

"Stille Wasser"


Virtuelle Erkundung einer Moorlandschaft

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Arts

Pia Heugel

#2240208



Master Studiengang Zeitabhängige Medien - Games
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Design, Medien, und Information
Department Medientechnik

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Boris Tolg

Zweitprüfer: Prof. Mareike Ottrand

Hamburg, 01.06.2017

Pia Heugel

Thema der Master-Thesis / *Title of the Master Thesis*

"Stille Wasser" – Virtuelle Erkundung einer Moorlandschaft

"Still Waters" – Virtual Exploration of a Bog Environment

Stichworte / *Keywords*

Virtual Reality, Environment Design, Lernmedien, Head-mounted Display

Virtual Reality, Environment Design, Educational Media, HMD

Kurzzusammenfassung / *Abstract*

Virtual Reality entwickelt sich bereits jetzt zu einem Medium der Zukunft, mit vielen verschiedenen Anwendungsgebieten außerhalb des reinen Unterhaltungsmediums und ist insbesondere interessant für die Bildung und Wissensvermittlung. Diese Arbeit erforscht eine mögliche Anwendung der Virtuellen Realität um einen atmosphärischen und lehrreichen virtuellen Rundgang in einer sonst unzugänglichen Landschaft zu ermöglichen. Zur Entwicklung eines experimentellen Konzepts werden im Folgenden Grundlagen der Wissensvermittlung und digitale Lernmedien untersucht. Ein spielbarer Prototyp des Konzeptes mit Fokus auf die audiovisuelle Erfahrung im virtuellen Raum wird parallel zu dieser Arbeit erstellt.

Virtual Reality is shaping up to be a medium of the future with a wide variety of applications outside of the pure entertainment medium, especially interesting for education and transfer of knowledge. This paper explores one possible application of virtual reality to allow an atmospheric and informative virtual tour through an otherwise inaccessible landscape. Below, fundamentals of education and digital educational media are examined in order to develop an experimental concept. A playable prototype of the concept focusing on the audio-visual experience in the virtual space will be created alongside this paper and its development recorded herein.

Danksagung

Mein Dank geht in erster Linie an meine Betreuer Prof. Dr. Boris Tolg und Prof. Mareike Ottrand, die mich stets fachlich mit konstruktiver Kritik und hilfreichen Ratschlägen unterstützt haben. Besonderer Dank gilt hierbei für die Nutzung und das Anvertrauen der Schlüssel der HTC Vive im SimLab in Bergedorf und in Finkenau.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Teilnehmern des Kurses "Interaktives Masterprojekt", die die Entstehung von *Stille Wasser* von Anfang an miterlebt haben und jede Menge nützliches Feedback gaben.

Bei Dr. Christian Gerbich, Referent Naturschutz des NABU, und Martin Kubiak vom Centrum für Naturkunde Hamburg möchte ich mich herzlich für das biologische Fachwissen und den Ausflug ins Wittmoor bedanken.

Auch allen meinen Freunden und nicht zuletzt meinen Eltern Hannelore und Heinz Gröning gebührt Dank für die kontinuierliche Motivation und liebevolle Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Zur Themenwahl: Regenmoore in Deutschland	5
1. Theoretische Grundlagen	11
1.1 Lerninhalte in digitalen Medien	11
1.2 Virtual Reality als Medium zur Wissensvermittlung	22
1.3 Zielsetzung	29
2. Methoden & Technik	30
2.1 Management und Zeitplanung	30
2.2 Benutzte Software und Tools	30
2.3 Workflow	34
2.4 Aufbau der Usertests	41
3. Projektumsetzung	43
3.1 Konzept	43
3.2 Mechaniken	46
3.3 Visualisierung und Sound	49
4. Diskussion	52
4.1 Auswertung der Usertests	52
4.2 Überarbeitung und Ausbau	61
4.3 Ausblick	65
5. Fazit	68
A Anhang	70
A.1 Concept Art	70
A.2 Illustration Goldregenpfeifer	71
A.3 Rohdaten Fragebogen	72
A.4 Autorenangaben	73
Abbildungsverzeichnis	74
Literaturverzeichnis	75

Einleitung

Zur Themenwahl: Regenmoore in Deutschland

Obwohl die Masterthesis vorrangig dazu dient, die Qualifikationen des Studierenden zu beweisen und den Abschluss des Studiums zu ermöglichen, sehe ich meine Masterarbeit auch als Präsentation meiner persönlichen Stärken und Interessen an. In diesem Sinne habe ich ein Thema gewählt, das nicht nur mein technisches Wissen und meine praktischen Fähigkeiten demonstrieren soll, sondern mir persönlich auch sehr am Herzen liegt. Mit dieser Masterarbeit möchte ich meine künstlerische Passion für die Natur ausleben und gleichzeitig die Wichtigkeit des Naturschutzes hervorheben. Dafür habe ich mir die Regenmoore und ihre umliegenden Landschaften in Deutschland ausgesucht.

Warum Moore?

Ein wichtiges Kriterium für meine Wahl der Landschaft war nicht nur deren Gefährdung, sondern auch die Ästhetik. Ich wollte eine Landschaft darstellen, die interessant, vielfältig und visuell ansprechend ist. Aufgrund einer häufigen Verwechslung von "Mooren" mit "Sümpfen" besteht wenig Aufklärung über diese besonderen Biotope in der Gesellschaft, welche diese als morastige, gefährliche, uninteressante Orte ansieht. Auch in Videospielen werden sie meist als kahle, graue, tote Orte dargestellt, was meiner Meinung nach nicht zu einem besseren Verständnis der realen Landschaften beiträgt. Die Ästhetik von realen Mooren hat mit diesen schlecht definierten "Moorsümpfen" wenig zu tun, und gerade diese möchte ich versuchen einzufangen. Moore sind zwar per Definition durchaus arten-ärmer als andere Landschaften, sie sind jedoch keineswegs so trostlos, wie sie zuweilen dargestellt werden. Gerade die wenigen vorhandenen Arten erzeugen eine erstaunlich eigenständige Lebensgemeinschaft von Spezialisten, die genau auf das Überleben in einem so besonderen Umfeld angepasst sind. So ergibt es sich, dass Tiere und Pflanzen der Moore und ihrer Nachbarbiotope einen einzigartigen Anblick bieten. Und leider sind gerade diese Spezialisten stark durch die fortschreitende Umweltzerstörung bedroht. Deshalb halte ich die Darstellung von authentischen Mooren in Videospielen für wichtig, sowohl um die negativen Assoziationen zu lösen und somit den Moorschutz zu unterstützen, als auch zur Bereicherung der üblichen Landschaft-Stereotypen in Videospielen.

Naturschutz in der Bevölkerung

Das Wort "Naturschutz" ruft im allgemeinen Volksverstand Bilder aus den Steppen in Afrika oder den Regenwäldern in Amerika hervor. Exotische Tiere und weit entfernte Orte haben durch die Dringlichkeit ihrer Gefährdung bereits früh sehr viel Aufmerksamkeit erhalten, so dass die Assoziation mit "Naturschutz" beinahe selbstverständlich ist. Allerdings ist es genauso wichtig, die Natur vor der eigenen Haustür zu schützen, auch wenn es sich um weniger atemberaubende Anblicke und unscheinbarere Tierarten handelt. Zum Glück scheint die Mehrheit der Bevölkerung Deutschlands dies ähnlich zu sehen: In einer Studie des BMUB von 2015 (durchgeführt alle 2 Jahre mit ca 2000 Teilnehmern aus allen Bundesländern Deutschlands) wurden insbesondere Fragen zu Agrarlandschaften und Stadtnatur in Deutschland gestellt, deren Antworten ein großes Bewusstsein für den Schutz dieser Flächen offenbart. Generell waren 93 Prozent der Bevölkerung "voll und ganz oder zumindest eher der Meinung, dass es die Pflicht des Menschen ist, die Natur zu schützen" und weitere 86 Prozent sahen den Naturschutz in Deutschland als eine "wichtige politische Aufgabe" an. [1]

Auch in einer Umfrage der Naturschutzorganisation WWF von 2016 zeigt sich ein hohes Interesse an Naturschutz auch auf Europäischer Ebene: 94% wollten eine wichtige Rolle für Naturschutz in der Europäischen Union. [2]

Leider zeigen diese und ähnliche Studien jedoch auch, dass die Bereitwilligkeit zur eigenen Beteiligung am Naturschutz geringer ist. Sie sinkt, wie man in der Studie des BMUB sehen kann, je höher der eigene Aufwand ist. So sind zum Beispiel noch durchschnittlich mehr als die Hälfte der Befragten bereit, ihr Konsumverhalten aufgrund von Naturschutzmaßnahmen zu ändern oder entsprechende Empfehlungen und Informationen an Freunde weiterzuleiten. Doch die Zahl derjenigen, die sich aktiv selbst in einem Naturschutzverein engagieren oder diesen sogar nur finanzieren wollen, liegt deutlich unter 50 Prozent. Allerdings sollte die Wirkung eines Konsumwandels nicht unterschätzt werden und auf keinen Fall als vergebene Mühe empfunden werden. Gerade im Bezug auf Moore kann ein einfacher Wechsel von Torf zu anderem Brennstoff oder Humus einen signifikanten Unterschied machen. Wenn keine Nachfrage mehr besteht, wird sich die Industrie bald umorientieren. Organisationen wie der Naturschutzbund Deutschland (NABU) und der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) versuchen aktiv die Zerstörung von Mooren zu verhindern und bieten je nach Region auch Möglichkeiten an, selbst bei der Erhaltung der lokalen Moore zu helfen.

Der Nutzen von Moorlandschaften

Naturschutz sollte meiner persönlichen Meinung zwar nicht hauptsächlich auf einem Nutzen der Natur für den Menschen beruhen, doch im Falle der Moore ist dieser Nutzen ein sehr wichtiges Argument für deren Schutz. Intakte, lebende Moore erfüllen gleich drei wichtige Funktionen, die für den gesamten Planeten von Bedeutung sind: Sie saugen Regenwasser auf und verringern Überflutungen; sie haben als Kohlenstoffsенke auf lange Sicht eine klimakühlende Wirkung und sie speichern Kohlenstoff weitaus effektiver als Wälder und verhindern so Treibhaus-Emissionen.

Die erste Funktion der Moore ist sowohl das Speichern als auch das Filtern von Regenwasser. Wie große Schwämme saugen Moore Wasser auf ohne überzulaufen, so dass bei Stürmen und Hochwasser umliegende Gebiete nicht so leicht überflutet werden können. Die Torfpflanzen nehmen außerdem Nähr- und Schadstoffe aus dem Regenwasser auf, die so nicht ins Grundwasser gelangen können.

Zweitens wirkt der Aufbau des Moores an sich als Kohlenstoffsенke. Die Pflanzen, die im Moor wachsen, nehmen Kohlenstoff aus der Luft auf, geben diese aber nicht wie gewöhnlich wieder an die Atmosphäre ab, wenn sie sterben, sondern schützen sie im Torfkörper des Moores vor Zersetzung. Das bedeutet, dass ein lebendes Moor fortwährend und idealerweise dauerhaft Kohlenstoff und andere Treibhausgase bindet, die sonst durch natürliche Zersetzung freigesetzt würden. Durch geringe Wärmeleitung des Moorkörpers und das Abkühlen trockener, warmer Luft aufgrund von Verdunstung sorgen Hochmoore auch noch zusätzlich für eine Klimaregulierung der Landschaft.

Der Hauptvorteil der Moore ist jedoch ihre außergewöhnlich hohe Kapazität als Kohlenstoff-Speicher. Der Unterschied zur Funktion als Senke liegt darin, dass bestehende Moore bereits seit vielen tausenden Jahren Kohlenstoff speichern und so ein natürliches Reservoir aus bereits gebundenem Treibhausgasen bilden. So ist es nicht nur passiv günstig, Moore in Ruhe zu lassen, sondern auch aktiv schädlich, sie abzubauen. Die nur teilweise zersetzten Pflanzenteile, die den Torf bilden, halten Kohlenstoff und andere, äquivalente Gase fest unter Verschluss, solange der Torf unberührt bleibt. Wird jedoch dieses geschlossene System aufgebrochen, wird der Kohlenstoff freigesetzt und gelangt in Kontakt mit Sauerstoff, so dass Kohlenstoffdioxid aus dem vorher harmlos festgesetzten Kohlenstoff entsteht. Zusätzlich

werden auch andere schädliche Gase wie Distickstoffmonoxid (Lachgas) in die Atmosphäre freigesetzt, welches ungefähr 298-mal stärker auf das Klima wirkt als Kohlenstoffdioxid.

Die Emissionen durch Torfabbau in Deutschland beliefen sich auf ca. 2 Millionen Tonnen CO² Äquivalente im Jahre 2014, während die Entwässerung von Moorböden ca. 1.8 Millionen Tonnen Emissionen verursachte. Die Ackernutzung von entwässerten organischen Böden (welche hauptsächlich aus Moorböden bestehen) stellte eine Emission von 11.2 Millionen Tonnen CO² dar, was bei einer Gesamtemission von 14.7 Millionen Tonnen CO² in der Kategorie Ackerland einen Anteil von 76 Prozent bedeutet. Zusammen mit den Emissionen aus entwässerten Grünlandböden bei etwa 24.7 Millionen Tonnen CO² ergibt das etwa 5 Prozent der gesamten jährlichen Emissionen Deutschlands [3]. Diese 5 Prozent könnten aber nicht nur vermieden werden, sondern im Gegenteil den Ausstoß stark verringern, wenn die betroffenen Moorflächen wieder in einen möglichst naturnahen Zustand zurück gebracht werden. So könnten nach vorsichtigen Einschätzungen circa 35 Millionen Tonnen CO²-Äquivalente pro Jahr in Deutschland eingespart werden [4].

Gefährdung von Mooren

Ironischerweise liegt der Schwund der Moore unter anderem an dem, was sie so besonders und schützenswert macht. Gerade die hochgradige Spezialisierung der Pflanzen und Tiere, die in Mooren leben, hat den Nachteil, dass diese Arten sehr anfällig auf Veränderungen in ihrem Lebensraum reagieren. Schadstoffe, Pestizide und sogar Düngemittel, die über die Luft oder Regen von angrenzenden Äckern ins Moor getragen werden, können die Balance stark verändern. Über viele Jahre hinweg kann ein sonst intaktes Moor allein durch Zufuhr von Dünger seine Bodenbeschaffenheit so verändern, dass viele Arten nicht mehr darin überleben können. Diese sekundären Effekte der Landwirtschaft und generelle Umweltverschmutzung zu bekämpfen ist allerdings schwierig. Ein Problem, das man auch als Einzelperson leicht verhindern kann, ist hingegen das gedankenlose Spaziergehen in ausgewiesenen Naturschutzgebieten, das Betreten von Moorböden sowie das Hinterlassen von Müll in Naturflächen. Es sollte stets bedacht werden, dass jegliche Beeinflussung des Menschen im Moor große Veränderungen und Schäden hervorrufen kann.

Eine Gefahr für Moore, die auf dieser Empfindlichkeit beruht, ist die Verwaldung. Wenn der Moorkörper zu viele Nährstoffe enthält, siedeln sich schnell Bäume an, die auch auf weniger

nährstoffreichem Boden gedeihen können und entziehen dem Boden das Wasser. Sie brechen die Torfdecke auf, reichern den Boden an, und zerstören so ungewollt die einzigartige Lebensgemeinschaft von Tieren und Pflanzen, die auf das intakte Moor angewiesen ist. Das ist hauptsächlich ein Problem in renaturierten, regenerierenden oder abgetorften Mooren, bei denen eine Rückführung zum naturnahen Zustand auch das Entfernen und Verringern von Arten beinhaltet. Diese bereits angegriffenen Ökosysteme sind deutlich anfälliger für Verbuschung und Verwaldung und müssen deshalb regelmäßig "entkusselt" werden; das heißt, neu-gewachsene Bäume und Sträucher mit der Wurzel entfernen. An dieser Stelle mag die Diskussion aufkommen, inwieweit der Mensch in die "natürliche" Ordnung der Dinge, demnach auch in die Verwaldung der Moore, eingreifen darf, aber ich denke in diesem Falle ist der Vorteil für den Arten- und Klimaschutz bedeutend genug, um diese Eingriffe zu rechtfertigen.

Von diesen eher indirekten Gefahren abgesehen leiden Moore in Deutschland vor allem durch industriellen Torfabbau und Entwässerung zum Zwecke der Nutzung als Agrarfläche. Beide Formen der Nutzung sind eine Zerstörung des Moores. Der dauerfeuchte Boden ist Voraussetzung für das Gedeihen der Pflanzen und Tiere im Moor, schlichtweg die Basis für das gesamte Biotop. Wird das Wasser entzogen, sinkt der sonst wie ein Schwamm vollgesogene Torf in sich zusammen und der gesamte Moorkörper sackt ab. Durch die darauffolgende Belüftung verändert sich die Bodenbeschaffenheit zu Mulm, der letztendlich dafür sorgt, dass der gesamte Moorboden austrocknet und eine Wiedervernässung unmöglich macht. Auch wenn eine geringe Feuchtigkeit im Boden verbleibt, ist das Endresultat ein dichter, schwer durchwurzelbarer Grund mit schlechtem Nährstoffgehalt. Zwar hat die Landwirtschaft verschiedene Methoden entwickelt, den ehemaligen Moorboden trotzdem zu nutzen, jedoch sind diese immer mit großem Aufwand und hohen Kosten verbunden. Laut der Studie "Naturkapital und Klimapolitik" [5] sind die geschätzten gesellschaftlichen Kosten einer landwirtschaftlichen Nutzung von entwässerten Mooren zur Milchviehzucht oder Biogasherstellung circa doppelt bis dreifach so hoch wie die zu erwartenden Gewinne. Demnach zahlt sich die Zerstörung eines gesamten Ökosystems rein finanziell gesehen nicht einmal aus.

Die Nutzung von Torf als Brennstoff ist historisch bedingt, nach heutigen Standards aber nicht besonders vorteilhaft. Torf zählt aufgrund seines starken Geruchs, hohen Aschenanteils und langsamen Ausbrands zu den minderwertigen Brennstoffen und wird nur noch in

skandinavischen Ländern großflächig eingesetzt. In Deutschland wird der Torf hauptsächlich für den Gartenbau gewonnen, wo er zur Regulation des Säuregehaltes im Boden verwendet wird. Von dieser Funktion abgesehen ist aber auch diese Nutzung suboptimal, da dem Torf künstlich Nährstoffe, Sand und Kalk beigemischt werden müssen, um ihn überhaupt verwendbar zu machen. Bei falscher Nutzung kann er sogar die Bodenqualität verringern, indem er die Erde übersäuert. Die säure-regulierende Wirkung von Torf ist für die Berufsgärtnerei wichtig, da es hierfür kaum adäquaten Ersatz gibt, für die Hobby-Gärtnerei ist Torf jedoch häufig völlig überflüssig. Trotzdem werden jedes Jahr fast 2,3 Millionen Kubikmeter Torf in privaten Gärten ausgebracht, da der Großteil der kommerziell verfügbaren Blumenerde Torf enthält. Es kann davon ausgegangen werden, dass viele Konsumenten sich der Problematik gar nicht bewusst sind, deshalb ist Aufklärung und das Anbieten von Alternativen von überragender Bedeutung. Zur Verbesserung der Bodenqualität reicht nämlich meistens schon einfacher Kompost. Dieser Aufklärung hat sich unter anderem die NABU Aktion "Torffrei Gärtnern" gewidmet, die auf ihrer Webseite Hinweise und Tipps gibt und zum Mitmachen aufruft.

1. Theoretische Grundlagen

Um die dargelegte Problematik der unwissenden Moor Zerstörung in einer sinnvollen Form behandeln zu können werden in diesem Teil verschiedene Grundlagen zu digitalen Medien, Lernmedien und Bildungsvermittlung untersucht. Dabei geht es hauptsächlich darum, inwieweit digitale Medien zur Wissensvermittlung geeignet sind und wie diese aufgebaut sein müssen. Da die Wahl des Mediums auf Virtual Reality gefallen ist, widmet sich ein Kapitel auch speziell der Wissensvermittlung in VR.

1.1 Lerninhalte in digitalen Medien

Mit dem Beginn des digitalen Zeitalters ist auch der Einsatz von digitalen Lernmedien in der Bildung zu einem Thema geworden, das von Pädagogen und Eltern heftig diskutiert wurde. Es gibt sowohl positive Einschätzungen zu den Chancen der digitalen Medien als auch kritische Stimmen, die digitale Medien im Unterricht als Störfaktor betrachten. Allerdings haben sich digitale Medien so weit entwickelt, dass sie heute ein prägnanter Teil unseres alltäglichen Lebens sind. Dementsprechend können sie nicht länger ignoriert werden. Auch der verantwortungsvolle Umgang mit digitalen Medien muss ein Teil der Ausbildung sein, um wichtige Kompetenzen zu vermitteln, die für das moderne Leben im 21. Jahrhundert notwendig sind. Dazu zählen sowohl Themen wie Sicherheit im Internet und dessen Gefahrenpotenzial als auch technische Kenntnisse wie beispielsweise richtige Nutzung von Textbearbeitungsprogrammen. Inwieweit digitale Medien dazu geeignet sind Lerninhalte zu vermitteln, wird im Folgenden betrachtet.

