

# Portfolioprojekt

Von: Timo Striffler, Leon Rommel & Tim Wahrburg  
Unter: Prof. Dr. Jörg Berdux

Zeitraum:

15. November, 2023 - 17. Januar, 2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Interaktionskonzept</b>	<b>2</b>
2.1 Interaktionstypen . . . . .	2
2.1.1 Visuelle Interaktion . . . . .	2
2.1.2 Interaktion mit der Umgebung . . . . .	2
2.1.3 Haptische Interaktion . . . . .	3
2.2 Technische Voraussetzung . . . . .	3
2.2.1 SenseGloves und Tracker . . . . .	3
2.2.2 Unity . . . . .	4
2.2.3 Open XR . . . . .	4
2.2.4 Unity Input System . . . . .	4
2.3 Fortbewegung . . . . .	5
2.3.1 Typen von Locomotion . . . . .	5
<b>3 Game Design</b>	<b>6</b>
3.1 Spielidee . . . . .	6
3.2 Setting/ Look & Feel . . . . .	6
3.2.1 Lobby . . . . .	7
3.2.2 Cyan-Raum . . . . .	7
3.2.3 Magenta-Raum . . . . .	7
3.2.4 Dunkelraum . . . . .	7
3.3 Spielbeginn . . . . .	8
3.4 Spielfortschritt/Ziel . . . . .	8
3.4.1 Spielmechanik: Treppen . . . . .	8
3.5 Bewegung im Spiel . . . . .	9
3.6 Brainstorming: Weitere Spielideen . . . . .	9
<b>4 Umsetzung</b>	<b>11</b>
4.1 Alchemie-Puzzle . . . . .	11
4.2 Röhren-Puzzle . . . . .	13
4.3 Murmelbox . . . . .	14
4.4 Rätseltisch . . . . .	14
4.4.1 Part 1 . . . . .	14
4.4.2 Part 2 . . . . .	15
4.4.3 Part 3 . . . . .	15
4.4.4 Finales Rätsel . . . . .	15
4.5 Dunkelraum . . . . .	16
4.6 Spielabschluss . . . . .	17
<b>5 Technisches Konzept</b>	<b>18</b>
5.1 Weitere Technologien . . . . .	18
5.1.1 SteamVR . . . . .	18
5.1.2 SenseCom . . . . .	18
5.2 Entwicklungsprozess . . . . .	18

5.3	Technische Entscheidungen . . . . .	18
5.3.1	Teleportationsbereich . . . . .	18
5.3.2	Umgebung Einfärben . . . . .	19
5.3.3	Steuerung Murmelbox . . . . .	19
5.3.4	Rätseltisch: Part 1 . . . . .	19
5.4	Vorbereitung des Projekts . . . . .	20
5.5	Interaktion mit Haptic-Gloves . . . . .	20

# **1 Einleitung**

Im Rahmen des Portfoliomoduls im Studiengang Medieninformatik an der Hochschule Rhein Main wurde eine interaktive Software für eine VR-Umgebung entwickelt, welche Interaktionsmöglichkeiten anhand unterschiedlicher spielerisch aufgezogener Situationen bietet. Dafür wurden zu Teilen "Haptic Gloves" genutzt, welche haptisches Feedback an den Fingern eines Nutzers erzeugen können. Der Entwicklungsprozess sowie die gewonnenen Erfahrungen werden im Folgenden verschriftlicht.

# **2 Interaktionskonzept**

Genau wie in der realen Welt muss man sich in virtuellen Welten mit unterschiedlichen Interaktionsformen auseinandersetzen. Besonders für Videospiele in der virtuellen Realität kann man sich umso mehr mit diesem Thema beschäftigen, da die Sinne der Spieler hierbei deutlich intensiver angesprochen werden.

## **2.1 Interaktionstypen**

Gemäß des definierten Ziels ist die Interaktion innerhalb von VR der Schwerpunkt einer Software. Um auf die einzelnen Interaktionstypen einzugehen, wurden diese im Projekt in drei Subgruppen aufgeteilt.

### **2.1.1 Visuelle Interaktion**

Ein Nutzer interagiert immer visuell mit der Welt, solange die Sicht in der VR-Brille nicht deutlich eingeschränkt wird. Während Sicht in VR als selbstverständlich angesehen wird, kann sie genutzt werden, um die Erfahrung eines Nutzers deutlich zu verändern.

Durch Verbesserungen in den Bereichen Auflösung, Sichtweite und weitere Hardware-spezifische Eigenschaften einer VR-Brille, jedoch auch an softwaretechnischen Gegebenheiten wie beispielsweise der Eigenart der Render-Pipeline oder Qualität von 3D-Modellen, wird versucht, die Erfahrung innerhalb einer virtuellen Welt möglichst realistisch darzustellen. Jedoch ist der Spielraum an Veränderungen jeglicher Form in einer virtuellen Welt deutlich weitreichender als in der Realität. Dies bietet ein großes Repertoire an visuellen Interaktionsmöglichkeiten. Im Bereich der Augmented-Reality (AR) wird geforscht, um die Flexibilität der virtuellen Welt in die echte Welt einzubinden. Die Interaktionsmöglichkeiten sind dabei deutlich geringer als in einer virtuellen Welt. Allerdings wurden in dieser Branche bereits sehr interessante und hilfreiche Features entwickelt.

### **2.1.2 Interaktion mit der Umgebung**

Dieser Interaktionstyp basiert auf jeglichem Feedback, mit welchem die umliegende Welt auf direkte Aktionen eines Nutzers reagiert. Dies zeigt sich in subtilen Details wie Fußabdrücken, die ein Charakter im Schnee hinterlässt, oder in offensichtlichen Auswirkungen auf die virtuelle Umgebung, wie beispielsweise ein umfallender Baum, nachdem ein Charakter ihn gefällt hat. Hierbei ist wichtig, dass dieser Interaktionstyp nicht den Akt des Baumfällens begutachtet, sondern sich vielmehr auf die darauf folgende Reaktion der Spielwelt, nämlich dass der Baum umfällt, fokussiert. Die Interaktion ist nicht auf eine virtuelle Umgebung beschränkt, wird jedoch vom Gefühl verstärkt, selbst in dieser lebendigen Welt zu stehen, da man es selbst direkt mitbekommt, anstatt sie nur auf einem 2D Bildschirm zu sehen.

## **2.1.3 Haptische Interaktion**

Hingegen zu den obigen Interaktionsformen, welche auch in virtuellen Welten üblich sind, findet man die haptische Interaktionsform in virtuellen Welten eher selten wieder. Mithilfe von sogenannten Haptic Gloves konnten wir uns Gedanken über diese Interaktionsform machen. Doch was genau beschreibt eine haptische Interaktion?

Diese Form der Interaktion spricht den Tastsinn an. Dadurch wirken virtuelle Gegenstände, Wände und weitere Objekte deutlich realer und die Immersion in die virtuelle Welt wird enorm verbessert. Wenn sich diese Welt nahezu realistisch anfühlt, können Nutzer schnell vergessen, dass sie sich im Moment nicht in der Realität befinden.

Das Gefühl der haptischen Interaktion kann mit verschiedenen Wegen hervorgerufen werden. Letztendlich sind alle Umsetzungen auf Stimulierungen der Haut zurückzuführen. Dabei werden die Finger als primäre Körperteile zur Interaktion am häufigsten angesprochen. Vibration, Druck, Elektrizität, Hitze und Kälte, aber auch das physische Festsetzen einzelner Finger kann genutzt werden, um die virtuelle Welt darzustellen. Diese Gefühle können weiterhin auf verschiedene Teile des Körpers übertragen werden. Selbst die Verringerung der Temperatur eines Raumes kann dabei helfen, die Immersion in eine virtuelle Eislandschaft zu verbessern. An diesem Beispiel zeigt sich deutlich, dass haptischen Erfahrungen nicht nur positiver Natur sein müssen, um die Realität darzustellen.

