerkte ein bestärktes Interesse an den beleuchteten Türen. Hierbei ist zu beachten, dass sich die entstandenen Erkenntnisse auf sich wiederholende Auswahlen beziehen und somit nur Ansätze und Hinweise für einmalige Entscheidungen bieten können.

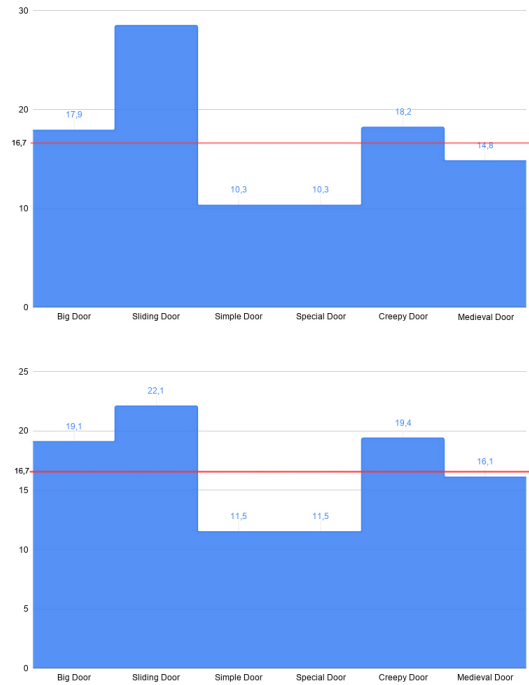


Abbildung 5.2.: Türauswahl in Prozenten, oben erhaltene Ergebnisse, unten angepasste Werte

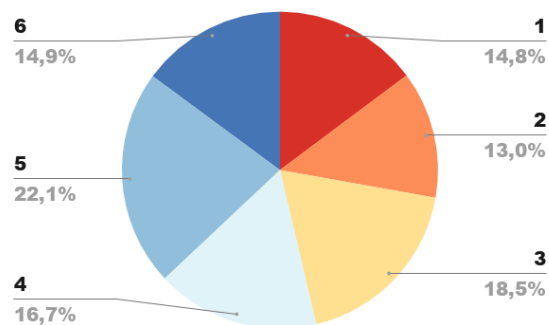


Abbildung 5.3.: Verteilung der Auswahl der Position

5.3. Fazit Studie

Die Studie konnte erfolgreich durchgeführt und Erkenntnisse konnten gesammelt werden. Eine Analyse der Auswirkung der verschiedenen Faktoren war möglich. In dieser Konstellation qualifizierte sich der Faktor *Farbe* als stärkster Einflussfaktor auf die Entscheidung. Die Farben sollten in einer realitätsgetreuen Umgebung als realistisch und bekannt gewählt werden, da der Nutzer eher zum Bekannten neigt als zu auffälligen und außergewöhnlichen Objekten und somit den *Ambiguity Effect* zeigt. Dies war auch an der Umfrage zu erkennen, da die Mehrheit angab, in unbekannten oder unangenehmen Situationen nur zu agieren, wenn sie sehen können, was auf sie zu kommt. Bei dem Faktor *Beschaffenheit* konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass die Funktionalität der Türen deutlich entscheidender war als ihr Aussehen, sobald eine mehrfache Auswahl gewünscht wurde. Bei der reflektierenden Befragung zeigten einige Nutzer *Kognitive Verzerrung*, da ihre Erinnerung nicht vollständig mit der getroffenen Auswahl übereinstimmte. Darüber hinaus kann ein Auftreten des *Bizarrenness Effect* festgestellt werden, da die Nutzer auffällige Objekte wie das Telefonschränken im Gegensatz zu dem Teppich kommentierten und außergewöhnliche Elemente der Tür als Beschreibung dieser eher nutzten als gebräuchlichere wie die einzigartige Funktionsweise der einzelnen Türen. Bei der Beschreibung der Türen zeigt sich die *Objekterkennung* der visuellen Wahrnehmung, da auf untergeordnete Kategorien der Basiskategorie *Tür* zurückgegriffen wurde, um Vergleiche zu ziehen.