1.1.1 Attraktivität von Digitalen Lernmedien

Als "Lernmedium" werden alle Medien bezeichnet, die die Vermittlung von Informationen auf sensorischem Wege zum Ziel haben. In diesem Sinne sind Bücher, Texte und Bilder visuelle, Hörbücher und Musik auditive Lernmedien. Im Unterschied dazu bieten digitale Lernmedien auch kombinierte sensorische Informationen an. Ein Film beispielsweise spricht durch seine audio-visuelle Beschaffenheit verschiedene Aspekte der Wahrnehmung an. Das bewegte Bild hat bereits aufgrund seiner höheren Realitätsnähe im Vergleich zum statischen Text eine große Anziehungskraft. Es ist meist bunt und anschaulich und die Einstiegsschwelle ist geringer – es ist geistig weniger anstrengend einen Film anzuschauen als ein Buch zu lesen. Das macht es

gerade für Jugendliche und Kinder sehr attraktiv. Bevor man diese Präferenz der jüngeren Generation jedoch als reine Faulheit abtut, muss man in Betracht ziehen, dass jeder Mensch unterschiedlich lernt und verschieden ausgeprägte sensorische Stärken und Schwächen hat. Folglich ist die Eigenschaft digitaler Medien, unterschiedlichste Sinneseindrücke zu liefern, ein nachvollziehbares Attraktionsmerkmal.

1.1.2 Wahrnehmung und Emotion im Wissenserwerb

Auch wenn die bekannten und häufig angewendeten Lerntypen- und Lernstil-Modelle in der Lernpsychologie in den letzten Jahren scharf kritisiert und für unbelegt erklärt wurden [6] gibt es doch Erkenntnisse in der Neuropsychologie, die den Einsatz von multimedialen Lernmedien vor einem wissenschaftlichen Hintergrund rechtfertigen. Denn das menschliche Gedächtnis, das für alle Lernprozesse zuständig ist, ist stark abhängig von unserer Sinneswahrnehmung und den Emotionen, die wir als Reaktion auf diese erleben.

In den Untersuchungen von Larry Cahill in 1996 konnte festgestellt werden, dass die Amygdala, eine Hirnregion, die für die emotionale Bewertung von Reizen und Verknüpfung von Ereignissen mit Emotionen verantwortlich ist, in Verbindung mit dem Erinnerungsvermögen steht. Je stärker die Amygdala in einer Situation aktiv war, desto besser konnten sich Probanden später an diese Situationen erinnern. [7] Die Aufnahme von Sinneswahrnehmungen über die Amygdala geschieht über zwei verschiedene Wege (gleichzeitig), bei dem der eine Weg nur den wahrgenommenen Reiz und eine simple emotionale Reaktion weiterleitet, während der andere Weg den Reiz weiter verarbeitet und bewertet, dafür aber längere Zeit benötigt. Vereinfacht kann gesagt werden, dass eine erste, rein emotionale Reaktion auf eine Wahrnehmung schneller und direkter im Gedächtnis gespeichert wird als eine bearbeitete, komplexere Information. [8] In Verbindung mit den Ergebnissen von Larry Cahill bedeutet dies, dass die Vermittlung von Informationen durch emotionale Wahrnehmung für das Lernen von Vorteil sein kann. Dies deckt sich auch mit den Thesen des Neuropsychologen Hans Joachim Markowitsch, der die Theorie des dynamischen Gedächtnisses vertritt. Unter anderem besagt diese Theorie, dass das Abspeichern und Abrufen von Informationen im Gedächtnis abhängig von der momentanen Stimmungslage ist und dementsprechend Probleme beim Wissenserwerb auftreten können, wenn Lernsituation und Prüfungssituation sich zu stark unterscheiden. Außerdem betont er, wie wichtig persönliches Interesse und Einschätzung eines Reizes als "bedeutsam" im Wissenserwerb ist

und empfiehlt, Inhalte durch verschiedene Eingangskanäle und in einer motivierenden Lernumgebung zu vermitteln. [9] Der Lernstoff bleibt demnach besser im Gedächtnis, wenn die Lernatmosphäre entspannt ist und positive Gefühle damit verbunden sind.

Diese Prinzipien lassen sich auch auf die Wahrnehmung von Informationen und Ereignissen auf einer neurowissenschaftlichen Ebene erweitern. Es geht dabei nicht nur um eine Kombination von verschiedenen sensorischen Medien wie auditiven und visuellen Sinneseindrücken, sondern auch um die Kombination von faktischer Information und Kontext der Sinneseindrücke. Das Langzeitgedächtnis besteht aus unterschiedlichen Formen der Informationsspeicherung, die in separaten Hirnregionen bearbeitet werden und unabhängig voneinander sind. Bei einer kombinierten Erfahrung von kognitivem Faktenwissen und eigenem, persönlichen Erlebnis wird die aufgenommene Information in zwei verschiedenen Bereichen gespeichert und unterschiedlich bearbeitet, was zu einer verstärkten Erinnerungsleistung führt. Wird eine Information hingegen allein durch einen neutralen Sinneseindruck wie das Lesen eines Sachtextes aufgenommen, ist der Eindruck schwächer, die erforderliche Denkleistung höher und die Information muss öfter wiederholt werden. Eine Stärkung der Erinnerungsfunktion in Zusammenhang mit dem Hippocampus, der diese persönlichen Erinnerungen abspeichert, wurde in einer Studie zum Thema der Hirnfunktion von Jugendlichen bei Bestärkendem Lernen gefunden [10].

Diese drei Aspekte, *Kombination von Sinneseindrücken*, *Emotionale Wahrnehmung der Sinneseindrücke* und *persönliche Erfahrung von Sinneseindrücken* können eine wichtige Rolle in der Wissensvermittlung darstellen und sollten gerade bei der Entwicklung von digitalen Lernmedien beachtet werden, da sie besonders gute Möglichkeiten zur Umsetzung bieten.

1.1.3 Effektivität von Digitalen Lernmedien

Die Frage nach der Effektivität eines jeden Lernmittels hängt nicht nur von der Qualität oder den Eigenschaften des Lernmittels selbst ab, sondern kann nur beantwortet werden, wenn weitere Faktoren des Lernalltags herangezogen werden. Unter anderem kommen zum Beispiel der Wissensstand der Lernenden, die Zielsetzung des Unterrichtsprozesses sowie die Qualifikationen der Lehrenden zum Tragen, die alle die Effektivität eines Lernmediums beeinflussen und die wiederum von den Eigenschaften und Funktionen des Lernmediums

beeinflusst werden. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die große Varietät von digitalen Lernangeboten, die zum Teil völlig verschiedene Lernziele ansteuern. In einer Studie der Bertelsmann Stiftung [11] wurden diese Faktoren untersucht, um zu bestimmen, welche Wirkung der Einsatz von digitalen Medien in der Lehrkultur hat. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei einem solch hoch-dynamischen Prozess keine eindeutige und generalisierte Aussage über die Wirkung von digitalen Medien im Lernverhalten zu treffen ist auch wenn es "hinreichend empirische Evidenz für spezifische lernförderliche Wirkungen digitaler Medien in Lehr- und Lernprozessen" gibt. Je höher das Vorwissen und je stärker ausgeprägt die Selbststeuerung von Lernenden, desto mehr profitieren sie von digitalen Lernmedien, die ergänzend im Unterricht angeboten werden.

Laut Mayer (2001) und Sweller (2005) kann durch den gezielten Einsatz von Text und Bild-Informationen ein gesteigerter Wissenserwerb und verbesserte Problemlösefähigkeiten der Einzelperson erzielt werden, wenn diese kombiniert, kommentiert und integriert dargestellt werden. [12] Ähnliches gilt für die Kombination von Audio- und visuellen Informationen, egal ob Bilder oder Animationen. Die Einspeicherung der Informationen in Gedächtnis erfolgt hierbei auf zwei Kanälen, so dass die Wissensaufnahme in einen zusammenhängenden Kontext gebracht werden kann. Weitere positive Effekte wurden festgestellt in den Bereichen Motivation, Kooperation, Selbststeuerung und kognitive Komplexität.

In den Erfahrungen von Lehrkräften ist der Einsatz von digitalen Lernmedien scheinbar umstritten. In der International Computer and Information Literacy Study von 2013 gaben 90% der Lehrer der 8. Klasse in Deutschland an, dass der Computereinsatz im Unterricht einen Zugang zu besseren Informationsquellen ermöglicht und 64.8% bemerkten, dass der Einsatz digitaler Medien im Unterricht die Schüler dabei unterstützt, Informationen wirksamer zu vertiefen und zu verarbeiten. Allerdings waren auch 34.4% der Lehrer der Meinung, dass der Computereinsatz im Unterricht zu organisatorischen Problemen führt, und 29.5% fanden, dass Schüler durch den Medieneinsatz vom Lernen abgelenkt werden. Das größte Problem sahen die deutschen Lehrer in der Studie jedoch beim Kopieren von Quellen aus dem Internet: 75.8% der Befragten äußerten Bedenken, dass die Arbeit mit Computern zu Plagiarismus anregen könne. [13]

Diese Ergebnisse einschränkend muss gesagt werden, dass die Studie sich explizit mit dem Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien auseinandersetzt, das heißt,

Computer und andere digitale Medien hauptsächlich als Lernobjekt betrachtet. Diese Arbeit befasst sich jedoch eher mit dem Einsatz von digitalen Medien als Mittel zum Wissenstransfer. Dennoch können gewisse Erkenntnisse aus der Studie gezogen werden. Die grundsätzliche Annahme, dass digitale Medien wertvolle Mittel zum Informationserwerb darstellen, ist erfahrungsgemäß richtig und auch die Vertiefung von Wissen mit deren Hilfe scheint wirksam. Jedoch kann der Einsatz von digitalen Medien auch das reguläre Unterrichtsklima stören und so die Wissensvermittlung hindern. In Anbetracht dessen kann es notwendig sein, näher zu untersuchen, wie solche Probleme umgangen werden können, um das volle Potenzial von digitalen Medien auszuschöpfen. Die Bedenken zum Plagiarismus basieren allerdings nicht auf dem Umgang mit digitalen Medien an sich, sondern auf dem Umgang mit frei verfügbaren Materialien und dem Konzept von geistigem Eigentum. Es handelt sich dabei eher um ein bildungsmoralisches und erzieherisches Problem, dass im Unterricht selbst von der Lehrperson und von den Eltern zuhause reguliert und vermittelt werden muss, genauso wie dies bei Eigentum von körperlichen Gegenständen der Fall ist.

Es kann abschließend festgehalten werden, dass der zusätzliche Einsatz von digitalen Medien im Lernprozess von Vorteil sein kann, traditionelle Lernmethoden aber nicht ersetzen sollte. Am besten sollten sie genutzt werden, um den regulären Unterricht zu ergänzen, denn digitale Medien haben einige besondere Einsatzgebiete, die herkömmliche Printmedien einfach nicht erfüllen können.

1.1.4 Vorteile gegenüber Printmedien

Ein wichtiger Faktor von digitalen Lernmedien ist die weite Verbreitung von digitalen Medien, die dafür sorgt, dass ein Großteil der Bevölkerung im Umgang mit ihnen gut geübt ist. 49 Millionen Menschen in Deutschland haben zum Beispiel ein Smartphone, das bereits zu einem Symbol für die digitale Welt der Zukunft geworden ist. Bei einer ungefähren Bevölkerungszahl von 81 Millionen im Jahre 2016 sind das etwa 60 Prozent der Bevölkerung [14]. Einen Computer nutzen sogar noch mehr Deutsche, nämlich etwa 55 Millionen, oder 68 Prozent [15]. Auch Tablet PCs als mögliche Plattformen dürfen nicht vernachlässigt werden, die Anzahl der Nutzer dieser ist ebenfalls im Anstieg und lag 2015 in Deutschland bei etwa 31 Millionen [16].

Leichte Erreichbarkeit, schnelle Vernetzung und ein immenser Wissensschatz frei verfügbar im Internet erlauben einen bisher ungekannten Austausch von Informationen in der eigenen Hosentasche oder am PC zuhause. Diese bereits existierenden Systeme bieten eine exzellente Basis für eine Vielfalt an Lernapplikationen, die von der Bevölkerung auch gerne in Anspruch genommen werden: Die Kategorie "Bildung" ist im App-Store auf Rang 3 der meisten Apps, direkt hinter "Spielen" und "Business" [17] und bei einer Umfrage in Deutschland, Österreich und Schweiz gaben rund 50 Prozent aller Befragten an, dass sie Bildungs-Apps auf ihrem Smartphone installiert haben [18].

Inhalte und Präsentation dieser Digitalen Lernmedien können sehr flexibel sein und bieten eine enorme Vielfalt an Themengebieten für unterschiedliche Wissensstufen und -tiefen, so dass die Lernerfahrung beinahe auf jede Person zugeschnitten werden kann und persönliches Vorwissen und Lernpräferenzen beachtet werden können. Durch die weite Verbreitung des Internets ist es ebenso möglich, diese unterschiedlichsten Lernerfahrungen zu Vernetzen, etwa mit anderen Angeboten oder auch mit anderen Lernenden, was die Kommunikation untereinander fördert und die Motivation, gedankliche Flexibilität und Aktivität im Lernprozess steigern kann, wie es auch in der Social Learning Theory von Albert Bandura beschrieben wird [19].

Weiterhin ist der größte Vorteil von digitalen Medien gegenüber traditionellen Printmedien die multimediale Visualisierung von realen Prozessen und Szenarien, die sonst nur schwierig dargestellt werden können. Sei es, weil der finanzielle Aufwand zu hoch wäre (wie bei Exkursionen), die Sicherheit nicht gewährleistet werden könnte (wie bei Experimenten mit Chemikalien) oder weil der nötige Detailgrad nicht leicht zu erreichen ist und Abläufe schwer nachzuvollziehen sind (wie bei vielen technischen und mechanischen Modellen). Dies ist die wahre Stärke von 3D Modellen und Animationen. Aktuell sind Film, App und Spiel die einzigen Möglichkeiten, solche bewegten und/oder interaktiven Abläufe darzustellen. Die interaktiven Aspekte können zum Beispiel hervorragend für Simulation von Szenarien eingesetzt werden, bei denen die Ergebnisse unterschiedlich sind und verglichen werden können. Eine solche Simulation erlaubt das eigenständige Ausprobieren und Erfahren von verschiedenen Konsequenzen für die eigenen Aktionen. Gerade komplexe Themen in wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fächern können mithilfe von digitalen Medien demnach das Verständnis besser fördern als Texte und Bilder allein.

1.1.5 Definition von Spielen als Lernmedium

Auch wenn Spiele immer noch häufig als reine Entertainment-Medien betrachtet werden, sind in den letzten Jahren Begriffe wie "Serious Games", "Gamification" oder "Game-Based Learning" entstanden, die ein interaktives Medium mit bildendem Aspekt beschreiben, das über das Entertainment hinausgeht. Diese Begriffe sind wohl hilfreich, um eine Abgrenzung für die Industrie und die Politik darzustellen, jedoch oft missverständlich. Zum einen sind "Serious Games" nicht unbedingt immer "ernst" und zum anderen kann nicht jedes ernste Spiel als bildend empfunden werden. Außerdem gibt diese Differenzierung das Bild vor, dass alle anderen Spiele, die nicht in diese Begriffe fallen, eben nicht bildend sind. Um dieses Problem zu beheben und eine bessere Definition für bildende Spiele zu finden, müssen zuerst bereits existierende Definitionen von "Spiel" und "spielen" untersucht werden.

Eine klassische, oft zitierte Beschreibung findet sich in Johan Huizinga's *Homo Ludens* [20]:

„Spiel ist eine freiwillige Handlung oder Beschäftigung, die innerhalb gewisser festgesetzter Grenzen von Zeit und Raum nach freiwillig angenommenen, aber unbedingt bindenden Regeln verrichtet wird, ihr Ziel in sich selber hat und begleitet wird von einem Gefühl der Spannung und Freude und einem Bewusstsein des ‚Andersseins‘ als das ‚gewöhnliche Leben‘.“

Diese Sichtweise dient als Basis für fast alle modernen Definitionen des Spiels, denn sie beinhaltet bereits wichtige Eckpunkte, die das Spiel ausmachen, auch wenn gewisse Details in der Philosophie oder Pädagogik anders ausgelegt werden. Diese Eckpunkte sind die *Freiwilligkeit*, die *Regelgebundenheit*, der *Selbstzweck* und die *Simulation*. Gerade der Selbstzweck wird häufig als Zweckfreiheit interpretiert, was zu einer Unterscheidung zwischen zweckfreien und zweckgerichteten Spielen in der Spielwissenschaft geführt hat. Die zweckgerichteten Spiele wären nach dieser Interpretation jede Form von Bildungsspiel. Das "Ziel in sich selbst" aber so zu beschreiben, ist in Anbetracht der vielen möglichen Lektionen und Lernerlebnissen in sogenannten "zweckfreien" Spielen etwas engstirnig. Denn auch wenn ein Spiel keinen expliziten funktionalen Zweck wie das Vermitteln von Wissen oder eine Veränderung des persönlichen Verhaltens inne hat, so kann es doch Wissen vermitteln oder das persönliche Verhalten verändern ohne seinen Selbstzweck zu verlieren. Das "Ziel in sich selbst" beinhaltet nämlich nur, dass ein Spiel keinen funktionalen Zweck erfüllen *muss*, um

einen Zweck zu haben. Das Spielen selbst ist das Ziel und der Zweck und in diesem Zusammenhang kann ein Spiel zusätzlich einen Zweck erfüllen oder eben nicht.

Dieser Aspekt des *Selbstzweckes*, der vielleicht auch mit Spielspaß verglichen werden kann, ist in der Entwicklung von Spielen als Lernmedien besonders wichtig. Verliert ein Spiel den Selbstzweck, um stattdessen ausschließlich Wissen zu vermitteln, so ist es kein Spiel mehr. Dies bezieht sich wiederum auf die *Freiwilligkeit* des Spiels dahingehend, dass ein Spiel, das keinen Selbstzweck mehr hat, selten freiwillig gespielt wird. Diese beiden Aspekte sind ein großes Problem beim Design von bildenden Spielen, die oft sowohl stark zweckgerichtet als auch mehr oder minder zwanghaft erstellt und eingesetzt werden. Dementsprechend ist die Motivation und der Lerneffekt von diesen Lernmedien nicht mehr gegeben.

Eine andere Definition des Spieles stammt von Jesper Juul, der die Definition von Huizinga mit anderen gängigen Theorien und vergleicht und versucht, ein umfassendes, modernes Modell aufzustellen [21]:

„Ein Spiel ist ein regelbasiertes formales System mit einem variablen und messbaren Ergebnis, bei dem verschiedene Ergebnissen verschiedene Werte zugewiesen werden, der Spieler eine Bemühung erbringt, um das Ergebnis zu beeinflussen, der Spieler eine Verbundenheit zum Ergebnis fühlt, und die Konsequenzen der Aktivität optional und verhandelbar sind.“ - frei übersetzt von Pia Heugel

Diese Definition soll laut Juul ein "klassisches Spiel Modell" darstellen, ein Standard Modell das sowohl auf historische, analoge Spiele als auch auf moderne Videospiele angewendet werden kann. Es ist eine sehr technische Beschreibung, anders als die Definition Huizingas, die eher die menschliche Erfahrung der Aktivität des Spielens umfasst. Dennoch finden sich in dieser Beschreibung dieselben Ansätze wieder. "Optionale und verhandelbare Konsequenzen" sind ein Zeichen dafür, dass die Aktivität keinen weiteren Zweck haben muss, aber kann, demnach "ihr Ziel in sich selber hat". Die "Verbundenheit des Spielers zum Ergebnis" ist es, was die "Spannung und Freude" verursacht.

Diese beiden Definitionen ergeben zusammen eine gute Grundlage für die Untersuchung von verschiedenen Spielen. Eine tiefer gehende Definition eines Spieles als Lernmedium sollte so formuliert sein, dass sie beide vorhergehenden Definitionen ergänzt ohne ihnen zu

widersprechen. Die Probleme, die die vorher genannten Begriffe mit sich tragen, sollten möglichst umgangen werden. Als besonders wichtige Aspekte des Spieles dürfen der *Selbstzweck* und die *Freiwilligkeit* des Spieles trotz eines zusätzlichen bildenden Aspektes nicht vernachlässigt werden. Um diesen bildenden Aspekt besser zu beschreiben, können Beobachtung aus der Entwicklung von Tieren herangezogen werden. Evolutionsbiologe Marc Bekoff beschreibt Spiel als "Training für das Unerwartete" und stellt die These auf, dass Spiel das Gehirn und damit auch die Reaktion auf verschiedenste Situationen flexibler macht [22]. Es ist generell bestätigt, dass alle Spezies durch Spielen gewisse Fähigkeiten und Verhaltensmuster erlernen, die sie im späteren Lebensverlauf benötigen [23]. Zusätzlich muss beachtet werden, dass auch die Wahrnehmung der Welt verändert wird, wie zum Beispiel bei einem Rollenspiel, in dem andere Identitäten ausprobiert und fremde Sichtweisen erfahren werden. Diese Aspekte können als bildende Aspekte bezeichnet und so in die Definition aufgenommen werden:

" Ein bildendes Spiel ist eine freiwillige Aktivität innerhalb eines festen Regelsystem, die Erfahrungen vermittelt, die das Erproben von neuen Fähigkeiten ermöglicht, eine langzeitliche Veränderung in der Wahrnehmung oder im Verhalten des Spielers auslöst und über reine Unterhaltung hinausgeht."