## **2.2 Technische Voraussetzung**

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sollte sich im Rahmen dieses Projekts mit unterschiedlichen Interaktionsformen in virtuellen Welten befasst werden. Hierbei benötigt es verständlicherweise Hardware, die für eine solche Welt ausgelegt ist. Hierzu verwendeten wir neben einer Valve Index, zwei HTC VIVE Focus 3, welche uns im Laufe des Projekts zur Verfügung gestellt wurden. Doch um sich mit der oben erwähnten haptischen Interaktion beschäftigt beschäftigen und haptisches Feedback zu ermöglichen, verwendeten wir die "SenseGloves".

### **2.2.1 SenseGloves und Tracker**

Diese Handschuhe bieten eine eigene Software an, um die Inversion virtueller Realitäten durch haptisches Feedback zu intensivieren. Die Software ist jedoch nur geringfügig mit dem XR Interaction Toolkit von Unity kompatibel, wodurch es im Laufe des Projekts zu zahlreiche Hindernissen und Problemen kam, welche in kommenden Abschnitten etwas genauer erläutert werden.

Da die SenseGloves nur ihre relative Position zu sich selbst bestimmen können, benötigte es Unterstützung von externen Trackern, welche die Position und Rotation der Handschuhe im Raum erkennen. Hierbei wurden die "HTC VIVE Tracker 3.0", welche über ein Verbindungsstück auf die Handschuhe gesetzt wurden, als solche Tracker verwendet.

## **2.2.2 Unity**

Die Umsetzung des Projekts erfolgte in der Game Engine "Unity". Dies ist eine der derzeit populärsten Game Engines auf dem Markt und stellt den Industrie-Standard für Spielentwicklung in virtueller Realität dar. Darüber hinaus bietet Unity eine offiziell unterstützte Erweiterung namens "XR Interaction Toolkit" an, welche viele grundlegende VR-Funktionalitäten in ein Unity Projekt integriert und somit den Entwicklungsprozess deutlich beschleunigt. Des Weiteren unterstützt das Toolkit die externe Software "OpenXR".

## **2.2.3 Open XR**

OpenXR stellt eine allgemeine Schnittstelle für eine Vielzahl von VR-Brillen dar, indem es allgemeine Aktionen definiert, mit welchen das XR Interaction Toolkit und weitere Software arbeiten kann. Die device-basierten Mappings werden hierbei von OpenXR übernommen.

## **2.2.4 Unity Input System**

In 2019 veröffentlichte Unity ein neues Input-System, welches vom Unity-eigenen XR Interaction Toolkit genutzt wurde. Dieses bietet eine Vielzahl an simplen Interaktionen in VR wie Bewegungstypen, Greifen, Werfen und vielen weiteren. Da fundamentale Features nicht selbst entwickelt werden müssen, bildet es eine gute Grundlage für die Entwicklung in VR. Die Anbindung an das Input-System erfolgt im Einklang mit OpenXR. Dies setzt für alle unterstützten VR-Controller gemeinsame Aktionen fest und handhabt die gerätespezifische Ausführung selbst. Das Input-System muss sich somit ausschließlich Funktionalitäten wie "Select" oder "Trigger" anschalten, statt die Buttons der einzelnen Geräte anzusprechen. Das ist ein sehr simples und dynamisches System, welches es VR-Entwicklern leicht macht, Inputs aller unterstützten VR-Controller ohne signifikanten Extraaufwand zu verarbeiten.

Das System erfüllt zwar den gewollten Nutzen sehr gut, ist jedoch nicht gut zu erweitern. Wenn sich ein weiteres Gerät an die genannten Grundfunktionalitäten wie "Select" und "Trigger" anbietet möchte, wird das System sehr schnell zu kompliziert. In einem Beispiel innerhalb des Projekts äußerte sich dies darin, dass die SenseGloves genutzt werden sollten, um mit einer speziellen Finger-Geste ein eingebautes Feature des XR Interaction Toolkits auszulösen, welches Teleportation ermöglicht. Während die Auswertung einer Geste durch die SenseGlove-eigene Softwarelösung trivial scheint, ist das Unity Input-System gegenüber externer Anbindungen so verschlossen, dass eine Anbindung an das XR Interaction Toolkit nicht möglich ist.

Dass es hierbei eine theoretisch mögliche Lösung für das Problem gibt, zeigt sich darin, dass ein Unity-Mitarbeiter hierzu ein Skript veröffentlicht hat, welches ein Input-System Profil für die HTC VIVE Tracker erstellt. Dieses bietet eine Funktionalität zum Abgreifen der realen Position und Rotation der Tracker an und half enorm dabei, die SenseGloves im Raum bewegbar zu machen. Jedoch ist das Skript für solch eine simple Hardware sehr komplex. Eine Anbindung der SenseGloves an das Input-System ist daher ein zu großes Unterfangen für das Projekt gewesen.

Somit sind VR-Grundfunktionen nur über VR-Controller ansprechbar. Anstatt zu versuchen, die gesamten Funktionalitäten neu zu schreiben, entschieden wir uns dafür, einem Spieler sowohl einen VR-Controller als auch einen SenseGlove an jeweils einer Hand nutzen zu lassen. Indem wir die benötigte Grundfunktionalität auf einen VR-Controller setzten, stand uns frei, die haptischen Handschuhe vorzuzeigen, ohne einen Durchlauf des Spiels unmöglich zu machen.

## 2.3 Fortbewegung

Fortbewegung und die damit verbundene Motion Sickness sind wichtige Themen in der VR-Entwicklung. Manche Probleme können hierbei durch verbesserte Hardware gelöst werden, indem beispielsweise die Bildschirmauflösung erhöht wird. Jedoch müssen viele sensible Entscheidungen in der Software selbst getroffen werden. Dabei ist die Art der Bewegung im Raum, welche auch Locomotion genannt wird, eine sehr grundlegende Richtungsentscheidung.

### 2.3.1 Typen von Locomotion

Locomotion teilt sich in zwei Subgruppen auf, Fortbewegung und Drehung. Dabei kann sich ein Spieler immer physisch im Raum bewegen und seinen Kopf drehen, um eine eins-zu-eins Übertragung dieser Bewegung in der virtuellen Welt zu erhalten. Ein Spieler kann sich somit ohne Knopf-Eingaben hinsetzen, umschauen und jegliche andere Aktivitäten vollführen, welche innerhalb seines Spielraums möglich sind.

Sollte das Spiel jedoch weitläufige Bewegungen fordern, wird dies schnell zu einem Problem. Ein Spieler sollte den Spielraum in der echten Welt natürlich nicht verlassen, da sich Spiele auf diesen Bereich begrenzen müssten, was sie zumeist nicht wollen. Spiele bieten einem Spieler somit die Option an, sich durch Knopf-Inputs fortzubewegen und zu drehen.

#### Bewegung

Fortbewegung kann "kontinuierlich" oder via "Teleportation" stattfinden. Ersteres nutzt einen Joystick, um den Spieler in eine Richtung zu bewegen. Diese Bewegung ist fortwährend in Echtzeit. Hingegen zum virtuellen Körper, bewegt sich der reale hierbei nicht. Viele Nutzer erfahren zumindest initial das Gefühl, dass der Körper unter ihnen weggezogen wird. Dies führt häufig zu Motion Sickness. Jedoch ist diese Art der Fortbewegung sehr schnell, präzise und somit in einem schnellen Spiel von Vorteil.

