



THM

TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN

**CAMPUS
FRIEDBERG**

IEM

Informationstechnik-
Elektrotechnik-Mechatronik

Entwicklung und Vergleich unterschiedlicher Führungskonzepte in einer Echtzeit Virtual Reality-Umgebung

Studiengang Medieninformatik

Bachelorarbeit

vorgelegt von

Igor Beierbach

geb. in Tynda, Russland

durchgeführt bei

qubic - Room for new dimensions, Seligenstadt

Referent der Arbeit: Prof. Dr. Cornelius Malerczyk
Korreferent der Arbeit: M.Sc. Hans Christian Arlt
Betreuer bei qubic: Christof Frank

Friedberg, 2017

Für meine Eltern.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Hans Christian Arlt für die fortwährende Betreuung und Unterstützung während der gesamten Zeit. Mein Dank gilt auch Professor Dr. Cornelius Malerczyk, der mir durch seine langjährigen Erfahrung wertvolle Ratschläge geben konnte. Weiterhin möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich auf unterschiedlichen Weisen unterstützt haben.

Darüber hinaus möchte ich mich speziell bei Vivian Muschter, die diese Arbeit Korrektur gelesen hat, und bei allen freiwilligen Teilnehmern der Evaluation bedanken. Ohne sie hätte die Arbeit nicht fertig werden können.

Zum Abschluss möchte ich mich bei meiner Freundin Beatriz Sorrentino Di Bernardi bedanken, die mich immer unterstützt, ermutigt und motiviert hat.

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die eingereichte Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Friedberg, Februar 2017

Igor Beierbach

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Selbstständigkeitserklärung	iii
Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung	3
1.4 Aufbau der Arbeit	3
1.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	4
2 Grundlagen	7
2.1 Virtual Reality	7
2.2 Unreal Engine	8
2.3 Projektgrundlage	9
3 Stand der Technik	11
3.1 Virtual Reality fähige Geräte	12
3.1.1 Mobile-VR	13
3.1.2 Head-Mounted Displays	15
3.2 Aktuell genutzte Führungskonzepte	18
3.3 Ähnliche relevante VR-Anwendungen	20
3.4 Auswahl geeigneter Hardware	21
3.5 Zusammenfassung	22
4 Vorstellung der Führungskonzepte	23
4.1 Freies Konzept	23
4.2 Wegpunktsystem	23
4.3 Teleport-Konzept	24
4.4 Pfad-Folgen-Konzept	25

5	Prototypische Implementierung	27
5.1	Technische Vorbereitung	27
5.2	Umsetzung der einzelnen Prototypen	30
5.2.1	Freies Konzept	30
5.2.2	Wegpunktsystem Konzept	34
5.2.3	Teleport-Konzept	36
5.2.4	Pfad-Folgen-Konzept	37
6	Evaluation	39
6.1	Festlegung des Evaluationsgegenstands	39
6.2	Definition des Evaluationsziels	39
6.3	Entwicklung des Fragebogens	40
6.4	Ergebnisse der Evaluation	40
7	Zusammenfassung	45
7.1	Ergebnisse	45
7.2	Ausblick	47
A	Anhang	49
A.1	Fragebogen zur Evaluation	49
A.2	Vergrößerte Darstellung von großen Node-Abbildungen	49
	Literaturverzeichnis	59

Abbildungsverzeichnis

2.1	Nodes: Techdemo Elemental	9
2.2	Ein Rendering des herodianischen Tempels	10
3.1	VR Umsatzprognose bis 2020	12
3.2	VR-Kategorien von Einsatzmöglichkeiten	12
3.3	Tortendiagramm von dem Potential von VR- und AR-Anwendungen	13
3.4	Google Cardboard	14
3.5	Google DaydreamView mit Controller und Smartphone	14
3.6	Auswahlmöglichkeiten mittels Blickausrichtung	14
3.7	Samsung GearVR	15
3.8	Oculus Rift, HTC Vive und Playstation VR	15
3.9	Oculus Rift family	16
3.10	HTC Vive family	16
3.11	Visuell dargestellte Eingrenzung	17
3.12	Playstation VR family	17
3.13	Ein Beispiel für das Pfad Folgen Konzept	18
3.14	Glaskuppel des Reichstagsgebäudes	18
3.15	Archäologisches Nationalmuseum von Athen	19
3.16	Besucherin folgt einem Audioguide	19
3.17	AudioguideAusblick	19
3.18	Orientierungsplan Bayerisches Nationalmuseum	20
3.19	Virtuelle Führung vom <i>Sagalassos</i>	21
3.20	YouTuber testet <i>Wonderglade</i>	21
4.1	Blaue Pfeile des Wegpunkt Systems	24
4.2	Auswahl der POI's mit Hilfe des Controllers	25
4.3	Top-Ansicht von dem Tempel	26
5.1	Komponenten des Charakters im Unreal Engine.	28
5.2	Die Augen, Hände und der Körper des Spielers	29
5.3	Nodes: BeginPlay Event	29
5.4	Nodes: Bool'sche Variable wechseln	30
5.5	Nodes: Leiter hoch klettern ermöglichen	30
5.6	Nodes: Leiter hoch klettern	31

5.7	Ein Erkennungssymbol für die POIs	31
5.8	Ausschnitt der Minimap aus der VR-Anwendung	32
5.9	Erklärung für das Bedienen des Controllers (1)	32
5.10	Erklärung für das Bedienen des Controllers (2)	32
5.11	Nodes: Rotation der Minimap	33
5.12	Nodes: Das Öffnen und Schließen der Minimap über den Controller	33
5.13	PlugIn von YetiTech Studios: <i>Wegpunkt-System</i>	34
5.14	Nodes: Liste der POI's anzeigen und verstecken	35
5.15	Die Liste der fünf POI's	35
5.16	Nodes: Ausführung der Knopfbetätigung	36
5.17	Nodes: Weiterleitung von den Referenzen aller POI's	36
5.18	Nodes: Das Setzen eines neuen Zielpunktes im <i>Wegpunkt-System</i>	37
5.19	Nodes: Der Standort des Spielers wird neu gesetzt	37
5.20	Nodes: Der Spieler wird an <i>Splines</i> entlang bewegt	38
5.21	Nodes: Die Funktionsweise vom Pfad-Folgen-Konzept	38
6.1	Balkendiagramm: Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen?	41
6.2	Balkendiagramm: Wie ist Ihr Wohlbefinden nach der Führung?	42
6.3	Balkendiagramm: Orientierung innerhalb der Umgebung	43
6.4	Balkendiagramm: Denken Sie, Sie können an jeden Ort gelangen?	43
6.5	Balkendiagramm: Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt?	44
6.6	Balkendiagramm: Interesse der Weiterentwicklung der Führung	44
A.1	Evaluation zur Bachelorarbeit - Beschreibung	50
A.2	Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 1	51
A.3	Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 2	52
A.4	Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 3	53
A.5	Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 4	54
A.6	Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 5 und Frage 6	55
A.7	Nodes: Der Standort des Spielers wird neu gesetzt - Große Darstellung	56
A.8	Nodes: Die Funktionsweise vom Pfad-Folgen-Konzept - Große Darstellung	57
A.9	Nodes: Das Öffnen und Schließen der Minimap über den Controller - Große Darstellung	58

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Das Konzept der virtuellen Realität (engl.: Virtual Reality, kurz: VR) wird durch ihre stetige Entwicklung und das wachsende Einsatzgebiet immer populärer. Der Begriff „Virtual Reality“ wird vom Computer simulierte Realität beschrieben. Sie ermöglicht es dem Anwender, mittels technischer Geräte mit seiner Umgebung zu interagieren [Bri09]. Sowohl die Technik, als auch die Anwendungen werden immer ausgereifter. VR stößt besonders durch die vielfältigen Anwendungsgebieten auf große Begeisterung. In der Spieleindustrie hat sich das Konzept der Virtual Reality bereits stark etabliert¹.

Der aktuelle Trend der Virtual Reality ist im Jahr 2016 deutlich zu sehen gewesen. Viele große Unternehmen entwickeln bereits neue VR-Anwendungen und fördern damit den Entwicklungsstand [Del]. VR lässt sich heutzutage wirksam einsetzen. Auch für die Zukunft lassen sich Prognosen erstellen, was die Anwendungsbereiche von VR angeht. Einige Beispielbereiche sind Prototyping, Design und Simulation. Dabei ist die Erstellung und Anpassung von Prototypen im virtuellen Raum möglich. Auch im Bereich der Ausbildung lässt es sich wirksam verwenden. Laut einer europaweiten Erhebung können dadurch Reisekosten für Ausbildungs- und Geschäftswege reduziert werden. Auch in virtuellen Meetings lassen sich diese Kosten einsparen, besonders bei internationalen Teilnehmern [KPM16]. Sollen zwecks Wissenstransfer bspw. Ereignisse aus der Geschichte einprägsamer und nachvollziehbarer vermittelt werden, eignet sich die Darstellung in der VR dafür. So kann der Anwender in die andere Welt eintauchen und miterleben, was passiert. Das lässt den Besuch in der VR zu einem Erlebnis werden. Die Objektgröße der gesamten Umgebung lässt sich korrekt darstellen, was den Grad der Immersion (den Eindruck wie echt die virtuelle Welt erscheint) wirksamer macht. Mit dem passenden Equipment, wie dem Datenhelm (engl.: head-mounted display, kurz: HMD), wird das dem Nutzer ermöglicht. Dafür setzt dieser sich das HMD auf und sieht sich 360°-Bildmaterial an, das entweder als ein einzelnes Bild oder als ein fortlaufendes Video abgespielt werden kann. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Edutainment verwendet, wenn education (engl.: Bildung) und entertainment (engl.: Unterhaltung) zusammentreffen.

¹<https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article145002698/Warum-Virtual-Reality-die-Spielewelt-euphorisiert.html> Stand: 24.02.2017

Durch das eigenständige Entdecken und Erforschen einer virtuellen Umgebung sollen die Anwender spielerisch lernen. Die Selbstständigkeit und Motivation des Lernprozesses wird dadurch gefördert ².

Viele Einrichtungen vermitteln so bereits geschichtliches Wissen über historische Schauplätze. Es werden heutzutage auch schon Führungstechniken benutzt, die als virtuelle Tour bezeichnet werden. Diese Art von Tour wird an einem Computer vor einem Monitor in einem Webbrowser durchgeführt und hat dementsprechend wenig Interaktionsmöglichkeiten. Sie basiert auf 360°-Fotoaufnahmen, bei denen der Nutzer die Möglichkeit hat, Fotos nach einander zu wechseln, um einen anderen Betrachtungsstandpunkt zu erhalten. In den Fluren der Museumsausstellung werden mehrere Fotos in einer Reihe geschossen, sodass der Nutzer möglichst viele Auswahlmöglichkeiten bekommt, was gleichzeitig bedeutet, viele verschiedene Betrachtungswinkel einzelner Objekte zu erhalten. Der Nutzer bekommt dadurch das Gefühl, er könnte sich wie in Wirklichkeit durch den Gang bewegen.

Einrichtungen, in welchen klassische Führungstechniken benutzt werden, sind Museen. Es gibt viele verschiedenste Ausstellungen, in denen viele unterschiedliche Methoden verwendet werden, den Besucher zu führen. So unterschiedlich manche Ausstellungen auch sind, sie haben eine Gemeinsamkeit. Sie sind auf die Räumlichkeit beschränkt, was die Größe und Menge der Ausstellungsobjekte beeinträchtigt. Für die VR existieren diese Einschränkungen nicht und sie können deshalb umgangen werden. Es können sogar weitere Grenzen aus der realen Welt ignoriert werden. Objekte können nämlich nicht beschädigt werden. Zum Beispiel braucht ein archäologisches Fundstück nur ein Mal gescannt und dann sicher aufbewahrt werden, während die virtuelle Version des Originals von Museumsbesuchern betrachtet wird. Objekte, wie bereits zerstörte Bauwerke, in ihrer ursprünglichen Größe zu betrachten, wäre in einem Museum undenkbar. Für eine Führung in einer virtuellen Umgebung können Objekte dank der Archäologie rekonstruiert und mittels Computergrafik visualisiert werden, um Objekte originalgetreu sehen zu können.

1.2 Problemstellung

Bereits viele wissenschaftliche Arbeiten befassen sich mit der VR. Dabei ist es unumgänglich sich mit der Fortbewegung und der Führung in der virtuellen Echtzeitumgebung zu befassen. Da die Umgebung großräumig ist und bei Anwendern eine Orientierungslosigkeit hervorruft, soll für diesen Zweck eine Führung angeboten werden.

Daher beschäftigt sich diese Bachelorarbeit unter anderem mit der Entstehung von verschiedenen Führungskonzepten. Mit dem Konzept einer Führung sind Eigenschaften gemeint, die zur erfolgreichen Wissensvermittlung beitragen, auf welche Art der Anwender durch die Umgebung geführt wird und wie schnell bzw. ersichtlich er an interessante Orte gelangt. Es soll helfen, sich in großflächigen Umgebungen orientieren zu können, das Interesse soll geweckt werden, es soll unterhaltend wirken und die Führung soll das typische Problem der Motion Sickness (deutsch: Bewegungskrankheit) vermeiden. Dem Anwender kann beim Tragen eines HMD's schnell schlecht werden, wenn eine VR-Anwendung nicht performant läuft [Seb]. Dafür ist die Erforschung von Führungskonzepten essentiell, um geeignete Konzepte für die

²http://www.bpb.de/themen/J2QMAW,0,0,Der_Computer_als_Lehrer.html Stand: 24.02.2017

Virtual Reality festzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Führungskonzepte aus der realen Welt betrachtet. Des Weiteren müssen die entwickelten Führungskonzepte in eine Anwendung implementiert werden. Dafür wird die Software Unreal Games Engine verwendet, die für die Entwicklung solcher VR-Anwendungen eingesetzt wird. Es werden Ausschnitte aus dem Programm gezeigt, welche die Besonderheiten für die einzelnen Führungskonzepte aufzeigen, um zu erkennen, wie der Mechanismus im Hintergrund funktioniert.

Da es noch keine Veröffentlichung eines Vergleiches von Führungskonzepten in Echtzeitumgebungen gibt, macht es in dieser Bachelorarbeit Sinn, die verschiedenen Ansätze zu betrachten und jeweilige Vor- und Nachteile gegenüberzustellen.

Bei VR-Umgebungen kann es besonders bei großflächigen Begehungen zu Schwierigkeiten kommen. Wegen der Unübersichtlichkeit der gesamten Umgebung, benötigt der Nutzer gewisse Zeit, um sich eine Orientierung zu schaffen. Das Erlebnis kann sich ohne Führung schnell zu einer langwierigen Suche gestalten, was die Lust am Entdecken erheblich senkt. Eine zielgerichtete Führung ist deshalb entscheidend, um dem Nutzer einen möglichst hohen Erlebnisgrad zu ermöglichen und ein Umherirren zu vermeiden.

1.3 Zielsetzung

Die in dieser Arbeit entwickelten oder zum Vergleich vorgestellten Führungen sollen im Projekt herodianischer Tempel der Firma qubic prototypisch implementiert werden. qubic ist auf Film- und Computervisualisierungen spezialisiert und bei diesem Unternehmen entsteht diese Arbeit³. Dieses Projekt dient als großflächige Umgebung, in der die Führungskonzepte entwickelt und getestet werden. Es beinhaltet eine maßstabsgetreue 3D Rekonstruktion aus dem Altertum, welche bereits im Jahr 2006 von qubic erstellt wurde. Im Rahmen dieser Arbeit wird das 3D Modell in die Unreal Engine eingebunden, eine Echtzeitanwendung, um Spielmechaniken zu programmieren und unter anderem virtuelle Welten zu erschaffen.

Das Ziel ist es, am Ende ein Konzept zu entwickeln, das bspw. für die Anwendung in Museen ausreichen genug ausgereift ist. Welches Konzept sich durchsetzt, wird nach einer Evaluation ersichtlich. Da die VR-Anwendung dem Besucher dient, ist das Ergebnis abhängig von deren Feedback. Die Schwierigkeit an dieser Stelle ist die Messbarkeit von der Zufriedenheit der Besucher. Die Fragen beziehen sich hauptsächlich auf die Bedienbarkeit der Applikation, Bewegungsempfinden, und die Erreichbarkeit des Ziels. Das Konzept, das bei der Umfrage am besten abschneidet, soll für die Umsetzung in das gesamte Projekt des Tempels verwendet werden.

1.4 Aufbau der Arbeit

Im Kapitel Grundlagen wird sichergestellt, dass beim Leser relevante Vorkenntnisse vorhanden sind. Es wird beschrieben, was Virtual Reality ist und welche ähnliche Formen vorhanden sind. Zusätzlich wird beschrieben, welche Software bei der Entwicklung der Führungskonzepte zum Einsatz kommt und welche Anwendungsgebiete sie sonst noch hat.

³<http://www.qubic3d.com/>

Danach wird das Kapitel Stand der Technik beleuchtet, damit eine Vorstellung der vielen Anwendungsmöglichkeiten der Virtual Reality vorhanden ist. Die Führung in einer VR-Anwendung ist eines der Anwendungsgebiete. Relevant für diese Bachelorarbeit sind Führungen, die bereits angewendet werden, zum Teil in der VR und zum Teil in der wirklichen Welt, wie bei Museumsführungen. Es wird Bezug auf ähnliche VR-Anwendungen genommen, die aber in anderen Anwendungsgebieten eingesetzt werden. Zusätzlich wird auf Virtual Reality-fähige Geräte eingegangen. Dafür werden drei führende HMD-Entwickler verglichen, indem ihre wesentlichen Vor- und Nachteile beleuchtet werden. Im letzten Abschnitt wird dieses Kapitel zusammengefasst, um aufzuzeigen, welche Geräte bei dieser Arbeit zum Einsatz kommen.