Sie umfasst sowohl Unterhaltungsspiele, die einen der obengenannten bildenden Aspekte enthalten, als auch Bildungsspiele, deren Selbstzweck bestehen bleibt.

1.1.6 Lerninhalte in Bildenden Spielen

Darüber ob Videospiele überhaupt bildende Aspekte an sich haben wurde lange debattiert. Mittlerweile belegen verschiedenste Studien bildende Aspekte von Videospiele. Eine solche Studie der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg zeigte sogar eine deutliche Steigerung der logischen Denkleistung beim Einsatz eines speziell entwickelten Spieles. Bei standardisierten Intelligenz-Tests steigerten sich die Schüler, die mithilfe des Spieles gefördert wurden, im Schnitt um 11 IQ Punkte im Vergleich zur Kontrollgruppe mit Förderung durch klassischen Lehrer Unterricht [24]. Auch auf motorischer [25] und kreativer [26] Ebene gibt es positive Ergebnisse zu den bildenden Effekten von Videospiele. Wichtig ist aber nicht nur, dass Spiele überhaupt einen positiven Einfluss auf das Lernen haben können, sondern wie sie als Lernmedium eingesetzt werden müssen, um diesen Einfluss zu erzielen. Das Spiel aus der

Julius-Maximilians-Studie wurde speziell zu diesem Zwecke und aufbauend auf existierenden Strategien zur Förderung des logischen Denkens entwickelt, diese wurden zugleich aber auch in eine typische Spiele-Umgebung gebracht. Die betreuenden Professoren der Studie sahen genau in dieser Zusammenwirkung den Grund für den erstaunlichen Erfolg des Experimentes.

In der Mediendidaktik, die sich damit beschäftigt in welchen Situationen welches Bildungsmedium am besten zum Einsatz kommt, wird auch das Spiel als mögliches Medium untersucht. Der Psychologe Prof. Mark Griffiths unterscheidet zwischen zwölf verschiedenen Aspekten, die bei der Erstellung beziehungsweise Auswahl von bildenden Spielen eine wichtige Rolle spielen und den Erfolg der Anwendung beeinflussen können [27]. Von diesen zwölf Elementen ist besonders das Zusammenspiel von Inhalt (Bildungsziel) und Darstellungsform (Spieltyp) wichtig für ein Spiel, das sowohl motiviert als auch bildet. Inhalt und Darstellungsform sollten möglichst so gewählt werden, dass weder das eine noch das andere Element vernachlässigt wird und sie einander optimalerweise positiv ergänzen. Eine spannende, historische Schlacht als Rhythmus- und Tanz-Spiel darzustellen kann zwar motorische Fähigkeiten wie Hand-Augen-Koordination verbessern und so ein "bildendes" Spiel sein, der Inhalt selbst wäre jedoch schwierig zu vermitteln. Eine angebrachte Möglichkeit ist es, den Spieler und Lernenden selbst in die Position eines Soldaten zu versetzen (wenn der Bildungsinhalt das Alltagsleben eines Bürgers während dem Krieg ist) oder in die Position des Heerführers (wenn es um die Strategien und politischen Aspekte der Schlacht geht). So kann der Spielende während der selbsterfüllenden Aktivität des Spielens gleichzeitig gewisse passende Inhalte aufnehmen. Weiterhin ist der Kontext und Einsatz eines Spieles als Lernmittel zu beachten. Laut Griffiths sollte das Bildungs- oder Therapieziel eines Spieles immer klar definiert sein, sonst wird es nur als Spielzeug empfunden. Andererseits kann das "Verordnen" des Spielens als Pflicht die Motivation senken und nach den obigen Ausführungen die *Freiwilligkeit* des Spieles zerstören. Eine bessere Idee ist es, das Spiel als eine mögliche Form oder optionalen Zusatz anzubieten.

Weiterhin gibt es gewisse Einschränkungen zu beachten, die sich auf die verschiedenen Lernstadien des Menschen beziehen. Da in der Entwicklung des Gehirns unterschiedliche Fähigkeiten erst nach und nach entstehen, muss die Wahl eines bildenden Spieles an den jeweiligen Stand des Spielers angepasst sein. Gerade für Kinder, die sich rapide entwickeln ist dies von Bedeutung. Laut der Theorie des genetischen Lernens von Jean Piaget lässt sich die Entwicklung des Denkens bei Kindern in vier Phasen unterteilen, die sensomotorische

Phase, die Phase des anschaulichen Denkens, die Phase des konkreten Denkens und die Phase des abstrakten Denkens [28]. Obwohl bei jedem Kind der genaue Zeitpunkt und die Länge der Phasen unterschiedlich ist, wird generell beobachtet, dass die erste Phase in den ersten drei Lebensjahren stattfindet, in der die Sinneswahrnehmung und grobmotorische Fähigkeiten aufgebaut werden [29]. Zwischen dem zweiten und dem siebten Lebensjahr entwickelt sich das Gedächtnis, und Nachahmung des Wahrgenommenen bestimmt das Lernen des Kindes, auch wenn es bereits in der Lage ist, selbst erlebte Handlungen durchzudenken. Erst ab circa dem siebten Lebensjahr entwickelt das Gehirn das konkrete, logische Denken und ist in der Lage mehrere Dimensionen einer Aufgabe zu beachten und eigenständig Konsequenzen zu erkennen. Mit etwa zwölf Jahren beginnt das Gehirn, abstrakte Konzepte und hypothetische Denkaufgaben zu verarbeiten und das Kind kann sich Dinge vorstellen, die es nicht direkt sieht [28].

Unter Beachtung dieser Entwicklungsphasen ist es klar, dass nicht jedes Spiel für jede Altersstufe geeignet ist. Die Reize und Sinneseindrücke, die viele Videospiele bieten, sind für Kinder unter sechs oder sieben Jahren, die ihre Sinne überhaupt noch entwickeln müssen und besonders stark von ihrer Wahrnehmung geprägt werden, einfach noch zu überfordernd, so dass eventuelle positive Effekte gar nicht aufgenommen werden. Die Vor- und Nachteile von Medienkonsum bei Kindern sind in der Wissenschaft umstritten. Viele Forscher warnen vor dem generellen Konsum von digitalen Medien vor einem gewissen Alter, da eine derartige Überreizung der Sinne viele Bereiche der kognitiven Entwicklung stört [30]. Andere sind überzeugt, dass der Einsatz von digitalen Medien beim frühen Lernen helfen kann [31].

Grundsätzlich liegt es hier an den Eltern, eine entsprechende Medienkompetenz zu vermitteln und auf die Bedürfnisse und Entwicklung ihres Kindes zu achten. Übermäßiger Konsum von Medien ist sicherlich ein schwerwiegendes Problem, aber eine entwicklungsgerechte, überwachte Nutzung von Lernmedien in Maßen sollte auch für Kinder unproblematisch sein. Der Einsatz von bildenden Spielen muss demnach von Erwachsenen abgewogen, für jede Altersstufe die passende Komplexität und Sachebene ausgewählt werden und die Reaktion des Kindes überwacht werden, um eine positive Wirkung zu fördern.

1.2 Virtual Reality als Medium in der Wissensvermittlung

Virtual Reality ist eine hochaktuelle technische und wissenschaftliche Entwicklung in der Medienwelt und es gibt einige gute Gründe für die Entwickler von Lernmedien, sich in Zukunft mit diesem Thema zu beschäftigen. Zuerst muss aber klargestellt werden, was den Unterschied zwischen herkömmlichen digitalen Medien und der Virtual Reality ausmacht, erst dann kann untersucht werden, welche Vor- und Nachteile sie für die Wissensvermittlung hat. Im Folgenden bezieht sich "Virtual Reality" grundsätzlich auf alle aktuell verfügbaren Geräte, die dem Spieler die haptische und audiovisuelle Illusion einer zweiten, virtuellen Realität geben, die die tatsächliche Realität größtenteils glaubwürdig ersetzen kann.

1.2.1 Unterschiede zu anderen digitalen Medien

VR hat zwei wichtige Komponenten, die es von regulären digitalen Medien abhebt. In erster Linie bietet es die Möglichkeit, unsere realphysischen Bewegungen auf eine digitale Welt zu projizieren und diese damit zu beeinflussen. Wo vorher alle Bewegungen und Interaktionen mit verschiedenen Eingabegeräten an den Computer gesendet werden mussten, kann man nun den eigenen Körper als Controller benutzen. Dieser signifikante Unterschied erlaubt den Wechsel von Computerspielen als statische, hauptsächlich sitzende Tätigkeit hin zu einer dynamischen, aktiven Tätigkeit, die den Spieler als Person selbst mit einbezieht. Diese Motion Physics sind allerdings bereits spätestens seit der Nintendo Wii Teil des Marktes, bei der eine Kamera die Position und Bewegung der Controller im realphysischen Raum an die Konsole sendet. Diese Technik wurde mit den Konkurrenz-Konsolen Playstation Move und X-Box Kinect weiterentwickelt und verfeinert und in sehr ähnlicher Form auch für Virtual Reality genutzt. Demnach ist dieses Merkmal zwar technisch brilliant und ausgefeilt, aber generell nicht besonders innovativ.

Das zweite definierende Merkmal von VR ist die Möglichkeit eine digitale Welt im realphysischen Raum wahrzunehmen. Bisher war der Bildschirm in verschiedenster Form und Größe das einzige Medium, das uns den Blick in solche Welten erlaubt hat, doch auch dieser ist grundsätzlich unbeweglich und limitiert. Der Bildschirm ist lediglich ein Fenster, das im bekannten realweltlichen Raum steht und einzig unsere optische Wahrnehmung beeinflusst. Dadurch kann die digitale Welt schwerlich als realitätsnah erlebt werden. Virtual Reality hingegen versucht, näher an das volle Wahrnehmungspotenzial des Menschen zu kommen. Es

ist in diesem Falle aber die Art und Weise, auf die Bildschirme miteinander verbunden sind und kontrolliert werden, die einen erheblichen Vorteil gegenüber dem klassischen Monitor bietet, da sie unser natürliches Stereosehen simuliert. Diese Technologie erlaubt ein stärkeres Gefühl des "Vor-Ort-seins", der sogenannten Präsenz. In einer vergleichenden Studie zwischen Effektivität von Bildschirmen und Virtual Reality Head-mounted Displays konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen der besseren Technologie und einer stärkeren Präsenz festgestellt werden [32].

1.2.2 Immersion und Präsenz

An diesem Punkt kommen beide Merkmale zusammen, denn nur das Zusammenspiel von Bewegung im realphysischen Raum und Wahrnehmung im digitalen Raum erzeugt das Phänomen virtuelle Realität. Dies erschafft die "Illusion von Anwesenheit", die bisherige digitale Medien nur teilweise darstellen konnten. Die "Immersion" des Spielers, die zu einem Gefühl von "Präsenz" führt, ist ein weit bekanntes Thema und viel untersuchtes Problem für die digitalen Medien, denn der Grad der Immersion kann sich entscheidend auf den Erfolg eines Mediums auswirken.

Es existieren zahlreiche Definitionen und Klassifizierungen zu Immersion und Präsenz, die versuchen, dieses Phänomen zu beschreiben. Definitionen unterscheiden zwischen der Immersion, die von der Qualität der Technologie hervorgerufen wird, und der Präsenz, die der Nutzer in der Virtuellen Umgebung spürt [33]. Kwan Min Lee definiert Präsenz als einen "psychologischen Zustand in dem virtuelle Objekte als echte Objekte erlebt werden, entweder auf sensorische oder nichtsensorische Weise" (eigene Übersetzung) [34]. In "Patterns in Games Design" [35] werden vier verschiedenen Arten von Immersion definiert, nach denen Filme und Bücher die emotionale und kognitive, und Spiele zusätzlich die sensomotorische Immersion erzeugen können. Durch die zusätzliche Bewegung und Wahrnehmung, die VR bietet, ermöglicht sie als einzige der digitalen Medien auch die vierte Art, die räumliche Immersion.

Diese Definitionen erklären aber noch nicht, wie Immersion entsteht oder welche Elemente einer virtuellen Umgebung für das Empfinden von Präsenz notwendig sind. Laut verschiedenen Theorien [36], [34] und unterstützt von empirischen Studien [36], [37] besteht Immersion aus verschiedenen Faktoren, von denen drei als besonders signifikant beschrieben

werden: *Räumliche Präsenz*, *Realitätsnähe* und *Beteiligung*. Dabei bedeutet *Räumliche Präsenz* die sensorische oder körperliche Wahrnehmung, an einem bestimmten virtuellen Ort zu sein, auch wenn man sich in Wirklichkeit an einem anderen Ort befindet. *Beteiligung* bezieht sich auf das Gefühl in die virtuelle Welt "einzutauchen" und die Aufmerksamkeit mehr auf diese als auf die reale Welt zu richten. *Realitätsnähe* beschreibt, wie vergleichbar die virtuelle Welt mit der echten Welt ist, und damit auch, wie glaubhaft man sie empfindet [36].

Nach Slater und Wilbur [38] kann der Immersionsgrad eines Mediums mithilfe von vier zentralen Merkmalen bestimmt werden, und so zwischen niedrig-immersiven und hoch-immersiven Medien unterschieden werden. Diese Merkmale sind *Inclusiveness*, *Extensiveness*, *Surrounding* und *Vividness*, Begriffe die frei übersetzt werden können als Inklusivität, Ausdehnung, Umgebung und Lebhaftigkeit. Inklusivität bezeichnet, wie stark der Nutzer von der virtuellen Welt eingenommen ist und die reale Umwelt ausgeblendet wird. Ausdehnung bezieht sich auf die Anzahl der angesprochenen Sinneskanäle. Umgebung gibt die Weite des möglichen Blickfeldes an, das das Medium bietet. Lebendigkeit umfasst die qualitativen Kapazitäten des Mediums, Sinneseindrücke zu liefern, und die Genauigkeit der Darstellung.

Mit diesen vier Merkmalen lässt sich feststellen, dass Virtual Reality einen grundlegend höheren Immersionsgrad erzielt als reguläre Bildschirme. Zum einen werden realweltliche Reize und Einflüsse, die den Spieler ablenken könnten, größtenteils ausgeblendet, so dass die Konzentration voll auf die virtuelle Welt gerichtet werden kann und einen höheren Grad an Inklusivität erreicht. Auch die Umgebungskomponente ist bei einem Head-mounted Display, das volle Rundumsicht ermöglicht, größer als bei einem Bildschirm, der nur ein Fenster in die virtuelle Welt darstellt. Wird Motorik und realkörperliche Bewegung des Nutzers als Sinnesmodalität gezählt, so hat auch bei der Ausdehnung die VR einen Vorteil gegenüber herkömmlichen digitalen Medien. Einzig die Lebendigkeit von momentanen VR Headsets ist im Vergleich mit Computern eher noch gering.

Auch die Präsenz des Spielers wird in Virtual Reality besonders stark hervorgerufen. Es entfallen die üblichen Proxies, die einen Spieler in der digitalen Welt vertreten sollen, wie zum Beispiel Charaktere oder Avatare; Der Spieler kann sich selbst vollständig in die Welt versetzen ohne seine Aktionen und Interaktionen durch einen Filter zu schicken.

1.2.3 Bedeutung von Immersion im Wissenserwerb

Durch einen solchen höheren Grad an Immersion ist die Verbindung des Spielers mit der Welt direkter, persönlicher, und ergo natürlicher. In diesem Sinne ist auch die emotionale Reaktion der Spieler stärker, die die neuen Erkenntnisse positiv aufnehmen und als persönliches Erlebnis werten. Wie bereits in Kapitel 1.1.2 erläutert, kann ein solches persönliches Erleben besser im Gedächtnis gespeichert werden, weil die emotionale Reaktion auf dieses Erlebnis die Erinnerungsfunktion unterstützt. Es gibt deutliche Beweise für einen Zusammenhang von Immersionsgrad und Präsenz in einer virtuellen Umgebung und einer stärkeren emotionalen Reaktion in Studien zu Angsttherapie [39] und Untersuchungen der aktuellen Forschungsergebnisse [33]. In Folgestudien zu den Ergebnissen von Matthew Price wurde festgestellt, dass die Faktoren *Räumliche Präsenz* und *Realitätsnähe* zum verstärkten Empfinden von Angst führen, aber nur der Faktor *Beteiligung* auch das Ergebnis der Therapie positiv beeinflusst [40]. Daraus lässt sich ableiten, dass *Räumliche Präsenz* und *Realitätsnähe* zum Aufbau einer emotionalen Stimmung genutzt werden können, die zur Unterstützung der Lernerfahrung dient. Der wichtigste Faktor zur Veränderung des Verhaltens scheint aber die *Beteiligung* des Spielers zu sein. In diesem Sinne hat Immersion dahingehend eine Bedeutung im Wissenserwerb, dass sie die emotionale Reaktion des Spielers innerhalb einer virtuellen Umgebung erhöht, was wiederum genutzt werden kann, um inhaltliche Themen und Informationen stärker im Gedächtnis zu verankern.

Von dieser emotionalen Auswirkung auf den Wissenserwerb abgesehen ist die kognitive Auswirkung von Immersion und Präsenz auf den Wissenserwerb umstritten. Untersuchungen von Mania & Chalmers stellten positive Effekte von Immersion in der Erinnerungsleistung fest [41], während Moreno & Mayer keine oder eher indirekt negative Effekte verzeichneten [42]. Die Erledigung von Aufgaben schien aber auch bei Moreno & Mayer in positivem Zusammenhang mit höherem Präsenzepfinden zu stehen [43]. Youngblut kommt zu dem Ergebnis, dass hoch-immersive Medien für den Lernerfolg effektiver sind als niedrig-immersive, wobei der wichtigere Faktor aber die Interaktivität der Umgebung zu sein scheint [44].

Eine Studie von Rainer Heers zum Thema Immersion und Präsenz im Wissenserwerb kam zu widersprüchlichen Ergebnissen [45]. Interessante Erkenntnisse aus der Studie waren die Zusammenhänge zwischen Präsenzbereitschaft und Präsenzerlebens und ein schwach

positiver Effekt des Präsenzerlebens auf die Verstehensleistung der Probanden. Die mediale Immersion hat ebenfalls zu einem höherem Präsenzerlebnis geführt. In einer zweiten Studie wurden diese Effekte jedoch nicht bestätigt.

Insgesamt wird die Notwendigkeit zu tiefergehenden Untersuchungen dieses Themas klar, da weder eindeutig positive noch eindeutig negative Befunde festgestellt werden konnten. Der deutlichste Effekt von hohem Präsenzgefühl in den genannten Studien war allerdings eine erhöhte Motivation und Lernfreude, ein Aspekt, der auch an sich betrachtet sehr wertvoll ist.

1.2.4 Herausforderungen bei der Entwicklung

Um diese positiven Eigenschaften voll ausnutzen zu können, müssen Entwickler gewisse Beschränkungen und besonderen Gegebenheiten von Virtual Reality beachten. Der momentane Stand der Entwicklung von Hololens, HTC Vive und Oculus Rift erlauben eine Vielzahl an neuen Möglichkeiten, doch die Anforderungen an die Computer Hardware sind immer noch immens. Eines der größten Probleme in der VR Entwicklung ist dementsprechend die Balance zwischen grafischer Qualität und technischer Performance. Viele Spiele und Demos nutzen einen sehr reduzierten, stilisierten Grafikstil und legen mehr Wert auf die Bewegung als auf die Wahrnehmung, was entsprechende Folgen für die Realitätsnähe hat. Auch die Immersion bleibt nach wie vor etwas eingeschränkt, denn ganz ohne Controller kommt Virtual Reality noch nicht aus: Akkurate Fingerbewegungen können zum Beispiel (noch) nicht simuliert werden, was negative Folgen für die Realitätsnähe und die Beteiligung nach sich zieht. Fortschrittlichere Controller in Form von Handschuhen befinden sich allerdings bereits in der Entwicklung, wie zum Beispiel "Noitom Hi5 VR Glove", "Manus VR Glove" oder "Senso Glove" und "Senso Suit". Bisher ist Virtual Reality auch hauptsächlich eine Solo-Erfahrung. Darstellungen von mehreren Personen im selben virtuellen Raum oder sogar Multiplayer Spiele sind schwierig, wobei es schon einige wenige Titel gibt, die Kooperation zwischen PC-Spieler und VR-Spieler bieten [46].