Teleportation kann vom Spieler über einen Knopfdruck aktiviert werden. Daraufhin zeigt die Software einen Strahl an, mit welchem eine Zielposition auf einem Untergrund bestimmt werden kann. Eine Positionsänderung zu diesem Ziel ist meist sehr schnell, doch da oftmals ein kurzes Fading genutzt wird, kann Motion Sickness für die meisten Nutzer vermieden werden. Diese Art der Fortbewegung ist hingegen langsamer und in manchen Spielen eher störend.

#### Drehung

Damit sich Spieler nicht in der echten Welt um sich selbst drehen müssen, kann Rotation auch per Knopfdruck erledigt werden. Erneut gibt es zwei Lösungen, "kontinuierlich" und "snapping". Erstere stellt hierbei erneut eine konstante Drehung in Echtzeit mit einer festgelegten Geschwindigkeit dar, wenn ein Joystick in die jeweilige Richtung bewegt werden. Ebenso wie bei der Fortbewegung führt diese Form der Rotation oftmals zu Motion Sickness, da die Augen eine Drehung erfahren, die der Körper selbst nicht vollführt.

Hingegen dreht die Snapping-Option den Blick des Spielers in der virtuellen Welt auf Knopfdruck um einen festgelegten Winkel, was Motion Sickness in den meisten Fällen vorbeugt, da keine Bewegung simuliert wird, sondern die Blickrichtung einfach und direkt verändert wird.

# 3 Game Design

Da das technische Fundament bereits festgelegt wurde, machten wir uns zunächst genauere Gedanken zur Spielidee. Hierfür erstellten wir ein digitales Whiteboard bei Miro, um über einen einfachen und direkten Weg Ideen zu teilen und festzuhalten. Um hierbei die Wahl der Konzepte nicht bereits im Vorhinein zu stark einzuschränken, wurde eine sehr offene und erweiterbare Spielform in Form eines *Escape Rooms* als Grundlage gewählt. Diese Idee wurde im Laufe der Entwicklung spezifiziert und stetig verändert, jedoch blieb erhalten, dass - ähnlich wie in einem Escape Room - ein Spieler Puzzle und Aufgaben verschiedener Arten lösen muss, um das Ende zu erreichen. Dies bot die Freiheit, mit vielen verschiedenen Ideen zu arbeiten, welche verschiedene Grundkonzepte der Interaktion ansprachen. Das finale Konzept der Spielidee lässt sich wie folgt beschreiben.

## 3.1 Spielidee

In einer magischen Welt, die zeitlich der Epoche des Mittelalters zuzuschreiben ist, sind auf mysteriöse Weise alle Farben verschwunden, da die Göttin der Farben ihrer Kräfte beraubt und in einem Turm eingesperrt worden ist. Indem ihr heiliges Diadem, welches die magischen Farbkristalle enthielt, zerbrochen wurde, hat nicht nur die Göttin ihre Kraft verloren, sondern alle Farben sind abhandengekommen. Frei nach dem Motto *Farben sind das Leben Lied* existiert kein Leben ohne die entsprechenden Farben, weshalb ohne die Kristalle nichts korrekt funktioniert. Da jedoch ein Teil der Kraft der Göttin immer noch in den Kristallen gespeichert ist, geben diese genügend Farbe ab, um einen kleinen Bereich in gleichnamiger Farbe etwas Leben einzuhauen. Sollte der Spieler die einzelnen Kristalle finden und ihre Kraft über eine Maschine wieder in ihre Umgebung einfügen können, so besteht doch noch etwas Hoffnung, um die Göttin aus dem Turm zu befreien.

## 3.2 Setting/ Look & Feel

Der Look des Spiels orientiert sich, wie die Spielidee bereits vermuten lässt, optisch an einer magischen, rätselhaften Fantasy Welt, die durch viele bewegbare Treppen von den Treppenhäusern aus Harry Potter inspiriert wurde. Da die Farbkristalle im gesamten Turm verteilt sind, existieren neben der Farbe Weiß nur noch die primären Farben des subtraktiven Farbschemas Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz. Diese Farben sind gemäß dem Hintergrund des Spiels bereits zu Spielbeginn punktuell in verteilten Räumen zu finden. Das führt dazu, dass das Innere des Turms in separierte Bereiche unterteilt ist, wodurch die Orientierung dem Spieler im Laufe des Spiels deutlich einfacher fallen sollte. Jedem dieser Bereiche wurden eigene Themen zugewiesen, welche unserer Meinung nach am besten zur Farbe des Raums passen und eine flexible Auswahl an Rätselarten zulassen würden. Daraus ergaben sich folgende Räume, welche in einem späteren Kapitel nochmals genauer erklärt werden.

### **3.2.1 Lobby**

Die Lobby symbolisiert den Bereich des Spiels, zu welchem der Spieler einige Male zurückkehren wird. Da dieser Raum an alle weiteren Farträume grenzt, sollte er das Setting des Spiels als Ganzes aufgreifen. Somit ist die Lobby ein Raum, der mit magischen oder zur Herstellung magischer Objekte wie Pflanzen und Erzen dekoriert ist. Zusätzlich zu diesem allgemeinen Magie-Thema umfasst der Raum vor allen durch das Minispiel/Rätsel des Raums, das Thema Alchemie, da man bei diesem Spiel Tränke braut.

### **3.2.2 Cyan-Raum**

Der Cyan-Raum verkörpert als erster Farbraum des Spiels das Thema "Werkstatt". In diesem Raum befinden sich nämlich üblichen Handwerksmaterialien, Konstrukte wie eine Uhr und Zahnräder, um ein Gefühl dafür zu bekommen, sich in einem Uhrwerk zu befinden. Hinzu kommt das Rätsel des Raums, bei welchem man Röhren an einer Wand befestigen muss. Hierbei soll dem Spieler erneut das Gefühl gegeben werden, dass dieser Raum zum Schaffen und Werkeln gedacht ist. Abgerundet wird der Raum durch eine dekorierte Golfbahn, um sich etwas von der Arbeit zu erholen.

### **3.2.3 Magenta-Raum**

Im Magenta-Raum befinden sich neben Büchern, Leitern und große Tische. Diese Kombination von Objekten soll das Thema "Bibliothek" betonen. In diesem Raum befinden sich erstmals zwei Rätsel bzw. Minispiele. Im ersten Minispiel fordert es Geschick und Können, da der Spieler hier eine Murmel in einer Box durch Neigung in ein Loch navigieren muss. Allgemein ausgedrückt, stellt der Raum ein Studierzimmer dar, in welchem sich passenderweise Bücher und ein massiver Holztisch befinden. Dieser Tisch wird in einem zweiten Rätsel in Form eines Rätseltisches thematisiert.

### **3.2.4 Dunkelraum**

Der letzte Raum des Spiels ist der Yellow-Room bzw. Dunkelraum. Um in diesem Raum für Abwechslung zu sorgen, fehlt hier die Beleuchtung fast vollständig, wodurch sich der angegebene Name ergeben hat. Die Thematik dieses Raums befasst sich aufgrund der Dunkelheit mit Astronomie, Astrologie und anderen Künsten. Mithilfe von Leuchtstäben muss ein Spieler hier selbst für Licht sorgen, um die Geheimnisse des Raums zu lüften und damit das Rätsel zu lösen.

### 3.3 Spielbeginn

Zum Spielbeginn befindet sich der Spieler bereits im Treppenhaus, welches den Hauptbereich des Spiels darstellt. Hier wird dem Spieler ein erster Eindruck vom Farbschema und der Größe des Turms gegeben. Sollte sich der Spieler etwas nach vorne bewegen, bekommt er zudem den ersten Kristall zu Gesicht, welchen er in gleicher Richtung auch direkt im ersten interaktiven Rätsel benutzen kann. Dazu aber in einem späteren Kapitel mehr.