Im Kapitel Entwicklung der Führungskonzepte wird auf die Entstehung der Konzeptideen eingegangen und jedes Führungskonzept beschrieben. Die Frage, die sich bei der Ideenfindung stellt, ist, was sich aus der realen in die virtuelle Führung umsetzen lässt.

Im nächsten Kapitel Prototypische Implementierung erfolgt die technische Umsetzung der Führungskonzepte aus dem vorherigen Kapitel. Die Umsetzung erfolgt in einer bestimmten Software und speziell dafür müssen technische Vorbereitungen getroffen werden, welche in einem Abschnitt beschrieben werden. Dann folgt zu jedem Konzept eine Erläuterung von Ausschnitten der einzelnen Programmierungen. Dabei wird sich auf die relevantesten Programmteile beschränkt, um den Lesefluss nicht zu behindern.

Im Anschluss werden die Konzepte miteinander verglichen. Dazu wird eine Evaluation durchgeführt und ausgewertet. Zum Schluss wird das Ergebnis präsentiert und daraus eine Schlussfolgerung hergeleitet.

1.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die Arbeit zeigt, dass das Vergleichen von verschiedenen Führungskonzepten in einer Echtzeitumgebung sinnvoll ist. Zunächst wird verdeutlicht, welchen Umfang diese Arbeit umfasst und welche Zukunftsperspektiven die Virtual Reality hat. Damit der Leser diese Arbeit inhaltlich mitverfolgen kann, wird in einem Grundlagenkapitel auf relevante Begriffe eingegangen und Hintergrundwissen über das dahinter stehende Gesamtprojekt vermittelt. Für die technische Umsetzung werden spezielle VR-Geräte verwendet, die in einem Kapitel näher beschrieben werden. In der Zusammenfassung vom Kapitel Stand der Technik wird erklärt, welche technischen Geräte verwendet werden und aus welchem Grund sie sich für die Umsetzung eignen. Dann folgt eine Einleitung in die Entstehung der Führungskonzepte, die für die VR-Umgebung entwickelt werden. Inspiriert von Museumsführungen, werden für diese Bachelorarbeit die wichtigsten Führungsmethoden aufgezeigt und näher beschrieben. Daraus ergeben sich vier Führungskonzepte, welche in dieser Arbeit weiter entwickelt und in die Echtzeitanwendung implementiert werden. Der Prozess der Implementierung wird mit Ausschnitten von programmierten Funktionalitäten bildlich verdeutlicht.

Anschließend erfolgt eine Evaluation. Probanden werden alle Führungskonzepte anhand der großflächigen Begehung ausprobieren. Dazu verwenden sie ein HMD, das von der Firma qubic zur Verfügung gestellt wird, und starten die virtuelle Begehung. Sie müssen einen Evaluationsbogen ausfüllen, dessen Fragen sich auf jedes einzelne Führungskonzept bezie-

1.5. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

hen. Danach werden alle Ergebnisse zusammengefasst und ausgewertet.

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Virtual Reality

Der Begriff Virtual Reality (VR) bezeichnet einen dreidimensionalen (3D) Raum, der von einem Computer generiert wird und mit einem am Kopf befestigten Display (engl.: Head-Mounted Display, kurz: HMD) angeschaut werden kann¹. Es wird auch als ? ? umfassende Simulation dargestellt, welche für den Menschen nicht mehr von der echten Realität unterscheidbar ist? [DBGJ13]. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Immersion verwendet. Dieser Begriff beschreibt das Gefühl, wie echt sich die virtuelle Umgebung anfühlt. Wenn die VR von der echten Realität tatsächlich nicht mehr zu unterscheiden wäre, dann wäre die Immersion perfekt. Dabei spielen die Sinne des Menschen eine wesentliche Rolle [Hau10]. Um den immersiven Eindruck zu erhöhen, müssen z. B. hochauflösende computergenerierte Bilder erzeugt werden. Das HMD muss ein Sichtfeld (engl.: Field of View, kurz: FOV) haben, welches dem menschlichen Auge nahe kommt und die Displayauflösung des HMDs muss so gut sein, dass die einzelnen Pixel auf dem Display nicht mehr zu sehen sind. Zusätzlich zum Sehen können weitere Sinne wie das Hören und Tasten angesprochen werden [DBGJ13]. Für die Navigation werden elektrische Geräte benutzt, wie ein Controller oder ein Handschuh. Ein immersiver Eindruck kann erreicht werden, wenn beispielsweise ein Controller anfängt zu vibrieren, sobald eine Person in der Echtzeitumgebung etwas mit den Händen anfässt. So entsteht der Schein, als habe die Person das Objekt tatsächlich mit ihren eigenen Händen berührt. Der Hörsinn wird mit der technischen Umsetzung von 3D Sound angesprochen. 3D Sound ermöglicht es dem Anwender, Geräusche aus verschiedenen Richtungen zu hören und eine Tendenz für das Lokalisieren der Soundquelle zu bekommen [Rum15]. VR-Anwendungen werden in einer Echtzeitumgebung entwickelt, was dem Anwender das Bewegen und die Interaktion mit seiner Umgebung ermöglicht. Mit der Interaktion ist gemeint, dass die Person virtuelle Geometrien manipulieren oder in der virtuellen Umgebung navigieren kann. Sowohl die Manipulation, als auch die Navigation in VR erfordern ein Konzept. Für die Navigation ist die Guided Tour ein Konzept, bei welcher der Anwender mit Hilfestellung durch ein Medium geleitet wird, um sein Ziel zu erreichen [Mar]. Das ist anders als bei einem Konzept,

¹(2017): „virtual reality - definition of virtual reality in English — Oxford Dictionaries“. Oxford Dictionaries — English. Abgerufen am 06. 02. 2017 von https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/virtual_reality.

bei dem der Anwender selbstständig seine Umgebung entdeckt.

Bei der VR tragen ausschließlich computergenerierte Visualisierungen zum immersiven Eindruck bei. Anders ist es bei der erweiterten Realität (engl.: Augmented Reality, kurz: AR), wobei sich virtueller Anteil mit der realen Welt vermischt. Der reale Anteil überwiegt meist, weil dabei die reale Welt als Umgebung dient. Oft wird der Begriff vermischte Realität (engl.: Mixed Reality, kurz: MR) als Synonym zu AR verwendet. Der Unterschied zwischen den beiden Bedeutungen ist nur gering. Sowohl bei AR als auch bei MR besteht die Umgebung aus einem realen und aus einem virtuellen Teil. MR wird daher als ein Kontinuum zwischen VR und AR gesehen [DBGJ13]. Bei der Entwicklung von AR-Anwendungen im Vergleich zu VR-Anwendungen muss mit anderen Problemstellungen umgegangen werden. Unter anderem müssen Konzepte entwickelt werden, wie virtuelle Objekte in der realen Welt platziert werden können. Damit zusammenhängend muss überlegt werden, wie die natürliche Lichtquelle verwendet wird und wohin Schatten geworfen wird [DBGJ13].

2.2 Unreal Engine

Neben der bereits erwähnten Unreal Engine, gibt es viele weitere Spiel-Engines. Sie dienen generell als eine Computer-generierte Echtzeitumgebung, mit der z. B. VR-Anwendungen geschaffen werden können.

Die Unreal Engine ist ein Produkt von Epic Games. Sie wird hauptsächlich für die Entwicklung von Spielen für Smartphones, Konsolen und PCs verwendet und liefert alle dafür benötigten Werkzeuge². Darunter ist ein VR-Editor zu finden, mit dem die VR-Umgebung vom Anwender verändert werden kann, während er selbst sich in der Umgebung befindet. Der Programm-Code aller Anwendungen wird in der Sprache C++ geschrieben. Die Unreal Engine arbeitet zusätzlich mit Blueprints. Es ist eine visualisierte Form der Skripterstellung, was das Programmieren vereinfacht³.

Mit jeder VR-Anwendung hängt auch die Interaktion mit elektrischen Geräten zusammen. Damit sind Geräte gemeint, welche die Position und Orientierung des Anwenders im Raum verfolgen (engl.: Tracking) [DBGJ13]. Dafür müssen die Geräte mit der Unreal Engine kommunizieren können. Diese Aufgabe erledigt Steam VR.

Unreal Engine wird seit dem Jahr 2004 jedes Jahr Ausgezeichnet. Darunter mehrfach als die beste Game Engine. Einer der Gründe dafür können ihre grafischen Fähigkeiten sein. Im Jahr 2012 wurde auf der Game Developers Conference verdeutlicht, welche Effekte in 3D-Spielen (Abbildung 2.1) dank der Unreal Engine möglich sind. Dabei wird eine grafisch aufwendige Anwendung in Echtzeit abgespielt.

²<https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4> Stand 26.02.2017

³<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Blueprints/> Stand: 28.02.2017



Abbildung 2.1: Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Technikdemo "Elemental" von Unreal Engine 4. Die Demo zeigt das Erwachen eines Feurdämons. Quelle: Epic Game

2.3 Projektgrundlage

Diese Bachelorarbeit basiert auf einem Projekt, das The Messiah In The Temple heißt. Dieses Projekt beinhaltet die maßstabsgetreue Rekonstruktion des herodianischen Tempels (Abbildung 2.2) von Jerusalem im Jahre 0 im virtuellen Raum. Der Tempel dient als Grundlage für die großflächigen Führungen. Bekannt wurden die Baupläne und Details, die zum Rekonstruieren nötig waren, durch schriftliche Dokumente, archäologische Funde und durch architektonische Forschung.

Da dieser Tempel zu Zeiten Jesus Christus existiert hat, nahm der Tempel eine zentrale Rolle im Leben aller Bewohner Jerusalems und darüber hinaus ein. Nicht jeder Mensch und sogar nicht jeder Christ oder Jude durfte alle Bereiche des Tempels betreten. Es gibt zahlreiche Besonderheiten an vielen Bereichen des Tempels zu erforschen [Pri14].

2. GRUNDLAGEN



Abbildung 2.2: Ein Rendering des herodianischen Tempels. Zu sehen ist die Gesamtaufnahme der Tempelanlage.

Kapitel 3

Stand der Technik

Bereits in den 90er Jahren gab es einen VR-Trend in der Spielebranche. Dieser setzte sich langfristig jedoch nicht durch, sodass die Produktion von VR-Geräten eingestellt wurde. Im Jahr 2012 kam eine neue VR-Brille auf den Markt, die Oculus Rift, welche einen neuen Trend auslöste. Der Einsatz dieser Technologie scheint durch die fortschrittliche Entwicklung von Smartphones und Sensoren vielversprechender zu sein, als vor 20 Jahren. Zusätzlich ist das Entwickeln von VR-Inhalten wesentlich einfacher geworden, was zum einen kostenfreier Entwicklersoftware, wie z. B. Unreal Engine, und zum anderen weit verbreiteter und kostengünstiger VR-Hardware zu verdanken ist ¹.

Vielversprechend erscheint auch die Prognose von Experten, welche eine vielfache Umsatzsteigerung durch Hardware und Inhalte in Deutschland in einem Zeitraum von vier Jahren andeutet (Abbildung 3.1).

Das Zutreffen dieser Prognose ist angesichts der Möglichkeiten wahrscheinlich. Die Abbildung 3.2 zeigt fünf verschiedenen Bereiche, in denen der Einsatz von VR möglich ist. Darunter sind Sport, Musik/Konzerte, Games, News-Clips und Video/Filme zu finden.

Es wird vorhergesagt, dass der größte Umsatz von VR- und AR-Anwendungen in der Spieleindustrie liegt. An zweiter Stelle kommt der Einsatz in der Medizin (Abbildung 3.3).

¹<https://klardenker.kpmg.de/verstehen/aktuell/virtual-reality-vr-brillen-mit-potenzial-in-unternehmen/>
Stand 26.02.2017

3. STAND DER TECHNIK

VR-Umsatzprognose

in Deutschland in Millionen Euro

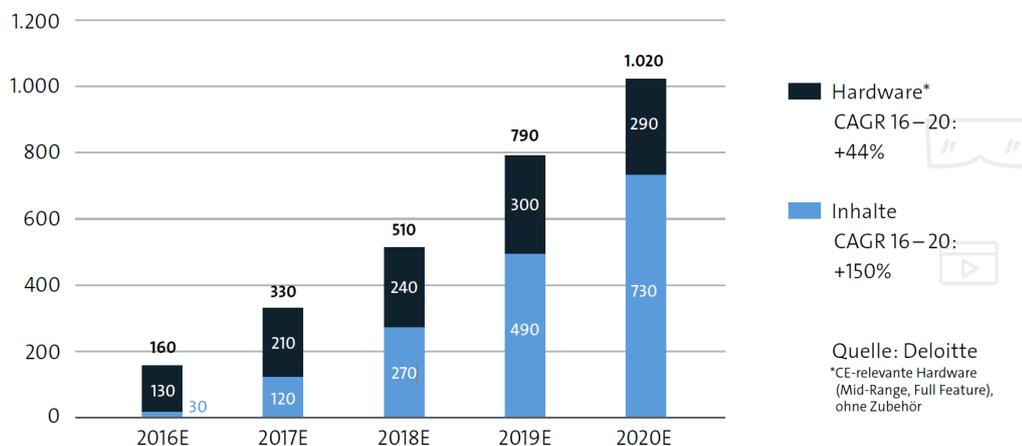


Abbildung 3.1: Eine VR-Umsatzprognose bis zum Jahr 2020. Die Balken sind unterteilt in Hardware und Inhalte. Quelle: Deloitte

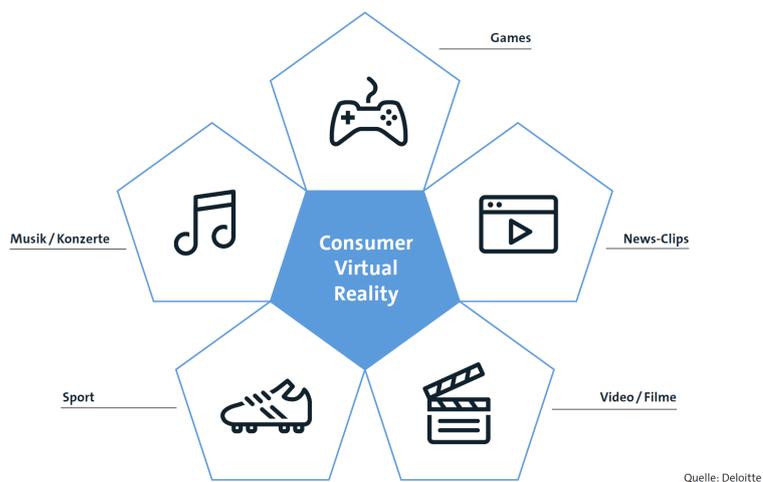


Abbildung 3.2: Das Diagramm zeigt fünf verschiedene VR-Kategorien, in denen VR eingesetzt werden kann. Quelle: Deloitte

3.1 Virtual Reality fähige Geräte

Dieser Abschnitt verschafft einen Überblick über gängige Geräte, mit denen VR umgesetzt werden kann. Dabei wird unterschieden zwischen Mobile-VR und Head-Mounted Displays (wörtl. am Kopf montiertes Display)². Geeignete Bedienmöglichkeiten oder raumvermes-

²<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Datenhelm-HMD-head-mounted-display.html>

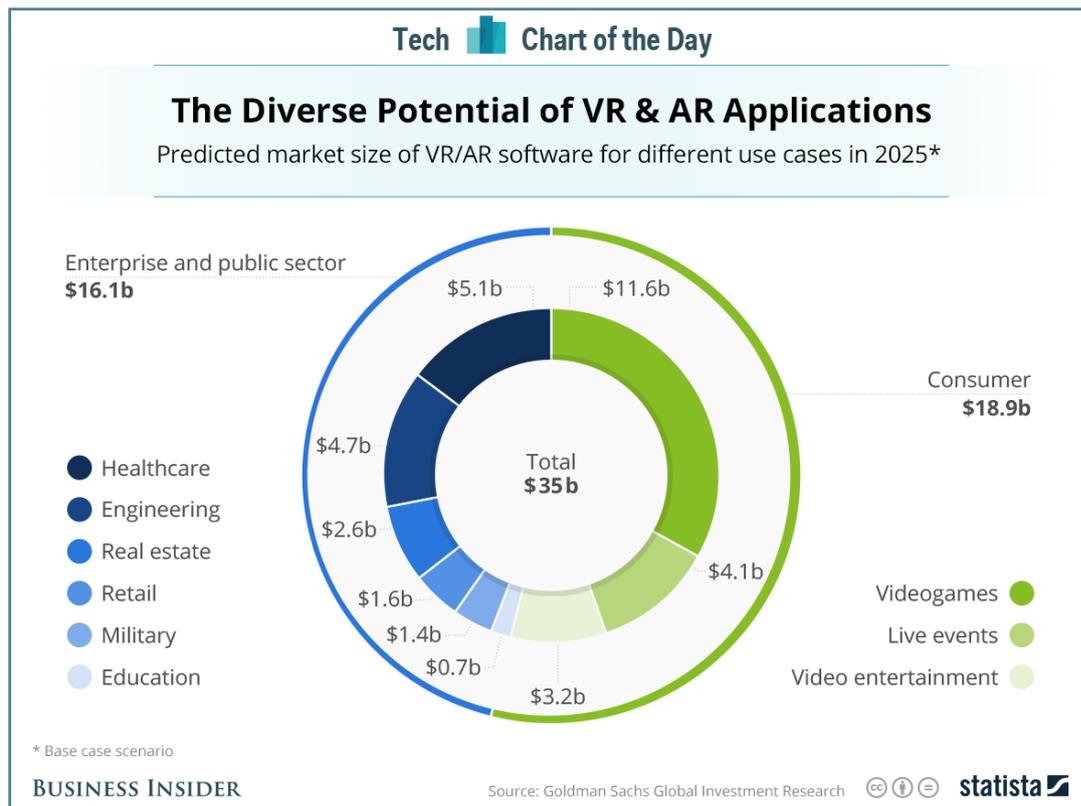


Abbildung 3.3: Prognostiziertes Potenzial von VR und AR in verschiedenen Märkten in Form eines Kuchendiagramms. Quelle: Goldman Sachs Global Investment Research

sende Sensoren beeinflussen die potenziellen Interaktionen und Ansichten der Anwender in der virtuellen Umgebung maßgeblich. Nachfolgend werden daher die besonderen Qualitätsmerkmale der Geräte genauer beleuchtet.