Das menschliche Element ist die andere große Herausforderung. Es gibt nicht nur unterschiedliche Sehstärken oder Körpergrößen und andere individuelle Aspekte, die das Erlebnis beeinflussen können, sondern auch schwerwiegendere Probleme wie die sogenannte "Cyber Sickness". Ausgelöst durch den Gegensatz von realphysischer Bewegung und virtueller Wahrnehmung der Bewegung können einige Menschen ähnliche Symptome wie bei

einer Seekrankheit erleiden, die Balance verlieren oder Kopfschmerzen bekommen. Deshalb empfiehlt es sich, schnelle, abrupte Bewegungen in der digitalen Welt zu vermeiden und diese ansonsten möglichst authentisch zu gestalten. Die Schwere der Cyber Sickness, die ein Projekt auslöst, kann mit dem Simulator Sickness Questionnaire von Kennedy [47] ungefähr abgeschätzt und mit anderen Projekten verglichen werden. Dieser Fragebogen ist seit 1993 Standard in der Erfassung von Simulationskrankheit und hat sich auch für die Untersuchung von Cyber Sickness in Virtual Reality als nützlich erwiesen. Die Empfindung von Immersion scheint mit der Entwicklung von Cyber Sickness zusammenzuhängen, wie ebenfalls in der Studie von Witmer und Singer [37] festgestellt wurde. In dieser Studie hatten Probanden, die niedrigere Präsenz empfanden, stärkere Cyber Sickness Symptome. Eine Möglichkeit die Cyber Sickness einzuschränken wäre dementsprechend, räumliche Präsenz und Realitätsnähe des Projektes zu verstärken und Beteiligung der Spieler zu fördern.

1.2.5 Vorteile von VR in der Bildung

Sowohl auf einer technischen als auch auf einer pädagogischen Ebene gibt es große Vorteile bei der Nutzung von VR in der Wissensvermittlung. Durch die natürliche Steuerung mithilfe des eigenen Körpers ist die Einstiegsschwelle niedriger als bei anderen Formen der Lernmedien. Dadurch können selbst Menschen, die keine große Erfahrung mit Computern haben, leicht in die Nutzung eingeführt werden, was wiederum die Anzahl an möglichen Nutzern erhöht. Die besondere Form der Wahrnehmung kann durch das persönliche Mit-Erleben auch die Begeisterung der Nutzer für Lerninhalte steigern, die sonst als weniger interessant empfunden werden. Auch die Möglichkeit, selbst mit der Virtualität zu interagieren und gewisse Tätigkeiten zu üben und auszuprobieren, kann ein wichtiger Faktor sein, der den Lernerfolg positiv beeinflusst [48]. Besonders für Schüler oder technikaverse Erwachsene können traditionell eher schwierige und abstrakte Themen aufgewertet werden, und so die eigentliche Wissensvermittlung gefördert werden. Eine Meta-Analyse der Texas A&M University von Zahira Merchant fand in 63 verschiedenen Studien zu Virtual Reality Nutzung in der Bildung deutliche Steigerung der Lernerfolge bei Einsatz von Simulationen, Spielen und Virtuellen Welten und besonders im direkten Vergleich mit 2D Multimedia Lernmitteln [49]. Die Lernerfolge waren bei Mathematik und Wissenschaft am höchsten, was den Einsatz in diesen abstrakteren Lernbereichen unterstützt.

Virtual Reality erlaubt es, Visualisierungen interaktiv und aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten, die sonst nicht üblich oder sogar unmöglich sind [48]. Dies kann besonders gut für abstrakte Informationen und komplexe Zusammenhänge genutzt werden, wie zum Beispiel das virtuelle Sezieren im Biologie-Unterricht oder das interaktive Schema eines Motors im Mechatronik-Studium. Auf einer inhaltlichen Ebene eignet sich VR hervorragend zur Darstellung von Orten oder Szenarien, die in der realen Welt schwer zu erreichen oder gefährlich nachzustellen sind [48]. Einige Beispiele wären hier Zeitreisen zu historischen Ereignissen, Erkundung von weit entfernten Orten, Beobachtung von Naturschauspielen, Militärtraining, Gefahrentraining, Durchführen von Operationen, oder ähnliches. Solche Szenarien gibt es mit dem beim Vision VR/AR 2016 ausgezeichneten "Apollo VR" von Immersive VR Education und ähnlichen Spielen bereits auf dem Markt erhältlich, das zeigt, dass es ein Interesse an diesen Anwendungen gibt [50]. Ähnliche Programme existieren sogar schon seit den 1990er Jahren, wie zum Beispiel das Virtual Gorilla Exhibit von 1996 aus Atlanta [51].

Es besteht außerdem die Möglichkeit für Lehrer, die Daten aus dem Programm zur Beobachtung der Lernerfolge und zum Anpassen der Lerninhalte zu verwenden. Systeme, die schon heute in Online Tests oder Lernspielen genutzt werden, können auch in VR Statistiken einzelner Nutzer aufzeichnen und für Lehraufgaben und Leistungsprüfungen genutzt werden.

Der Einsatz von Virtual Reality zur Angsttherapie ist mittlerweile weit verbreitet und hat sich bereits als effektiv bewiesen [52]. Eine langfristige Veränderung des Verhaltens kann dementsprechend durch den Einsatz von Virtual Reality tatsächlich hervorgerufen werden. Ebenso wird Virtual Reality für eine Vielzahl an medizinischen Therapien auch auf physiologischer Ebene eingesetzt. Da sich dieser Einsatz jedoch eher mit den Kapazitäten von VR als Lehrobjekt und weniger als Lernmittel beschäftigt, wird darauf an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Als Abschluss dieser theoretischen Untersuchung ist anzumerken, dass Virtual Reality genau wie andere digitale Medien nicht für jedes Lehrgebiet und jede Lernsituation geeignet ist. In den Ausführungen von Palidis [48] wird ausführlich diskutiert wann und wie Virtual Reality zu Bildungszwecken eingesetzt werden sollte, von denen einige dieser Punkte bereits hier aufgeführt wurden

1.3 Zielsetzung dieser Arbeit

Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, dass digitale Lernmedien bessere Lern-Erfolge erzielen, wenn sie nicht als einziges Medium zur Wissensvermittlung eingesetzt werden. Dementsprechend ist das Ziel des konzeptionellen Lernmittels nicht die alleinige Verwendung, sondern seine Funktion als audio-visuelles Erlebnis, dass ergänzend zu regulärem Unterricht oder im Rahmen einer speziellen Ausstellung eingesetzt werden kann. Der Fokus liegt dabei auf dem Wecken von Interesse für die Materie über ein unkonventionelles, interaktives Erlebnis der Materie. Die tiefere Wissensvermittlung zum gewählten Thema soll dann außerhalb des virtuellen Raumes geschehen, die Erfahrungen aus diesem jedoch optimalerweise aufgreifen und intensiviert behandeln. Bei der Entwicklung des Konzepts wird darauf geachtet, dass Informationen kurz und prägnant dargestellt werden, um den Spieler nicht einzuschüchtern oder das Erlebnis negativ zu überschatten. Weiterhin wird versucht, eine angenehme Atmosphäre und ein spielerisches Element zu erschaffen. Im Folgenden werden Methoden und Technik beschrieben, das Konzept entwickelt, die Umsetzung dessen dokumentiert, und schließlich die Ergebnisse aus dem Usertesting diskutiert. Im Fazit wird darüber entschieden, ob das Projekt als Erfolg zu werten ist und in Zukunft weiterentwickelt werden kann, oder welche Probleme die Entwicklung behindern könnten.

2. Methoden und Technik

Im Folgenden werden Methoden und Technik beschrieben, die bei der Entwicklung des Konzepts zum Einsatz kamen. Dies beinhaltet auch benutzte Tools und Software sowie eine Übersicht des Workflows.

2.1 Management und Zeitplanung

Da es sich hierbei um ein Einzelprojekt handelte, stellte die größte Herausforderung ein funktionierendes Selbstmanagement dar. Dafür wurden wöchentliche Sprints angelegt, die jeweils für die folgende Woche ein Ziel vorgeben, was bis zum Ende der Woche getan werden muss. Zusätzlich wurde ein wöchentlicher Kurs besucht, in dem der Fortschritt des Projektes präsentiert wurde und Feedback von verschiedenen Studenten gesammelt werden konnte. In größeren, aber regelmäßigen Abständen fanden Betreuergespräche mit beiden betreuenden Professoren statt.

Die Zeitplanung erfolgte in verschiedenen Phasen. Eine erste Recherche über mögliche Themen und Umsetzungsformen geschah bereits im Vorfeld. Die ersten vier Wochen der Bearbeitungszeit wurden genutzt, um das Konzept auszuarbeiten, welches dann in der Produktionsphase in den nächsten 12 Wochen umgesetzt wurde. Die letzten vier Wochen wurden dem Usertesting und dessen Auswertung sowie der Dokumentation gewidmet.

2.2 Benutzte Software und Tools

An dieser Stelle werden die Tools und Programme vorgestellt, die für die verschiedenen Bereiche der Entwicklung genutzt wurden.

2.2.1 Engine

Trotz der steigenden Begeisterung für Virtual Reality sind die frei zugänglichen Produktionswerkzeuge immer noch selbst in Entwicklung. Deshalb wurde die Auswahl an Engines für dieses Projekt eingeschränkt auf diejenigen, die bereits jetzt großes Potenzial für einen professionellen Einsatz zeigen. Die Wahl der Engine ist für alle Projekte natürlich sehr individuell, da jedes seine eigenen besonderen Anforderungen und Möglichkeiten hat und die

Engine effektiv das Herzstück des gesamten Spiels ist. Die Entscheidung ist dementsprechend nicht einfach danach gerichtet, welche Engine die objektiv "beste" ist, sondern danach, welche die Anforderungen erfüllt und die Möglichkeiten am besten ausschöpft.

Die drei Engines, die auf den ersten Blick am besten geeignet wären, sind die CryEngine, Unity 3D und Unreal. Alle drei werden seit langem für professionelle Spielentwicklung genutzt und sind kostenlos verfügbar. Weitere Konditionen für Lizenzierung und Spielrelease sind hier nicht von Bedeutung, da es sich nur um eine experimentelle Demo handelt.

Die CryEngine hat ihre Wurzeln in den Spielen der Crysis Reihe, bei denen es als internes Entwicklungstool genutzt wurde. Aus diesem Grund sind die ersten Versionen der Engine stark beeinflusst von Genre und Stil der Crysis Spiele, so dass die Entwicklung von Shootern und eventuell Racing Games in realistischer Umgebung mit dieser Engine relativ einfach ist. Andere Genres und Stile waren jedoch etwas schwieriger zu gestalten und erforderten gegebenenfalls größeren Aufwand. Viele Probleme mit Nutzerfreundlichkeit und User Interface, die in den ersten Versionen der CryEngine auftraten, wurden allerdings mit der neueren Version 3.6 beseitigt. Auf einer Rendering-Ebene ist die CryEngine stark auf realistische Darstellung von großen Natur- und Außenwelt-Arealen ausgelegt und zeigt dort auch ihre größten Stärken. Volumetrische Wolken, dynamische Wasser Physics und hervorragende Pflanzen- und Terrain-Funktionen machen die Gestaltung von sehr detaillierten, aber dennoch riesigen Landschaften möglich. Mit der Veröffentlichung von CryEngine V ist auch Support für Virtual Reality verfügbar. In der Indie Entwicklung ist die CryEngine bisher jedoch aufgrund schlechter Erfahrungen mit den ersten Versionen noch nicht sehr beliebt, auch wenn es positive Beispiele wie bei The Travellers Notes gibt, das von einem kleinen Team mit der CryEngine entwickelt wird [53]. Der größte Problemfaktor scheint aber auch bei diesem Projekt die Einarbeitung zu sein.

Unity3D ist aufgrund seiner nutzerfreundlichen Gestaltung und eines günstigen Lizenzierungsmodells eine beliebte und schon beinahe traditionelle Wahl für Indie Entwickler. Diese Engine ist besonders gut geeignet für das Arbeiten in kleinen Teams. Cross Platform Entwicklung ist sehr einfach und die objektorientierte Programmierung wird für seine Unkompliziertheit gepriesen. Allerdings ist es generell besser geeignet für die Entwicklung von Spielen in einem Cartoon oder 2D Stil, da das Lighting Modell nicht auf physikalischen Prinzipien basiert ist und so realistische Beleuchtung einer Szene sehr aufwändig wird.

Nutzer, die Unity mit anderen Engines vergleichen merken an, dass die Garbage Collection Probleme bereiten kann und kritisieren die Dokumentation der VR Funktionen [54]. Für dieses Projekt wäre Unity zwar durchaus eine Option gewesen, aber die erhöhten Anforderungen an den Entwickler im Bereich Programmierung und Optimierung sind effektiv nicht praktikabel.

Die Unreal Engine kann bereits auf viele Jahre der Entwicklung in einer professionellen Umgebung zurückblicken, welche ein sehr sauberes und mächtiges System an Tools hervorgebracht hat, das für professionelles Game Design entworfen ist. Seit Unreal als freie Engine verfügbar gemacht wurde, ist ihre Beliebtheit rasant angestiegen. Ihre technische Pipeline ist hoch qualitativ und speziell für die Verarbeitung von realistischen Art Assets entworfen, Physical Based Rendering ist Standard und erlaubt realistische Beleuchtung mit wenigen Handgriffen. Auch ein komplexes Tool für Pflanzen und Vegetation ist verfügbar, das das schnelle Füllen von großen Szenen ermöglicht. Der Node-basierte visuelle Scripting Editor erlaubt selbst Entwicklern ohne viel Programmier-Erfahrung, zufriedenstellende Ergebnisse in kurzer Zeit zu erzielen. Zusammen mit einer sehr aktiven Community und detaillierter Dokumentation aller Funktionen sticht Unreal damit unter anderen Engines stark heraus. Zusätzlich gibt es seit Version 14.4 ein sehr einfaches Template für VR Entwicklung, das fast alle technischen Probleme beim Aufsetzen von VR beseitigt. Einige negative Aspekte von Unreal sind seine Größe und Anforderungen an den Computer, die auf mittelguten PC's Kompilierung und manche andere Aufgaben verlangsamen können. Programmiertechnisch bietet Unreal neben dem Scripting Editor auch nur C++ an, was manche Entwickler abschrecken kann. Aufgrund der Auslegung auf realistische 3D Spiele auf hohem grafischen Niveau kann die Erstellung von 2D Games oder Mobile Games eine Herausforderung sein. Für solche Projekte eignen sich andere Engines einfach besser.

Zusammenfassend haben andere Engines zwar in bestimmten Bereichen gewisse Vorteile, aber die Eigenschaften von Unreal als Artist-freundliches Tool für gut aussehende Resultate in einem grafisch anspruchsvollen Projekt haben diese Engine zur Top-Wahl für *Stille Wasser* gemacht, bei dem der Fokus auf der visuellen Erfahrung liegt. Und da Virtual Reality ohnehin schon ein sehr gutes System benötigt, war Projektgröße ein sekundäres Anliegen, solange das Projekt noch zuverlässig und schnell laufen kann und die Erfahrung dadurch nicht negativ beeinflusst wird.

2.2.2 Grafik

Alle Grafiken im Projekt sind entweder Texturen aus den Unreal Beispiel-Projekten und Standard-Assets, die laut Punkt 1(e) der EULA von Unreal [55] in jedem Projekt kostenfrei verwendet werden können, oder selbst erstellt. Die Texturen der Objekte sowie der Hintergrund des User Interfaces wurden mithilfe von *Painter 2015* erschaffen. Aufgrund der sehr künstlerischen Palette von Effekten und Pinseln, die *Painter* bietet, konnte ein natürliches, organisches Art Design angestrebt werden, das die Inspirationen aus der Aquarellmalerei wiedergibt. Die entstandenen Texturen wurden dann in *Adobe Photoshop* bearbeitet und angepasst, zum Beispiel indem Farben korrigiert oder die Transparenz des Bildes gesäubert wurde.

2.2.3 Audio

Da die Anforderungen an den Sound nicht auf einem Level waren, bei dem professionelle Experten Software genutzt werden musste, wurde für alle Audio Bearbeitung das kostenlose Programm *Audacity* benutzt. Es erlaubt das Schneiden und Arrangieren von Audio Tracks und hat eine breite Auswahl an Filtern und Optionen zum weiteren Bearbeiten. Die Tonaufnahmen für dieses Projekt wurden hauptsächlich geschnitten und in einigen Fällen wurde die Lautstärke angepasst.

2.2.4 Modeling

Das Modeling der 3D Objekte wie der Birke, der Pflanzen und der Tiere geschah ausschließlich in *3ds Max*. Da das Projekt einen eher stilisierten Grafikstil anwendet, waren keine weiteren Programme für die Bearbeitung der 3D Modelle nötig und auf einen Highpoly zu Lowpoly Workflow wurde aus Gründen der Praktikabilität verzichtet. Die meisten Objekte haben eine niedrige Anzahl an Polygonen oder bestehen hauptsächlich aus Planes.

2.2.5 Andere

Für verschiedene weitere Aufgaben wurde das Open Source Office Programm *LibreOffice* genutzt. *Google Forms* wurde zur der Erstellung der Fragebögen in den Usertests verwendet, da es ein einfaches Interface zur schnellen Fertigung von Formularen bietet, welche dann ohne komplizierte Prozesse wie individuelle Login's vom Tester ausgefüllt werden können. Für generelle Termin- und Zeitplanung wurde *ganttproject* verwendet.

2.3 Workflow

Die Arbeit am Projekt verlief in mehreren Phasen, von der Stilfindung über Asset Erstellung und Set Dressing bis hin zu Programmierung der Mechanik und Feinschliff. Diese Phasen erfolgten aufeinander, wobei immer wieder kleinere Änderungen im Laufe der Arbeit durchgeführt wurden, um die Szene optisch und logisch zusammen zu bringen.

2.3.1 Stilfindung

Am Anfang des Projektes stand die Stilfindung, die die grafische Ausgestaltung des Spieles bestimmen sollte. Zu diesem Zwecke wurde auf Basis der vorhergehenden Recherche ein grobes Concept Art der Szene angefertigt, das bereits den Aufbau der Umgebung und die Platzierung verschiedener Objekte zeigte (siehe Anhang [A.1]). Um dieses Concept Art daraufhin in 3D umzuwandeln, wurde die Moorbirke als erstes exemplarisches Objekt der Szene ausgewählt und entworfen. Es wurden verschiedenen Grade der Stilisierung erprobt und unterschiedliche Modelle und Texturen ausprobiert, bis ein passender Stil gefunden wurde, der eine gute Balance zwischen Realismus und Vereinfachung darstellte. Mithilfe dieser Birke als Referenzobjekt konnten dann die anderen Objekte der Szene gestaltet werden. Als Inspiration dienten auch verschiedene Aquarell-Malereien, deren eher unregelmässiger und weicher Stil thematisch gut zu einer Naturlandschaft passt und gleichzeitig einen gewissen Grad an Abstraktion bietet. Diese Anlehnung an Aquarell und Wasserfarben findet sich schlussendlich auch in allen Texturen des Projektes wieder.

2.3.2 Aufbau der Szene

Der Aufbau der Szene erfolgte vom Groben hin zum Feinen: Zuerst wurden große Teile wie das Terrain und die Skybox erstellt, dann Füllobjekte hinzugefügt und schließlich die interaktiven Objekte, Mechaniken und UI eingebaut. Zum Schluss wurde der Sound integriert. Bei Bedarf wurde das Terrain überarbeitet und angepasst, was mit Hilfe des Terrain Tools der Unreal Engine dynamisch geschehen konnte und nicht abhängig von einem separaten 3D Model war.

2.3.3 Asset Erstellung am Beispiel des Sonnentaus

1. Informationen sammeln

Zuerst wird überprüft ob das Objekt geeignet ist, das heißt, ob es in die ausgewählte Landschaft passt und bei den wichtigen interaktiven Objekten auch, ob es einen gewissen Gefährdungsgrad hat. Wichtig ist darüber hinaus, wie es optisch aussieht, wie groß es ist und ob es gut zu modellieren ist.



Abbildung 1: Asset-Erstellung Schritt 2: Referenzen sammeln

2. Referenzen sammeln

Dann werden verschiedene Referenzen gesammelt, wie Fotos des Objekts oder auch Schematische Zeichnungen. Fotos der Umgebung können auch für die Platzierung und Größenverhältnisse der Objekte wichtig sein.

3. Objekt analysieren und in kleinere Abschnitte unterteilen

Dieser Schritt ist eher eine Gedankenübung, bei der die vorher gesammelten Informationen und Fotos untersucht werden und ein mentaler Plan zur 3D Umsetzung erstellt wird. Dabei wird darauf geachtet, welche Teile als Plane dargestellt werden können und welche komplexere Geometrie benötigen. In diesem Schritt wird auch entschieden, ob das Objekt wichtig genug ist, um ein komplexeres und damit detailreicheres 3D Model zu bekommen, oder ob es als Füllobjekt dient und vollständig mit 2D Planes umgesetzt werden kann.