Abbildung 3.1: Spielwelt zu Beginn

### 3.4 Spielfortschritt/Ziel

Um im Spiel Fortschritt zu erzielen, muss ein Spieler die Rätsel der einzelnen Farbräume lösen und die daraus gewonnenen Farbkristalle im oben erwähnten Minispiel des Hauptraums, welcher im Folgenden als *Lobby* bezeichnet wird, in Farbe zu konvertieren, um so die verschiedenen Farben in die Spielwelt zurückzubringen. Dabei ist zu beachten, dass die Räume auch nur dann erreichbar sind, sollte der Spieler die vorher abzuschließenden Rätsel abgeschlossen haben. An dieser Stelle wird eine besondere Spielmechanik relevant.

#### 3.4.1 Spielmechanik: Treppen

Die Treppen der Lobby haben verschiedene Farben und nur wenn diese in die Welt zurückgebracht wurden, kann eine Treppe bewegt werden, um den Weg nach oben zu ermöglichen. Darüber hinaus zeigt sich in diesem Rätsel eine simplere Form des Interaktionskonzepts. Die Aktion des Ziehens eines farbigen Hebelns führt direkt zu der Reaktion einer Auswahl gleichfarbiger Treppen, welche im Treppenhaus zu neuen Positionen rotieren. Hier zeigt sich die Stärke des Interaktionskonzepts in einer VR-Umgebung besonders, da ein Spieler nach dem Benutzen eines Hebelns direkt um ihn herum die Auswirkungen dieser Aktion spürt. Weil bestimmte Kristalle für bestimmte Treppen zuvor eingesetzt worden sein müssen, bekommt das Spiel einen deutlich weniger linearen Spielverlauf, was uns besonders wichtig gewesen ist. Zusätzlich greift diese Spielmechanik das Interaktionskonzept mit der Umgebung zu interagieren auf, da sich die Welt direkt nach Betätigen des Hebelns verändert.

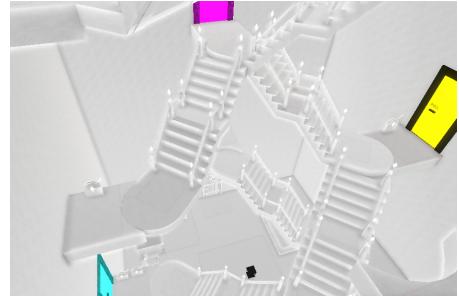


Abbildung 3.2: Treppenhaus

Weiterhin wird ein Spieler im Verlauf des Spiels verschiedene Rätsel lösen und damit mehr Farben in eine zuvor fast ausschließlich weiße Welt einführen. Dieses Feedback bietet dem Spieler eine grobe Darstellung des Spielfortschritts, führt aber ebenso zu einem Gefühl von höherem Ziel und Zweck, ein Teil dieser Welt zu sein. Dies wird weiter dadurch verstärkt, dass die Rätsel des Spiels nur mit den richtigen Farben zu lösen sind und der Zweck somit nicht nur subtil in der Umgebung dargestellt, sondern spürbar in den darauffolgenden Rätseln verbaut ist.

## 3.5 Bewegung im Spiel

Da dieses Projekt keinen Wert auf schnelle Bewegungen, sondern viel eher auf gute Spielerfahrungen und das Lösen von Rätseln ohne Zeitdruck legt, wurde sich für die Teleport-Fortbewegung und Snap-Drehungen entschieden. Außerdem sollte diese Entscheidung Motion Sickness erheblich vorbeugen. Zusätzlich wurden die Teleportationsbereiche bezüglich ihrer Anzahl deutlich reduziert, um die Bewegung des Spielers durch die jeweiligen Räume zu kontrollieren und somit sicherzustellen, dass ein Spieler die relevanten Bereiche eines Raumes erkennt und nicht allzu sehr von der Umgebung abgelenkt oder verwirrt wird. Ein Spieler hat somit die Möglichkeit, mit dem Joystick der VR-Controller einen Laser zu erzeugen, welcher zunächst rot hervorgehoben wird. Sollte ein Laser das erste Mal in einen Teleportationsbereich hineingehalten werden, färbt sich dieser weiß. Das Loslassen des Triggers führt anschließend dazu, dass sich die Position des Spielers auf den Schnittpunkt zwischen Laser und Bereich setzen wird. Die einzige Ausnahme bilden hierbei die Teleportationsbereiche der Treppen. Sollte sich ein Spieler auf Treppenstufen teleportieren wollen, so ändert sich die Position abhängig vom Laser auf den nächstgelegenen Bereich der Treppe. Hierbei unterscheiden sich die Teleportationsbereiche hinsichtlich der neuen Position von Spielern nach der Teleportation. Während sich Spieler frei in einem Bereich positionieren können, ist die Position auf einer Treppe immer auf die Mitte des Bereichs beschränkt. Mehr dazu jedoch in einem späteren Abschnitt.



Abbildung 3.3: Bewegung

## 3.6 Brainstorming: Weitere Spielideen

Wie am Anfang dieses Kapitels erwähnt, sollte das Spiel eine offene Spielform innehalten, da in allen Formen von Entwicklungen bestimmte Prozesse und Umsetzungen mehr Zeit in Anspruch nehmen können, als man zuvor gedacht hat. Der Grundgedanke des Spiels wurde hierbei jedoch nicht verändert. In verschiedenen Rätseln innerhalb der Lobby und Farträumen müssen die Kristalle durch das Lösen von diesen Rätseln erspielt werden, um das Spiel zu beenden. Da das Brainstorming jedoch ein wichtiger Bestandteil des Projekts war, sind hier kurz ein paar Informationen über nicht umgesetzte Ideen.

### Tippschalter

Da es frustrierend sein kann, in Rätselspielen nicht voranzukommen und das Spiel entweder beiseitezulegen oder die Lösung über das Internet herauszufinden, war in der Lobby geplant, einen Tippschalter zu implementieren, an welchem man Tipps ziehen kann, die dem Spieler einen Hinweis geben würden abhängig vom Fortschritt im Spiel.

### Farbhandschuh

Zudem beschäftigten wir uns intensiv mit der Idee, wie die Farbe in das Spiel zurückkehren sollte. Ein Konzept war hierbei, dies über einen Handschuh stattfinden zu lassen, welchen der Spieler in Sockets innerhalb der Wand steckt, um so die Farbe zurückzubringen. Zusätzlich sollte der Spieler hierbei in der Lage gewesen zu sein, mit seinen Fingern auf Oberflächen zu malen.

## **Cyan-Raum**

Im Cyan-Raum wurde weiterhin geplant, ein Angelspiel zu entwerfen, bei welchem der Spieler einen Gegenstand aus einem Brunnen fischen muss. Da sich im Cyan-Raum allerlei Ausrüstungsgegenstände und Tools befinden, war zudem geplant, ein kleines Minispiel mit dem Bogen zu machen, mit welchem beispielsweise Farbballons zum Platzen gebracht werden sollten.

## **Magenta-Raum**

Im Magenta-Raum sollte ein Timing-Minispiel entworfen werden, bei welchem Leitern über Hebel so bewegt werden sollten, um über erhöhte Positionen versteckte Gegenstände zu erreichen.

Außerdem wollten wir eine Idee aus einem vorherigen Semester aufgreifen, bei welchem ein Gegenstand so gedreht werden sollte, sodass dessen Schatten, der durch einen Scheinwerfer auf die Wand projiziert wurde, ein passendes Bild erzeugt. Abschließend wurde in geplant ein Bilderrätsel zu machen, welches in beispielsweise neun Segmente unterteilt ist, wobei diese entsprechend zum Original-Bild zurückverschoben werden sollten.

## **Dunkelraum**

Für den Dunkelraum wurde geplant, etwas Licht über einen leicht offenen Vorhang in den Raum zu lassen, welches auf einen Spiegel scheint. Mithilfe einer Konstellation aus Spiegeln sollte hierbei die Reflexion auf ein Ziel gelenkt werden.