3.1.1 Mobile-VR

Um in die VR einzutauchen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine günstige Variante ist, ein Smartphone eines beliebigen Herstellers mit Headtracking-Funktion in einem Cardboard (Abbildung 3.4) zu befestigen und sich über eine VR-Applikation z. B. Videos anzuschauen. Google brachte 2014 das Google Cardboard mit der dazugehörigen Software auf den Markt. Das Cardboard besteht aus Karton, den der Verbraucher selbst zusammenbauen muss. Die Produktion fällt damit kostengünstig aus und ermöglicht einer großen Zahl von Anwendern die einfache Nutzung von VR³. Mittlerweile hat Google ein neues Produkt veröffentlicht, das Daydream. Dieses Produkt beinhaltet ein komfortables Headset, das Daydream View, und einen Daydream controller (Abbildung 3.5). Allerdings ist dieses Produkt für das von

³<http://time.com/2923531/google-cardboard-app/>

3. STAND DER TECHNIK



Abbildung 3.4: Zusammengefaltetes Google Cardboard.



Abbildung 3.5: Google Daydream View mit Controller und Smartphone.

Google produzierte Smartphone Pixel entwickelt worden, welches fast so viel kostet, wie z.B. das gesamte VR-System von HTC Vive für den PC.

Mit diesen Produkten lassen sich Bilder und Videos in einer 360° Ansicht betrachten und in einigen Applikationen ist es möglich mit einem zentrierten Punkt (Abbildung 3.6), der mit der Kopfdrehung mit wandert, zu navigieren. Ein anvisiertes Feld wird betätigt, wenn der Anwender eine kurze Zeit lang auf den gleichen Punkt schaut.

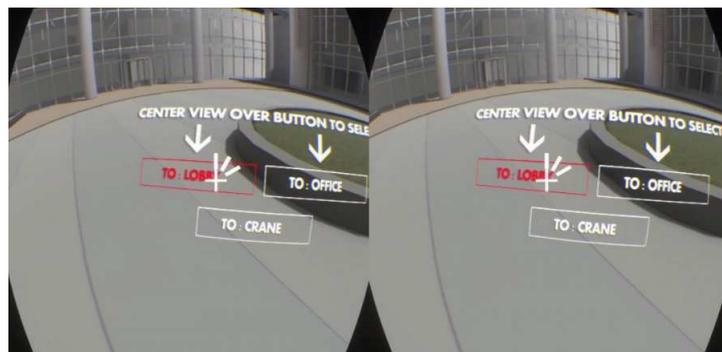


Abbildung 3.6: Beispielhafte Darstellung der Auswahl einer Schaltfläche mittels Ausrichtung der Blickrichtung. Quelle: ARCH VIRTUAL.

Anders sieht es bei der Samsung Gear VR aus, wobei das Prinzip dem Cardboard ähnelt. Wie aus dem Namen zu entnehmen ist, wird ein Smartphone der Marke Samsung benötigt. Bisher sind nur wenige Modelle für Gear VR tauglich⁴. Für das Benutzen der Gear VR wird die Installation der dafür speziell entwickelten Applikation Oculus Home benötigt, welche als VR-Player und Sammlung von VR-Material dient. Die Besonderheit der Gear VR liegt am Gehäuse. Dort ist eine Bedienoberfläche (Abbildung 3.7) verbaut, damit der Nutzer die Software steuern kann. Es ist zusätzlich mit einem Micro USB-Anschluss ausgestattet, sodass das Smartphone dort angeschlossen werden muss, wenn der Verbraucher es mit der Gear VR verbinden möchte. So ist sichergestellt, dass das Navigationsfeld mit der Software interagiert. Die Betätigung der Schaltflächen ist entweder mit der Bedienoberfläche möglich oder genau wie beim Google Cardboard, indem der Nutzer längere Zeit lang auf einen Schalter schaut.

VR mit diesen beiden Geräten zu erleben ist zwar ein Einstieg, aber in ihrer Bedienbarkeit noch stark beschränkt und für die Entwicklung einer VR-Führung nicht geeignet.

⁴<http://www.samsung.com/de/gear-vr/#!/spec>



Abbildung 3.7: Seitliche Ansicht von Samsung Gear VR. Es sind drei Bedienmöglichkeiten zu erkennen, die Zurück-Taste, ein Touchpad und die Home-Taste.

Google Cardboard und Gear VR scheiden allein wegen fehlenden Controllern und gleichzeitig der fehlenden Interaktion in VR-Führungen aus. Daydream View ist wegen des verfügbaren Controllers der Gear VR einen Schritt voraus, jedoch ist es wegen der wenigen Funktionen eher ein Gadget, als ein seriös zu nehmendes Endgerät. Denn ohne zusätzliche Sensoren, die die Position des Gerätes tracken, kommt kein Gerät in Frage. Wenn sich in einer VR-Applikation etwas auf den Kopf zubewegt, reagiert der Mensch instinktiv, indem er mit seinem Kopf ausweicht. Dies würde ohne das Tracking der Position nicht möglich sein, denn es wird nur die Rotation des Kopfes wahrgenommen. Laut einer Studie wurde Probanden in einer VR-Anwendung weniger schlecht, bei der ein VR-System mit Sensoren zum Einsatz kam [ZBPP16]. Daraus wird ersichtlich, dass es den Anwendern bei Mobile-VR eher schlecht wird, da sie keine Positionsverfolgung haben.

3.1.2 Head-Mounted Displays

Mehr Funktionalität, als bei Smartphones, bieten HMD's, welche an einen externen Computer angeschlossen werden. Zu der Grundausrüstung gehören Sensoren, die zur Raumvermessung dienen. Dadurch ist das Tracken der Position gewährleistet und ermöglicht dem Nutzer horizontale und vertikale Beweglichkeit in der stehenden Position.

Hier wird der Vergleich von drei HMDs gemacht, welche momentan auf dem Markt erhältlich sind Abbildung 3.8:

- Oculus Rift
- HTC Vive
- Playstation VR



Abbildung 3.8: Eine Zusammenstellung der HMDs. Oculus Rift, HTC Vive und Playstation VR.

Der Vergleich der drei Geräte führt zum Ergebnis, welches Gerät sich für die Entwicklung

3. STAND DER TECHNIK

einer VR-Führung in einer Echtzeitumgebung am ehesten eignet.



Abbildung 3.9: Es ist das gesamte Equipment von der Oculus Rift zu sehen. Zwei Controller, ein Bedienelement, ein Sensor, das HMD und ein X-Box Controller. Quelle: Oculus Rift

Die Abbildung 3.9 zeigt das gesamte Equipment der Oculus. Darauf zu erkennen sind das HMD, ein Sensor und drei Varianten von Controllern⁵. Bei den Controllern liegt es am Entwickler, welche Bedienmöglichkeiten er dem Nutzer zur Verfügung stellt. Oculus hat einen Sensor, der vor dem Anwender aufgestellt und auf das HMD gerichtet wird. Das Nutzen des Gerätes ist nur stehend möglich und es beschränkt den Nutzer in seiner Rotation. Denn wenn er sich um 180° dreht, erkennt der Sensor die Brille nicht mehr, weil der Kopf im Weg ist.



Abbildung 3.10: Diese Abbildung zeigt das gesamte Equipment HTC Vive Familie. Zwei Controller, zwei raumvermessende Sensoren und das HMD. Quelle: HTC Vive

Das HMD von HTC Vive (Abbildung 3.10) ist mit zwei Controllern und zwei Sensoren ausgestattet. Das Besondere an diesem System sind die beiden Sensoren⁶. Sie werden für eine Raumvermessung verwendet, was dem Anwender ermöglicht, sich in einem vorkalibrierten Bereich zu bewegen. Damit ist gemeint, dass der Anwender sich in der realen Welt physisch bewegen kann. Durch die Kalibrierung des Raumes, wird eine bestimmte Fläche festgelegt, in der sich bewegt werden kann. Die Eingrenzung wird dem Anwender in der Applikation visuell dargestellt, damit er zu jeder Zeit weiß, wo er sich bewegen kann, ohne sich z. B. an einem Möbelstück zu stoßen Abbildung 3.11.

⁵<https://www.oculus.com/rift/>

⁶<https://www.vive.com/de/product/>

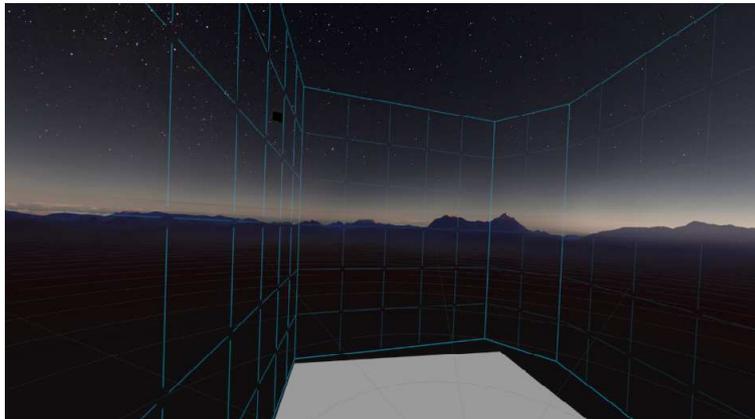


Abbildung 3.11: Visuell dargestellte Eingrenzung. Das vorkalibrierte Gitter zeigt an, in welchem Bereich sich der Anwender bewegen kann.

Playstation VR (PSVR) hingegen benutzt eine eigene Spielekonsole und keinen externen PC. Zum einen ist es ein Vorteil, da die Komponenten des Rechners aufeinander abgestimmt sind und somit dem Verbraucher eine Kosten- und Zeitersparnis bietet. Dies ermöglicht eine bessere Ressourcenausnutzung, was wiederum der Rechenleistung zu Gute kommt. Zum anderen ist es ein Nachteil, weil der Spieleentwickler zusätzlich eine teure Entwicklungsumgebung besitzen muss, um die entwickelte Applikation testen zu können. Zu der PSVR gehören ebenfalls Controller und ein Sensor⁷. Wie bei der Oculus Rift ist das Tracking von einer Stelle ausgehend, was die Bewegungsvielfalt des Spielers einschränkt.

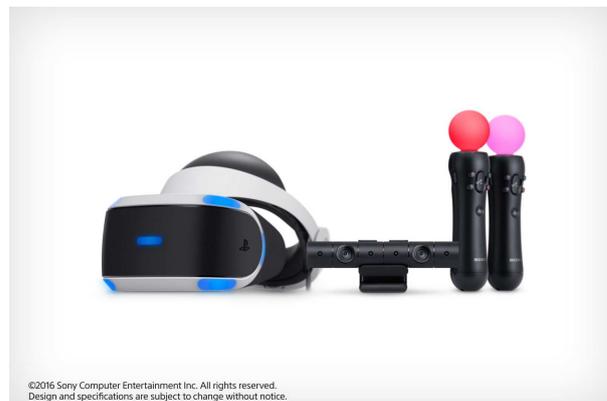


Abbildung 3.12: Diese Abbildung zeigt die VR-Ausrüstung von der Playstation VR. Das HMD, zwei Controller und der Sensor. Quelle: Sony Interactive Entertainment Europe Limited

Da die Geräte in dieser Arbeit für eine VR-Anwendung benötigt werden, wo ein archäologisches

⁷<https://www.playstation.com/de-de/explore/playstation-vr/>

Bauwerk präsentiert wird, ist ein breites Sichtfeld und eine hohe Auflösung der Displays von hoher Wichtigkeit. Die Auflösung des Displays pro Auge von der Oculus Rift und der HTC Vive beträgt 1200×1080 , bei der PSVR etwas weniger mit 960×1080 . Das Sichtfeld beträgt bei der Oculus Rift und der PSVR jeweils ca. 100° , wobei die HTC Vive ca. 110° bietet ⁸.

3.2 Aktuell genutzte Führungskonzepte

In diesem Abschnitt werden einige Führungskonzepte aus der realen Welt dargestellt. Mithilfe der bereits funktionierenden Konzepte, aus beispielsweise Museen, sollen später die Führungskonzepte in der Echtzeitumgebung erstellt werden.



Abbildung 3.13: Ein Beispiel für das Pfad-Folgen Konzept. Eine Rampe in der Kuppel des Reichstagsgebäudes, die nur einen Weg zulässt.



Abbildung 3.14: Ein Aufnahme von der Glaskuppel auf dem Reichstagsgebäude.

In der Abbildung 3.13 und Abbildung 3.14 ist zu erkennen, dass der zu folgende Weg kreisförmig an der inneren Wand der Kuppel entlangführt und den Besucher immer höher leitet. Oben angekommen, führt der Weg wieder mit dem gleichen Konzept, jedoch eine Etage versetzt, nach unten zum Ausgang. Dieses Führungskonzept beschränkt die Bewegung des Besuchers, indem es nur einen möglichen Weg darbietet. So wird sichergestellt, dass er von der Route nicht abweichen kann. Auf diese Weise werden alle Besucher der Führung mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit ganz im Sinne der Veranstalter folgen.

Ein zweites Beispiel für das Pfad-Folgen-Konzept wird von dem Archäologischen Nationalmuseums von Athen deutlich gemacht (Abbildung 3.15). Dieses Gebäude ist schon so konstruiert, dass durch Schließen und Öffnen der vorhandenen Türen ein einziger Pfad entsteht. Durch diesen einzigen Weg kann beispielsweise die korrekte zeitliche Reihenfolge sichergestellt werden.

An dem vorherigen Beispiel der Kuppel auf dem Reichstagsgebäude wird das Konzept des Audio Guides angeknüpft. Dieser Audio Guide ist zwar auf einen einzigen Weg beschränkt und funktioniert nur deshalb, aber es lässt sich auch auf freie Umgebungen projizieren. In diesem Beispiel dient der Audio Guide als Wissensvermittler. Während der Besucher sich fortbewegt, wartet das Audiogerät auf ein Signal, dass bei bestimmten Punkten entlang des Weges gesendet wird. Erreicht er einen solchen Punkt, wird eine Audiodatei abgespielt, die zu der momentanen Aussicht passt (Abbildung 3.17). In diesem Fall wird über die besonderen

⁸<http://www.vrnerds.de/vr-brillen-vergleich/>



Abbildung 3.15: Diese Aufnahme aus dem archäologischen Nationalmuseum in Athen zeigt einen Gang, der keine weiteren Wege zulässt, als vorwärts zu laufen.

Gebäude und Einrichtungen erzählt. Dem Besucher steht es frei, an dem Ort stehenzubleiben, bis der gesprochene Text beendet ist oder weiterzugehen, um den gesprochenen Text durch den nächsten Punkt zu überspielen (Abbildung 3.15) [Sar05].



Abbildung 3.16: Besucherin, die dem Audioguide folgt. Entlang des Weges spielt der Audioguide automatisch zur Aussicht passende Audios ab.



Abbildung 3.17: Ausblick innerhalb der Glaskuppel vom Reichstagsgebäude.

Das Wegpunktsystem wird zum Beispiel durch den Orientierungsplan des Bayerischen Nationalmuseums ⁹ bildlich verdeutlicht. Anders als beim einfachen Pfad-Folgen-Konzept hat der Besucher eine Übersicht dank des Plans. Damit kann er sich im Vorfeld über die einzelnen Räume Informationen einholen, um zu herauszufinden, ob die ausgestellte Geschichte interessant für diejenige Person ist. Der Plan zeigt nummerierte Räume, angefangen beim Startpunkt im ersten Raum. Die Führung sieht es vor, dass der Besucher die Nummern entlang läuft, um die richtige Reihenfolge einhalten zu können. Jedoch wird es dem Besucher trotzdem ermöglicht, z. B. zwischen Raum 23 und 30 oder 31 und 43, Räume auszulassen,

⁹http://www.bayerisches-nationalmuseum.de/fileadmin/images/besucherinfo/orientierungsplan/BNM_Plan_2015_deutsch_.pdf

3. STAND DER TECHNIK

falls sie nicht interessant erscheinen. Dieses Konzept ist demnach eine Erweiterung zu dem einfachen Pfad-Folgen-Konzept (Abbildung 3.18).