Die Erkenntnisse der *Positionierung* und der *Scheinwerfer* kann sich auf das *Bewusstsein*, die *Aufmerksamkeit* und die *Wahrnehmung* des Menschen zurückführen lassen. Somit erscheinen die Helligkeitsinformationen, und die damit verbundenen Farbveränderungen, im Kontext dieser Umgebung als weniger wichtig und ziehen geringere Aufmerksamkeit auf sich, als das restliche Erscheinungsbild. Eine Steigerung der Farbtintensität wurde zwar bemerkt, dies aber in verhältnismäßig wenigen Fällen und dienen dadurch als geringfügiger *Eyecatcher* bei den entsprechenden persönlichen Präferenzen. Hingegen scheint die Positionierung der Entscheidung zu dienen, da die Positionen etwas häufiger gewählt wurden, welche in einem bestimmten Bereich des Blickfelds des Nutzers liegen. Somit spielen in dieser Studie die physikalischen Charakteristika der Reize eine größerer Rolle als die internen persönlichen Faktoren.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Erarbeitung und Umsetzung der Aufgabe, welche den Titel dieser Arbeit definiert, kann als erfolgreich gelöst betrachtet werden. Das erste Kapitel führt als Fundament in die Motivationsgründe und die Aufgabenstellung ein. Die in Kapitel 2 thematisierten Grundlagen dienen der Einführung des Lesers in das Thema und zur Wissensvermittlung. Darauf aufbauend beschreibt und begründet das dritte Kapitel die Konzeption der Software sowie der Nutzerumfrage detailreich und erläutert erste Umsetzungsschritte. Nachfolgend beschreibt das Kapitel 4 die Implementierung des Systems, hierbei liegt der Fokus auf der Arbeit mit Unity sowie auf den benötigten Skripten. Abgerundet wird die Arbeit durch die Beschreibung der Studiendurchführung inklusive der Evaluation der erhaltenen Ergebnisse. Schlussendlich beschreibt das folgende Kapitel die Verbesserungsoptionen der erkannten Herausforderungen und erläutert weitere Anpassungsmöglichkeiten.

Der Schwerpunkt der Arbeit lag auf der Konzeptionierung und Umsetzung einer virtuellen Umgebung, welche eine Untersuchung der Relevanz verschiedener optischer Stimuli hinsichtlich der Manipulierung von Entscheidungen ermöglichen sollte. Diese sollte hinsichtlich der Zukunft parametrisierbar sein und eine Möglichkeit der Erweiterung bieten. Ob diese Eigenschaft umgesetzt wurde sowie weitere Ansätze werden im Folgenden erörtert.

6.1. Anpassungs- und Verbesserungsmöglichkeiten

Sowohl die Software als auch die damit erhobenen Daten und Evaluation bieten Verbesserungsoptionen und Anpassungsmöglichkeit. Neben dem Beheben der Komplikationen mit dem Post-Processing-Stack, die eine Art Dreieck im Sichtfeld des Nutzers projizieren, erscheint es notwendig, die Funktionalität zweier Türen zu optimieren. Die *Simple Door* aktiviert den Szenenwechsel nicht und die *Medieval Door* verfügt über einen zu großen Öffnungswinkel. Die Umfrage für die Evaluation

sollte hinsichtlich der Antwortmöglichkeiten abgerundet werden, um die Auswertung angenehmer zu gestalten.

Die Software kann einerseits hinsichtlich der Stimuli erweitert werden. Hierbei können unterschiedliche Texturen, Türen und Positionen hinzugefügt werden. Dies ist aufgrund der Nutzung von Serialized Fields einfach umsetzbar, da weitere Texturen lediglich im Inspektor in die entsprechende Liste gezogen werden kann. Hier bietet sich die Option, die Texturen zu überarbeiten, so, dass farbige Akzente in eine sonst gewöhnliche Türfarbe eingearbeitet werden, um die Relevanz der Farbpsychologie aus einem anderen Blickwinkel zu untersuchen. Die Testergebnisse können in weiteren Zusammenhängen untersucht werden, beispielsweise, die Wahl der einzelnen Farben im Zusammenhang mit der Position der Tür. Weiterhin besteht die Möglichkeit, andere Einflüsse zu integrieren wie die Nutzung von Dekorationsobjekten, welche als Eyecatcher für bestimmte Türposition dienen könnten. Andererseits wäre es denkbar, eine Funktion zu implementieren, welche die Auswahl des Nutzers speichert und somit das manuelle Vermerken der Auswahl überflüssig wird.