# 4 Umsetzung

Doch was genau wurde letztendlich umgesetzt? Dies soll im folgenden Kapitel genauer erläutert werden.

## 4.1 Alchemie-Puzzle

Wie bereits in einem oberen Kapitel erwähnt, beschäftigt sich die Lobby mit dem Alchemie-Thema und bringt dabei ein Minispiel mit sich, welches der Spieler immer dann spielen wird, wenn er einen Kristall in die installierte Maschine platziert. Beim ersten Spieldurchgang hat der Spieler nur Zugriff auf die Farbe Weiß, womit man im Spiel nicht weit kommt. Da der Spieler den schwarzen Kristall in der Vorrichtung platziert hat, sieht der Spieler als Reaktion auf diese Aktion, dass die Maschine anfängt zu arbeiten, da aus ihr ein dampfartiger Partikeleffekt in Farbe des Kristalls ausgestoßen wird. Anschließend tropft eine schwarze Flüssigkeit in den Kessel, welcher sich vor der Maschine befindet. Diese färbt den Inhalt des Kessels schwarz ein. Um die genaue Farbe zu erkennen, befinden sich um den Kessel herum vier Textfelder, die den jeweiligen Farbwert im CMYK-Schema als Prozentwert mit zwei Nachkommastellen anzeigen. Als weitere Reaktion auf den platzierten Kristall aktiviert sich der Bildschirm auf Augenhöhe des Spielers. Dieser zeigt nun eine Farbe mit dazugehörigen CMYK-Farbwert analog zu den Werten, die sich um den Kessel befinden. Zusätzlich zur Startfarbe Weiß verfügt der Spieler jetzt auch über die Farbe Schwarz. Mit diesen beiden Tränken kann er nun die Flüssigkeit des Kessels umfärbten. Dabei erscheinen die Tränke auf der linken und rechten Seite des Bereichs über horizontale Schienen. Nimmt ein Spieler einen Trank, werden die anderen Tränke der Schiene so weiterbewegt und aufgestockt, als ob es schier unendlich viele gäbe. Den weißen Trank beispielsweise kann der Spieler anschließend in die Flüssigkeit werfen, um die auf dem Bildschirm abgebildete Farbe zu brauen. Technisch lässt sich das Färben folgendermaßen beschreiben: Die Farbe Schwarz hat für Cyan, Magenta und Gelb den Farbwert 0 und für Schwarz 100. Da Weiß überall den Wert 0 hat, wird anschließend von allen vier Werten der Mittelwert gebildet. Daraus resultiert also ein Grauton mit dem Schwarzwert 50.

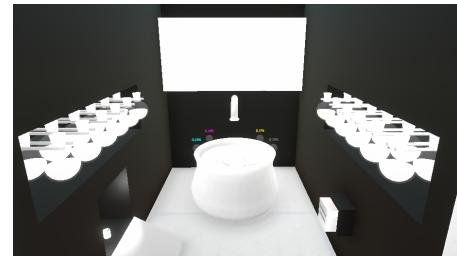


Abbildung 4.1: Alchemie-Puzzle

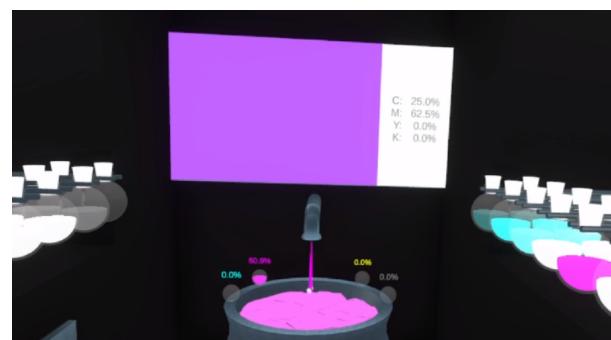


Abbildung 4.2: Alchemie-Puzzle Magenta

Sollte ein Spieler das Gefühl haben, einen falschen Trank benutzt zu haben, so hat er die Möglichkeit, das aktuelle Gemisch über einen Reset-Button auf der rechten Seite zurückzusetzen. Nach der Interaktion mit diesem wird nämlich die Farbe der Flüssigkeit im Kessel kurz weiß und anschließend mit der Farbe des Kristalls als Ausgangslage eingefärbt. Nachdem alle Etappen des Alchemie-Puzzles mit der Farbe Schwarz abgeschlossen wurden, schaltet sich der Bildschirm aus und es kommt erneut etwas gefärbter Dampf aus der Maschine. Weiterhin hat der Spieler jetzt Zugriff auf die Farbe Grau. Als Reaktion auf das abgeschlossene Rätsel färben sich alle Objekte, die einen schwarzen Farbton haben, in der Umgebung wieder so ein, wie sie üblicherweise wären. Zusätzlich sorgt dies dafür, dass die Interaktion mit gewissen Hebeln im Treppenhaus möglich ist. Da man im Spiel vier Kristalle findet, kann man dieses Minispiel bis zu vier Mal spielen, bis man die gesamte Umgebung vollständig eingefärbt hat und das Endziel erreichen kann. Natürlich werden die Rätsel immer komplizierter, da dem Spieler immer mehr Farben zum Mischen zur Verfügung stehen. Hierbei sei gesagt, dass neben Schwarz, Weiß und Grau, die Farben Cyan, Magenta und Gelb in jeweils einer helleren und dunkleren Variante existieren werden.