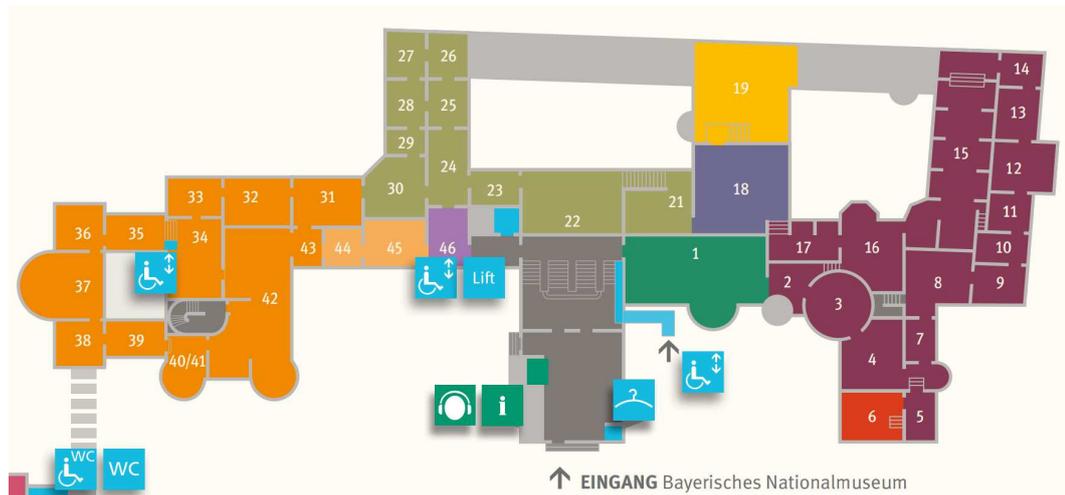


Abbildung 3.18: Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines Orientierungsplans des Bayerischen Nationalmuseums.

3.3 Ähnliche relevante VR-Anwendungen

Wie im vorherigen Abschnitt festgestellt, gibt es bereits einige Arten von Führungen. Dazu zählen auch klassische Museumsführungen, bei denen eine Gruppe von Besuchern einem Museumsführer folgt und sich die geschichtlichen Hintergründe der Ausstellungsobjekte erzählen lässt. Dabei ist ein Punkt zu beachten. Die Besucher können sich den Sachverhalt nur so vorstellen, wie es ihre eigene Vorstellungskraft erlaubt. In der VR hingegen, kann die Geschichte visualisiert werden, damit es sich anfühlt, als wäre man in die Zeit versetzt. Mit der VR können viele Menschen erreicht werden, die einen VR-fähigen Computer besitzen. Ist ein Interessent im Besitz einer VR-fähigen Maschine, sind ihm keine Grenzen gesetzt, von wo aus er in die virtuelle Welt einsteigt.

Eine VR-Anwendung, die zu einem Konzept umgesetzt werden könnte, ist die Guided Tour to Virtual Sagalassos (Abbildung 3.19). Die Führung zeigt eine Rekonstruktion der antiken Sehenswürdigkeit Salagassos. Die Tour wird von einem 3D-Kopfmodell geführt, welches vor dem Besucher entlangschwebt. Das bietet dem Besucher einen Bezugspunkt, wie in der klassischen Museumsführung. Der Besucher kann sich hier frei bewegen und weiß, dass er dem Kopf folgen muss, um erfolgreich an der Führung teilzunehmen [van].

Googles Daydream liefert ein Spiel mit sich, das Daydream Wonderglade. In der Abbildung 3.20 wird das Spiel getestet. Der Tester sieht von oben auf die Spielfläche herunter und steuert einen Charakter, der ihn als Spielfigur repräsentiert. Zur Steuerung der Figur benutzt er den Daydream Controller, die den Charakter entlang der X- und Y-Koordinaten steuert.



Abbildung 3.19: Drei Ansichten aus der Ego-Perspektive innerhalb einer virtuellen Führung. Die Umgebung ist eine archäologische Rekonstruktion von Sagalassos. Quelle: [van]



Abbildung 3.20: Sebastian vom YouTube-Kanal Daydream District testet von Google Daydream Wonderland mit Daydream View und Controller. Quelle: Sebastian vom YouTube-Kanal Daydream District

3.4 Auswahl geeigneter Hardware

Es wurde sich entschlossen, die HTC Vive zu nehmen. Hauptsächlich in der technischen Ausstattung überwiegt dieses HMD. Die Sensoren des Gerätes erfassen eine bestimmte Fläche eines Raumes, was bei der Bewegungsfreiheit eine große Rolle spielt. Bei der Oculus Rift und der PS4 ist ein Sensor vorhanden, der nur von einer Seite aus die Geräte erfassen kann. Von der Displayqualität kann kein bedeutender Unterschied festgestellt werden, genau so wenig bei dem FOV. Das Pappkartonmodell von Google, die Daydream Variante und das Samsung Gear VR kommen nicht in Frage, weil sie entweder gar kein Controller haben oder diese sehr eingeschränkt in der Funktionalität sind. Einen Raumerfassungssensor haben sie alle nicht, was starke Einbußen in dem Wohlfühlfaktor in der VR ausmacht. Ein Beispiel dafür ist eine bereits gemachte Erfahrung, wenn der Betrachter in der VR nach oben schaut. Wegen der Kopfbewegung in der VR und der natürlichen Kopfbewegung entsteht eine Diskrepanz im Gehirn des Menschen. Dadurch, dass unsere Augen fest im Kopf platziert sind und unser Kopf sich bei der Rotationsbewegung sich an der Wirbelsäule orientiert, bewegen sich unsere

Augen ein Stück weiter nach oben. Dadurch lässt sich sagen, dass der Rotationspunkt unserer Augen nicht im Zentrum unserer Augen liegt. VR-Anwendungen, die mit einem Gerät ohne Sensor bedient werden, rotieren die Kopfbewegung in der Anwendung immer um die Augenmitte.

Anhand der genannten bestehenden Führungskonzepte wurde deutlich, wie sie funktionieren und wie ihr Ablauf aussieht. Daraus lassen sich einige Konzepte in eine VR-Anwendung übertragen. Da die VR-Anwendung, die während dieser Bachelorarbeit entsteht, sich in einer Echtzeitumgebung abspielt, kann der Anwender aktiv an der Führung teilnehmen. Dadurch kann der Anwender sich in der Umgebung fortbewegen und dies ermöglicht ihm theoretisch das Konzept des Pfad-Folgens und des Audio-Guides. Er kann sich auch komplett frei bewegen und die virtuelle Umgebung entdecken, was einem freien Konzept entspricht.

Ähnliche relevante VR-Führungen, zeigen, welche Entwicklungsmöglichkeiten die VR-Anwendung hat. Die „Guided Tour to Virtual Sagalassos“ zeigt ein mögliches Konzept, das sich umsetzen lässt. Im Stil der klassischen Führung, kann der Besucher einem Museumsführer folgen und von ihm hören, welche Geschichte die Ausstellung hat. Die Anwendung Daydream Wonderglade zeigt eine neue Bedienmöglichkeit auf. Es kann eine Bedienung entwickelt werden, die von einer Drauf-Sicht angewendet wird. Die VR-Umgebung lässt sich spielerisch entdecken, indem die Spielfigur durch die Umgebung läuft und der Anwender dabei zuschaut oder sie lässt sich durch die Ego-Perspektive erleben, was die Größe der Umgebung verdeutlicht.

3.5 Zusammenfassung

Experten sehen in der VR und AR hohes Potential für die Zukunft. Dafür gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in vielen Bereichen. Besonders in der Spieleindustrie werden hohe Umsätze erwartet. Das hängt mit dem Verkauf von VR-Inhalten und Hardware zusammen. Zusammengefasst eignet sich die mobile Variante von VR nicht für Gaming. Dies hat das Fehlen von zusätzlichen raumvermessenden Sensoren zu Folge. Ohne diese Sensoren kann die Kopfbewegung des Spielers nicht verfolgt werden. Allein die Rotation ist möglich, was im Vergleich zu HMD's enorme Einbußen darstellt. Deswegen wurden drei HMD's näher betrachtet, um eine Auswahl von ihnen treffen zu können. Die HTC Vive liegt mit den raumvermessenden Sensoren vor der Oculus Rift und der PSVR. Sie unterscheiden sich auch in dem FOV, Gewicht und Pixeldichte des Displays.

Nach der Technik wurden bereits bestehende Führungskonzepte näher beleuchtet. Dabei wurde der Audio-Guide beschrieben, das Pfad-Folgen-Konzept aus der realen Welt und eine Variante des Wegpunkt-Systems. Anschließend dazu wurden ähnliche relevante VR-Anwendungen vorgestellt.

Zum Schluss wurde die Auswahl der geeigneten Hardware begründet.

Kapitel 4

Vorstellung der Führungskonzepte

In diesem Kapitel werden Führungskonzepte gesammelt, die in der VR-Anwendung entwickelt werden. Bei der Entwicklung der Führungskonzepte wird sich an realen Museumsführungen und ähnlichen Konzepten orientiert. Es gilt festzustellen, welche Führungen bereits praktiziert werden und zusätzlich welche sich in die Unreal Engine umsetzen lassen.

4.1 Freies Konzept

Um die Vorteile der anderen Führungskonzepte aufzuzeigen, wurde sich dafür ausgesprochen, die freie Bewegung in der virtuellen Szene als "Freies Konzept" mit aufzunehmen. Es ist ein minimalistisches Konzept, das es dem Besucher ermöglicht, seine interessanten Orte (engl.: Point of Interest, kurz: POI) selber zu entdecken. Der Besucher besitzt die Freiheit, sich an jeden Ort zu gelangen, der für ihn in dem Moment interessant erscheint. Sogar Orte, die von der Museumsführung nicht als POIs behandelt werden, können näher betrachtet werden. Zur groben Übersicht bekommt der Besucher eine Landkarte von seiner momentanen Position, damit als Hilfestellung eine Orientierung geschaffen werden kann. Eine Anregung kam von typischen Kunstausstellungen, die große Räume benutzen, um ihre Galerie auszustellen. Die großen Räume haben viel Platz, die aber wenig ausgenutzt wird, da die ausgestellten Kunststücke entlang der Wände stehen. Das bietet dem Besucher die Option, sich an den Wänden entlang zu bewegen, um alles im Detail anzuschauen oder die Option, sich direkt in den nächsten Raum zu bewegen.

In der Publikation [Eik] wird im Zusammenhang der freien Beweglichkeit die Thematik Motion Sickness bearbeitet. Häufig wird die Präsenz als Qualitätsmerkmal in VR-Anwendungen betrachtet. Die Präsenz bezieht sich auf das Gefühl in der VR zu sein, während ein HMD getragen wird.

4.2 Wegpunktsystem

Dieses Führungskonzept funktioniert ähnlich wie das Navigationssystem eines Autos. Zwar orientiert sich das Konzept nicht daran, aber die grundlegende, theoretische Funktionsweise ist die gleiche. Der Besucher erhält eine Liste der verfügbaren POIs, die ihm von Beginn

4. VORSTELLUNG DER FÜHRUNGSKONZEPTE

an alle angebotenen Ziele aufzeigt. Demnach kann er sich für das für ihn am interessantesten erscheinende Ausstellungsstück entscheiden. Von den Füßen des Besuchers erstrecken sich wegweisende, leuchtende Pfeile (Abbildung 4.1) bis hin zum Zielpunkt. Dabei wird der kürzeste Weg gewählt, um möglichst schnell dahin zu gelangen. Eine ähnliche Methode wird bei Museen verwendet, um dem Besucher eine Orientierungshilfe zu schaffen. Sie besitzen keine Navigation, bei der sie die Ziele verändern können. Dafür stellen die Pfeile sicher, dass sich der Besucher nicht verläuft und bspw. eine zeitlich korrekte Reihenfolge einhält. Auch die Museen, die die Räume der Ausstellungen nummerieren, bieten eine Art Navigation, da dabei die aufsteigende Zahlenfolge die Reihenfolge darstellt, nach der sich der Besucher bewegen soll, wenn er nichts verpassen möchte. Dazu wird immer ein Orientierungsplan ausgehändigt, welcher wie beim Wegpunktsystem einen Überblick schafft.



Abbildung 4.1: Leuchtende Pfeile, die dem Besucher den Weg zu einem Zielort weisen.

Der Vorteil von Wegpunkten in VR ist, dass in diesem Medium eigene Entscheidungen getroffen werden können, welcher POI besichtigt wird. Durch das Wegpunktsystem endet die Führung nie automatisch, erst wenn der Anwender das bestätigt hat. Zusätzlich erhöht die Interaktion mit der Bedienung des System die Immersion ¹.

4.3 Teleport-Konzept

Hier wird das Potential der VR durch die Fähigkeit sich zu teleportieren besonders ausgeschöpft. Wie auch bei der vorherigen Konzeptvorstellung erhält der Anwender eine Übersicht von vorhandenen Zielen, die er mit seinen Controllern auswählen kann, um sich direkt an den gewünschten Ort zu teleportieren (Abbildung 4.2).

Das verschafft dem Anwender die Möglichkeit, sich auf die ausgestellte Geschichte zu konzentrieren und schnell an die Informationen zu gelangen. Möglicherweise wird dieses Konzept für Bildungszwecke verwendet und gilt es ein bestimmtes Thema zu bearbeiten. Um keine Zeit zu verlieren, sich durch die große Fläche zu bewegen, um das Ziel zu erreichen, kann dieses Konzept von Vorteil sein. Für andere Menschen, die sich ein generelles Bild von der Umgebung machen wollen, ist dieses Konzept weniger geeignet, denn durch die Teleportation verpassen sie den Weg dorthin und die Ausstellungen entlang des Weges [Dus].

¹<http://www.youvisit.com/interactive-virtual-reality>

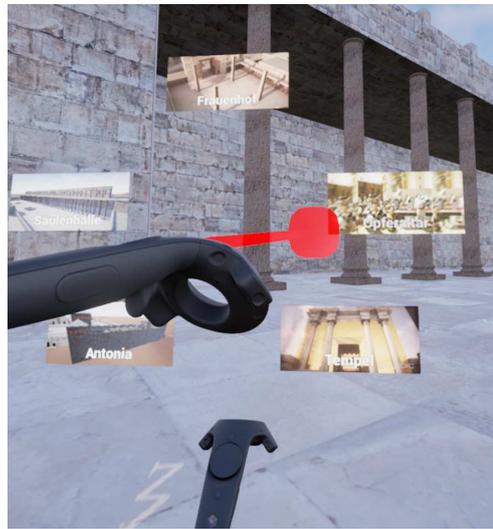


Abbildung 4.2: Über einen Controller öffnet sich die Liste aller POIs, zwischen denen mit dem anderen Controller ausgewählt werden kann. Der rote Strahl dient zum Anvisieren.

4.4 Pfad-Folgen-Konzept

Dieses Konzept orientiert sich an der klassischen Führung im Museum. Die Führung beginnt am Eingang, dann werden alle interessanten Orte durchlaufen und das Ende befindet sich am letzten Ausstellungsobjekt. Der Startpunkt in dieser Umsetzung wird so gewählt, dass er einem möglichen Eingang entspricht. Da es auf der gesamten Tempelanlage viele Ein- und Ausgänge gibt, wird der Eingang im Süden gewählt, da der Haupteingang laut den schriftlichen Dokumenten auch im Süden war [Pri14]. Der Pfad wird so gewählt, dass eine Route zu allen POIs entsteht und ohne Umwege dorthin führt.

Als nächstes wird die Fortbewegung erklärt. Die weißen Linien in der Abbildung 4.3 sind Spline-Kurven, die die Route der Führung repräsentieren. Das Laufen muss der Anwender nicht selbst steuern, denn das gehört zum Konzept dazu. Die Fortbewegung ist wie eine Fahrt auf Gleisen. Im Vorfeld wird die Route und die Geschwindigkeit der Fahrt ausgewählt. Der Anwender startet das Konzept und fängt am Eingang der Führung an auf der Spline-Kurve zu fahren. Dabei kann sich der Anwender auf das Wesentliche konzentrieren, ohne an eine Steuerung zu denken. Die Route wird so gewählt, dass sie alle POIs erreicht.

Diese Publikation [Het] dient Führungspersonen bei klassischen Rundgängen als Leitfaden, Hilfestellung und Ratgeber. Hierbei wird auf die Eigenschaften eingegangen, die die Führung ansprechender und informativer machen. Darüber hinaus wird ein Kriterienkatalog zur Planung und Durchführung präsentiert. Diese genannten Punkte können auch in der VR-Führung Anwendung finden und im Vorfeld geklärt werden. Eine klassische Führung aus der realen Welt lässt sich nicht umsetzen. Dafür fehlt der pädagogische Führer, der auf die Interessen der Besucher eingeht. Eine ähnliche Methode lässt sich wie in Abbildung 4.3 darstellen.

Kapitel 5

Prototypische Implementierung

In diesem Kapitel wird die prototypische Implementierung der entstandenen Spielmechaniken erläutert. Mit dem Begriff Spielmechanik ist jegliche Funktionalität in der VR-Anwendung gemeint, außer solche, die die Unreal Engine von Haus aus bereitstellt. Die technische Umsetzung der Führungskonzepte wird in zwei Abschnitte aufgeteilt. Im ersten Abschnitt wird auf die technische Vorbereitung eingegangen, die dem Spieler alle Funktionalitäten bietet, damit die VR-Anwendung als Ganzes funktioniert. Im darauf folgenden Abschnitt werden die Besonderheiten der einzelnen Führungskonzepte erklärt. Da die Programmierung in Unreal Engine mit sogenannten Nodes ¹(deutsch: Knotenpunkt) erfolgt, werden bildliche Darstellungen dabei zur Hilfe genommen. Nodes sind programmierte Funktionen, deren Quellcode für den Programmierer nicht ersichtlich ist. Es ist eine vereinfachte Form, um eine bessere Übersichtlichkeit zu bekommen.