Abbildung 2: Asset-Erstellung Schritt 4: Textur in Painter erstellen

4. Textur in Painter erstellen

In Anbetracht der vorherigen Überlegungen wird nun die Textur erstellt. Einzelstehende Teile und zusammenhängende Teile werden so arrangiert, dass sie später zu einem 3D Objekt zusammengefügt werden können. In diesem Schritt werden auch stilistische Entscheidungen getroffen wie zum Beispiel Farben und Wahl des digitalen Pinsels.

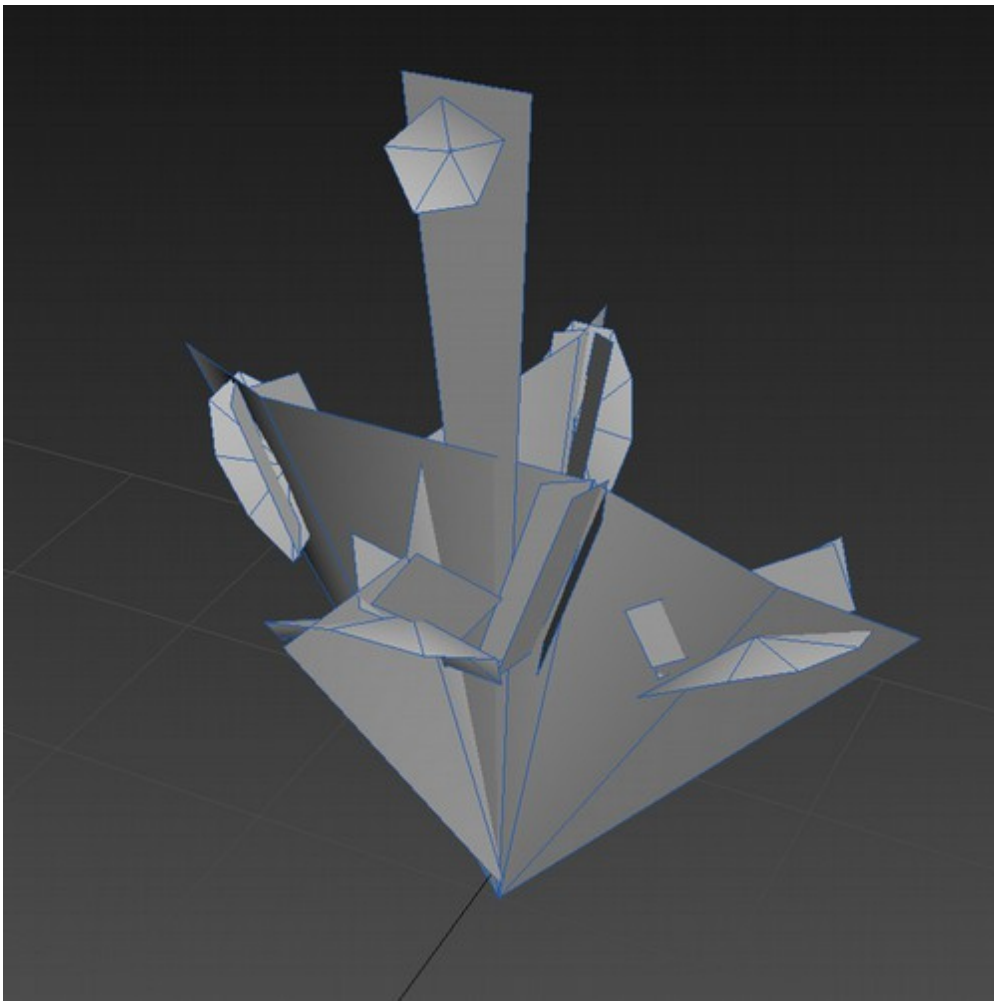


Abbildung 4: Asset-Erstellung Schritt 6: Objekt in 3ds Max modellieren

6. Objekt in 3ds Max modellieren

Die vorerst fertige Textur wird in 3ds Max als Material auf eine quadratische Plane gelegt, die dann in einzelne Teile zerschnitten wird. Für Volumen und Form werden manuell Vertices und Edges eingefügt und die Teile entsprechend der Referenzen geformt. Daraufhin werden die einzelnen Teile zu einem ganzen Objekt zusammen gesteckt und angeordnet. Dieser Schritt unterscheidet sich natürlich je nach Komplexität und Aufbau des Objektes, wie zum Beispiel für die Birke und andere Objekte, die nicht nur aus Planes bestehen.

7. Eventuell Anpassungen in Photoshop oder Painter durchführen

An dieser Stelle können Defizite in der Textur festgestellt werden, die je nach Problemfall in Painter oder in Photoshop angepasst werden. Solche Defizite können falsche Farbe oder übersehene Ränder der Transparenz sein.

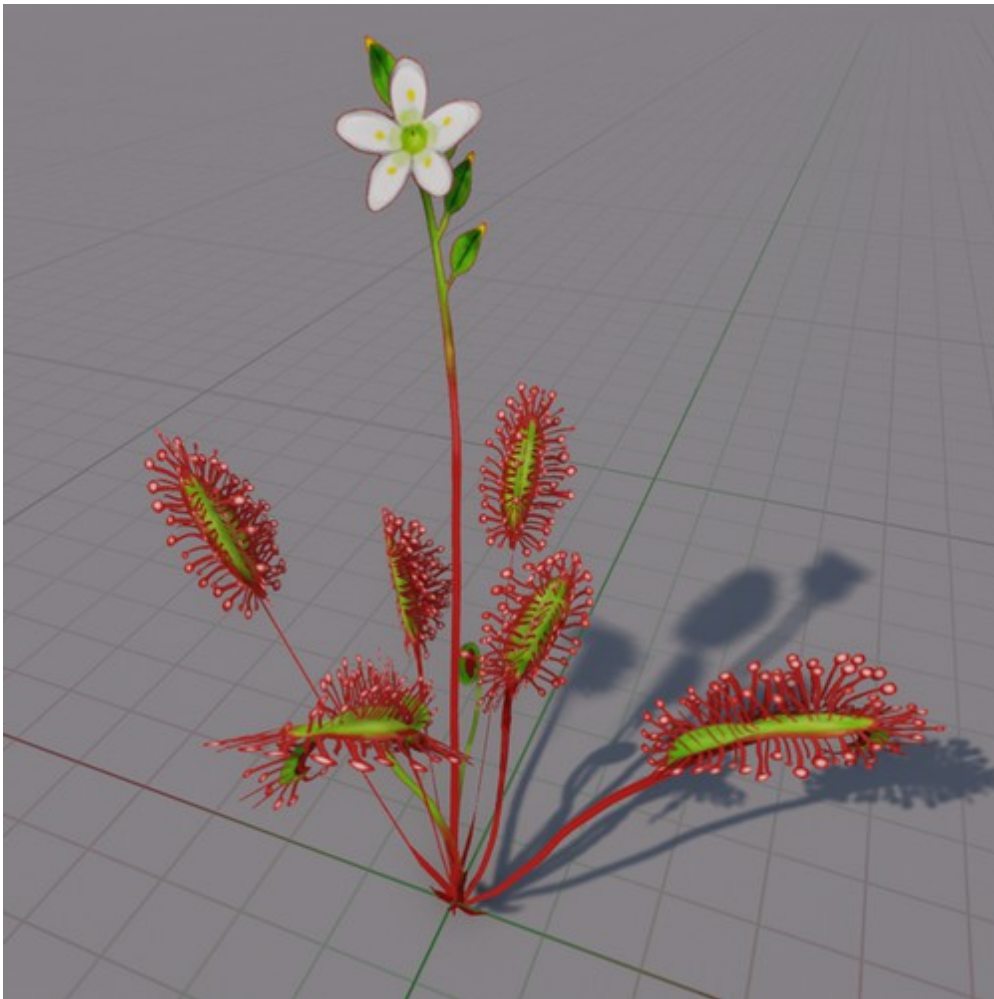


Abbildung 5: Asset-Erstellung Schritt 8: Import in die Engine

8. Import in die Engine

Nach einer schnellen Überprüfung in 3ds Max kommt das Objekt in die Engine. Hier wird das Objekt von allen Seiten betrachtet und bewertet. Probleme mit Größe, Farbe und Anordnung der Teile sind in der Engine besser zu erkennen.

9. Eventuell Anpassungen in Photoshop oder 3ds Max durchführen

Wenn irgendwelche Probleme festgestellt werden, geht das Objekt zurück zu 3ds Max oder die Textur zurück zu Photoshop.



Abbildung 6: Asset-Erstellung Schritt 10: Platzierung des Objektes in der Szene

10. Platzierung des Objektes in der Szene

Wenn alle individuellen Probleme des Objektes beseitigt sind wird es in der Szene platziert. Dies passiert in Relation zu anderen Objekten und passend zu den realweltlichen Anforderungen des Objektes. Für ein Interaktives Objekt werden auch alle notwendigen Texte vorbereitet und hinzugefügt. Eventuelle Effekte wie ein Wind-Shader oder Anpassungen der Eigenschaften wie Schattenwurf und Kollision werden zum Schluss durchgeführt.

2.4 Aufbau der Usertests

Zur Evaluierung des Prototypen wurden Usertests mit insgesamt 45 freiwilligen Studenten der HAW Hamburg durchgeführt. Dieser Test bestand aus einer kurzen Spiel-Einheit, bei der die Probanden die HTC Vive aufsetzten und jeweils circa 10 Minuten frei spielen konnten, und einem anschließenden Fragebogen.

2.4.1 Der Fragebogen

Der verwendete Fragebogen bestand aus drei Teilen, die jeweils andere Schwerpunkte abfragten. Teil Eins war dabei der Simulator Sickness Questionnaire nach Kennedy, bei dem Spieler ihr körperliches Befinden in 16 verschiedenen Bereichen auf einer Skala von 0 bis 3 angeben mussten. Dieser Teil sollte zur Vergleichbarkeit mit anderen VR Projekten dienen und die Schwere der Cyber Sickness feststellen. Im zweiten Teil ging es um den visuellen und emotionalen Eindruck des Spiels und die Bewertung der dargestellten Informationen. Folgend dem Beispiel des Kennedy Fragebogens wurde hierfür ebenfalls eine 4-Punkt Skala verwendet, wobei es einige Ergebnisse gab, bei denen die Probanden es vorzogen keine eindeutig positive oder negative Angabe zu machen. Diese Ergebnisse wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht mitgezählt. Der dritte Teil des Fragebogens bestand aus freiwilligen Angaben, die für die Auswertung des Tests interessant waren, wie zum Beispiel Alter, Naturschutzinteresse und vorherige Erfahrungen mit Virtual Reality Programmen.

2.4.2 Testrahmen

Die Usertests wurden an zwei Orten in Hamburg durchgeführt, einmal im SimLab auf dem Campus Bergedorf und einmal im Raum F171 auf dem Campus Finkenau. So konnte eine möglichst breite Masse an Probanden erreicht werden, die sowohl aus dem Bereich Life Sciences als auch aus dem Bereich Media kamen. Die Auswahl der Probanden erfolgte über öffentliche Einladung per E-Mail an alle Studenten des Campus Bergedorf und des Campus Finkenau. Zusätzlich wurde auf Facebook in der lokalen Gruppe der Games Studenten der HAW Hamburg Werbung gemacht. Die Tests fanden an drei Tagen im Mai 2017 statt, zweimal in Bergedorf und einmal in Finkenau.

Das SimLab in Bergedorf ist ein kleiner, abschließbarer Raum, in dem eine HTC Vive aufgebaut ist. Die Spielfläche der Vive nimmt genau das Innere des Raumes auf, erreicht die

Minimalgröße aber nur ganz knapp, da mehrere Tische im Raum stehen und die verfügbare Fläche begrenzen. Dadurch mussten Spieler sehr vorsichtig vorgehen und konnten nicht alle Objekte des Spiels bequem erreichen. Allerdings konnte äußerlicher Einfluss größtenteils durch das Schließen der Tür abgeschirmt werden und so eine ruhigere Spielumgebung geschaffen werden.

Der Raum F171 in Finkenau ist ein regulärer Computerraum, bei dem eine große Fläche an der Seite für die Vive freigemacht ist. Hier ist mehr Spielplatz vorhanden und Spieler konnten sich besser in diesem Raum bewegen ohne auf Hindernisse zu stoßen. Allerdings war die Abschirmung, insbesondere was die Geräuschkulisse, nicht so gut wie in Bergedorf, da der Spieler inmitten eines großen Raumes mit Hall stand und um ihn herum Zuschauer und arbeitende Studenten waren.

2.4.3 Ablauf

Zuerst wurde den Probanden das Spielziel und der Controller kurz erklärt, danach wurde das HMD aufgesetzt und kalibriert. Dann durften die Probanden das Spiel frei testen, bis sie alle Objekte gefunden hatten oder zehn Minuten vergangen waren. Die Zeitlimitierung musste aufgrund von wartenden Probanden eingeführt werden. Während des Spielens passte der Autor auf, dass sich niemand stieß oder das Kabel nicht verdrehte. Es wurde darauf geachtet, das Spielerlebnis so wenig wie möglich von außen zu beeinflussen, sei es verbal oder durch Kollision mit realen Hindernissen. Nur wenn Spieler Fragen stellten oder um Hilfe baten, wurde eingegriffen. Nach dem Spielen wurde kurz über das Erlebnis gesprochen und nach Feedback und Kritik gefragt. Zum Schluss füllte der Proband den Fragebogen aus und der nächste Spieler konnte beginnen.

3. Projektumsetzung

Im Folgenden wird das Konzept für die virtuelle Erkundung der Moorlandschaft entwickelt und die Umsetzung dessen in Form eines spielbaren Prototypen dokumentiert. Inhalte, Mechaniken und Visualisierungen werden im Detail erklärt.

3.1 Konzept

Ziel dieses Projektes ist es, eine spielbare Demo mit Beispielen aller Inhalte eines vollständigen Lernspieles mit Thema Moor und Moorschutz in einer Virtual Reality Umgebung zu erstellen. Dieses Spiel soll Menschen aller Altersstufen mit Interesse an Natur, Naturschutz und Spielen ansprechen und idealerweise auch das Interesse an Natur und Naturschutz der Spieler erhöhen. Es soll eine Vielzahl von gefährdeten Tieren und Pflanzen in einer optisch ansprechenden Umgebung dargestellt werden, mit denen auch interagiert werden kann. Der Fokus des Projektes liegt auf einer angenehmen, tiefen Atmosphäre und einer interessanten grafischen Ausgestaltung der Umgebung.

3.1.1 Kernelemente des Spiels

In diesem Projekt gibt es drei wichtige Elemente, die das Gameplay beeinflussen sollen. Eine *Interaktion mit Tieren und Pflanzen* soll dabei die Kernmechanik des Spiels darstellen, die von einer *Darstellung von Informationen* über diese Tiere und Pflanzen und einem *spielerischen Ansatz* unterstützt werden. Die Interaktionsmöglichkeiten des Spielers sollen die Auseinandersetzung mit Tieren und Pflanzen fördern und zum aktiven Erfahren der Natur einladen. Die dargestellten Informationen sollen kurze, interessante Texte sein, die Lust auf mehr Information machen, aber auch den Hinweis auf die Gefährdung der Tiere und Pflanzen beinhalten. Der spielerische Teil soll nicht von den ersten beiden Mechaniken ablenken, sondern diese möglichst aufbauen. Das Spielen soll trotzdem Spaß bereiten.

3.1.2 Erwünschte Auswirkung auf den Spieler

In Anlehnung an die in Kapitel 1.1.5 entwickelte Definition eines Lernspieles ist die erwünschte Veränderung im Verhalten des Spielers dreierlei: Erstens soll der Spieler während des Spielens aus einer passiven, statischen Spielhaltung herausfinden und die virtuelle

Umgebung ganzkörperlich erfassen und sich mit ihr auf einer aktiveren Ebene auseinandersetzen. Das heißt, er soll sich bücken, knien, den Kopf drehen, nah an Objekte herangehen und seine virtuellen Sinne im gegebenen Umfang auch tatsächlich einsetzen. Diese physikalische Erfahrung soll auch in der realen Interaktion mit der Umgebung eine Veränderung herbeiführen, so dass die Spieler mit größerer Neugier und Aufmerksamkeit durch die Welt gehen, den Blick mehr zu der Natur um sie herum wenden und sich dieser mehr bewusst werden. Zweitens soll die negativ behaftete Vorstellung von Mooren sowohl als realweltliche Landschaft als auch als Spielumgebung verändert werden und ein positiver Eindruck entstehen. Daraus ergibt sich durch das Lenken der Aufmerksamkeit auf diese Problematik in einer spielerischen Darstellung optimalerweise auch ein verstärktes Interesse an Themen wie Moor- und Naturschutz.

3.1.3 Inhaltliche Ausgestaltung

Da ein gesundes Hochmoor in seiner natürlichen Form in Deutschland schon gar nicht mehr existiert und auch aufgrund der relativ artenarmen Umgebung ist es sinnvoll statt eines reinen Hochmoores eine Moorlandschaft mit verschiedenen Nachbarbiotopen darzustellen. Dafür eignen sich besonders die Moorheide, die an trockeneren Rändern von Mooren entsteht, und die Feuchtwiese, die auf nassen Böden in der Nähe von Mooren liegen kann. Ein Moorkolk, ein See auf Moorgebiet, kann zur visuellen Vielfalt beitragen. Die Umgebung des Spieles soll demnach auf einer kombinierten Landschaft aus Hochmoor, Moorkolk, Moorheide und Feuchtwiese bestehen. In jeder dieser Biotope sind andere Tiere und Pflanzen vorhanden, die alle von dem Bestehen ihrer jeweiligen Landschaftsform abhängig sind und auch mit dem Bestehen des Moores zusammenhängen. Diese vier Biotope könnten vier verschiedene Orte darstellen, an denen sich der Spieler aufhalten kann. Der ungefähre Zeitpunkt des Spiels wurde auf die Sommerzeit zwischen Anfang Juli und Ende September gelegt, so dass viele blühende Pflanzen und aktive Tiere verfügbar sind. Für das vollständige Spiel wurden acht Tiere und acht Pflanzen ausgesucht, die die Anforderungen erfüllen und ungefähr gleichmäßig auf die verschiedenen Biotope verteilt werden können. Auch wenn es in diesen verschiedenen Biotopen sehr viele interessante Themen gibt, die sich lohnen in einem bildenden Projekt umzusetzen, soll der Fokus in diesem Projekt auf den gefährdeten Tieren und Pflanzen liegen. Ferner soll das Projektes hauptsächlich ein Spiel sein, was den Umfang der dargestellten Informationen zugunsten von Spielspaß begrenzt. Aus diesem Grund wäre es angebracht, tiefgreifende Informationen sowohl über die tatsächlich dargestellten gefährdeten Tiere und

Pflanzen als auch über relevante Themen wie den Aufbau eines Moores und dessen Bedeutung für Klimawandel und Artenschutz (siehe Einführung) in ein anderes Medium auszulagern. Dafür würde sich ein illustriertes Buch gut eignen. Die visuelle Sprache, die im Spiel verwendet wurde, könnte sich in den Illustrationen des Buches wiederfinden und die Informationen aus dem Spiel vertiefend und mit mehr Detail in den Buchtexten wiedergegeben werden. So entsteht eine medienübergreifende Lern-Erfahrung, die beliebig ausbaubar ist.

3.1.4 Umfang des Prototyps

Da die Umsetzung eines vollständigen Spieles mit allen geplanten Features und in vollem Umfang im Rahmen dieser Masterarbeit nicht möglich ist, soll stattdessen ein funktionsfähiger Prototyp entwickelt werden, der alle Kernelemente des Konzeptes umsetzt. Mit diesem Prototyp kann dann in einem kleineren Umfang besser experimentiert und getestet werden, welche Features gut funktionieren und welche verbessert werden können.

Die wichtigsten Kernelemente des Projektes sind, wie bereits festgestellt, die bedeutungsvolle Interaktion mit gefährdeten Tieren und Pflanzen und Informationsvermittlung über diese. Eine solche Interaktion muss im Prototyp vorhanden sein, die Anzahl der Tiere und Pflanzen kann allerdings niedriger sein als im Konzept festgelegt. Anstelle von sechzehn interaktiven Objekten, acht Tieren und acht Pflanzen, reicht es, nur vier Objekte, jeweils zwei Pflanzen und zwei Tiere darzustellen. Mit einem Viertel der verfügbaren Objekte lässt sich ungefähr abschätzen, wie lange das Spiel dauern kann und wie tief der Informationsgehalt sein muss. Als Test wurde zusätzlich noch eine weitere Pflanze als interaktives Objekt eingebaut, die nicht direkt gefährdet ist. Statt vier verschiedenen Orten kann zuerst ein Ort so dargestellt werden, dass der Spieler alle vier unterschiedliche Biotope sieht, aber nur an einem direkt stehen kann. Insgesamt sollte eine Spielzeit von etwa 10 Minuten angestrebt werden, um den Spielern einen Einblick in die virtuelle Moorlandschaft zu gewähren und um erste Ergebnisse zum Auftreten von Cyber Sickness zu sammeln. Mit den Ergebnissen aus diesem Prototyp kann besser geplant werden, wie das Projekt vollständig umgesetzt werden kann und ob der geplante Umfang zu erreichen ist oder nochmal angepasst werden muss. Die Umsetzung des Begleitbuches ist in der Bearbeitungszeit nicht machbar, allerdings kann eine Beispielillustration einer einzelnen Seite entwickelt werden, die als Richtlinie dient.