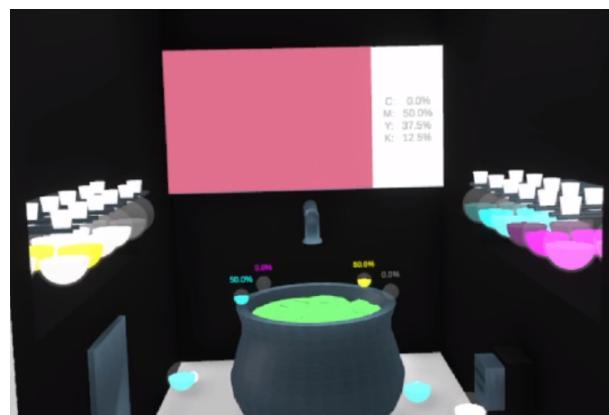


Abbildung 4.3: Alchemie-Puzzle Gelb

## 4.2 Röhren-Puzzle

Nachdem ein Spieler das erste Alchemie-Rätsel absolviert hat, ist er in der Lage, den Cyan-Raum zu erreichen. In diesem befindet sich eine Vorrichtung aus ein paar wenigen Röhren. Durch eine leichte transparente Gitter-Struktur in der Wand soll dem Spieler vermittelt werden, dass herumliegende Röhren in dieser zu platzieren sind. Die Objekte befinden sich beim ersten Berührungsplatz mit dem Spieler in einer Kiste, aus welcher sie dann aufgehoben werden können. Da Anfang und Ende des Puzzles bereits fest installiert sind, sollte der Spieler eine Auffangschale rechts neben dem Start bemerken. In der Nähe dieser wird über einen Hinweis bereits angedeutet, dass hier ein Gegenstand empfangen werden kann. Beim genaueren Verfolgen der Röhren sollte man schlussfolgern, dass sich der blaue Kristall in den waagerechten Röhren oberhalb des Spielers befindet. Um ihn zu erreichen, muss man also einen Durchfluss ermöglichen. Dazu hat man jedoch nur begrenzt viele Rohre. Diese lassen sich dabei in zwei Kategorien mit je zwei Variationen unterscheiden. In der Vorrichtung befinden sich nämlich gewinkelte sowie gerade Röhren, welche frei bewegt und platziert werden können. Hinzu kommen bereits fest installierte, welche lediglich hinsichtlich ihrer Rotation angepasst werden können. Dies wird dem Spieler über Rotationspfeile auf den Gegenständen präsentiert. Wenn eine Röhre in die Gitterstruktur gehalten wird, erscheint dem Spieler eine transparente und korrekt positionierte Preview der Röhre, an welcher sie platziert werden würde, sollte man sie loslassen. Die Preview hat dabei eine von vier möglichen Rotationen, welche anhand der Rotation des Rohrs ermittelt wird. Jedes Mal, wenn eine Röhre platziert wurde, nimmt eine Röhre die Position und Rotation der zuvor sichtbaren Preview ein. Weiterhin prüft der Manager des Rätsels, ob das Ende der Röhren vom Start ausgegangen ohne Lücken erreicht werden kann. Dabei schaltet sich bei allen Röhren, welche den weiteren Durchfluss gewährleisten, ein Licht an, um dem Spieler Feedback darüber zu geben, ob er die Verbindung richtig gesetzt hat. Technisch betrachtet lässt sich sagen, dass ein Rohr in diesem Spiel bis zu zwei Nachbarn haben kann, welche über Collider gesetzt werden können. Somit lässt sich die Iteration über platzierte Röhren als verkettete Liste betrachten, da ein Rohr seine Nachbarn kennt. Der Trick an diesem Rätsel ist die Begrenzung der Möglichkeiten durch die feste Anzahl an zu platzierenden Röhren und der Variation aller zuvor platzierten Rohre, welche lediglich rotiert werden können. Dadurch ergibt sich nach genaueren Überlegungen anhand gegebener Mittel eine einzige Lösung, zu welcher man nur durch Überlegen und Ausprobieren kommt. Sollte der Durchfluss vollständig sein, aktiviert sich theoretisch betrachtet die Farbe im Rohrsystem, wodurch die Farbe den Kristall herausströmt.



Abbildung 4.4: Röhren-Puzzle

## 4.3 Murmelbox

Der daraufhin freigeschaltete Magenta-Raum enthält wie zuvor erwähnt, u. a. eine Murmelbox. Diese Box enthält, wie der Name bereits vermuten lässt, eine Murmel, welche zur Lösung des Spiels in das Loch befördert werden muss, welches sich im Mittelpunkt der Box befindet. Die anderen Löcher der Box führen hingegen dazu, dass die Kugel in ihre Ausgangslage zurückversetzt wird. Bestimmte Löcher können hierbei dazu beitragen, dass zuvor versperrte Wege frei werden, um den Schwierigkeitsgrad des Spiels etwas zu verringern. Außerdem befinden sich in der Box farblich gekennzeichnete Druckplatten an einigen Stellen, welche optisch hervorgehobene um das zentrale Loch sich befindende Wände herunter- oder hochfahren. Dabei wurde die Box so konzipiert, dass man die Kugel nicht zu schnell rollen lassen darf, dass eine Druckplatte hierbei die sich auf der anderen Seite befindende Wand herunterfahren würde, wodurch die Murmel auf einer weiteren landet, welche die Wand erneut hochfährt. Das mag bei manchen Spielern vermutlich für etwas Frustration, gleichzeitig aber auch Ehrgeiz sorgen.

Die Murmelbox lässt sich dabei allgemein ausgedrückt mittels zweier Hebel bewegen. Der linke verstellt hierbei bei einer Neigung nach links oder rechts die Rotation der Box in die entsprechende Richtung. Der rechte Hebel lässt die Box analog durch Neigungen nach vorne und hinten rotieren. Diese Steuerung erfordert einiges an Geschick, Geduld und Multitasking-Fähigkeiten, u. a. da sich das Gehirn erst auf diese einstellen muss. Schafft es der Spieler die Kugel in das Loch zu navigieren, schaltet sich das Lampenlicht über der Box aus, um zu signalisieren, dass das Rätsel geschafft ist.



Abbildung 4.5: Murmelbox

## 4.4 Rätseltisch

Zusätzlich zur Murmelbox enthält der Magenta-Raum einen Rätseltisch, der etwas einem Sekretär ähnelt. Der Spieler kann sich dabei frei um den Tisch herumbewegen, um ihn vollständig prüfen zu können, da dieser, wie der Name bereits erschließen lässt, zum Rätseln anregt. Insgesamt vier Rätsel sind in diesem Tisch verbaut, wobei sich das vierte aus der Lösung vorheriger erst vollständig freischaltet.

### 4.4.1 Part 1

Das erste Rätsel des Tisches enthält zwei nebeneinanderliegende Kisten und jeweils eine Vorrichtung, in welche man einen Finger stecken kann. Steckt ein Spieler einen davon in das Loch, öffnet sich die Klappe der zugeordneten Kiste nach links. In jeder Kiste befinden sich ausgeschaltete Lichter, welche durch eine Berührung mit der Hand wieder an- und ausgeschaltet werden können. zieht der Spieler den Finger aus dem Loch, gehen die Lichter aus und die Klappe schließt sich wieder. Wie also schafft es der Spieler alle Lampen anzumachen, ohne, dass sich eine der Klappen schließt? Um diese Frage zu beantworten, sollen Spieler den Hinweis zwischen beiden Fingerlöchern lesen. Aus diesem ergibt sich, dass im Raum ein Holz existiert, dass zum



Abbildung 4.6: Rätseltisch 1

Blockieren genutzt werden kann. In einer Ecke des Raums befindet sich ein abgebrochenes Tischbein, welches man hierzu nutzen kann. Nachdem alle Lichter aktiviert worden sind, öffnet sich ein kleines Schäckelchen. In diesem befindet sich ein Papier, auf dem der Buchstabe P abgebildet ist, das zur Lösung des finalen Rätsels benötigt wird.

#### 4.4.2 Part 2

Für das zweite Rätsel erfordert es etwas Hand- und Augen-Koordination. Auf der rechten Seite des Tisches befindet sich eine Säule mit einem Ring darum, auf welchem geschrieben steht, dass dieser gegriffen werden kann. Sollte man den Ring greifen und nach oben ziehen, setzt er sich in festen Positionen fest. Doch diese Aktion erfüllt noch keinen Zweck. Damit er einen Nutzen hat, muss ein Spieler den sich davor befindenden Knopf drücken. Das würde dazu führen, dass die Farbe in der Säule steigt. Lässt man den Knopf los, nachdem man den Ring auf die erste Position gezogen hat, bleibt die Markierung an der Säule bestehen. Ansonsten sinkt diese wieder auf den Anfang. Zieht man den Ring also nach oben, ohne das ein Finger einen Knopf betätigt, sinkt der Ring. Mit diesem Wissen sollten Spieler nach der Erkundung des Tisches auf die Idee kommen, dass sie die vier Knöpfe nacheinander drücken müssen und zwischendurch den Ring auf die erhöhten Positionen stellen, um den Zwischenstand zu behalten. Sobald die Säule vollständig eingefärbt ist, öffnet sich eine zweite Schachtel, in welcher sich ein weiteres Papier mit dem Buchstaben N befindet.



Abbildung 4.7: Rätseltisch 2.1

#### 4.4.3 Part 3

Im dritten Rätsel muss man ähnlich zum zweiten, Dinge greifen und nach oben ziehen. In der Nähe des vorherigen Rätsels befinden sich vier Pfähle, welche gleichmäßig in einem Kreis angeordnet sind. Hierbei können die Holzpfähle nicht aus dem Tisch gezogen werden, da sie durch eine sich auf dem Rätsel befindende Glasscheibe in ihrer Bewegung nach oben beschränkt sind. Für die Lösung des Rätsels muss man einen Blick unter den Tisch werfen. Hier sind Teile der Pfähle bereits zu sehen. Ziel ist es, dass ein Pfahl so weit nach oben gezogen wird, dass sein Bestandteil unterhalb des Tisches die gleiche Tiefe besitzt wie der unveränderbare Part daneben. Wenn alle vier Pfähle die korrekte Höhenstellung haben, öffnet sich die letzte Schachtel mit einem leeren Papier.