6.2. Fazit

Die konzipierte und umgesetzte virtuelle Umgebung ermöglichte Tests hinsichtlich optischer Stimuli und ihrem Einfluss auf Entscheidungen. Das Designkonzept konnte realisiert und implementiert werden. Die Modularität der Bauweise der Modelle diente der gewünschten Erweiterbarkeit, welche durch parametrisierbare Optionen skriptseitig zusätzlich existiert. Der Faktor *Farbe* konnte bei natürlichen Farbgebung als ausschlaggebend identifiziert werden und Daten sind zu verzeichnen, die die Wahrnehmungspsychologie als wichtigen Punkt ermitteln. Um die Ergebnisse zu spezifizieren, erscheint es notwendig, weitere Tests und Anpassungen an der Software und der Benutzerfreundlichkeit durchzuführen. Dazu zählt eine softwareseitige Aufzeichnung der Türauswahlen. Die statistische Grundmenge ist sehr gering, um verlässliche Ergebnisse erzielen zu können. Eine Anhebung der Probandenzahl mit mehr und anders strukturierten Durchläufen ist denkbar. Sämtliche erfolgten Schritte und Grundlagen sind in der Ausarbeitung beschrieben und dienen dem Verständnis der Grundidee und der Hintergründe der Arbeit.

Literaturverzeichnis

- [Ada10] Ernest Adam: *Fundamentals of Game Design - Fundamentals of Game Design 2*, New Riders, London, 2. Aufl., 2010.
- [AL17] Ulrich Ansorge und Helmut Leder: *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*, Springer, Wiesbaden, 2. Aufl., 2017.
- [BBF⁺19] Milas Baumgarten, Oliver Buse, Stefanie Fröh, Sophie Giesa, Joshua Queck, Ronja Schneider und Felix Werner: *Erstellung einer VR Umgebung zum Messen von Tracking Data und Überprüfen der menschlichen Datenverarbeitung im Raum von VR*, 6 2019, praktikumsbericht an der Hochschule Mittweida Professur Medieninformatik.
- [BCW17] Christian Becker-Carus und Mike Wendt: *Allgemeine Psychologie*, Springer, Berlin, 2. Aufl., 2017.
- [BFP11] Tilmann Betsch, Joachim Funke und Henning Plessner: *Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2011.
- [Cor19] Valve Corporation: *SteamVR Unity Plugin*, 2019, URL: https://valvesoftware.github.io/steamvr_unity_plugin/index.html, besucht am 10.08.2019.
- [DBGJ14] Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm und Bernhard Jung: *Virtual und Augmented Reality (VR / AR) - Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, Springer Berlin Heidelberg, Wiesbaden, 2013 Aufl., 2014.
- [DBPvA] Jaap J. A. Denissen, Ligaya Butalid, Lars Penke und Marcel A. G. van Aken: *The effects of weather on daily mood: A multilevel approach..*