5.1 Technische Vorbereitung

Die technischen Vorbereitungen sind all jene Einstellungen und Programmierungen, die dem Anwender das Sehen, Bewegen, Agieren und die Spielfunktionen ermöglichen. Sie sind unabhängig von den jeweiligen Führungskonzepten und werden deshalb gleich genutzt.

Zu Beginn wird der Spielcharakter erstellt, ein unsichtbarer Körper, der aber einen Kollisionsbereich besitzt. In der AbbildungPlayermesh ist dieser Körper als roter Gitterrahmen in Form einer Sphäre dargestellt. Für einen Charakter müssen Komponenten (Abb Komponenten) hinzugefügt werden, die von der Unreal Engine vorgefertigt sind. Hier sind es die zwei MotionController, MovementComponent und SteamVRChaperone. An die MotionController wurde je ein Modell des echten Vive Controllers hinzugefügt, damit sie als solche zu erkennen sind. Die Movement-Komponente ermöglicht es, die Bewegungsfunktionen zu nutzen, und SteamVRChaperone dient als visuelle Eingrenzung in Form eines Gitters oder Kreises, welche nur innerhalb des HMDs zu sehen ist (Abbildung Chaperone). Die Kamera in der AbbildungPlayermesh repräsentiert die Blickrichtung des Spielers, jedoch nicht die Höhe.

¹<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Blueprints/UserGuide/Nodes/> letzter Stand 27.02.2017

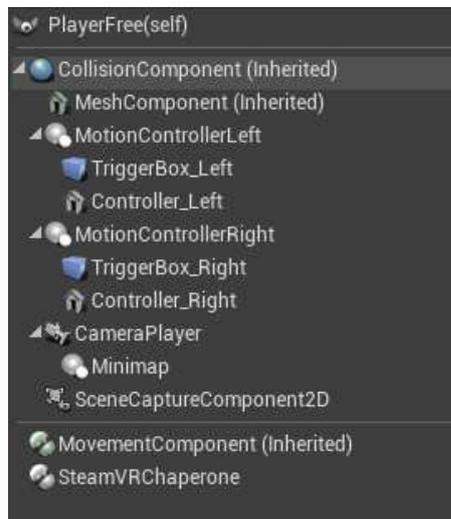


Abbildung 5.1: Komponenten des Chrkters in Unreal Engine. Damit der Spieler sehen kann, wird die Kamera hinzugefügt. Speziell für die Controller bietet Unreal Engine die Komponenten MotionController. Für eine visuelle Darstellung werden diese Komponenten mit einem Modell eines Controllers ausgestattet. Weiter werden Komponenten für die Bewegung und die visuelle Eingrenzung (Chaperone) eingebunden.

Das Event BeginPlay startet direkt zu Beginn. Wenn ein Event aufgerufen wird, heißt es, dass eine Aktion folgt. Dies wird genutzt, um schon beim Start die grundlegenden Einstellungen auszuführen, wie das Setzen des Trackings ab Bodenhöhe, Einschaltung des HMDs und Erstellung der Klasse MinimapWidget und deren Verbindung an das Sichtfeld des Spielers (Abbildung 5.3).

Des Weiteren wird ein Feature in der VR-Umgebung eingebaut, das dem Spieler das Klettern an einer Leiter ermöglicht. Dazu wurde eine Umgebungsvariable vom Typ Boolean erstellt, die anzeigt, ob die Leiter in Reichweite ist oder nicht (Abbildung 5.4).

In der Abbildung 5.5 wird veranschaulicht, wie die Vorwärtsbewegung simuliert wird. Dabei wird der Vorwärts-Vektor der Spielerkamera als Richtung gewählt. Das bedeutet für den Spieler in der Anwendung, dass er nur in die Richtung laufen kann, in die er gerade schaut. Diese Art von Fortbewegung ist während der Entwicklung entstanden. Ursprünglich war die seitliche Bewegung auch möglich. Es wird jedoch vermutet, dass das zur Übelkeit beiträgt. Da der Verzicht auf seitliche Bewegungen keinen Einfluss auf die Führungskonzepte hat, wurde diese Methode vorgezogen.

Für die Leiter erstellte Variable wird an dieser Stelle genutzt. Ist die Leiter in Reichweite, soll die Vorwärtsbewegung nur noch in Aufwärts- bzw. Abwärtsbewegung umgewandelt werden. Wenn der Spieler rauf klettert und danach runter, wechselt die Variable auf false, was das Absteigen und sich von der Leiter entfernen, ermöglicht.

Für die Gravitation des Spielcharakters wurde ein Vektor, ausgehend vom Spieler, 9.999 Einheiten in die Tiefe projiziert. Die Position der ersten Kollision mit einem anderen Objekt wird aufgefangen. Diese Position wird als neue Position des Spielers festgelegt (Abbil-

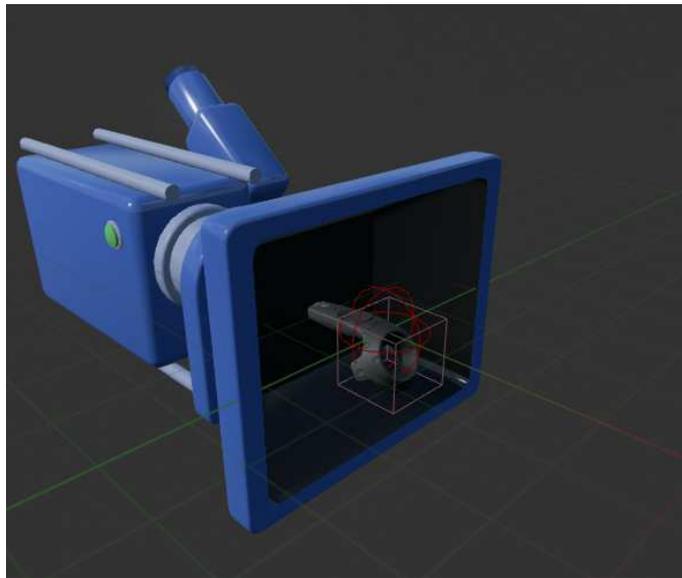


Abbildung 5.2: Alle Objekte auf dem Bild sind in ihrer Ausgangsposition, von wo aus sie initialisiert werden, sobald die Anwendung gestartet wird. Die Kamera repräsentiert die Augen des Spielers. Zwei Controller-Modelle befinden sich auf der selben Position und sind deshalb nicht beide zu erkennen. Sie repräsentieren die wirklichen Controller. Die roten Gitterlinien, deren Form nur zu erahnen ist, bilden eine Sphäre und dienen als Kollisionsvolumen, damit der Spieler in der Anwendung nicht durch bspw. Wände laufen kann.

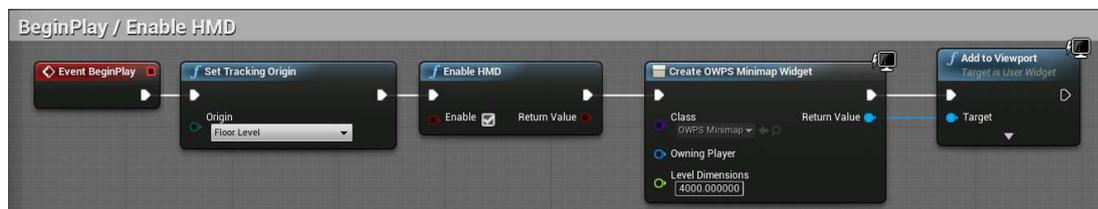


Abbildung 5.3: Das Event BeginPlay initialisiert weitere Nodes zu Beginn der Anwendung. Hier zu sehen sind die Nodes SetTrackingOrigin, EnableHMD, ein Node für das Erzeugen der Minimap und AddToViewport.

dung 5.6). Diese Node-Folge wird mehrfach pro Sekunde durchgeführt und erfolgt solange die Anwendung läuft.

Als Persistent Level wird die Umgebung in Anwendungen von Unreal Engine bezeichnet. Im Persistent Level wird die gesamte Umgebung platziert. Dort sind z. B. Erkennungssymbole zu finden (Abbildung 5.7). Sie repräsentieren jeweils einen POI und ermöglichen dem Anwender zu erkennen, an welcher Stelle ein POI zu entdecken ist. Bewegt sich der Anwender zu diesem Fragezeichen hin, wird eine Animation ausgelöst. Dabei verschwindet das Fragezeichen und eine beispielhafte Darstellung von einer Erklärung des POI erscheint.

5. PROTOTYPISCHE IMPLEMENTIERUNG

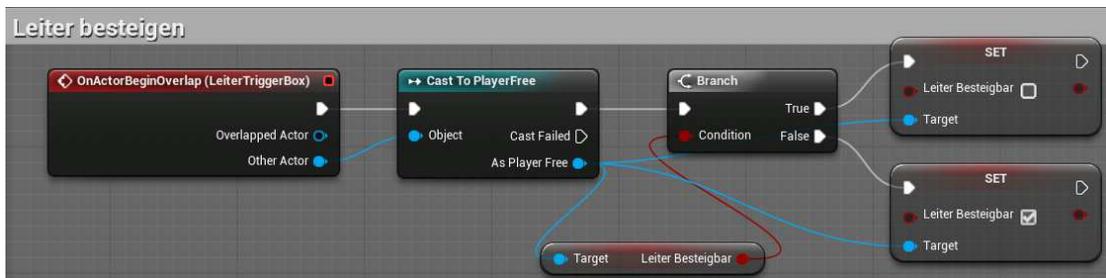


Abbildung 5.4: Nodes für das Wechseln der bool'schen Variable Leiter Besteigbar. Das Event wird ausgelöst, sobald der Spieler vor der Leiter steht.

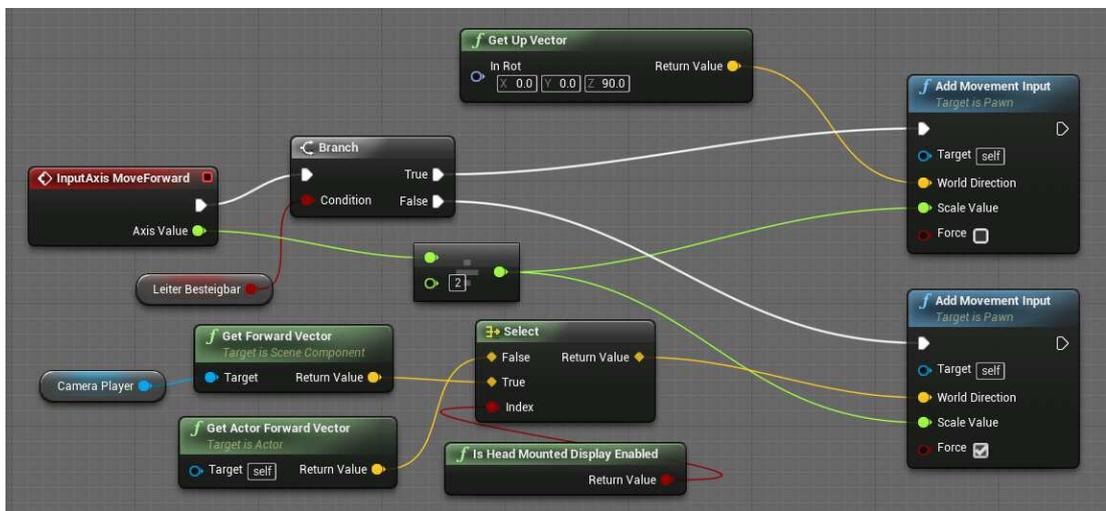


Abbildung 5.5: Nodes bewegen den Spieler in Z-Richtung, wenn Leiter in Reichweite ist, sonst in Blickrichtung des Spielers.

5.2 Umsetzung der einzelnen Prototypen

5.2.1 Freies Konzept

Das Freie Konzept ermöglicht dem Besucher die freie Bewegung und das selbständige Entdecken der Umgebung. Die Besucher sollen einen Vergleich bekommen, wie es ist, ohne richtige Führung durch die VR-Umgebung zu gehen. Das Prinzip basiert auf Eigeninitiative. Eine Hilfestellung bietet eine Landkarte (engl.: Minimap)(Abbildung 5.8), die per Knopfdruck auf dem Controller abrufbar ist (Abbildung 5.9). Die Karte ist wie ein Radar, der den Besucher in der Mitte der Karte anzeigt, von wo aus er in einem bestimmten Radius die Umgebung sieht.

Für die Landkarte wurde eine weitere Kamera gewählt, die über dem Spieler schwebt und im 90°-Winkel nach unten aufzeichnet. Was die Kamera erfasst, wird auf eine zweidimensionale Fläche projiziert, die wie in Abbildung Landkarte rund dargestellt wird. Zusätzlich

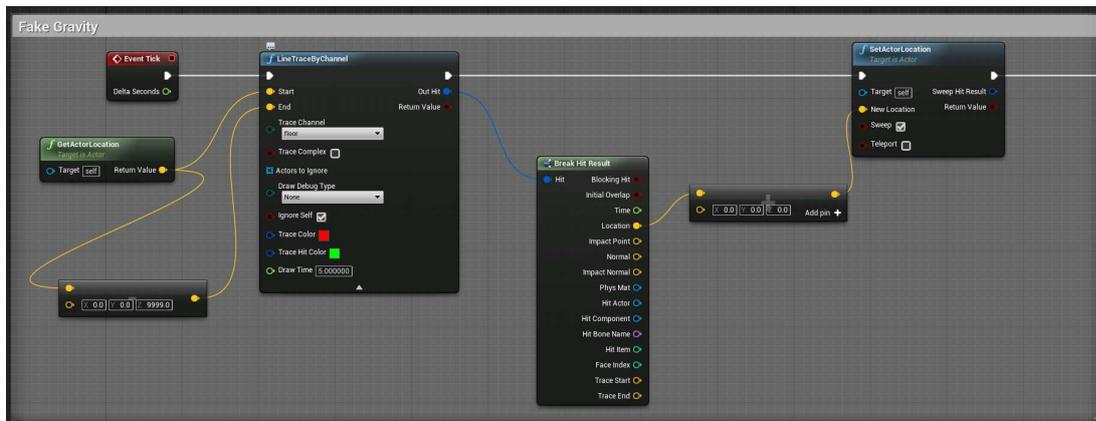


Abbildung 5.6: Gravitation wird durch diese Nodes simuliert. Das Event Tick wird frequen-
tiell ausgelöst und setzt die Position des Spielers dabei neu. Das passiert vielfach in der
Sekunde. Die Position wird durch einen Schnittpunkt zwischen eines Strahls und der der
nächsten Oberfläche unter dem Spieler ermittelt.



Abbildung 5.7: Dieses Erkennungssymbol repräsentiert ein POI in der virtuellen Umgebung.
Der Anwender erkennt dadurch, dass sich an dieser Stelle ein POI befindet.

rotiert die Kamera in die gleiche Richtung, wie der Spieler. Dafür dienen die Nodes Get-
WorldRotation von CameraPlayer, Break Rotator, Make Rotator und SetWorldRotation (Ab-
bildung 5.11).

Da eine VR-Anwendung in 360° dargestellt wird, gibt es kein klassisches Head-Up Dis-
play (kurz HUD, deutsch: Blickrichtungsanzeige), welches auf zweidimensionalen Flächen
für Bildschirmen dargestellt wird. Es muss überlegt werden, wie und wo die Karte darge-
stellt werden soll, damit sie den Anwender nicht stört. Die Karte versetzt in die Ecke des
Sichtfeldes zu platzieren, anstatt direkt vor den Spieler, ist keine Option. Dann müsste der
Anwender in die Ecke seines Sichtfeldes schauen, um die Karte zu sehen. Etwas auf der
Karte zu erkennen, wäre so schwierig, weil durch den Blickwinkel die Sicht verschwommen

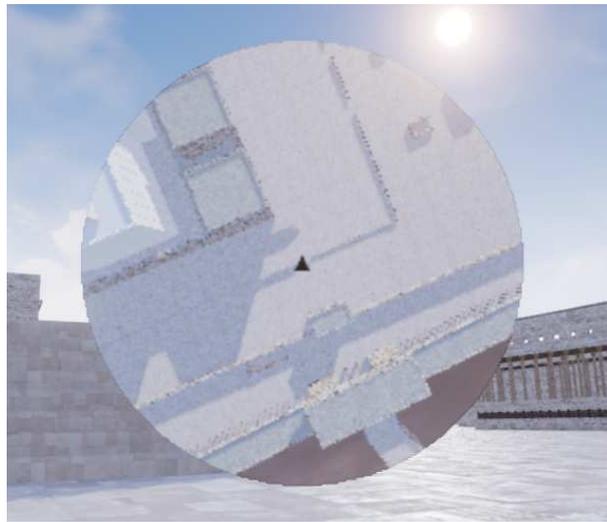


Abbildung 5.8: Ausschnitt der Minimap aus der VR-Anwendung. Die Karte erscheint vor den Augen des Spielers. Es zeigt eine Drauf-Ansicht von der momentanen Position des Spielers, der als schwarzes Dreieck abgebildet ist.



Abbildung 5.9: Controller Erklärung zum Öffnen und Schließen der Minimap.