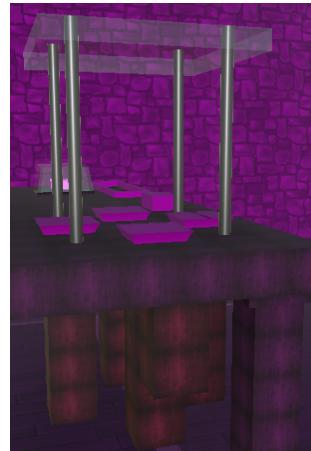


Abbildung 4.8:  
Rätseltisch 3

#### 4.4.4 Finales Rätsel

Für den letzten Part des Rätsels muss sich der Spieler auf die andere Seite des Tisches begeben. Hier befindet sich ein Knopf mit einer Glaskapsel darum. Davor steht mit einzelnen Buchstaben "CLOSE IT". Da ein weiteres Leerzeichen vor dieser Wortkombination angelehnt ist, ergibt sich die Schlussfolgerung, dass das Wort geändert werden kann. Durch die zwei verfügbaren Leerzeichen sowie



Abbildung 4.9:  
Rätseltisch Finale

die Buchstaben P und N muss ein Spieler den Textinhalt so verändern, dass sich die Kapsel buchstäblich öffnet. Dazu hat er die zwei Leerzeichen auf die ersten Buchstaben von Close, sein P auf das S und sein N auf das erste Leerzeichen zu legen. Daraus resultiert die Wortkombination "OPEN IT", was die Box öffnet. Nachdem der sich darin befindende Knopf betätigt wurde, schaltet sich das Licht des Tischs aus und der Kristall erscheint hinter dem Spieler in einem sich öffnenden Buch.

## 4.5 Dunkelraum

Im letzten Farbraum des Spiels, dem Dunkelraum, wird dem Spieler die Fähigkeit normal zu sehen, entzogen. Mithilfe eines leuchtenden Spenders, den ein Spieler im Raum durch das starke Leuchten finden wird, kann man den Raum durch greifbare Leuchtstäbe punktuell erhellen und erforschen. Das wird auch für die Lösung des Raums benötigt. Wie bereits in einem vorherigen Kapitel erwähnt, sind die Themen des Raums Astronomie, Astrologie, Mystik und Kunst. Diese Themen tragen zusammen zur Lösung eines verstellbaren Rads bei, welches in drei Sektionen unterteilt ist. Der äußere Ring zeigt hierbei die Symbole der zwölf Sternzeichen. Abgesehen von dem Spender und seinen Leuchtstäben leuchtet lediglich ein Sternbild an der Decke, welches eins dieser zwölf Sternzeichen darstellt. Um dem Sternbild ein Zeichen zuordnen zu können, muss man im Raum eine Legende finden, die diese Beziehung aufweist. Das mittlere Segment des Rads umfasst acht Tiere, u. a. Hirsch, Tiger, Nilpferd und Bär. Alle diese vier Tiere befinden sich in Form eines Kopfes als Trophäe im Raum wieder. Um die richtige Lösung zu finden, muss man die Tierköpfe mit den Leuchtstäben gründlich erforschen, da auf der Rückseite eines Kopfes das richtige Symbol versteckt ist. Dies mag zu Beginn etwas unscheinbar sein, jedoch handelt es sich bei diesem Spiel um ein Rätsel-Spiel und die Tierköpfe sind allesamt erreichbar und auf dem Rad zu finden. Daher sollte es naheliegend sein, zu versuchen, mit ihnen zu interagieren. Das letzte Segment des Rads umfasst acht verschiedene Symbole, die teilweise Anlehnungen an Namen von Tarotkarten sind. Sollte sich der Spieler im Raum gründlich genug umschauen, so findet er ein Schränkchen mit einer Schublade, in welcher sich zuzüglich zu einem Buch eine Tarotkarte befindet. Dessen Name lässt auf das korrekte Symbol auf dem Rad schließen. Wenn der Spieler nun mittels Hebel die drei Segmente auf ihre richtige Position bzw. Rotation bringt, leuchtet der Pfeil des Rads hell auf und eine versteckte Wand öffnet sich, sodass der darin liegende Kristall aufgesammelt werden kann.



Abbildung 4.10: Dunkelraum



Abbildung 4.11: Sternenkarte

Wie zuvor erwähnt, ist die Einschränkung der Sicht auch ein gutes Mittel, um besondere Erfahrungen mit visuellen Interaktionen zu sammeln, da der Raum die Verantwortung der Sicht auf den Spieler legt. Im Dunkelraum muss er Lichtquellen in den Raum werfen, um die allumfassende Dunkelheit des Raumes punktuell zu durchbrechen. So etwas Fundamentales wie die Lichtverhältnisse eines Raumes in die Hand der Spieler zu legen, führt zu einer deutlichen Erhöhung der Konzentration und Immersion. Dabei fiel auf, dass Spieler, die damit beschäftigt waren ihren Sichtsinn aufrechtzuerhalten, intensiver in das Spiel vertieft waren.

## 4.6 Spielabschluss

Um das Spiel abzuschließen, muss der Spieler zuvor alle der vier Farbkristalle gefunden und mithilfe des Alchemie-Puzzles aktiviert haben. Damit ist er in der Lage alle Hebel des Treppenhauses zu nutzen, sodass die oberste Etage des Turms erreicht werden kann. Hier, beim höchsten Punkt des Turms, wird der Spieler vor eine weitere interessante visuelle Interaktion gestellt. Er muss auf eine dünne Planke steigen, wobei man ein freies Sichtfeld auf die Tiefe unter sich hat. Die Reaktion auf diese Höhe kann sehr individuell sein, jedoch erzeugt sie starke Emotionen.

Anschließend muss der Spieler eine lange Leiter hochzuklettern, um den silbernen Schlüssel zu erlangen. Nachdem er diesen aufgesammelt hat, kann er in die Lobby des Turms zurückkehren und den gefundenen Schlüssel in die Eingangstür zu stecken. Um die Tür jedoch zu öffnen, erfordert es weiterhin eine Drehung, was erneut für eine stärkere Immersion des Spielers sorgt. An dieser Stelle erscheint ein Endbildschirm, welcher das Spiel beendet.

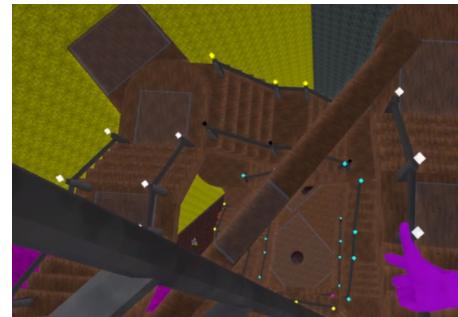


Abbildung 4.12: Ausblick Leiter



Abbildung 4.13: Lobby Spielende

# **5 Technisches Konzept**

In diesem Kapitel werden bestimmte Technologien sowie dazugehörige technische Entscheidungen nochmals aufgegriffen und erläutert.

## **5.1 Weitere Technologien**

### **5.1.1 SteamVR**

Die Videospiel-Vertriebsplattform "Steam" bietet eine eigene Softwarelösung "SteamVR" an, welche es ermöglicht, verschiedene Geräte miteinander zu verbinden, damit diese beim Ausführen einer Software zusammenarbeiten. Es muss SteamVR genutzt werden, da dies die einzige Softwarelösung ist, welche die HTC VIVE Tracker 3.0 und somit das Tracken der SenseGloves im realen Raum unterstützt.