- [Eng18] Nikolayi Engelmann: *Virtual Reality Gaming/ Potential der Texhno-logie für die Weld der digitalen Spiele*, Bd. 1 von 1, Tectum, Baden-Baden, 1 Aufl., 2018.
- [GG99] Gerd Gigerenzer und Daniel G. Goldstein: *Simple Heuristics that makes us smart*, Oxford University Press, New York, 1999.
- [GMMH13] Lisa Geraci, Mark Mcdaniel, Tyler Miller und Matthew Hughes: *The bizarreness effect: Evidence for the critical influence of retrieval processes*, *Memory & cognition*, Bd. 41, Jun 2013.
- [Hel13] Eva Heller: *Wie Farben wirken*, Rowohlt, Hamburg, 7. Aufl., 2013.
- [Hoo15] Dr. Joel Hoomans: *35,000 Decisions: The Great Choices of Strategic Leaders*, März 2015, URL: <https://go.roberts.edu/leadingedge/the-great-choices-of-strategic-leaders>, besucht am 24.07.2019.
- [HT91] Chip Heath und Amos Tversky: *Preference and belief: Ambiguity and competence in choice under uncertainty*, *Journal of Risk and Uncertainty*, Bd. 4(1):S. 5–28, Jan 1991.
URL <https://doi.org/10.1007/BF00057884>
- [Huj05] Tanja Hujber: *Werbung von Versicherungsunternehmen*, Springer, Wiesbaden, 1. Aufl., 2005.
- [KoboA] Peter Kobosil: *Neid stört die Tätigkeit von Leber und Galle*, o.A., URL: <https://psychotherapiekobosil.de/neid-stoert-die-taetigkeit-von-leber-und-galle.html>, besucht am 27.07.2019, 15:29.
- [Pay17] Paysafe: *Was sind eigentlich Game-Engines*, Mai 2017, URL: <https://www.paysafecard.com/de-de/magazin/detail/was-sind-eigentlich-game-engines/>, besucht am 20.08.2019.
- [PJF17] Hans-Rüdiger Pfister, Helmut Jungermann und Katrin Fischer: *Die Psychologie der Entscheidung - Eine Einführung*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 4. Aufl., 2017.
- [Poh04] Rüdiger F. Pohl: *Cognitive Illusions - A Handbook on Fallacies and Biases in Thinking, Judgement and Memory*, Psychology Press, London, 2004.

- [Sac14] Rainer Sachse: *Manipulation und Selbsttäuschung - Wie gestalte ich mir die Welt so, dass sie mir gefällt: Manipulationen nutzen und abwenden*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1. Aufl., 2014.
- [Sch08] Jesse Schell: *The Art of Game Design: A book of lenses*, Elsevier/Morgan Kaufmann, Amsterdam, 1. Aufl., 2008.
- [Sei15] Carsten Seifert: *Spiele entwickeln mit Unity 5, 2D- und 3D-Games mit Unity und C# für Desktop, Web & Mobile*, Hanser, München, 2 Aufl., 2015.
- [Sin11] Aviv Sinai: *Pseudo Random Number Generators in Programming Languages*, Dissertation, Efi Arazi School of Computer Science, Herzlia, 3 2011.
- [Tec19a] Unity Technologies: *The world's leading real-time creation platform*, 2019, URL: <https://unity3d.com/de/unity#editor>, besucht am 10.08.2019.
- [Tec19b] Unity Technologies: *Unity User Manual (2019.2)*, 2019, URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>, besucht am 10.08.2019.
- [Tsc] Markus Tschirner: *Virtual-Reality-Brillen als Planungshilfe für Architekten*, URL: <https://www.kommunikationsraum.net/basics/virtual-reality-brillen-als-planungshilfe-fuer-architekten/>, besucht am 03.08.2019.
- [WL12] Norbert Welsch und Claus Chr. Liebmann: *Farben - Natur, Technik, Kunst*, Springer, Berlin Heidelberg, 3. Aufl., 2012.
- [Zep08] Zephyris: *Representation of the UV mapping of a cube*, März 2008, URL: https://de.wikipedia.org/wiki/UV-Koordinaten#/media/File:Cube_Representative_UV_Unwrapping.png, besucht am 03.06.2019.