3.2 Mechaniken

So vielfältig und neuartig die Interaktionsmöglichkeiten von Virtual Reality auch sind, so muss sich bei jedem Projekt die Frage stellen, welche dieser Möglichkeiten angebracht und umsetzbar sind. Die grundsätzlichen Features der HTC Vive wie Headtracking, Motion Controller Tracking und Button Nutzung (wie zum Beispiel für den Teleport) sind praktischerweise bereits in den VR Templates der Unreal Engine verfügbar. Was genau mit diesen Features bewerkstelligt werden kann, liegt dann aber an den Fähigkeiten des Entwicklers. Im Falle von *Stille Wasser* musste dementsprechend darauf geachtet werden, dass der Programmieraufwand gering bleibt, aber dennoch eine zufriedenstellende Erfahrung entsteht.

Weiterhin müssen die Mechaniken die vorher festgelegten Kriterien des Konzeptes erfüllen. Es soll demnach eine *Interaktion mit Tieren und Pflanzen* stattfinden, die *Informationen bereitstellt* und auf einem *spielerischen Ansatz* beruht. Diese Aspekte können in einem Suchspiel umgesetzt werden, bei dem eine Anzahl von Tieren und Pflanzen in einer Szene verteilt werden, die vom Spieler entdeckt werden sollen und daraufhin Informationen über diese Tiere und Pflanzen anzeigt.

3.2.1 Ablauf

Der Spieler hebt die Hand und "klickt" auf ein Objekt, woraufhin eine einfache Info-Karte eingeblendet wird, auf der einige interessante Informationen (Name, lateinischer Name, Trivia, Gefährdungsstatus) in Kurzfassung sowie eine passende Illustration angezeigt werden. Diese Interaktion basiert auf einer intuitiven, natürlichen Bewegung: dem Nutzen der eigenen Hand zur Untersuchung der Welt. Da der Spieler die Objekte erst suchen und finden muss, wird der gesamte Körper in die Interaktion einbezogen, wie es im Konzept erwünscht ist. Die Belohnung für diesen Einsatz erhält der Spieler in Form von Informationen und der Illustration. Zusätzlich wird der Sammeltrieb des Spielers angesprochen, indem die gefundenen Objekte gezählt werden und ein klares Ziel angegeben wird.

3.2.2 Aufbau des Interaktiven Objekts

Der Blueprint für interaktive Objekte ist modular aufgebaut, so dass nur ein Blueprint benötigt wird, um verschiedene Objekte mit verschiedenen Texten anzuzeigen. Dieser Blueprint besteht aus einer Scene Root, einem Static Mesh, einem 3D Widget, einer Sound Cue und einem Sphere Collider.

Scene Root: Basis Komponente eines jeden Blueprints. Funktioniert wie ein Parent Objekt oder ein Gruppe für die angehefteten Komponenten.

Static Mesh: Ein 3D Mesh ohne Bones oder Animation. In diesem Falle das Mesh des Objektes selbst (entweder eine Pflanze oder ein Tier).

3D Widget: UI Element das im dreidimensionalen Raum angezeigt wird, und nicht in einem separaten Renderpass vor der Kamera, wie übliches UI.

Sound Cue: Eine Audio Datei.

Sphere Collider: Kugelförmiger Körper der benötigt wird um Kollision mit anderen Objekten zu ermitteln.

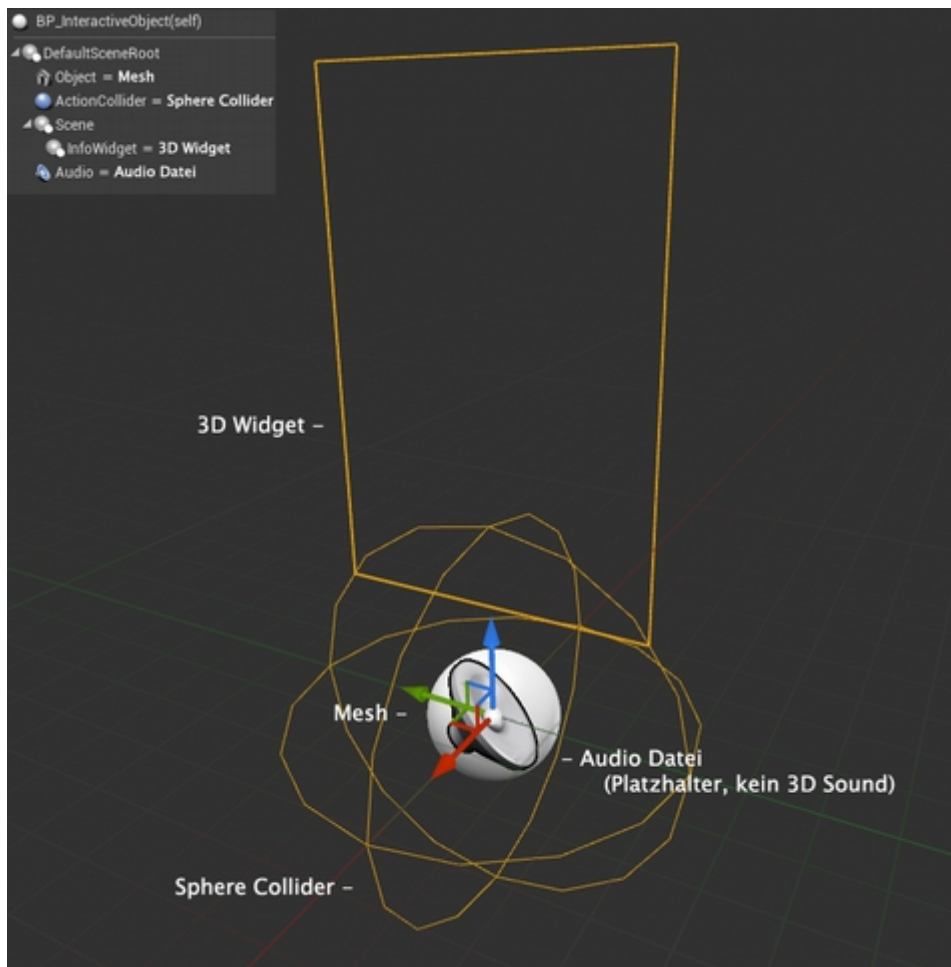


Abbildung 7: Aufbau Interaktives Objekt

Diese Komponenten des Blueprints haben standardmässig keine Meshes, Texte, oder Audio Dateien angehängt, da diese innerhalb der Welt für jedes Objekt individuell hinzugefügt werden. Für jedes neue Objekt wird der Blueprint kopiert und die Komponenten einfach ausgetauscht. Mit diesem System lassen sich schnell viele unterschiedliche Interaktive Objekte aus den vorhandenen Assets zusammenbauen. Dem Blueprint sind außerdem Variablen zugeordnet, die den Text auf dem 3D Widget beeinflussen und für verschiedene Funktionen benötigt werden.

Der Sphere Trigger ist größer als das Static Mesh, damit der Spieler das Objekt nicht direkt anfassen muss, sondern nur in die Nähe des Objektes kommen muss, um es zu aktivieren. Das 3D Widget "schwebt" einige Zentimeter über dem Static Mesh, so dass das Static Mesh auch noch sichtbar ist, wenn das Widget angezeigt wird. Die Sound Cue wird nur einmal und als UI Sound abgespielt, das bedeutet, sie hat keine Räumlichkeit.

3.2.3 Technische Umsetzung der Interaktion

Der Motion Controller Blueprint verfügt bereits über einen Sphere Collider, der im Beispiel-Template für das Greifen und Hochheben von Objekten benutzt wird. Diese Greif-Mechanik kann durch eine Klick-Mechanik ersetzt werden, indem die Funktion umgeschrieben wird. Dem Motion Controller wird eine neue Funktion hinzugefügt, die testet, ob sein Collider einen Actor berührt, dem ein bestimmtes Tag zugewiesen ist. Wenn mehrere Objekte mit dem Tag im Collider liegen, wird verglichen, welches Objekt dem Ursprung des Colliders am nächsten ist. Dieses Objekt wird dann in eine Variable geschrieben, damit es weiterbearbeitet werden kann. Solange der Motion Controller mit einem solchen Objekt kollidiert, wird eine Animation des angehängten Hand-Meshes ausgeführt, um anzuzeigen, dass eine Interaktion möglich ist. Dieses Event wird an das UI Widget weitergeleitet, das eine Animation von transparent zu opak für alle seine Elemente durchführt und so in der Spielwelt sichtbar wird. Nach einer Sekunde wird die Sound Cue gestartet und abgespielt. Bei der ersten Interaktion mit einem Objekt wird eine Variable gesetzt, die anzeigt, dass das Objekt gefunden wurde und die Anzahl der gefundenen Objekte im Status Widget wird entsprechend angepasst. Wenn der Trigger am Motion Controller nochmal im Bereich des Colliders geklickt wird, wird die Sound Cue gestoppt, falls sie noch läuft und das 3D Widget wird durch umgekehrtes Abspielen der Animation wieder ausgeblendet.

3.3 Visualisierung und Sound

3.3.1 Grafik

Die Wahl des Grafikstils wurde maßgeblich vom weichen, unregelmäßigen Aussehen von Aquarellmalerei und Wasserfarben beeinflusst. Die künstlerischen Eigenschaften von Aquarell, bei dem Farben ineinander verlaufen, Ränder und Grenzen verwischen und verschiedene zufällige Unregelmäßigkeiten in der Fläche entstehen, erzeugen eine natürliche und organische Optik. Für ein Projekt, das sich mit der ansprechenden Darstellung einer organischen Landschaft beschäftigt, ist diese Optik ideal. Über das Element des Wassers besteht auch eine thematische und symbolhafte Verbindung zwischen der feuchten Landschaft Moor und dem nassen Kunstmedium.

Es wurde eine Balance zwischen Stilisierung und Realismus angestrebt, da das Projekt *Stille Wasser* sich mit realen Themen in einem virtuellen Raum auseinandersetzt. Deswegen wurde weder eine hoch stilisierte Grafik wie bei einem Cartoon noch eine extrem realistische Grafik gewählt. Die Umsetzung einer realistischen Grafik wäre sowohl zu aufwendig für eine einzelne Person gewesen, als auch von der Stimmung her zu "ernst". Es bestünde auch die Sorge, dass die Darstellung in der virtuellen Welt dem realistischen Anspruch gar nicht gerecht wird, wodurch der Spieler ein niedrigeres Immersionsgefühl erfährt. Im Vergleich dazu haben Cartoon-Grafiken die Tendenz, albern zu wirken oder ein Thema ins Lächerliche zu ziehen. In Spielen, die eine solche Grafik verwenden, sind Farben oft plakativ und flüchtig, was zu einer sehr reduzierten, groben Palette führt. Eine solche Darstellung wäre zwar einfach und lustig, aber auch sehr abstrakt.

Der Anspruch bei der Gestaltung der einzelnen Objekte war dementsprechend, die grundlegende Form vereinfacht, aber realistisch zu halten und für die Textur die stilisierte Wasserfarben-Optik zu verwenden. So würde das Objekt nicht zu sehr abstrahiert werden, sondern immer noch erkennbar und anhand des Aussehens bestimmbar sein. Bei der Gestaltung von Füllobjekten wurde Wert darauf gelegt, dass sie in der Masse und von weitem gut aussehen, während interaktive Objekte sich visuell von der Umgebung unterscheiden und von nahem einen hohen Detailgrad aufweisen sollten. Dementsprechend sind die meisten Füllpflanzen einfache Planes, deren Textur so gemalt wurde, dass sie dreidimensional wirken, während interaktive Objekte mehr Polygone besitzen und aus mehreren Einzelteilen bestehen.

Für das UI und die Vermittlung der Informationen wurde ein sehr dezent gemusterter Hintergrund mit einfacher schwarzer Schrift verwendet, um die Lesbarkeit zu erhöhen. Die Illustration der Goldregenpfeifer ist ebenfalls in Painter erstellt worden und soll exemplarisch für den Stil der Illustrationen der anderen Objekte und das Begleitbuch stehen. Die vollständige Beispielillustration der Buchseite ist im Anhang [A.2] zu finden.

3.3.2 Sound

In Virtual Reality ist Sound der zweite große Aspekt, an dem Immersion aufgebaut werden kann und soll. Der Sound in *Stille Wasser* soll den Zweck der Immersion erfüllen und ein reicheres, tieferes Präsenzgefühl erzeugen, indem möglichst realistische Sounds gewählt werden. Insgesamt gibt es drei atmosphärische Hintergrund-Sounds, die kontinuierlich im Loop abgespielt werden, zwei weitere zusätzliche Effekte sowie die fünf eingesprochenen Texte, die bei Interaktion mit einem Objekt abgespielt werden. Die atmosphärischen Sounds sind einmal eine Feld und Wiesen Audioscape am Tag mit heimischen Vögeln in der Ferne, die tagsüber abgespielt wird und eine nächtliche Audioscape ohne Vögel nur mit Wind und Grillen, die nachts abgespielt wird. Der dritte atmosphärische Sound ist das Geräusch von plätscherndem Wasser, das tagsüber und nachts abläuft. Genau wie der Gesang einer einzelnen Grille nachts und der Schrei eines Goldregenpfeifers tagsüber ist das plätschernde Wasser ein 3D Sound. Das heißt, das Geräusch wird lauter ,wenn man näher kommt, und leiser, wenn man sich entfernt, bis es ab einer bestimmten Distanz gar nicht mehr zu hören ist. Diese Sounds stammen alle aus frei verfügbaren öffentlichen Creative Commons Sound Libraries, deren Autoren in Anhang [A.4] aufgelistet sind. Die Texte wurden vom Autor des Projekts mithilfe von professionellem Equipment aufgezeichnet und sind als Platzhalter zu verstehen, da der Autor bestenfalls ein Amateursprecher ist.

3.3.3 Visual Effects

Um die virtuelle Welt noch interessanter und realitätsgetreuer zu machen, wurde eine Vielzahl von Visual Effects eingebaut, die das Moor noch etwas lebendiger machen. Für die Darstellung des Himmels wurde eine Skysphere erstellt, deren Basis eine Skyplane aus dem Beispiel-Projekt "Stylized Rendering" von Unreal war. Das Material wurde verändert, um auf eine Sphere zu passen, und zusätzliche Mechaniken wurden hinzugefügt. Zu diesen gehören eine Sonne, verschieden-farbige Horizont- und Zenith-Ebenen, die unabhängig von der Hauptfarbe des Himmels gesteuert werden können sowie ein Tag-Nacht-Wechsel mit

Sternenhimmel in der Nachtphase. Die Form und Bewegung der Wolken war bereits Teil der ursprünglichen Skyplane, aber Transparenz, Geschwindigkeit und Umrisschärfe wurden angepasst. Die Position der Sonne auf der Skysphere ist abhängig von der Ausrichtung des Directional Lights, das in der Szene für die Beleuchtung sorgt, so dass die Illusion entsteht, dass das Licht tatsächlich von der Sonne kommt. Über ein komplexes Node System im Level-Blueprint und dem Sky Material wird das Directional Light zusammen mit der Sonnenposition animiert und die Farben von Horizont, Himmel, und Zenith zeitgesteuert verändert. Ab einem gewissen Punkt wird die Intensität der Sonne und des Lichts verringert und stattdessen die Textur der Sterne eingeblendet. So entsteht ein glaubwürdiger Tag-Nacht-Rhythmus. Für das Wasser des Moorkolks wurde ein weiterer Blueprint aus den Beispiel-Projekten von Unreal verwendet und ausgebaut. Zusätzlich zur Darstellung der Wellenbewegung wurde ein Material Shader geschrieben, der einen Uferbereich erstellt, in dem die Wellen keinen Effekt haben und stattdessen eine andere Textur mit anderen Eigenschaften projiziert wird. Dieser Uferbereich entsteht an allen Schnittpunkten zwischen der Wasser Plane und andere Objekten und stellt in diesem Projekt einen Schwinggras dar, der aus grünem Torfmoos besteht und auf der Oberfläche des Wassers schwimmt. Weiterhin wird diese Textur zum Ufer hin transparent, so dass ein weicher Übergang zum Land entsteht.

Die Bewegung der Pflanzen in einem leichten Wind wird durch einen Material Shader simuliert, der aus einem vorherigen Projekt des Autors übernommen wurde. Bei diesem Shader wird eine wellenförmige Normal Map global über alle platzierten Objekte mit diesem Material bewegt und die World Position der Vertices in diese Richtung verschoben. Durch einen Schwarz-Weiß Verlauf kann kontrolliert werden, welche Teile der Textur verschoben werden und aus diesem Grund befinden sich bei allen Pflanzen die beweglichen Teile wie Blattspitzen und Blüten am oberen Rand der Textur. Das Lighting ist voll-dynamisch, das heißt es findet keinerlei Light Baking statt und es werden keine Lightmaps erstellt. Sämtliches Licht in der Szene kommt von einem Directional Light, das von einem schwach eingestellten Skylight unterstützt wird, welches die Schatten etwas heller macht. Im Post Processing werden einige wenige Farbkorrekturen vorgenommen und ein leichter Depth Blur angewendet, der die Ferne weichzeichnet, damit sich der Spieler eher auf die Umgebung in seiner unmittelbaren Nähe konzentriert. Weitere kleinere Visual Effects wurden aus verschiedenen Beispiel-Projekten kopiert, um die Atmosphäre anzureichern. Dazu gehört ein Partikel Emitter, der Staubkörnchen simuliert, und ein Material Shader, der einfachen Nebel auf eine Plane projiziert.

4. Diskussion

Basierend auf den Ergebnissen des Usertestings wird in diesem Teil die Frage nach der Tauglichkeit des Konzeptes diskutiert und Chancen und Risiken der weiteren Produktion untersucht.

4.1 Auswertung Usertesting

Für die Auswertung werden sowohl die Daten aus dem Fragebogen als auch generelle Beobachtungen während der Tests analysiert, und daraus Ansätze zur Verbesserung des Projektes gezogen

4.1.1 Generelle Beobachtungen beim Usertesting

Bereits während der Tests konnten einige Verhaltensweisen der Spieler beobachtet werden, die nicht den Erwartungen entsprachen. Diese Beobachtungen beruhen einzig und allein auf persönlichen Eindrücken und sind schwer zu quantifizieren, weshalb sie nur als Hinweise auf mögliche Probleme verstanden werden können. Besonders ist aufgefallen, dass der gewünschte körperliche Einsatz bei der Erkundung der Umgebung nur bedingt erbracht wurde. Die Spieler schienen mehr damit beschäftigt zu sein, das Spielziel zu erfüllen und die versteckten Objekte zu finden, als sich die Objekte genau anzusehen. Die Ausnahme davon waren offenbar Spieler, die selbst Erfahrung als Grafiker hatten oder bereits ein gewisses Interesse für das Thema mitbrachten. Eine Unwilligkeit, sich in unbequeme Posen zu begeben, um die Natur zu erkunden könnte der Grund sein.

Darüber hinaus waren die Spieler deutlich ungeduldiger als erwartet, was sich in mehrfachem Klicken auf die Objekte äußerte, weil nicht sofort ein Feedback an den Spieler über den erfolgreichen Klick gesendet wurde. Das war vermutlich auch der Grund dafür, warum einige Spieler bei einem Fund auf das Objekt blickten und die Info-Karte gar nicht bemerkten. Bei der Interaktion mit den Objekten schien auch eine Unsicherheit über die Bedienung zu herrschen: Viele Spieler hielten den Button gedrückt, während sie die Info-Karte lasen, und erwarteten, dass sich die Karte wieder schließt sobald sie loslassen. Noch häufiger wurde die Info-Karte nach dem Lesen selbst angefasst, um sie zu schließen, anstatt unten am Objekt. Es wurden auch die Füllpflanzen angefasst in der Erwartung, eine Info-Karte über diese zu

bekommen. Allerdings ist nicht klar ob die Spieler dies aus dem Wunsch mehr zu wissen heraus taten oder einfach in ihrer Hilflosigkeit alles anfassten, was in der Nähe war. Auf einer technischen Ebene hat es sich als problematisch erwiesen, Unebenheiten im Boden darzustellen, da viele Spieler mit Schwung versuchten in diese Senken hineinzugreifen, was zu einer Kollision mit dem realen Boden geführt hat.

4.1.2 Ergebnisse Fragebogen

Der erste Teil des Fragebogens basierte auf dem Simulator Sickness Questionnaire von Kennedy [47] und sollte feststellen, inwieweit das Projekt die Simulator- oder Cyber Sickness hervorruft. Die Ergebnisse von 45 Probanden im Alter von 13 bis 39 Jahren fallen dahingehend überwiegend positiv aus, so sind insgesamt 93 Prozent der Antworten "eher positiv" während nur 7 Prozent der Antworten "eher negativ" ausfallen. Die Werte für "Sehr wenige Beschwerden" und "eher wenige Beschwerden" reichen von 69 Prozent bis 100 Prozent der Befragten in allen Kategorien, wobei die Kategorien "Schwierigkeiten beim Fokussieren" und "Verschwommene Sicht" einen signifikant höheren Anteil an "eher wenige Beschwerden" aufweisen (Siehe *Abbildung 8*). Diese beiden Kategorien haben auch den insgesamt höchsten Anteil an "Eher starke Beschwerden" und "Sehr starke Beschwerden" mit jeweils 27 Prozent und 4 Prozent bei "Schwierigkeiten beim Fokussieren" und jeweils 20 Prozent und 9 Prozent bei "Verschwommene Sicht".