### **5.1.2 SenseCom**

Um die SenseGloves nutzen zu können, muss zunächst eine Bluetooth-Verbindung mit dem Computer aufgebaut werden. Wenn auf diesem eine Anwendung ausgeführt wird, welche die SenseGloves unterstützt, wird die Software "SenseCom" automatisch ausgeführt. Diese ermöglicht es, die SenseGloves zu kalibrieren und daraufhin über die Anwendung zu nutzen.

## **5.2 Entwicklungsprozess**

Während es mit der im Projekt genutzten Valve Index problemlos möglich war, das Spiel in Unity direkt auszuführen, zu debuggen und sich entsprechende Logs in der Konsole anzeigen zu lassen, musste der Entwicklungsprozess für die Focus 3 etwas angepasst werden. Da sie eine Standalone VR-Brille ist, erforderte das Testen von implementierten Funktionalitäten einen neuen Android-Build des Projekts, welches den Fortschritt der Entwicklung teilweise einschränkte.

## **5.3 Technische Entscheidungen**

### **5.3.1 Teleportationsbereich**

Wie bereits angedeutet, wurde entschieden, die Anzahl der Teleportationsbereiche einzuschränken, um den Spieler durch die wichtigen Bereiche des Spiels zu lenken. Innerhalb dieses Bereichs können sich Spieler bewegen, jedoch kann es, dass die tatsächliche Spielfläche etwas kleiner als erwartet ausfallen kann, wodurch wir uns zusätzlich entschieden, die Teleportation in Bereichen so zu verändern, dass nicht die Mitte des Bereichs, sondern das exakt anvisierte Ziel als Position genutzt wird. Ohne diese Änderung hätte es für manche Spieler z. B. nicht möglich sein können, Tränke in den Kessel des Alchemie-Puzzles zu werfen.

## Ausrichtung der Türen

Aus einem ähnlichen Grund passten wir die Richtung an, in welche die Türen der Farträume geöffnet werden müssen. Eine Tür zum Körper zu ziehen, war vor der oben erwähnten Anpassung für alle Spieler problemlos möglich, während das Öffnen in die entgegengesetzte Richtung außerhalb des Teleportationsbereichs aus Platzgründen nicht möglich war. Folglich entschieden wir uns dazu, beide Anpassungen zu vereinen, um ein optimales Gefühl zu bekommen.

### 5.3.2 Umgebung Einfärben

Da sich die Veränderung des Zustands von Materialien während des Spiels auch nach Beendigung sich permanent auswirkt, musste ein Skript geschrieben werden, welches sich beim Starten des Spiels innerhalb der Methode *Awake* sämtliche referenzierten Materialien merkt und anschließend weiß färbt. Nach Beendigung des Spiels würden über die Methode *OnExit* eben diese Materialien wieder ihren Anfangszustand vor Spielstart einnehmen. Damit dies aber mit allen Materialien möglich ist, benötigten sie einen speziellen Shader, der über das Attribut *\_Color* verfügt, sodass die Materialien umgefärbt werden können.

### 5.3.3 Steuerung Murmelbox

Die Steuerung der Murmelbox erfolgt wie bereits erwähnt über zwei Hebel, die sich direkt neben der Box befinden. Diese Form der Steuerung wurde gewählt, da die SenseGloves eine solch hohe Anzahl an Meshes in der Box nicht verarbeiten konnte. Weiterhin ist es seit Unity 5 nicht mehr möglich, nicht kinematische RigidBodies mit MeshCollidern zu verwenden. Da die Box eine Vielzahl an diesen verbaut hat, war es nicht möglich, die Box direkt mit den VR-Controllern zu bewegen.

### 5.3.4 Rätseltisch: Part 1

Während das erste Rätsel des Rätseltisches den Spieler aktuell dazu auffordert, ein Tischbein auf die Fingerlöcher zu legen, bestand die vorherige Lösung dieses Rätsels daraus, dass sich die linke Kiste nach rechts öffnen würde und man somit beide Kisten gleichzeitig offen halten könnte, indem man die zuerst geöffnete Klappe über die andere offen hält. Anschließend sollten Spieler die Lichter mit der freien Hand aktivieren.

## 5.4 Vorbereitung des Projekts

Da das Spiel viele verschiedene Hardware- und Softwarelösungen nutzt, ist die Vorbereitung vor Start des Spiels verhältnismäßig aufwendig.

- Die VR-Brille, sowie alle Controller und gegebenenfalls weitere Hardware wie "Base Stations", müssen angeschaltet und in dem Programm SteamVR erkannt werden.
- Die HTC VIVE Tracker müssen angeschaltet und in SteamVR erkannt werden.
- Der rechte SenseGlove muss aktiviert, angezogen und über Bluetooth mit dem Computer verbunden werden.
- Der Build des Projekts muss gestartet werden.
- In der SenseCom-Anwendung, welche sich zu Start des Projekts öffnet, muss der angezogene SenseGlove kalibriert werden.
- Die VR-Brille muss aufgesetzt und der VR-Controller in die freie Hand genommen werden.

Dieser Aufwand ist für ein kundenfreundliches Spiel nur schlecht vertretbar und müsste signifikant verändert werden, sobald es veröffentlicht werden sollte. Dieses Problem ist aus der Position eines Spieleentwicklers jedoch nicht lösbar und nur schlecht umgehbar, da besonders der Bereich der Haptic Gloves noch keine allgemeine Schnittstelle bietet. Für VR-Brillen gibt es OpenXR zur gemeinsamen Input-Verarbeitung, jedoch sind Haptic Gloves noch so tief in der Entwicklung, dass nicht einmal bekannt ist, welche Form von VR-Gloves (faden-basiert, vibrations-basiert, Hitze-Kälte-sensibel) sich durchsetzen wird. Ohne diese grundlegenden Informationen kann keine allgemeine Grundlage geschaffen werden, weshalb Software-Unterstützung für jede Art von haptischen Handschuhen einzeln eingebaut werden muss.

Um den Aufwand teilweise zu verringern, arbeitet SenseGlove an einer Lösung, mit welcher die haptischen Handschuhe sich selbst im realen Raum tracken. Dies würde HTC VIVE Tracker obsolet machen und somit einen Schritt in Richtung eines reduzierten Setups bieten.

## 5.5 Interaktion mit Haptic-Gloves

Bei der Implementierung des Projekts fiel eine weitere visuelle Interaktionsform mit den SenseGloves eher zufällig auf. Durch diese werden die Hände in der echten Welt exakt auf die virtuelle Realität abgebildet. Wegen der in Abschnitt "Technisches Konzept" beschriebenen technischen Schwierigkeiten muss ein Spieler gleichzeitig einen SenseGloves-Handschuh und einen VR-Controller in jeweils einer Hand halten. Durch diese zwei verschiedenen Geräte werden die Unterschiede der Darstellungen von Händen sehr schnell deutlich. Die Hand-Augen-Koordination, welche die SenseGloves einem Spieler bieten, führen zu deutlicher stärkerer Immersion als die grobe Annäherung, welche ein einfacher VR-Controller bietet. Besonders bei Aufgaben, die Fingerfertigkeit benötigten, wie der bereits beschriebene Rätseltisch, war neben dem haptischen das visuelle Feedback der virtuellen Hände ein wichtiges Merkmal für verstärkte Immersion.

## **Haptik**

Haptische Interaktion wurde in diesem Projekt besonders durch die "SenseGloves" realisiert. Diese Handschuhe sind in der Lage, die Bewegung der Finger einer Hand festzusetzen. Diese Eigenschaft wurde im Spiel in verschiedenen Darstellungsformen genutzt. Besonders der Rätseltisch profitierte stark von den Fähigkeiten der haptischen Handschuhe, indem...