Anhang

A. Analysedokumente

A.1. Klassendiagramme

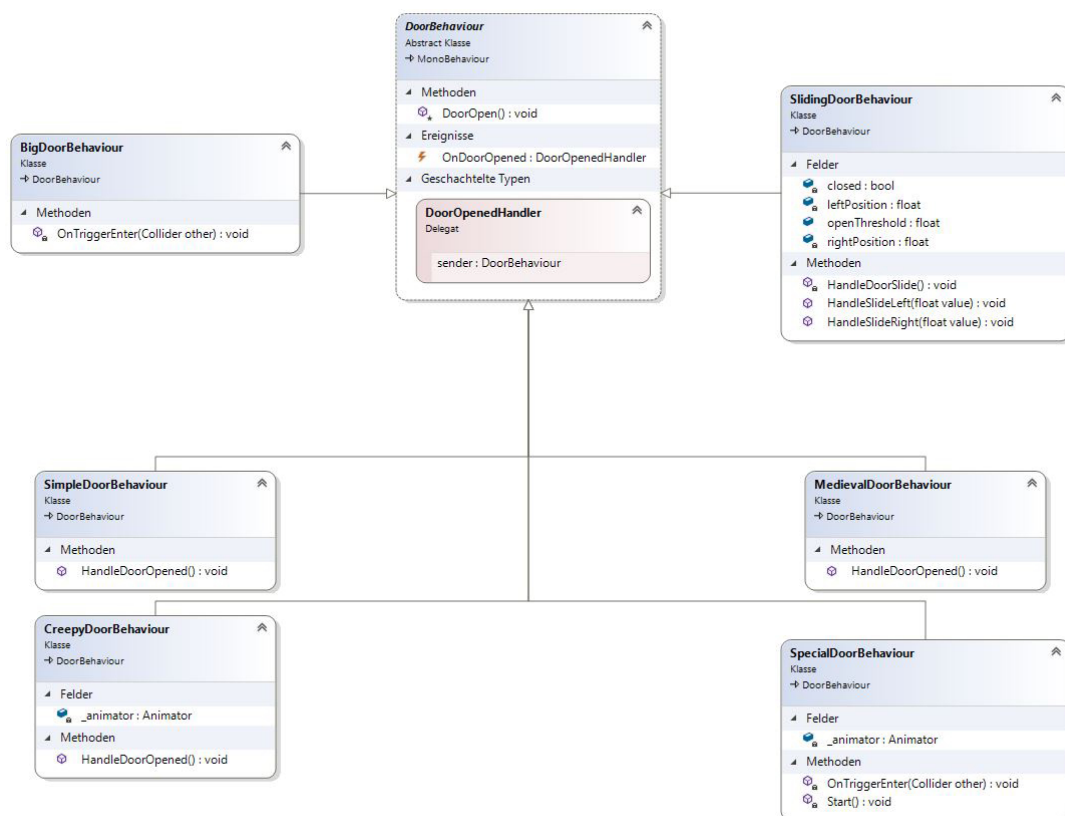


Abbildung A.1.1.: Die DoorBehaviour Klassen als UML-Diagramm

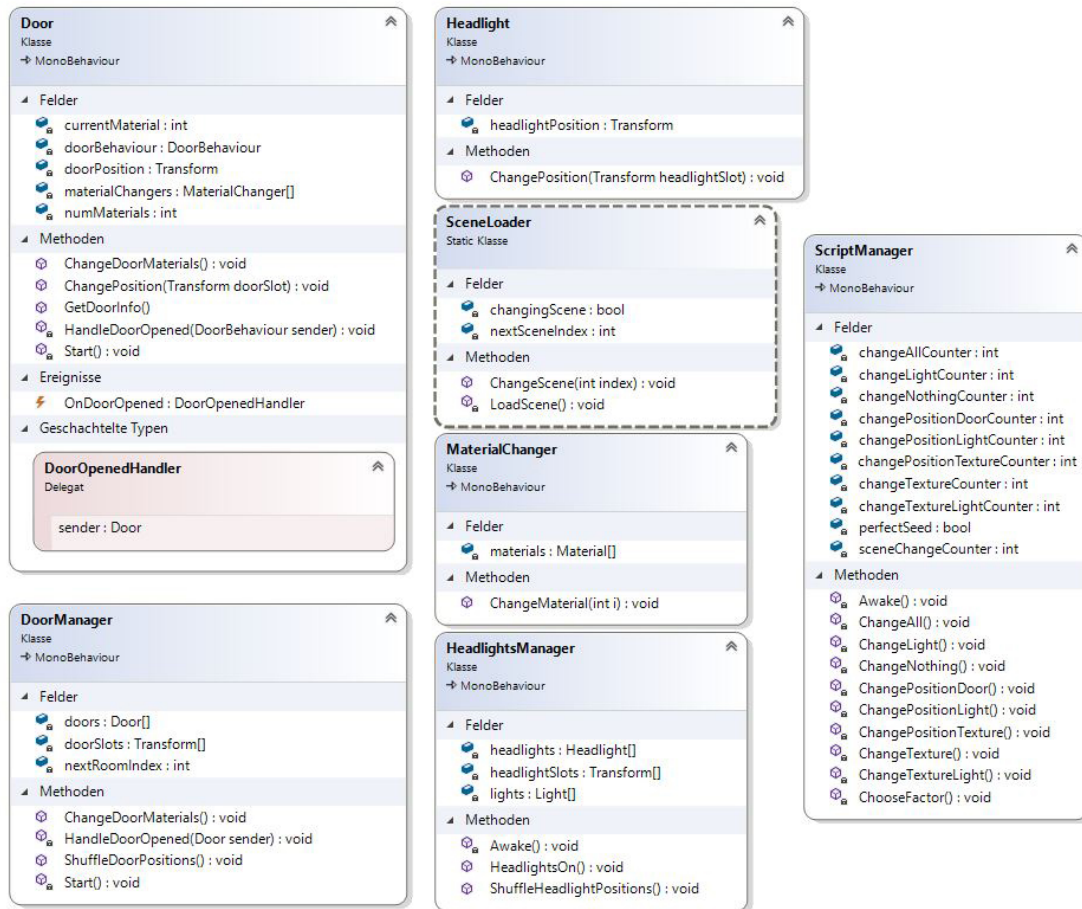
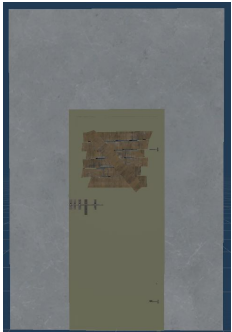
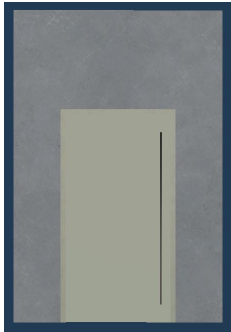