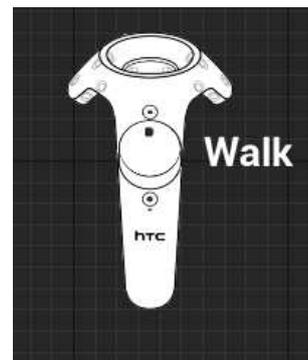


Abbildung 5.10: Controller Erklärung für die Fortbewegung.

wird. Wollte er direkt drauf schauen, muss er dazu seinen Kopf drehen und die Karte würde sich um die gleichen Werte mitbewegen. Deswegen wird die Minimap als 3D-Modell in der virtuellen Umgebung vor dem Spieler dargestellt. Sie hat die Funktion per Knopfdruck zu erscheinen und zu verschwinden, damit der Spieler die Minimap nicht ständig im Blickfeld hat. In der Abbildung 5.9 sind die Nodes zu erkennen, die für die Minimap-Anzeige zuständig sind.

Beim Start des Spiels erscheint direkt die Erklärung der Bedienung (Abbildung 5.12). Durch das Drücken einer bestimmten Taste auf dem Controller wird einmalig die Animation zum Verstecken der Abbildung abgespielt und gleichzeitig erfolgt das Öffnen der Minimap. Darauf folgende Betätigungen derselben Taste, schließen und öffnen im Wechsel die Minimap. Nach

5.2. Umsetzung der einzelnen Prototypen

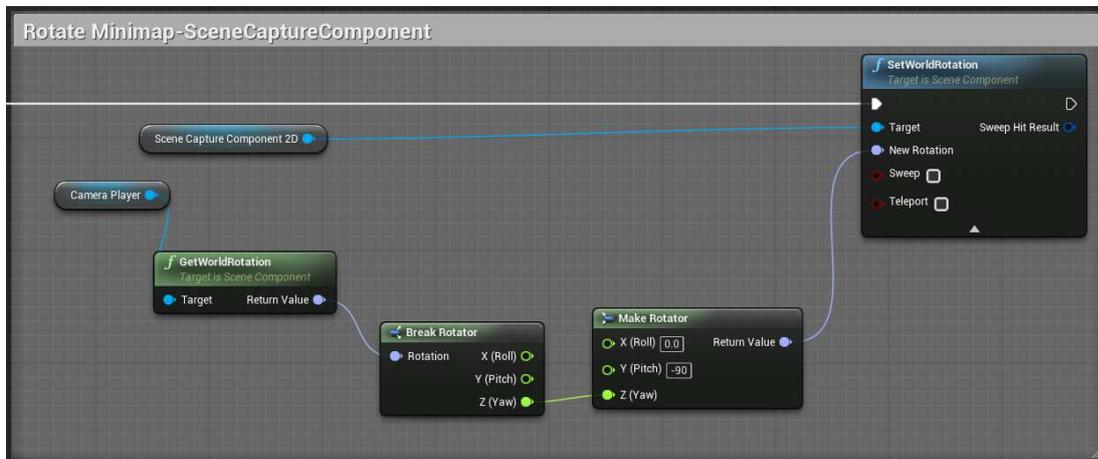


Abbildung 5.11: Die Nodes bewirken, dass die Kamera, die für die Minimap verwendet wird, die Rotation des Spielers übernimmt. Dadurch wird die Blickrichtung verfolgt.

der Erklärung der Bedienung für die Minimap folgt die Erklärung für das Bewegen (Abbildung 5.10), welche auch einmalig angezeigt wird und nach kurzer Dauer verschwindet.

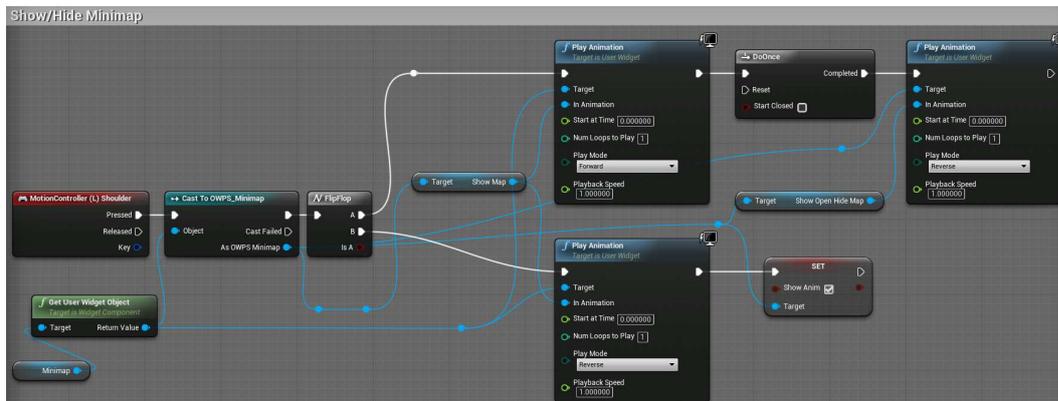


Abbildung 5.12: Die Funktion dieser Nodes ist das Öffnen und Schließen der Minimap und die einmalige Ausführung für das Anzeigen und Verstecken der Erklärungen (Abbildung 5.9 und Abbildung 5.10).

5.2.2 Wegpunktsystem Konzept

Dieses Konzept stammt ursprünglich von einem Plug-In ab, das für zweidimensionale Oberflächen wie das HUD auf einem Monitor entwickelt wurde. Die Voraussetzung für die Funktionalität ist die Verwendung einer Maus, um auf eine Minimap klicken zu können. Sobald ein Pfad über die Minimap ausgewählt wurde, wird dieser von der Position des Spielers aus bis hin zur angeklickten Stelle mit blau leuchtenden Pfeilen dargestellt.



Abbildung 5.13: Hier wird die Funktion des Plug-Ins abgebildet. Eine Minimap mit einer Drauf-Ansicht ist verfügbar und lässt sich über einen Knopf öffnen und schließen. Mit einem Klick auf die Minimap wird ein Zielort ausgewählt. Dann wird der Spieler durch wegweisende, blaue Pfeile dorthin geleitet. Quelle: Created by Satheesh Pv@ryanjon2040 Lead Programmer at YetiTech Studios

Dieses Plug-In muss umprogrammiert werden, damit es für das Wegpunktsystem Konzept kompatibel ist. Anstatt mit einer Maus auf die Minimap zu klicken, wurde die Interaktion mit Controllern und 3D-Buttons (Abbildung 5.14) programmiert. Die Buttons werden in der VR-Anwendung per Knopfdruck angezeigt. In der Abbildung 5.19 ist der rote Vektor zu erkennen, der als Visier zum Betätigen der Buttons dient. Mit der Trigger-Taste (deutsch: Auslöser) des einen Controllers werden die fünf POIs angezeigt (Abbildung 5.15) und mit der Trigger-Taste des anderen Controllers wird ein Button betätigt (Abbildung 5.16).

In der Abbildung 5.19 ist der rote Vektor zu erkennen, der als Visier zum Betätigen der Buttons dient. Mit der Trigger Taste des einen Controllers werden die fünf POI's angezeigt (Abbildung 5.14) und mit der Trigger Taste des anderen Controllers wird ein Button betätigt (Abbildung 5.16).

Das Plug-In besteht aus umfangreichem Code. Deswegen werden in dieser Arbeit nur Codeausschnitte gezeigt, die wesentlich für die Anpassung des Programms sind. Um in der Objektklasse des Spielers Objekte aus dem Persistent Level anzusprechen, werden in der Klasse zuerst Platzhaltervariablen für die Objekte erstellt. Daraufhin werden diese Variablen gefüllt, indem beim Start des Spiels über das Level Blueprint, eine Klasse des Levels, die fünf POIs aus dem Level an die Objektklasse des Spielers neu gesetzt werden

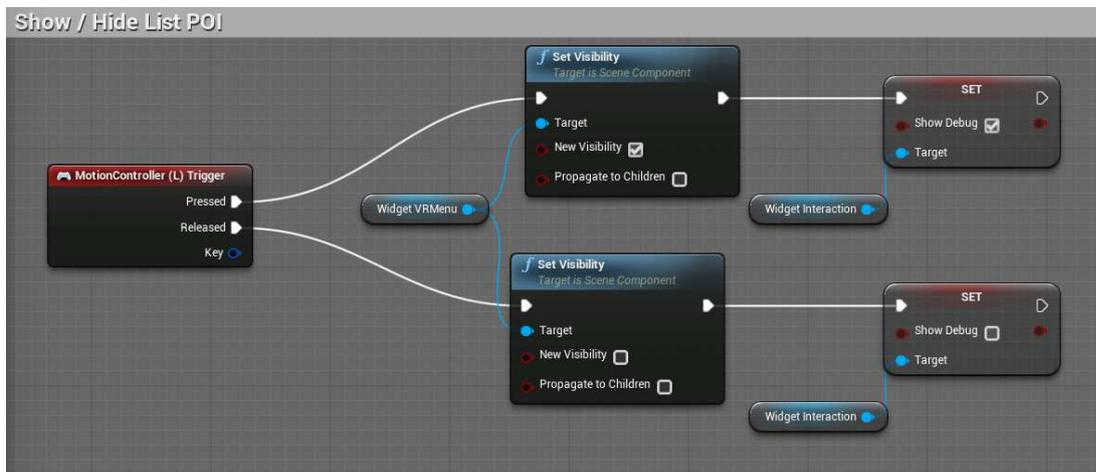


Abbildung 5.14: Nodes zum Anzeigen der Liste von fünf POIs über einen Knopf am Controller. Das Verstecken der Liste erfolgt beim Loslassen des Knopfes.

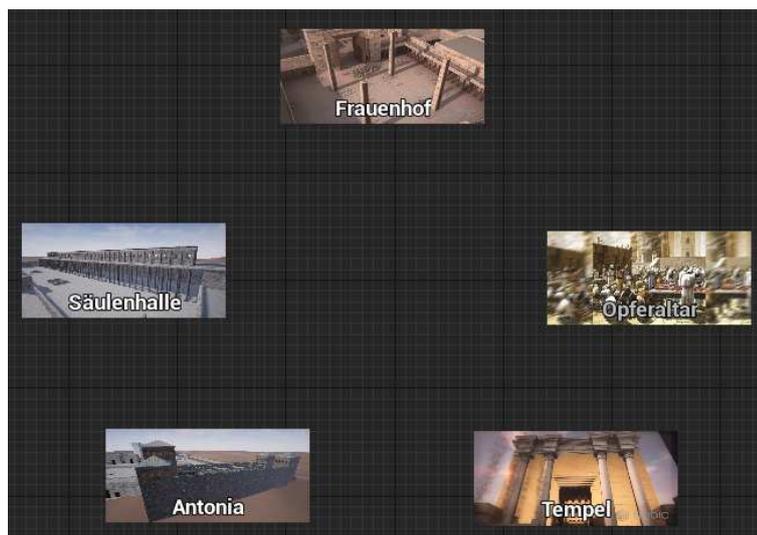


Abbildung 5.15: Das ist die Liste aller POIs als HUD. Die Bilder der einzelnen POIs überlagern Knöpfe, um sie anklickbar zu machen.

(Abbildung 5.17).

Das Event in der Klasse des Spielers löst den Code des Plug-Ins zum Erstellen des Pfades aus. Dafür wird der POI, der von dem Anwender in dem Spiel ausgewählt wurde, als neues Ziel (Abbildung 5.18) übergeben.

5. PROTOTYPISCHE IMPLEMENTIERUNG

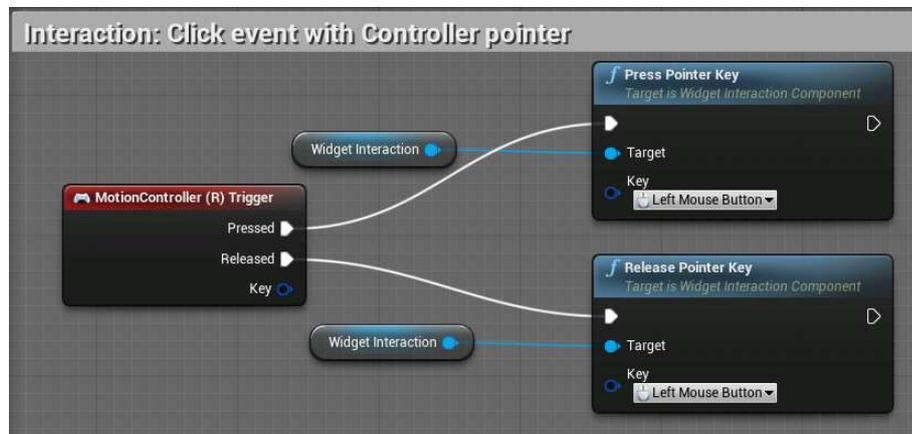


Abbildung 5.16: Die Knopfbetätigung wird ausgeführt. Der Auslöser wird durch die Trigger-Taste aktiviert und die weiteren Nodes starten eine Aktion.

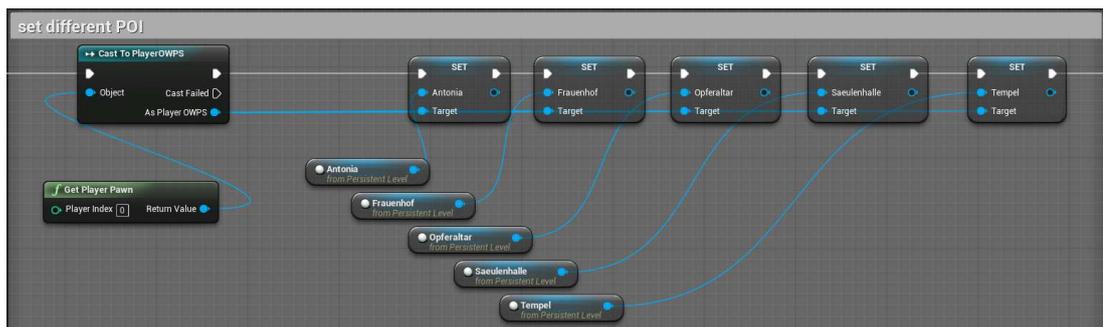


Abbildung 5.17: Mit diesen Nodes wird die Objektklasse des Spielers aufgerufen, um alle POIs als Referenz zu übergeben. Diese Referenzen werden zum Setzen neuer Zielpunkte im Plug-In weiter verarbeitet.

5.2.3 Teleport-Konzept

Dieses Konzept funktioniert ähnlich wie das Wegpunktsystem. Der Anwender hat hier ebenfalls die Möglichkeit die fünf POIs mit der Trigger-Taste eines Controllers aufzurufen und mit dem anderen Controller zu betätigen. Beim Betätigen eines Buttons wird jedoch ein anderes Event ausgelöst. Die Nodes dazu sind in der Abbildung 5.19 ersichtlich. Nach dem Auslösen des Events wird die Position des ausgewählten POI lokalisiert. Weiter wird der Wert der Position um wenige Einheiten erhöht und als neue Position des Spielers festgelegt. Nach dem Durchlauf dieser Nodes teleportiert sich der Spieler neben den ausgewählten POI.

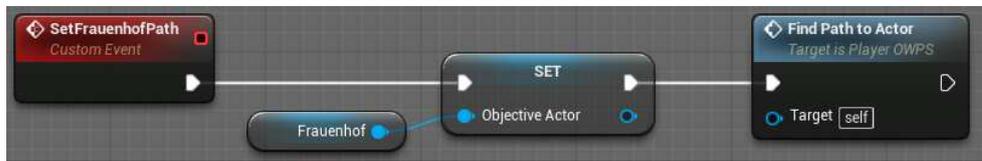


Abbildung 5.18: Diese Abbildung ist ein Ausschnitt aus der Objektklasse des Spielers. Die Variable Frauenhof aus dem Persistent Level wird als neues Ziel für das Plug-In des Wegpunktsystems gesetzt.

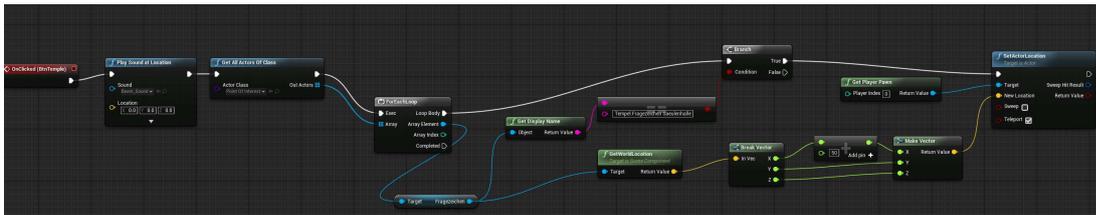


Abbildung 5.19: Das Event wird durch die Auswahl eines POIs ausgelöst. Dann erfolgt die Lokalisierung des POIs. Der ermittelte Standort wird für das Setzen der neuen Position des Spielers benutzt.

5.2.4 Pfad-Folgen-Konzept

Für die Umsetzung dieses Konzeptes wurde sich eines Plug-Ins² bedient, das den Spieler entlang eines Pfades bewegen soll. Für das Event StartPathFollow (Abbildung A.7) wurden mehrere Tasten zugewiesen, mit denen das Event ausgelöst werden kann. Der Pfad wird mit Spline-Kurven in dem Level definiert und dann dem Node ?Actor Move To Spline Point (Full)? zugewiesen. In diesem Node können weitere Einstellungen gemacht werden, wie zum Beispiel das Festlegen der Geschwindigkeit oder der Gesamtdauer der Bewegung. Beim Auslösen des Events beginnt der Spieler sich auf der Spline-Kurve entlang zu bewegen.

Damit der Anwender etwas von der Umgebung mitbekommt, führt die Spline-Kurve durch alle fünf POIs. Durch das Event OnActorBeginOverlap(TriggerAntonia) wird eine Reihe von Nodes ausgelöst, sobald der Spieler über den Trigger von der Antonia fährt (Abbildung 5.21). Es wird eine Animation abgespielt, die das Fragezeichen verschwinden und eine Platzhalter für die Erklärung des POIs erscheinen lässt. Der Platzhalter wird beispielhaft dargestellt und dient den Probanden für die Evaluationsdurchführung. Die Pfadanimation wird angehalten, eine kurze Zeit gewartet, danach wird die Pfadanimation fortgeführt und der Platzhalter der POI-Erklärung verschwindet wieder.