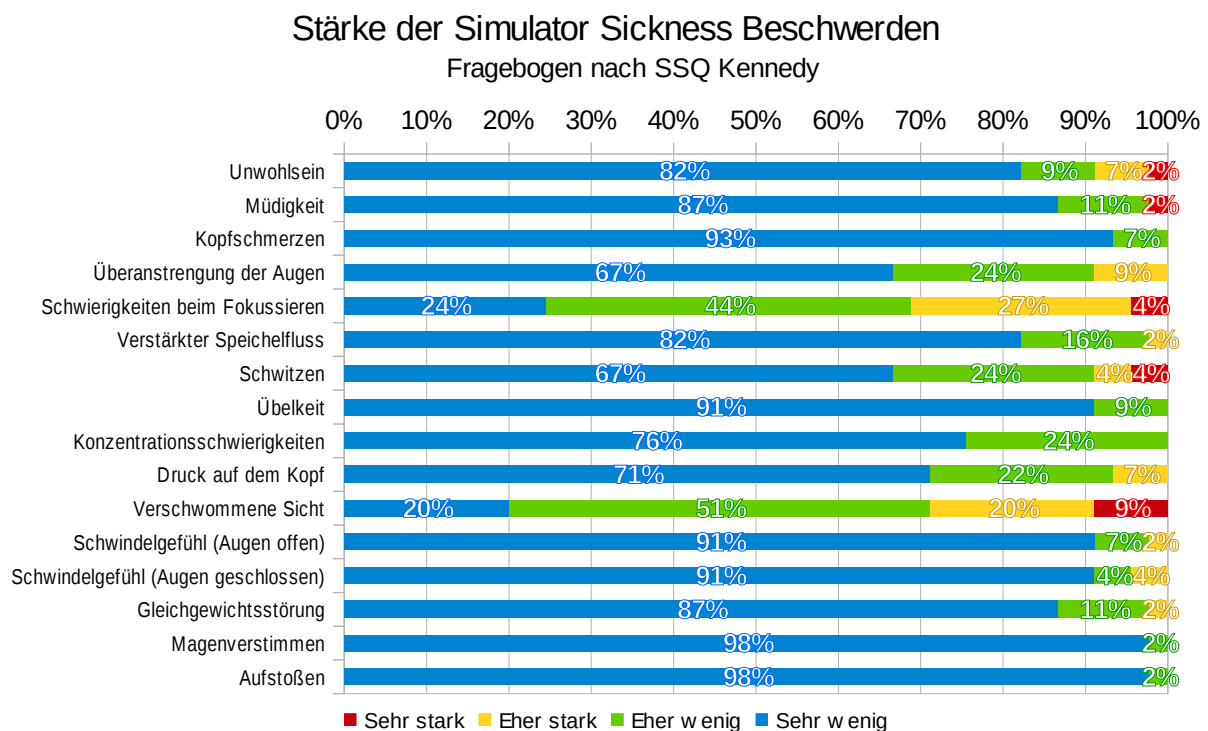


Abbildung 8: Ergebnisse SSQ in Prozentwerten, siehe auch Anhang A.3 für Rohwerte

Die besten Ergebnisse gab es bei "Magenverstimmung" und "Aufstoßen", die beide jeweils zu 98 Prozent mit "Sehr wenige Beschwerden" und 2 Prozent mit "Eher wenige Beschwerden" bewertet wurden.

Nach der Aufschlüsselung dieser Ergebnisse in Scores, wie sie in Kennedy's Paper beschrieben werden, ergeben sich die Subscores $N = 12,69$, $O = 26,45$ und $D = 43,71$ für *Nausea* (Übelkeit), *Oculomotor* (Blickmotorik) und *Disorientation* (Desorientierung). Der Total Score beträgt aufgerundet 29,77. Der hohe Wert bei O und D hängt in beiden Fällen stark mit den Ergebnissen der Fragen nach "Schwierigkeiten beim Fokussieren" (Weighted Score 1,11) und "Verschwommene Sicht" (Weighted Score 1,18) zusammen, da sie beide in die jeweiligen Subscores gezählt werden. Die jeweils nächst-höheren Werte sind für O "Überanstrengung der Augen" (Weighted Score 0,42) und für D "Druck auf dem Kopf" (Weighted Score 0,36). Bei N kommt der höchste Wert (Weighted Score 0,47) von der Kategorie "Schwitzen".

Bei Betrachtung der individuellen Antworten fällt auf, dass ein Zusammenhang zwischen den stärkeren Beschwerden bei "Schwierigkeiten beim Fokussieren" und "Verschwommene Sicht" und dem Ersterlebnis von VR generell bestehen könnte. Beide Personen, die bei "Schwierigkeiten beim Fokussieren" angaben sie hätten "sehr starke Beschwerden" hatten vor dem Test noch nie ein VR Gerät benutzt, und bei "Verschwommene Sicht" waren es 3 von 4 Personen, 2 dieser 3 Personen gaben bei beiden Kategorien "sehr starke Beschwerden" an. Es wäre demnach möglich, dass diese Probanden durch die Konfrontation mit der neuen Technologie andere Erwartungen an die Qualität der Darstellung hatten, oder generell überfordert waren. Eine weitere mögliche Erklärung für die eher negativen Ergebnisse bei diesen beiden Kategorien könnte die geringe Auflösung der Vive sein, die nicht als technologische Limitation, sondern als fehlerhafte Darstellung verstanden wurde. Gerade bei der Kategorie "Verschwommene Sicht" sollte weiterhin untersucht werden, ob der angewendete Depth Blur für die Ergebnisse verantwortlich sein kann.

Im Vergleich mit den Ergebnissen von Kennedy et al. in einer Studie zur Simulator Sickness in "Virtual Environments" befinden sich der Total Score von *Stille Wasser* genau im Mittelwert von 30, der beim Test von 8 verschiedenen Virtual Environment Geräten herauskam. Laut Kennedy unterscheiden sich solche Virtual Environment Geräte signifikant von Simulatoren, denn seine Ergebnisse zeigen einen weitaus höheren *Okulomotorischen*

Wert bei Simulatoren, während Virtual Environments im Vergleich einen moderaten *Okulomotorischen* Wert, dafür aber einen deutlich höheren *Desorientierungs*-Wert haben [56]. Die Werte dieser Anwendung decken sich also mit den Ergebnissen von Kennedy und sind typisch für Virtual Reality Devices. Ein Grund für die in der Regel höheren Werte bei Virtual Reality Geräten könnte laut Kennedy der starke Unterschied zwischen den Testpersonen sein. Die Simulator Sickness Tests, die 1993 gemacht wurden, fanden alle in einem militärischen Umfeld mit stark trainierten Personen statt, während die Tests zu Virtual Environment Geräten mit freiwilligen College Studenten durchgeführt wurden. Der Versuchsaufbau für *Stille Wasser* ähnelt dem zu den Virtual Environment Geräten sehr und auch der Vergleich mit den Ergebnissen von Kennedy 1993 zeigt den angemerkten Unterschied der Scores auf: Während *Stille Wasser* einen Total Score von 29,77 hat, reichen die Total Scores aus den militärischen Flugsimulationen von 8 bis 20.

Allerdings zeigt der Vergleich mit moderneren Geräten, deren Testpersonen in einer ähnlichen Sozial- und Altersgruppe waren, dass der Total Score und die Sub-Scores von diesem Projekt noch verbessert werden müssen. In einer Studie zur Steuerung in Virtual Reality, die mit der Oculus Rift DK1 durchgeführt wurde, ergaben die Usertests einen Total Score von 15,93 bei der Steuerung durch Position Tracking und von 32,27 bei der Steuerung mit einem Controller [57]. Trotz dessen, dass *Stille Wasser* ebenfalls Position Tracking mit einem vergleichbaren HMD verwendet hat, sind die Scores näher an den Ergebnissen mit einem Controller. Eine weitere Studie mit der Oculus Rift DK2 zeigt mit einem Total Score von 9,7 sogar noch niedrigere Cyber Sickness Werte [58]. Es gibt jedoch auch Beispiele für Programme und Studien, bei denen die Ergebnisse ähnlich oder sogar höher sind als bei *Stille Wasser*. Eine Untersuchung zu Unterschieden zwischen HMD-VR, 2D und stereoskopem 3D in Fahrsimulationen ergab einen SSQ Total Score von 30,91 [59]. Meta-Analysen, die bei einem Vergleich helfen könnten, gibt es leider noch nicht.

Der zweite Teil des Fragebogens beschäftigte sich mit der Bewertung des Erlebnisses in der virtuellen Realität. Einige Antworten konnten nicht in die Wertung einbezogen werden, da sie weder eindeutig positiv noch negativ ausfielen. Aus diesem Grund fluktuiert die Gesamtmenge an verfügbaren Antworten in diesem Bereich. Die Ergebnisse fallen jedoch ebenfalls eher positiv aus, mit einem einzelnen, deutlichen Einbruch bei der Frage nach der Lesbarkeit der Texte, der auf die vorher festgestellten Probleme im Blickmotorischen Bereich (O) zurück geführt werden kann.

Bewertung der virtuellen Erfahrung

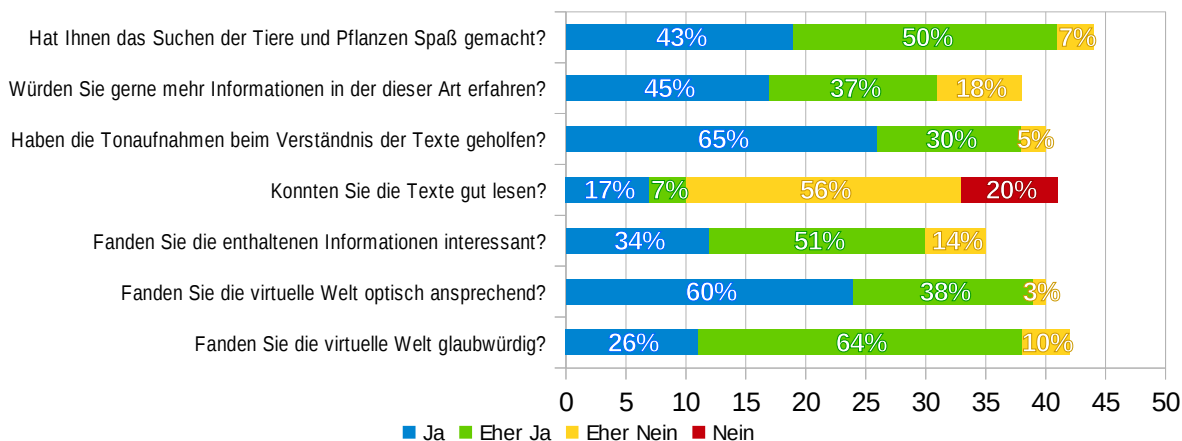


Abbildung 9: Ergebnisse Teil 2 des Fragebogens in Prozentwerten, siehe auch Anhang A.3 für Rohwerte

Nur 17 Prozent der Befragten konnten den Text "sehr gut" lesen, weitere 7 Prozent "eher gut"; dann fielen 56 Prozent Prozent "eher schlecht" aus und schließlich ganze 20 Prozent "sehr schlecht". Als positiv ist jedoch zu bewerten, dass 95 Prozent der Befragten die Tonaufnahmen beim Verständnis der Texte hilfreich fanden (65 Prozent "Ja", 30 Prozent "Eher Ja") und keiner der Befragten fand, dass sie gar nicht geholfen haben (Siehe *Abbildung 9*). Von den acht Personen, die die Texte "sehr schlecht" lesen konnten, haben 7 angegeben, die Tonaufnahmen hätten geholfen (6 "Ja", 1 "Eher Ja"), während nur eine Person angab, sie hätten eher nicht geholfen. Interessant ist, dass die einzige andere Person, die die Tonaufnahmen als eher nicht hilfreich bewertet hat, einer der 17 Prozent Prozent der Befragten war, die den Text sehr gut lesen konnten. Im Großen und Ganzen zeigt sich jedoch, dass die Inklusion der Tonaufnahmen eine gute Entscheidung war. Außerdem fanden immerhin 85 Prozent der 35 Probanden die Texte interessant (34 Prozent "Ja", 51 Prozent "Eher Ja"), wobei dieser Wert sicherlich noch verbessert werden kann, insbesondere da 10 Probanden weder eine positive noch eine negative Einschätzung bringen konnten.

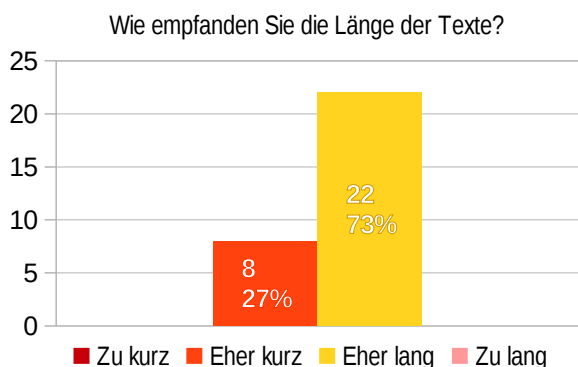


Abbildung 10: Ergebnisse zur Textlänge

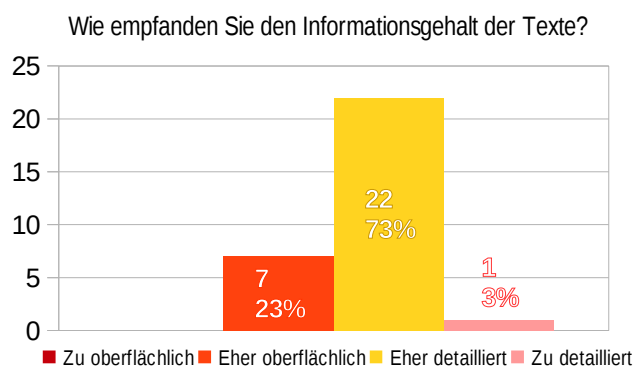


Abbildung 11: Ergebnisse zur Informationstiefe

Bei der weiteren Bewertung der Texte hinsichtlich Länge und Informationsgehalt gab es wenige Abweichungen zum Extrem hin. Niemand bewertete die Texte als "Zu lang" oder "Zu kurz", wobei die Ergebnisse mit 73 Prozent deutlich zu "Eher lang" neigen (Siehe *Abbildung 10*). Unter Beachtung von individuellen Persönlichkeitsunterschieden ist dieses Ergebnis durchaus akzeptabel, wobei eine leichte Kürzung der Texte vielleicht helfen könnte, die Werte in eine bessere Balance zu bringen. Ein sehr ähnliches Bild zeigt sich bei der Frage nach dem Informationsgehalt der Texte, wobei hier allerdings eine Person angab, sie seien "Zu detailliert" (Siehe *Abbildung 11*). Auch wenn die Verteilung fast identisch mit den Ergebnissen zur Textlänge ist, zeigt sich keine besondere Korrelation zwischen den beiden Fragen. Auch hier wäre eine gleichmäßigere Verteilung zwischen den beiden mittleren Werten wünschenswert, und der einzelne Ausschlag zu "Zu detailliert" verdeutlicht die Notwendigkeit, die Texte etwas zu vereinfachen.

Die Bewertungen von Spielspaß und optischem Eindruck fielen besonders positiv aus. Nur 7 Prozent der Befragten hatten eher weniger Spaß am Suchen und Entdecken der Tiere und Pflanzen und sogar nur 3 Prozent fanden die virtuelle Welt optisch weniger ansprechend. Trotzdem zeigen sich in den 50 Prozent die den Spielspaß mit "eher ja" bewerteten, dass an diesem Aspekt eventuell noch gearbeitet werden kann, da ein höherer Spielspaß wünschenswert ist. Auch wenn 60 Prozent der Befragten die Welt uneingeschränkt optisch ansprechend fanden, schätzten nur etwa 26 Prozent die Welt als glaubhaft ein, wobei *glaubhaft* in diesem Falle nicht den grafischen Realismus, sondern die Wahrnehmung der Landschaft als kohärente Umgebung bezeichnet. Das Ergebnis in dieser Kategorie ist zwar mit nur 10 Prozent eher negativen Antworten trotzdem nicht schlecht, dennoch sollte untersucht werden, warum genau die Probanden überwiegend "eher Ja" anstatt "Ja" angaben. Es könnte auch durchaus sein, dass die Fragestellung nicht klar genug definiert war und die Probanden sich nicht sicher waren, was mit *glaubhaft* gemeint war.

Im Bereich des Wissenstransfers lehnen die Ergebnisse etwas mehr zum negativen. 14 Prozent aller Befragten fanden die Informationen zu Tieren und Pflanzen eher nicht interessant und 18 Prozent würden eher weniger gerne mehr über Tiere und Pflanzen in der dargestellten Art erfahren. Von den fünf Personen, die die Informationen eher nicht interessant fanden, gaben drei auch bei der zweiten Frage eher negatives Interesse an. Interessant ist, dass es eine Person gab, die die Informationen zwar nicht besonders interessant fand, aber andererseits sehr gerne mehr über Pflanzen und Tiere in der dargestellten Form lernen würde. Im Vergleich mit dem

angegebenen Naturschutzinteresse konnten keine besondere Korrelation festgestellt werden. Personen, die die Informationen interessant fanden oder mehr erfahren wollten, hatten nicht unbedingt ein höheres Naturschutzinteresse.

Die Aktionsbereitschaft der Probanden stellte sich als grundsätzlich gemischt heraus. Der größte Anteil von 56 Prozent gab an, sie müssten sich erst informieren, bevor sie den Schutz von Mooren in Deutschland unterstützen würden. Dies ist zwar eine neutrale Antwort, allerdings auch als realistische Selbsteinschätzung zu werten, denn die Angaben in einem Fragebogen decken sich nicht unbedingt mit den tatsächlichen Aktionen der Probanden nach dem Test. Es haben auch nur 4 Prozent der Befragten eine solch hohe Aktionsbereitschaft gezeigt. Weitere 22 Prozent gaben an, durch Spenden oder verändertes Konsumverhalten den Moorschutz unterstützen zu wollen. Ein geringerer Anteil von 7 Prozent empfand den Moorschutz als zu viel Aufwand, allerdings gaben mit 11 Prozent mehr Personen an, das Thema sei einfach nicht wichtig für sie. Da das Ziel dieser Arbeit hauptsächlich war Aufmerksamkeit zu schaffen kann die "Vielleicht" Gruppe trotz ihrer Neutralität als wichtige Zielgruppe angesehen werden. Diese Gruppe kann noch beeinflusst werden, indem entsprechende Informationen zu Moorgefährdung und eventuelle Aktionsmöglichkeiten dargestellt werden. An dieser Stelle könnte das im Konzept erwähnte Begleitbuch ansetzen und die Lücken, die die VR Erfahrung hinterlassen hat, füllen. Die 26 Prozent, die Aktionsbereitschaft angaben, sind bereits interessiert und können als Erfolg gewertet werden, wobei die tatsächliche Verhaltensänderung natürlich schlecht messbar ist.

Würden Sie nach diesem Erlebnis den Schutz von Mooren in Deutschland unterstützen?

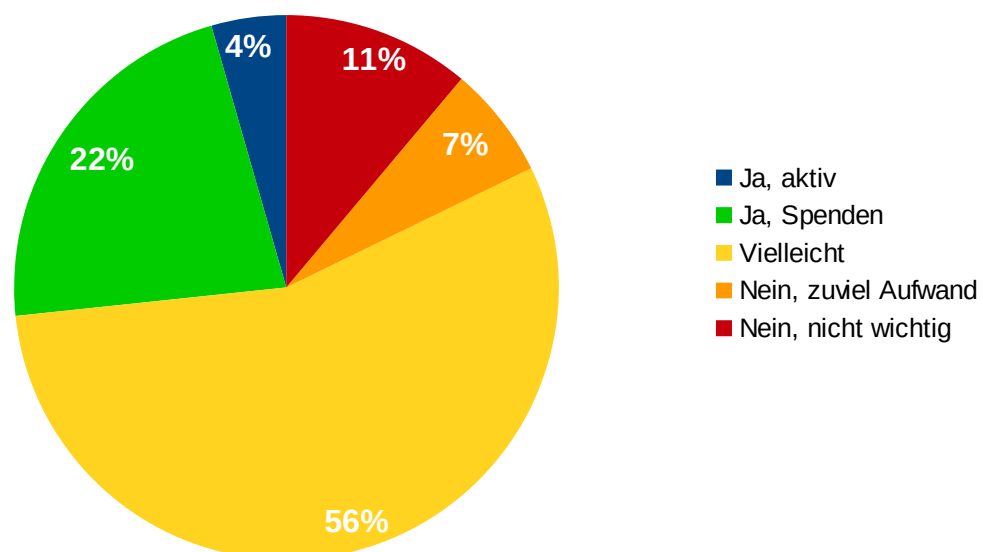


Abbildung 12: Aktionsbereitschaft der Probanden nach dem Test in Prozentwerten

Es fällt auf, dass die Verteilung der "eher aktionsbereiten" Personen auf die beiden "eher Naturschutzinteressierten" Gruppen genau gleich ist. Von den 21 Personen, die sich als sehr Naturschutzinteressiert beschreiben, haben sechs eine höhere Aktionsbereitschaft gezeigt; und von 21 weiteren Personen, die sich als mäßig Naturschutzinteressiert bezeichneten, waren es ebenfalls sechs. Von den drei Personen, die gar nicht an Naturschutz interessiert sind, gaben zwei erwartungsgemäß keine Aktionsbereitschaft an, die letzte Person gab allerdings "Vielleicht" an. Es besteht also die Hoffnung, auch Personen mit weniger Interesse an Naturschutz über die Ursachen und Effekte von Umweltzerstörung aufzuklären. Etwas schade ist, dass selbst drei der sehr Naturschutzinteressierten Personen eine geringe Aktionsbereitschaft angaben.