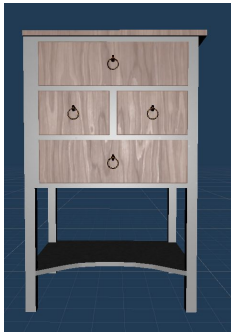
Abbildung A.1.2.: weitere Klassen als UML-Diagramm

B. Konzeptionsdokumente

B.1. Assettabelle

Nr.	Name	Beschreibung und Unterteilung	Bild
1	Flurmodell	Modell des Flures, Wand- und Deckenteile	
2	Große Tür	Große, verzierte Holztür mit Fenstern. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	
3	Tür mit Holzbrettern	einfache, schmale Tür mit Holzbrettern und Riegel. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	

4	Drehtür	Tür, die sich an der Evolving Door orientiert. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	
5	Rätseltür	Eine Tür mit Rästeelementen	
6	Holztür	Holztür mit Metallring. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	
7	Tür	Einfache Tür. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	

8	Schiebetür	Eine Schiebetür mit zwei Türflügeln. Besitzt insgesamt 5 Texturen (Rot, Grün, Gelb, Blau, Normal)	
9	Telefonschrank	Dekorationsobjekt für den Flur, kleiner Telefonschrank	
10	Teppich	Dekorationsobjekt für den Flur	
11	Lampe	Eine Lampe für den Flur	

B.2. Seed-Werte

seed-Wert	Auswirkung auf Verteilung
15	 [17:20:52] Nur Türen 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Nur Positionen 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Position und Licht 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Textur und Position 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Textur 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Textur und Licht 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Licht 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Alles 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:20:52] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)
25	 [17:24:11] Nur Türen 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Nur Positionen 0 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Position und Licht 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Textur und Position 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Textur 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Textur und Licht 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [17:24:11] Alles 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)
29	 [15:04:21] Nur Türen 1 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Nur Positionen 6 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Position und Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Textur und Position 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Textur 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Textur und Licht 7 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Licht 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Alles 1 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:04:21] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)

30	 [14:58:38] Nur Türen 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Nur Positionen 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Position und Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Textur und Position 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Textur 6 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Textur und Licht 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Alles 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:58:38] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)
35	 [15:01:24] Nur Türen 1 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Nur Positionen 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Position und Licht 4 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Textur und Position 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Textur 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Textur und Licht 6 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Alles 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [15:01:24] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)
42	 [14:52:52] Nur Türen 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Nur Positionen 8 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Position und Licht 2 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Textur und Position 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Textur 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Textur und Licht 5 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Licht 1 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Alles 3 UnityEngine.Debug:Log(Object)  [14:52:52] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)