²<https://wiki.unrealengine.com/ltween>

Kapitel 6

Evaluation

In diesem Kapitel werden vier verschiedene Führungskonzepte evaluiert. Als Ergebnis soll sich ein Konzept herauskristallisieren, das die meisten positiven Bewertungen bekommen hat. Zusätzlich wird die Evaluation verwendet, um das Feedback und die Verbesserungsvorschläge der Probanden zu erfassen und für zukünftige Entwicklungen einzupflegen.

6.1 Festlegung des Evaluationsgegenstands

Die Evaluationsgegenstände sind die vier Führungskonzepte, die im Kapitel 4 und 5 entstanden sind. Sie werden bei der Evaluation gleichwertig behandelt. Das bedeutet, dass zu jedem Führungskonzept die gleichen Fragen gestellt werden. Dies hat den Grund, dass die Konzepte im Abschnitt Ergebnisse der Evaluation direkt miteinander verglichen werden. Bei der Bewertung aller Fragen zu jedem Konzept vergeben die Probanden Punkte. Dabei ist ein Punkt die niedrigste Bewertung und zehn ist die maximale Punktzahl und somit die beste Bewertung.

6.2 Definition des Evaluationsziels

Zu erfassen sind die subjektiven Eindrücke der Probanden. Die Führung wurde für die Besucher des Tempels entwickelt, was deren Eindrücken einen hohen Stellenwert verleiht. Das Ziel der Evaluation ist, eine Tendenz zu erhalten, welches Führungskonzept sich von den anderen abhebt und die meisten positiven Bewertungen erhalten hat. Zusätzlich soll herausgefunden werden, welche der verschiedenen Steuerungsmechaniken am besten bewertet werden. Darüber hinaus bringt diese Evaluation die Möglichkeit mit sich, Feedback und Verbesserungsvorschläge zu sammeln, was für die weitere Entwicklung eingesetzt werden kann. Es ist möglich, dass mehrere Konzepte gut abschneiden. In diesem Fall könnte die Überlegung getroffen werden, mehrere Konzepte zu kombinieren, um von den jeweils besten Eigenschaften zu profitieren.

6.3 Entwicklung des Fragebogens

Es wurden sechs Fragen entwickelt, von denen fünf sich auf jedes einzelne Konzept beziehen und eine Frage schließt das gesamte Projekt ein. Die Fragen wurden so ausgewählt, dass sie auf jedes Konzept gleichermaßen angewendet werden können. Daraus resultiert ein direkter Vergleich, welcher aufzeigt, welches Konzept besser oder schlechter bei der jeweiligen Frage abschneidet.

Die Antwortmöglichkeiten aller Fragen sind in einer linearen Skala von eins bis zehn angegeben. Das ergibt sich aus der Überlegung, am Ende eine Tendenz erkennen zu können. Es gibt keine genaue Mitte in der Skala, sodass der Proband sich für eine stärkere positive oder die negative Einschätzung entscheiden muss. Es wurde eine größere Bewertungsspanne von zehn Möglichkeiten gewählt, sodass die Bewertung im mittleren Bereich, wie fünf oder sechs, trotzdem eine Mittlere Bewertung erlaubt. Für eine Tendenz ist dieser geringe Unterschied ausreichend.

Im Anhang befindet sich der gesamte Fragebogen.

6.4 Ergebnisse der Evaluation

An der Evaluation haben insgesamt zehn Probanden teilgenommen. Um ein tendenzielles Ergebnis zu erhalten, hat diese Anzahl ausgereicht. Die Evaluation wurde innerhalb von fünf Tagen im Zeitraum vom 06.02.2017 bis 10.02.2017 durchgeführt. Für die Durchführung wurde ein besonders leistungsstarker Computer eingesetzt. Alle Probanden haben eine Einweisung erhalten und die Durchführung selbst hat im Durchschnitt jeweils circa eine Stunde gedauert. Eine bestimmte Zielgruppe gab es keine, da die Führungskonzepte sich an alle potentiellen Museumsbesucher richten. Auch Vorwissen über den Tempel wurde nicht vorausgesetzt. Es wurde darauf geachtet, dass die Testperson den Weg zu den POIs nicht schon kennt. Bei der Evaluation geht es um die subjektive Einschätzung aller Teilnehmer.

Die Probanden haben vier Führungskonzepte getestet, die in den Diagrammen mit A bis D gekennzeichnet sind. Folgende Zuordnung wurde dazu getroffen:

- A = Freies Konzept
- B = Wegpunkt System
- C = Teleportation
- D = Pfad Folgen

Die Fragen zu den Konzepten wurden so formuliert, dass eine Eins die schlechteste und eine Zehn die beste Bewertung bedeutet. Dadurch sammeln die Konzepte durch die Evaluation eine Gesamtpunktzahl, die untereinander verglichen werden können.

Bei jeder Durchführung war das Ziel, alle fünf POIs zu finden bzw. zu erreichen. Bei zwei der vier Konzeptdurchführungen wurde die Zeit auf fünf Minuten beschränkt. Denn sowohl bei dem freien Konzept, als auch bei dem Wegpunktsystem konnte es zu starken Verzögerungen kommen, wenn der Proband einen individuell ungünstigen Weg eingeschlagen hat.

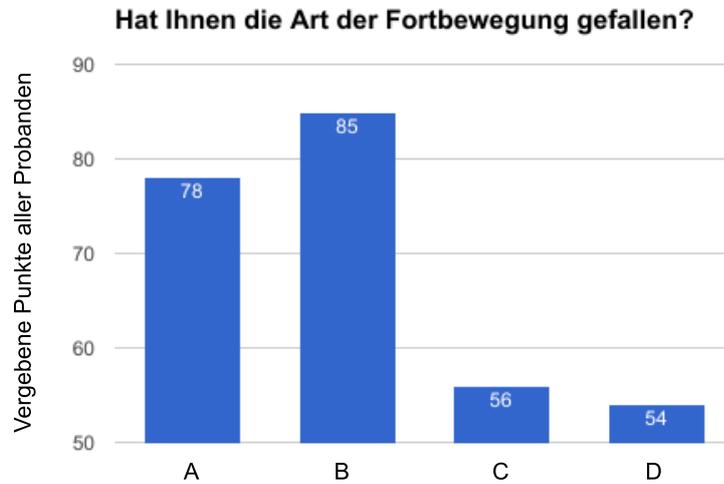


Abbildung 6.1: Die vergebenen Punkte aller Probanden sind für jedes Konzept zusammen gerechnet. Die Bewertungen beziehen sich auf die Frage „Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen?“.

An dem Balkendiagramm in Abbildung 6.1 ist eine Tendenz deutlich zu erkennen. Das Wegpunktsystem hat bei der Frage, wie die Art der Fortbewegung gefallen hat, am besten abgeschnitten. Das freie Konzept ist ebenfalls gut bewertet worden und wird dementsprechend für die weitere Entwicklung in Betracht gezogen. Beim Pfad-Folgen-Konzept haben sich alle Probanden gewünscht, in die Fahrt eingreifen zu können, sodass sie bei interessanten Orten langsamer und bei uninteressanten schneller vorbeigefahren werden kann.

In der Abbildung 6.2 ist das Konzept der Teleportation am angenehmsten erschienen, was der minimalistischen Bewegung zu verdanken ist. Dadurch, dass die Personen sich in der Umgebung nicht fortbewegen müssen, sondern von einer Stelle direkt zu bestimmten POIs teleportiert werden, entsteht kein Motion-Sickness-Effekt. Durch das Feedback der Probanden konnte erfahren werden, dass die Übelkeit während der Fortbewegung entstanden ist, wenn sich jemand z. B. entlang einer Kurve bewegt hat.

Bei der Frage, wie gut sich die Probanden nach der Führung in der virtuellen Umgebung auskennen, hat das Wegpunktsystem am besten abgeschnitten. Zusätzlich zu der Möglichkeit, sich frei bewegen zu können, hat der Benutzer eine Übersicht von allen möglichen POIs in der Umgebung. Der Benutzer weiß im Vorfeld auf welches Ziel er hinläuft. Die Neugier, wie der jeweilige POI aussehen könnte, wurde dadurch geweckt. Das freie Konzept hat einen ähnlichen Effekt auf die Probanden gehabt (??). Jedoch war die Minimap nicht hilfreich, um sich in der Umgebung eine Orientierung zu verschaffen. Die Neugier ist durch die freie Beweglichkeit entstanden. Zusätzlich hat sich das Pfad-Folgen-Konzept positiv auf die Orientierung gewirkt. Da die Kamerafahrt als langsam empfunden wurde, haben die Probanden Zeit gehabt, sich in Ruhe umzuschauen und sich ein Bild von der Umgebung zu machen. Dazu kommt, dass die POIs in einer geplanten Route abgefahren wurden und

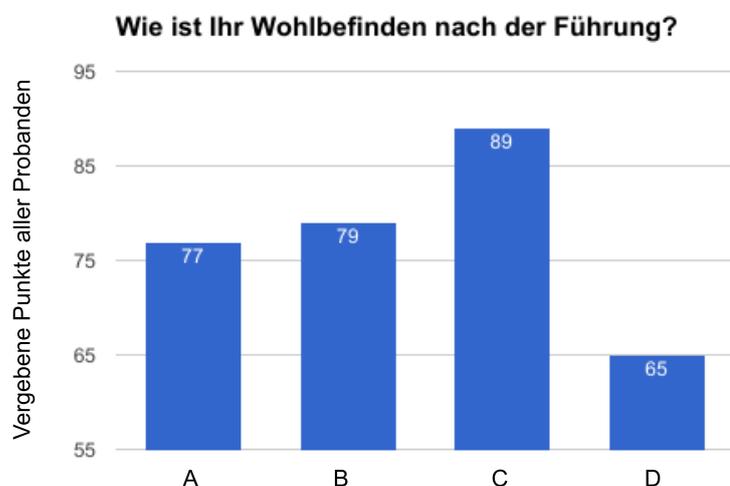


Abbildung 6.2: Die vergebenen Punkte aller Probanden sind für jedes Konzept zusammen gerechnet. Die Bewertungen beziehen sich auf die Frage „Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen?“.

somit eine Struktur in die Führung gebracht wurde.

In der Abbildung 6.4 wurde die Erreichbarkeit aller Orte in der Umgebung abgefragt, was mit der Art der Fortbewegung zu tun hat. Dabei haben alle, bis auf das Pfad-Folgen-Konzept, über 70 von 100 Punkte erreicht. Das Pfad-Folgen-Konzept schien zu stark eingeschränkt zu sein.

Die letzte Frage, die sich auf alle Führungskonzepte bezieht, lautet, wie das Führungskonzept insgesamt beurteilt wird. Damit wird am stärksten deutlich, dass das Wegpunktsystem mit Abstand die positivsten Beurteilungen bekommen hat (Abbildung 6.5). Dieses Konzept scheint bei den Probanden am besten angekommen zu sein. Bis auf das Schwindelgefühl bzw. die Übelkeit, bedingt durch die Fortbewegung, hat das Konzept bei allen anderen Fragen mit den meisten Punkten abgeschnitten.

In der Abbildung 6.6 ist erkennbar, dass keine Testperson weniger als 9 von 10 Punkten für das Interesse am Ausbau der Führung vergeben hat. Daraus resultiert ein hohes Interesse an der Weiterentwicklung der Führung und somit des Projektes.



Abbildung 6.3: Die vergebenen Punkte aller Probanden sind für jedes Konzept zusammengeordnet. Die Bewertungen beziehen sich auf die Frage „Hat das Führungskonzept etwas zu Ihrer Orientierung in der großflächigen Umgebung beigetragen?“.

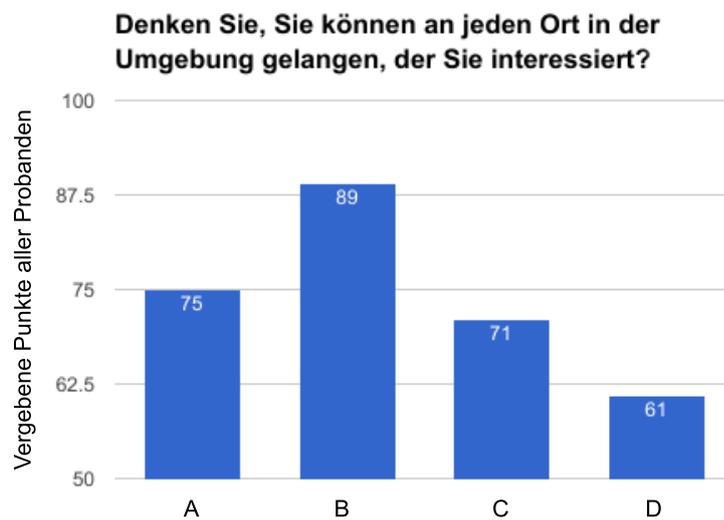


Abbildung 6.4: Die vergebenen Punkte aller Probanden sind für jedes Konzept zusammengeordnet. Die Bewertungen beziehen sich auf die Frage „Denken Sie, Sie können an jeden Ort in der Umgebung gelangen, der Sie interessiert?“.

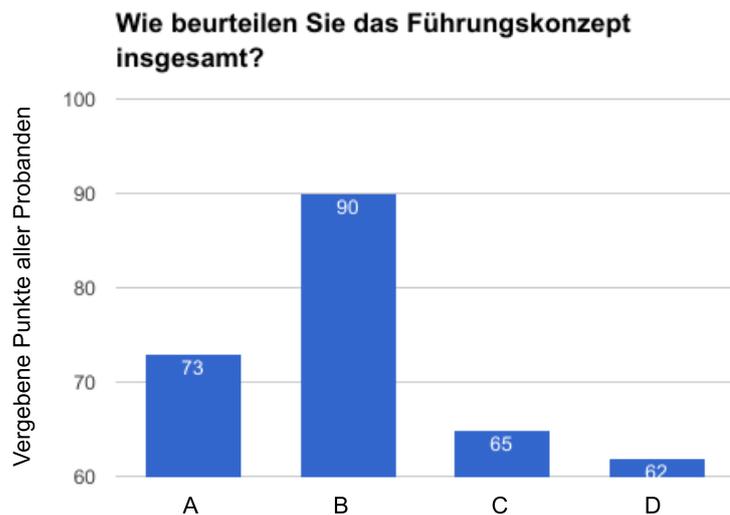


Abbildung 6.5: Die vergebenen Punkte aller Probanden sind für jedes Konzept zusammengerechnet. Die Bewertungen beziehen sich auf die Frage „Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt“

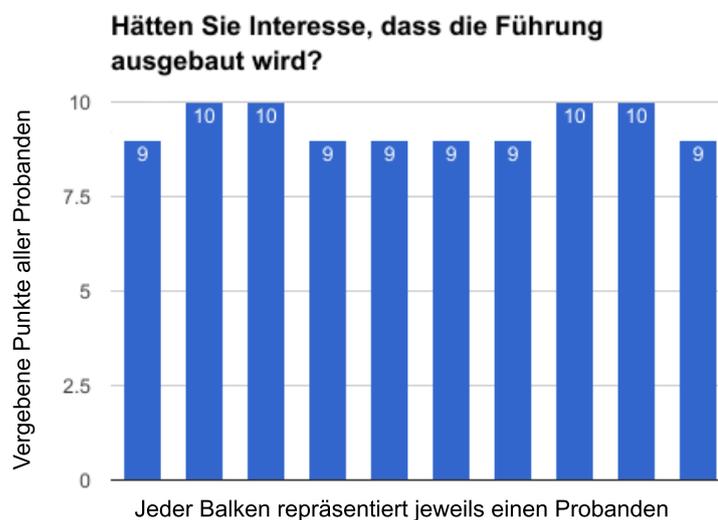


Abbildung 6.6: Die Abbildung zeigt die vergebenen Punkte jedes Probanden, die die Frage „Hätten Sie Interesse, dass die Führung ausgebaut wird?“ bewertet haben.

Kapitel 7

Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit zusammengefasst. Dabei wird eine Schlussfolgerung aus der gestellten Problemstellung, den entwickelten Konzepten und Prototypen und den Evaluationsergebnissen gezogen. Abschließend wird ein Ausblick für die Weiterentwicklung von Führungskonzepten formuliert.

7.1 Ergebnisse

Die Virtual Reality ist seit dem Jahr 2016 wieder ein Trend. Mehrere Hersteller von VR-Geräten haben ihr Produkt präsentiert und für den Markt zugänglich gemacht. Dies hat zu Folge, dass viele Entwickler angefangen haben, VR-Anwendungen zu entwickeln. Die VR-Umsatzprognose ist vielversprechend, denn es gibt viele Anwendungsmöglichkeiten.

Diese Arbeit kann im Bereich Edutainment eingeordnet werden. Also im Bereich der Unterhaltung und Bildung. Aus dem ersten Kapitel wird ersichtlich, dass Führungskonzepte in VR-Echtzeitumgebungen bei großflächigen Gebieten sinnvoll sind.

Diese Arbeit basiert auf einer VR-Anwendung, die den Anwender in einen jahrtausende alten Tempel bringt. Der Tempel und die gesamte Anlage ist groß genug, sodass es einer Führung bedarf.