60	! [17:18:01] Nur Türen 6 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Nur Positionen 6 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Position und Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Textur und Position 4 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Textur 5 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Textur und Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Licht 3 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Alles 0 UnityEngine.Debug:Log(Object) ! [17:18:01] Durchgänge insgesamt: 30 UnityEngine.Debug:Log(Object)
----	---

C. Evaluationswerte

C.1. Umfrageergebnisse 2. Durchlauf

Frage	Antwortmöglichkeiten	Anzahl der Antworten
Würden Sie sich dem europäischen Kulturkreis zuordnen?	Ja	11
	Nein	0
Was ist Ihre Lieblingsfarbe?	Lila	2
	Grün	2
	Blau Türkis	3
	Rot	2
	Gelb	1
	Orange	1
Worauf haben Sie bei Ihrer Auswahl geachtet?	Scheinwerfer	2
	Türdesign	8
	Farbe	7
	Position	0
	Türart	12
	Zufall	1
	jede ein mal	6
	Größe	2
Wurden Sie durch die Scheinwerfer beeinflusst?	Ja	3
	Nein	6
	Teilweise, durch intensivere Farben	2

C. EVALUATIONSWERTE

Hat die Größe und Breite der Türen Ihre Auswahl beeinflusst?	Ja	3
	Nein	8
Welche Tür haben Sie Ihrer Meinung nach am häufigsten gewählt?	Big Door	3
	Creepy Door	2
	Sliding Door	5
	Medieval Door	1
	Special Door	0
	Simple Door	0
Wussten Sie in jeder Runde, welche Tür Sie zuvor gewählt hatten?	Ja	7
	Nein	4
Wie viele Türauswahlen haben Sie sich merken können?	1	2
	2	1
	5	5
	7	1
	15	1
	24	1
War für Sie entscheidend, wann Sie die Tür gesehen haben?	Ja	0
	Ja, ich habe alle angeschaut und die erste genommen	1
	Manchmal	3
	Nein	7
War für Sie entscheidend, welche Funktionsweise die Tür hatte?	Ja	6
	Einfach zu Öffnen	2
	Teilweise	1
	Nein	2
Gehen Sie gerne Herausforderungen ein?	Ja	5

	Manchmal	5
	Nein	1
Würden Sie etwas Unbekanntes auswählen, auch wenn Sie sich davor gruseln?	Ja	9
	Nein	2
Wenn Sie sich in einer Situation unwohl fühlen, bestreiten Sie diese trotzdem?	Ja	2
	Nur, wenn ich sehe, was auf mich zukommt	7
	Nein	2
Wollen Sie eine Aufgaben beenden, sobald Sie diese begonnen haben, egal, was kommt?	Ja	7
	Nein	4

C.2. Datenerhebung

C.2.1. Durchlauf 1

Faktor	Möglichkeiten	Anzahl der Wahl (von 90 Auswahlen)
Position	1(vorne links)	17
	2(links mitte)	17
	3(hinten links)	10
	4(hinten rechts)	17
	5(mitte rechts)	15
	6(vorne rechts)	14
Tür	Big Door	14
	Sliding Door	15
	Simple Door	21

	Special Door	23
	Creepy Door	7
	Medieval Door	10
Farben	Normal	38
	Rot	27
	Blau	0
	Grün	18
	Gelb	7
Scheinwerfer an	Ja	17
	Nein	73

C.2.2. Durchlauf 2

Faktor	Möglichkeiten	Anzahl der Wahl (von 330 Auswahlen)
Position	1(vorne links)	49
	2(links mitte)	43
	3(hinten links)	61
	4(hinten rechts)	55
	5(mitte rechts)	73
	6(vorne rechts)	49
Tür	Big Door	59
	Sliding Door	94
	Simple Door	34
	Special Door	34
	Creepy Door	60
	Medieval Door	49
Farben	Normal	170
	Rot	43
	Blau	41
	Grün	37
	Gelb	40

Scheinwerfer an	Ja	50
	Nein	280

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Sämtliche wissentlich verwendete Textausschnitte, Zitate oder Inhalte anderer Verfasser wurden ausdrücklich als solche gekennzeichnet.

Mittweida, den 13. September 2019

Stefanie Fröh