Um eine VR-Anwendung zu entwickeln muss geeignete Soft- und Hardware bereitstehen. Für dieses Projekt wird Unreal Engine verwendet, da sie für VR die nötigen Werkzeuge besitzt. Darüber hinaus wird diese Software weltweit verwendet, woraus eine große Community resultiert. Viele andere Entwickler teilen ihr Wissen in Foren. Sie teilen aber auch ihre Projekte, wie z. B. manche Plugins, welche bei dieser Arbeit für Führungskonzepte verwendet werden.

Die Entscheidung, welche Hardware benutzt wird, fällt zweifelsfrei auf HTC Vive. Unreal Engine und die Vive sind miteinander sehr kompatibel und zusätzlich hat die Vive im Vergleich zu PSVR und Oculus Rift eine erweiterte Hardware-Ausstattung. Die sensorische Abtastung des Raumes ist bei der Vive bisher einmalig. Dadurch erhält der Anwender mehr Bewegungsfreiheit und Möglichkeiten, zugunsten der Zufriedenheit.

Eine Recherche von wissenschaftlichen Publikationen führt zu einer Sammlung von verschiedenen Führungskonzepten. Viele davon sind aus der realen Welt entnommen. Es exis-

tieren aber auch einige virtuelle Führungskonzepte. Das dient als Anlaufstelle für die Entwicklung von relevanten Führungskonzepten. Daraus resultieren vier verschiedene Konzepte. Das Freie Konzept, Wegpunktsystem, Teleport-Konzept und Pfad-Folgen-Konzept sind die Führungskonzepte, welche in die VR-Anwendung programmiert werden. Das Freie Konzept wird in die Entwicklung aufgenommen, um die Vorteile der anderen Führungskonzepte aufzuzeigen. Es geht dabei um freie Beweglichkeit. Der Anwender wird in seiner Entscheidung, zu welchem Ort er geht, nicht beeinflusst.

Die nächsten drei Führungskonzepte leiten den Anwender auf ihre individuelle Art durch die Umgebung. Bei dem Wegpunktsystem kann sich der Anwender ebenfalls frei bewegen, er hat jedoch eine List aller POIs zur Verfügung, die er mit seinem Controller auswählen kann. Daraufhin entstehen Pfeile auf dem Boden, die ihm den Weg zu dem ausgewählten POI weisen. Das Teleport-Konzept verfügt über dieselbe POI-Liste, aus der ein POI ausgewählt werden kann. Jedoch wird der Anwender zu dem ausgewählten POI direkt hin teleportiert. Auf diese Weise können die POIs schnell erreicht werden. Beim Pfad-Folgen-Konzept ist die freie Beweglichkeit ganz eingestellt. Eine Spline-Kurve wird in der Umgebung so platziert, dass sie durch alle POIs führt. Der Anwender fährt dann den Pfad der Spline-Kurve entlang, ohne mit irgendetwas interagieren zu müssen. Die Geschwindigkeit und Translation wird voreingestellt. Dabei hat der Anwender ausreichend Zeit sich in der Umgebung umzuschauen und kann sich auf das wesentliche Konzentrieren.

Bei der Entwicklung der Prototypen stellt sich heraus, dass Anwender in der VR-Applikation mit Motion Sickness zu kämpfen haben. Das wird bei der Programmierung berücksichtigt. Bei der Entwicklung werden einige technische Vorbereitungen getroffen, wie z. B. eine Art der Gravitation zu programmieren, welche für jedes Führungskonzept gilt. In der individuellen Entwicklung werden nur einzelne Ausschnitte der Programme erklärt. Die einfache Handhabung bei der Integration von nützlichen Plugins in der Unreal Engine erweist sich als vorteilhaft.

Die Evaluation der vier Führungskonzepte zeigt, dass das Wegpunktsystem bei den meisten Fragen mit der besten Bewertung abschneidet. Allein bei der Frage, wie das Führungskonzept insgesamt beurteilt wird, ergeben sich 90 von 100 möglichen Punkten. Im Vergleich dazu ist auf dem zweiten Platz das Freie Konzept mit 73 Punkten, auf dem dritten Platz das Teleport-Konzept mit 65 Punkten und knapp drunter auf dem letzten Platz das Pfad-Folgen-Konzept mit 62 Punkten. Auch das freiwillige Feedback der Probanden untermauert dieses Ergebnis. Das Wegpunktsystem scheint die richtigen Werkzeuge für eine gelungene Führung zu haben. Dem Besucher ist es möglich sich frei zu bewegen, um alles zu erforschen und er ist nicht gezwungen einen bestimmten Weg zu folgen. Zusätzlich hat er eine Liste aller POIs, die dem Besucher eine Übersicht verleiht. Die Liste dient auch als Anreiz, die die Neugier des Besuchers weckt. Desweiteren wird jeder POI dank wegweisenden Pfeilen auf dem kürzesten Weg erreicht. Zusammengefasst trägt dieses Konzept zur Orientierung des Besuchers bei, die Art der Fortbewegung wirkt sich positiv auf den Besucher aus und eine spielerische Interaktion innerhalb der VR-Anwendung ist gegeben.

Es hat sich dennoch herausgestellt, dass die Führungskonzepte Verbesserungspotential haben. Da keines der Führungskonzepte einen pädagogischen Führer einbeziehen, sind sie kritisch zu betrachten. Dies ist ein gewichtiger Nachteil den realen Museumsführungen gegenüber. Auf individuelle Fragen kann nicht eingegangen werden. Deshalb folgt im nächsten

Abschnitt der Ausblick, um in der Zukunft mögliche Verbesserungen vorzunehmen.

7.2 Ausblick

Die Ergebnisse, die hier präsentiert werden, zeigen nur einen bestimmten Ausschnitt zu diesem Thema. Durch die mittlerweile hohe Nachfrage von VR-Anwendungen sollten diese Führungskonzepte weiterentwickelt werden. Besonders im Bereich des Wissenstransfers von Archäologie ist der Einsatz von Führungskonzepten in einer virtuellen Umgebung sinnvoll. Es kann sich weiter an realen Führungskonzepten orientiert werden, wie z. B. eine Museumsführung, die von einem pädagogischen Museumsführer geleitet wird. Dieses Konzept kann in der VR-Anwendung durch einen Mehrspielermodus verwirklicht werden. Dadurch können mehrere Spieler gleichzeitig in der selben Umgebung forschen und entdecken. Durch die Entwicklung eines Voice-Chats wären Unterhaltungen zwischen Besuchern oder zwischen Besuchern und einem pädagogischen Museumsführer möglich. Auf diese Weise könnten in Zukunft VR-Führungen oder VR-Fortbildungen angeboten werden.

Es bleibt zu erforschen, wie eine VR-Führung in Echtzeit auf jeden individuell angepasst werden kann. Wo der Besucher ohne Vorkenntnisse die gesamte Führung interessant findet, interessiert sich der andere Besucher mit Vorkenntnissen vielleicht nur für bestimmte Orte. Dazu kann eine Funktion entwickelt werden, die dem Besucher ermöglicht, zwischen verschiedenen Führungskonzepten zu wechseln. Hier kann das Pfad-Folgen-Konzept angeboten werden, damit sich ein neuer Besucher ein Gesamtbild der Umgebung machen kann. Wenn ein Besucher bspw. wegen einer Fortbildung ein Führungskonzept benutzt, sind bestimmte Orte interessanter. Dann kann das Teleport-Konzept sinnvoll sein, um einen langwierigen Weg zu vermeiden. Somit ist diese Arbeit als Ansatz für eine mögliche Weiterentwicklung zu sehen.

Anhang A

Anhang

A.1 Fragebogen zur Evaluation

A.2 Vergrößerte Darstellung von großen Node-Abbildungen

Evaluation zur Bachelorarbeit

Es werden vier verschiedene Führungskonzepte getestet. Die Probanden werden sich das Head-Mounted Display überziehen und die Virtual Reality-Führungen nach einander testen. Passend dazu wurde dieser Evaluationsbogen erstellt, der direkt im Anschluss der Tests ausgefüllt werden soll. (Hinweis: Die ausgestellte Geschichte soll bei der Bewertung keine Rolle spielen.)

Die folgenden sechs Fragen werden jedem Konzept gestellt. Zusammen muss der Proband 21 Fragen beantworten. Die Gesamtdauer wird auf 45-60 Minuten eingeschätzt.

* Erforderlich

E-Mail-Adresse *

Ihre E-Mail-Adresse _____

WEITER

Geben Sie niemals Passwörter über Google Formulare weiter.

Abbildung A.1: Evaluation zur Bachelorarbeit - Beschreibung

Evaluation zur Bachelorarbeit

* Erforderlich

Fragebogen

Konzepte

- a) Freies Konzept
- b) Wegpunkt System
- c) Teleportation
- d) Pfad folgen

1. a) Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Es hat mir gar nicht gefallen Es hat mir sehr gut gefallen

b) Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Es hat mir gar nicht gefallen Es hat mir sehr gut gefallen

c) Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Es hat mir gar nicht gefallen Es hat mir sehr gut gefallen

d) Hat Ihnen die Art der Fortbewegung gefallen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Es hat mir gar nicht gefallen Es hat mir sehr gut gefallen

Abbildung A.2: Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 1

2. a) Wie war/wie ist Ihr Wohlbefinden während/nach der Führung? (Denken Sie daran, ob Ihnen übel oder schwindelig wurde.) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich musste vor Übelkeit abbrechen So wohl wie vorher

b) Wie war/wie ist Ihr Wohlbefinden während/nach der Führung? (Denken Sie daran, ob Ihnen übel oder schwindelig wurde.) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich musste vor Übelkeit abbrechen So wohl wie vorher

c) Wie war/wie ist Ihr Wohlbefinden während/nach der Führung? (Denken Sie daran, ob Ihnen übel oder schwindelig wurde.) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich musste vor Übelkeit abbrechen So wohl wie vorher

d) Wie war/wie ist Ihr Wohlbefinden während/nach der Führung? (Denken Sie daran, ob Ihnen übel oder schwindelig wurde.) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich musste vor Übelkeit abbrechen So wohl wie vorher

Abbildung A.3: Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 2

3. a) Hat das Führungskonzept etwas zu Ihrer Orientierung in der großflächigen Umgebung beigetragen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich würde nichts wiederfinden Ich würde alles wiederfinden

b) Hat das Führungskonzept etwas zu Ihrer Orientierung in der großflächigen Umgebung beigetragen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich würde nichts wiederfinden Ich würde alles wiederfinden

c) Hat das Führungskonzept etwas zu Ihrer Orientierung in der großflächigen Umgebung beigetragen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich würde nichts wiederfinden Ich würde alles wiederfinden

d) Hat das Führungskonzept etwas zu Ihrer Orientierung in der großflächigen Umgebung beigetragen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich würde nichts wiederfinden Ich würde alles wiederfinden

Abbildung A.4: Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 3

4. a) Denken Sie, Sie können an jeden Ort in der Umgebung gelangen, der Sie interessiert? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich kann mich sehr begrenzt fortbewegen Alles ist erreichbar

b) Denken Sie, Sie können an jeden Ort in der Umgebung gelangen, der Sie interessiert? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich kann mich sehr begrenzt fortbewegen Alles ist erreichbar

c) Denken Sie, Sie können an jeden Ort in der Umgebung gelangen, der Sie interessiert? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich kann mich sehr begrenzt fortbewegen Alles ist erreichbar

d) Denken Sie, Sie können an jeden Ort in der Umgebung gelangen, der Sie interessiert? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ich kann mich sehr begrenzt fortbewegen Alles ist erreichbar

Abbildung A.5: Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 4

5. a) Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr schlecht Sehr gut

b) Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr schlecht Sehr gut

c) Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr schlecht Sehr gut

d) Wie beurteilen Sie das Führungskonzept insgesamt? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr schlecht Sehr gut

6. Hätten Sie Interesse, dass die Führung ausgebaut wird? *

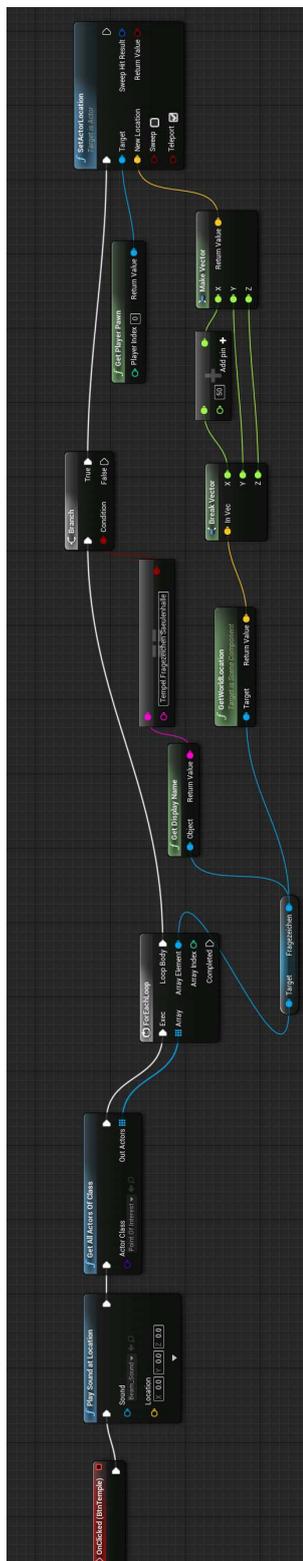
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Gar kein Interesse Großes Interesse

Feedback

Meine Antwort

Abbildung A.6: Evaluation zur Bachelorarbeit - Frage 5 und Frage 6



56 **Abbildung A.7:** Das Event wird durch die Auswahl eines POIs ausgelöst. Dann erfolgt die Lokalisierung des POIs. Der ermittelte Standort wird für das Setzen der neuen Position des Spielers benutzt. Große Darstellung

Literaturverzeichnis

- [Bri09] BRILL, Manfred: *Virtuelle Realität*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2009 (Informatik im Fokus). <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-85118-9>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-85118-9>. – ISBN 978-3-540-85117-2
- [DBGJ13] DÖRNER, Ralf ; BROLL, Wolfgang ; GRIMM, Paul ; JUNG, Bernhard: *Virtual und Augmented Reality (VR / AR)*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>. – ISBN 978-3-642-28902-6
- [Del] DELOITTE, FRAUENHOFER, BITKOM: Head Mounted Displays in deutschen Unternehmen: Ein Virtual, Augmented und Mixed Reality Check
- [Dus] DUSAN JAN, ANTONIO ROQUE, ANTON LEUSKI, JACKI MORIE AND DAVID TRAUM: A Virtual Tour Guide for Virtual Worlds, S. 372–378
- [Eik] EIKE LANGBEHN, PAUL LUBOS, GERD BRUDER AND FRANK STEINICKE: Application of Redirected Walking in Room-Scale VR
- [Hau10] HAUSSTÄDTLER, Uwe: *Der Einsatz von Virtual Reality // Der Einsatz von Virtual Reality in der Praxis: Handbuch für Studenten und Ingenieure. 2 // 2.*, überarb. Aufl. Berlin : Rhombos Verlag and Rhombos-Verl., 2010. – ISBN 978-3-941216-14-3
- [Het] HETHKE/WÖHRMANN: Herzlich willkommen – und dann?
- [KPM16] KPMG: Neue Dimensionen der Realität: Eine Analyse der Potenziale von Virtual und Augmented Reality für Unternehmen. In: *present4D* (November 2016)
- [Mar] MARKUS LIMBERGER: Die Effektivität von Guided Tours als kommunikationspolitisches Instrument untersucht im Online-Privatkundengeschäft von Finanzdienstleistern: Eine theoretische und empirische Analyse aus Perspektive der Adoptions- und Akzeptanztheorie
- [Pri14] PRICE, Randall: *Inner Cubes Virtuelle Tour zum Tempel*. 1. Aufl. Düsseldorf : inner cube, 2014. – ISBN 978-3-942540506

- [Rum15] RUMIŃSKI, Dariusz: An experimental study of spatial sound usefulness in searching and navigating through AR environments. In: *Virtual Reality* 19 (2015), Nr. 3-4, S. 223–233. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-015-0274-4>. – DOI 10.1007/s10055-015-0274-4. – ISSN 1359-4338
- [Sar05] SARAH BESIC: Steht die klassische Audioführung vor einer Revolution? In: *MUSEUM AKTUELL* (2005)
- [Seb] SEBASTIAN THOMECZEK: Echtzeitanforderungen an Virtual Reality Systeme - Interaktive Anwendungen mit sechs Freiheitsgraden, S. 101–106
- [van] VAN MARC POLLEFEYS, Luc Gool Ive Akkermans Dirk De Becker Kris D.: A Guided Tour to Virtual Sagalassos, S. 213–218
- [ZBPP16] ZIKAS, Paul ; BACHLITZANAKIS, Vasileios ; PAPAETHYMIU, Margarita ; PAPANAGIANNAKIS, George: A Mobile, AR Inside-Out Positional Tracking Algorithm, (MARIOPOT), Suitable for Modern, Affordable Cardboard-Style VR HMDs. Version: 2016. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_{ }21. In: IOANNIDES, Marinos (Hrsg.) ; FINK, Eleanor (Hrsg.) ; MOROPOULOU, Antonia (Hrsg.) ; HAGEDORN-SAUPE, Monika (Hrsg.) ; FRESA, Antonella (Hrsg.) ; LIESTØL, Gunnar (Hrsg.) ; RAJCIC, Vlatka (Hrsg.) ; GRUSSENMEYER, Pierre (Hrsg.): *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection* Bd. 10058. Cham : Springer International Publishing, 2016. – DOI 10.1007/978-3-319-48496-9_21. – ISBN 978-3-319-48495-2, S. 257–268