Zur Einschätzung der Atmosphäre des virtuellen Moors wurden die Probanden gebeten, ihre emotionale Stimmung innerhalb dessen anzugeben. Dabei wurden sechs verschiedene Adjektive vorgegeben und ein Textfeld zum freien Schreiben angeboten. Die häufigste Nennung war "entspannt" mit 39 Angaben, danach "aufmerksam" mit 20 und "fröhlich" mit 16. Nach einem großen Sprung kommt dann "einsam" mit nur sechs Nennungen, gefolgt von "melancholisch" mit fünf. Die häufigste freie Nennung war "interessant" mit drei Angaben. "Langweilig" wurde gar nicht angegeben. Zur Visualisierung aller Angaben nach Häufigkeit siehe *Abbildung 13*. Diese Ergebnisse sind nur bedingt zur Analyse des Projektes hilfreich, allerdings können sie als grobe Einschätzung zur Atmosphäre dienen. Die Verteilung der angegebenen Gefühle ist zufriedenstellend und deckt sich mit den Wünschen und Erwartungen die das Konzept an die Stimmung und Gefühlslage der Probanden hatte.



Abbildung 13: Word Cloud zum Befinden in der Virtualität

4.1.3 Anderes Feedback/Kritik

Im persönlichen Gespräch und im letzten Teil des Fragebogens wurde noch andere Kritik angebracht. So fanden einige Spieler zum Beispiel das robotische Aussehen der Hände störend, obwohl die Animation der Hände selbst positiv bewertet wurde. Das Greifen als Interaktion mit der Natur wurde von wenigen Spielern als zu aggressiv und invasiv empfunden. Tatsächlich war die Verwendung der Standard Unreal Hände und deren eingebauter Animation mit genau diesen Begründungen gar nicht vorgesehen, doch Zeitgründe haben die Entwicklung eines eigenen Controller Models erschwert. Mögliche Alternativen, die bereits durchdacht wurden, wären Hände aus Holz, Äste als Controller, oder etwas noch stärker abstrahiertes als die mechanischen Hände. Für eine bessere Animation der Controller könnte man ein Deuten mit dem Finger oder ein Anstupsen verwenden.

Die Fortschrittsanzeige hat einige Spieler gestört, weil sie direkt vor dem Gesicht steht und nicht jeder verstanden hat, dass er sie auch wieder ausstellen kann. Eine bessere Möglichkeit wäre es gewesen, die Fortschrittsanzeige am Controller zu befestigen.

In den Tests in Bergedorf wurde häufig bemängelt, wie dunkel die Nacht war und dass man gar keine Objekte erkennen könne. Es hat sich herausgestellt, dass dies ein Programmfehler war, der in Finkenau nicht aufgetreten ist. Die Ursache wurde bereits gefunden und entfernt. Weitere Kritik an der Nachtphase war, dass die Sterne extrem regelmäßig am Himmel verteilt waren, so dass die Illusion der Realität etwas gebrochen wurde. Dieses Problem kann relativ leicht durch den Einsatz einer realistischeren Textur behoben werden.

Insgesamt wünschten sich die Probanden mehr Animation und Bewegung in der Landschaft, wie zum Beispiel stärkere Windeffekte und -geräusche sowie tageszeitabhängige Ereignisse. Einige Probanden fanden die Pflanzen und Tiere zu einfach zu finden (siehe auch Anhang [A.3]). Der Raum in Bergedorf war vielen Probanden auch deutlich zu klein. Dies kann durch eine Anpassung der Szene auf einen kleineren Raum behoben werden oder durch eine bessere Auswahl von passenden Räumen.

Generell fiel vielen Probanden der Tag-Nacht-Zyklus positiv auf und auch die Atmosphäre wurde gelobt. Die Bewegung der Pflanzen und der nächtliche Nebel haben nach Angaben der Probanden stark zur Atmosphäre beigetragen.

4.2 Überarbeitung und Ausbau

Mit den vorliegenden Analysen können nun Möglichkeiten zu Überarbeitung und Ausbau des Projekts gefunden und unterschiedliche Ansätze diskutiert werden.

4.2.1 Verbesserung des User Feedbacks und Usability

Die Usertests haben deutlich gezeigt, dass das Feedback für den User noch nicht klar genug ist, was zu Ungeduld und Verwirrung geführt hat. Um diese Probleme anzugehen, muss dem User mehr Information über die Auswirkungen seiner Handlungen gegeben werden und die Usability verbessert werden.

Das User Feedback hat hauptsächlich im Umgang mit den interaktiven Objekten gefehlt. Obwohl sich die Animation des Controllers bei Kontakt mit einem möglichen interaktiven Objekt verändert, wurde die Veränderung oft nicht wahrgenommen und deshalb auch nicht beachtet. Dies kann verbessert werden, indem zusätzlich zu der Animation eine leichte Vibration des Controllers ausgeführt wird. Eine weitere Möglichkeit wäre es, eine Animation zu erstellen, die sich deutlicher von der Idle Pose des Controllers unterscheidet. Die Beobachtung, dass Spieler oft nicht merken, dass sie ein Objekt gefunden haben, kann durch einen Sound Effekt behoben werden. Ob eine zusätzliche UI Einblendung nötig ist, um diesen Sound zu erklären, müsste dementsprechend getestet werden.

Die Verbesserung der Usability ist besonders im Bereich des UI's wichtig, wo durch mehrfaches Klicken Fehler in der Darstellung aufgetreten sind und die Handhabung beeinträchtigt wurde. Für das UI wäre eine Anpassung der Geschwindigkeit der Animation nützlich, um dies zu umgehen, zusätzlich sollte aber auch eine Sperre nach dem ersten Klick eingebaut werden, die das mehrfache Klicken von vorneherein unterbindet, so dass der User erst dann wieder das Objekt beeinflussen kann, wenn die Animation vollständig abgespielt ist.

Eine weitere Verbesserung wäre eine Möglichkeit für den Spieler, eingeblendete UI Objekte einfacher zu schließen. Dies könnte entweder mithilfe eines zusätzlichen nutzbaren Colliders, zum Beispiel in der oberen rechten Ecke wie bei Windows PC's üblich, oder mithilfe eines generellen "Schließen" Befehls, der unabhängig von der Position des Controllers ausgeführt werden kann und alle geöffneten Fenster schließt. Dieser könnte ebenfalls der Trigger-Button

des Controllers sein, wobei dann entschieden werden muss, ob diese generelle Schließen Funktion das Öffnen von neuen Fenstern noch erlaubt, das heißt, die Funktion des Trigger-Buttons zwischen Schließen und Öffnen wechselt, oder ob jeweils nur ein Fenster geöffnet sein kann. Weiterhin sollte das Fenster der Fortschrittsanzeige nicht direkt vor der Kamera und damit direkt vor dem Gesicht des Spielers platziert werden, sondern zum Beispiel am jeweiligen Controller befestigt werden.

4.2.2 Verbesserung der Visualisierung

Auch wenn der generelle Eindruck der Visualisierungen positiv war, gibt es doch einige Stellen, an denen diese noch verbessert werden kann. Wie bereits erwähnt kann für den Sternenhimmel eine bessere Textur gewählt werden, die realistischer oder zumindest glaubhafter ist als die momentane. Diese Textur könnte dann auch ganz subtil animiert werden, um einen stärkeren Immersionsgrad zu erzielen. Da der Tag-Nacht-Zyklus so gut bewertet wurde, macht es Sinn diesen noch weiter auszubauen.

Das Austauschen der Hände als Controller ist ebenfalls für eine bessere Immersion wichtig. In den Tests hatten die Probanden scheinbar viel Spaß beim Öffnen und Schließen der Hände, so dass die generelle Form der Hände als solche beibehalten werden sollte. Um die Hände weniger kalt und mechanisch aussehen zu lassen, könnte eine Holz Textur verwendet werden, die die Hände eher zu etwas wie Puppenhänden macht. Das natürlichere Material passt besser in die natürliche Umgebung und würde das Präsenzgefühl der Probanden nicht so sehr stören. Realistische, menschliche Hände könnten problematisch sein, da sie effektiv am Handgelenk "abgehackt" wären und schweben würden. Es könnte sein, dass diese Darstellung durch ihren zu hohen Realismus unangenehm für den Spieler wird. Leicht abstrahierte Hände sollten diesen Effekt weniger hervorrufen als realistische Hände.

Um diese These zu bestätigen könnte ein vergleichender Test mit den Standard Unreal Händen, hölzernen Puppenhänden und realistischen menschlichen Händen durchgeführt werden, bei dem Probanden alle drei Versionen ausprobieren und bewerten können. Die Animation der Hände sollte in jedem Falle noch weiter überarbeitet werden, damit nicht der Eindruck entsteht, man würde die Tiere und Pflanzen aufheben. Ein solches Verhalten ist im virtuellen Raum natürlich kein Problem, allerdings könnte ein Nebeneffekt entstehen, bei dem besonders jüngere Spieler die Erlebnisse unterbewusst auf die echte Natur übertragen und

annehmen, das Anfassen oder sogar Hochheben von gefährdeten Tieren und Pflanzen sei in Ordnung. Deshalb sollte eine Animation gefunden werden, die weiterhin als Interaktion mit der Natur verstanden werden kann und den Körper miteinbezieht, aber nicht das aggressive Greifen von Tieren und Pflanzen simuliert.

Wie von einigen Probanden gewünscht würde es sich anbieten, noch weitere visuelle und auditive Effekte einzubauen, die die Landschaft lebendiger machen. Eine Möglichkeit wären weitere und stärkere Wetter-Effekte, wobei abgewogen werden muss, ob Aufwand und Umfang eines kompletten Wetter-Systems in einem solch kleinen Projekt tatsächlich lohnenswert sind. Kleinere Effekte wie Sternschnuppen und Glühwürmchen in der Nachtphase oder in der Ferne fliegende Vögel sind allerdings durchaus denkbar.

Zur besseren Ansicht könnten die interaktiven Objekte generell etwas vergrößert werden. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass sie nicht extrem unrealistisch und zu offensichtlich werden. Gegebenenfalls müssten die Objekte dann etwas besser versteckt werden, damit der Spieler sie nicht sofort aufgrund ihrer Größe sieht. In einer weitläufigeren Landschaft, in der man auch von Ort zu Ort teleportieren kann, sollte das aber möglich sein.

4.2.3 Verbesserung der Mechanik

Die Mechanik der Interaktion selbst hat gewiss noch großes Potenzial, welches jedoch unter anderem von einer Vergrößerung des Teams abhängt. Mit einem Programmierer und Game Designer kann sicher noch eine bessere Mechanik entwickelt werden, die im Rahmen der vorher festgelegten Bedingungen eine spielerische Auseinandersetzung mit gefährdeten Tieren und Pflanzen ermöglicht.

Abseits der Hauptmechanik könnten aber auch noch mehr Möglichkeiten der Interaktion geboten werden. Eines der anspruchsvollsten Features von VR ist es, Objekte aufzuheben und zu manipulieren. Dementsprechend könnten zum Beispiel Steine und Äste eingebaut werden, die bewegt und geworfen werden können. Hier kommt allerdings wieder die Frage nach den realweltlichen Effekten auf: Es wäre ganz und gar entgegen der ursprünglichen Idee, wenn Spieler anfangen, Steine auf Vogelnester zu werfen. Dieses Problem müsste erst weiter untersucht werden und verschiedene alternative Ideen gesammelt werden.

Eine weniger problematische Mechanik wäre die generelle Reaktion der Umwelt auf die Aktionen des Spielers. Gras könnte auf Berührung reagieren und sich zur Seite beugen, wenn man an dieser Stelle steht. Vielleicht könnte das vorsichtige Zur-Seite-Schieben von Gras und Büschen auch zur Verstärkung der Hauptmechanik eingesetzt werden und Teil des Suchvorgangs sein. Weiterhin könnten Tiere vor dem Spieler fliehen, wenn er ihnen zu nahe kommt oder mit den oben erwähnten Steinen oder Ästen versucht, nach ihnen zu werfen. So könnte der Falter ruhig auf seiner Blume sitzen bleiben, solange der Spieler ihn nur ansieht, aber wegfliegen sobald die Hand ihn berührt. Dies könnte auch für das Vermitteln von weiteren Lerninhalten genutzt werden, wie zum Beispiel das bekannte Lockspiel eines adulten Vogels, der vorgibt verletzt zu sein und so Jäger vom Nest wegführt. Eine sehr krasse, aber vielleicht durchaus angebrachte Reaktion der Umwelt auf den Spieler könnte auch sein, dass bei direkter Berührung der Pflanzen und Tiere mit der Hand die Eier zerbrechen, Pflanzen abknicken und der Falter zu Boden taumelt. Dies könnte einen starken emotionalen Effekt auf die Spieler haben, die die Konsequenzen ihrer invasiven Aktionen direkt sehen können. In diesem Falle müsste das Vorhandensein solcher Konsequenzen aber vorher vermittelt werden, damit die Spieler sich nicht betrogen fühlen. Selbst Spieler, die in der Realität vermutlich keine Pflanzen in der Natur einfach herausreißen würden, könnten nämlich die Virtualität als Spielwiese verstehen, in der solche eigentlich logischen Konsequenzen nicht existieren.

Idealerweise sollte die überarbeitete Mechanik, egal welcher Form, auch etwas mehr Fokus auf die Gründe der Gefährdung des Moores legen und vielleicht sogar positive Anreize bieten, was gegen diese Gefährdung getan werden kann. Der Zweck des Spiels soll weiterhin das Erleben eines virtuellen Moores bleiben und Spieler zur Selbstrecherche anregen, aber es könnten zumindest gewisse Hinweise gegeben werden. So kann das Erlebnis positiv als Aktionsaufruf gestaltet werden und der Lerneffekt ist eventuell stärker auch wenn der Spieler danach nicht weiter forscht.

4.2.4 Ausweitung des Umfangs

Die existierenden Funktionen und Mechaniken können beliebig weit multipliziert werden um den Umfang des Projektes zu vergrößern. Weiterhin kann die Grundform des Projektes auf unterschiedliche Biotop und Landschaften angewendet werden. So könnte durchaus eine Serie von Lernspielen in verschiedenen Biotopen entstehen, die jeweils andere Schwerpunkte hat. Zu Anfang sollte aber das Erreichen des ursprünglichen Zieles von 16 interaktiven

Objekten an vier verschiedenen Szenen im Fokus stehen. Die einzigen Faktoren bei einer solchen Ausweitung des Umfangs sind Zeit und Arbeitsaufwand, da alle notwendigen Tools bereits vorhanden sind. Höchstens bei der Performance könnten ab einer gewissen Größe Probleme auftreten, die jedoch durch verschiedene Tricks und Techniken auch gut optimiert werden kann.

4.3 Ausblick

Um das Potenzial von *Stille Wasser* auch für die Zukunft besser einschätzen zu können, müssen auch Chancen und Risiken des Projektes bedacht werden.

4.3.1. Chancen

Virtual Reality befindet sich ganz klar auf dem Vormarsch und wird in Zukunft eine große Rolle spielen. Allein deswegen lohnen sich bereits jetzt die Auseinandersetzung damit und die Erprobung von Anwendungsmöglichkeiten von VR. Sowohl Developer als auch Investoren sollte nicht den Anschluss verlieren und sich zeitig über das Medium informieren. Das Projekt *Stille Wasser* kann eine solche Anwendungsmöglichkeit im Bildungs- und Entertainment-Bereich darstellen, ob als Anwendung für Privatnutzer zuhause oder als Installation in Museen, Ausstellungen oder Schulen. Wie in Kapitel 1.2.5 erläutert kann VR zur Unterstützung von Lern-Erfahrungen eingesetzt werden. *Stille Wasser* wurde mit diesem Ziel konzeptioniert und umgesetzt. Gerade in Museen und ähnlichen Institutionen wäre ein solches VR Projekt denkbar, da eine feste Montage der VR Station möglich ist. Eine solche Station ist zusätzlich auch sehr flexibel in der Wahl der Inhalte, so dass je nach Thema unterschiedliche Projekte ausgestellt werden können. In einem Naturkundemuseum zum Beispiel könnte eines der angebotenen Projekte auch *Stille Wasser* sein. Für Schulen, die moderne und kreative Technologien verwenden wollen, eignet sich *Stille Wasser* schon ab der 5. oder 6. Klasse als ergänzendes Lernmittel, da es keine komplizierten Themen enthält und die Kinder auf spielerische Art engagiert.

Die Reaktion auf *Stille Wasser* in den Usertests fiel überwiegend positiv aus, so dass anzunehmen ist, dass sich das Projekt bereits jetzt auf einem guten Weg befindet und auch von der bildenden Komponente abgesehen ein angenehmes und interessantes Erlebnis für die Spieler war. Aus diesem Grund kann es sich auch lohnen, *Stille Wasser* für die breite

Öffentlichkeit anzubieten, wie zum Beispiel über die Spiele Plattform *Steam*. Der vorliegende Prototyp kann als kostenlose Download-Version eingesetzt werden, um Crowdfunding für die Umsetzung des Spiels zu sammeln, so dass eine Selbstveröffentlichung ebenfalls nicht auszuschließen ist.

Wenn das Projekt in vollem Umfang und mit verschiedenen anderen Biotopen realisiert wird, kann es in vielen Unterrichtseinheiten des Biologie-Unterrichts verwendet werden. Es kann als attraktives Tool zur Wissensvermittlung und auch zur Aufklärungsarbeit in Sachen Moorschutz eingesetzt werden. Dass die deutsche Bevölkerung interessiert und willens ist, etwas für Naturschutz zu tun, wurde in der Einleitung gezeigt, und auch die Ergebnisse aus dem Fragebogen deuten darauf hin. Es fehlt nur die Aufmerksamkeit für akute Gefährdungen und leicht zugängliche Ratschläge, wie man helfen kann. An diesem Punkt könnte *Stille Wasser* sicher gut ansetzen, indem es zum Beispiel bei Aktionstagen oder Events verschiedener Naturschutzverbände gezeigt wird. Als Ausstellungsorte in Hamburg eignen sich unter anderem das Zoologische Museum im Centrum für Naturkunde, die HAW Hamburg, die an verschiedenen Stellen VR Stationen aufgebaut hat, oder auch der ShoVRoom der VR Nerds und die Holo.Bar. Für Privatpersonen würde das Spiel über Steam veröffentlicht werden, da die HTC Vive mit Steam besonders gut kompatibel ist.

4.3.2 Risiken

Aktuell besteht kein signifikanter Zeitdruck bei der Erstellung des Spiels, was sich aber durchaus ändern kann, wenn ein Vertrag abgeschlossen oder sonstiges Funding erworben wird. Der große Faktor Geld ist immer ein ernstzunehmendes Risiko, da das Überleben der Entwickler davon abhängt, ob sie finanzielle Unterstützung bekommen. Wenn diese finanzielle Unterstützung nicht gegeben ist, muss *Stille Wasser* ein Hobby-Projekt bleiben, was natürlich die Entwicklungszeit und -qualität verringert. Selbst wenn ein Investor oder sogar Publisher gefunden werden kann, ist der Erfolg des Projektes nicht unbedingt gesichert. Lernspiele gehören nicht zu den beliebtesten Genres, und so kann es immer vorkommen, dass sich das fertig gestellte Spiel nicht oder nicht gut genug verkauft.

Dabei ist es auch problematisch, dass die HTC Vive relativ teuer ist und noch nicht viele Privatpersonen VR Brillen zuhause haben. Museen und Schulen, die Zugang zu einer HTC Vive haben sind aktuell auch noch in der Minderzahl. Einer der Gründe dafür ist auch, dass

sich die Vive und andere VR Geräte immer noch in ständigem Wandel befinden. Die Technologie und der Markt sind noch nicht stabil, so dass sich die Frage stellt, ob es sich lohnt, das Projekt jetzt schon umzusetzen oder lieber auf einen größeren Durchbruch der Technologie in der Öffentlichkeit zu warten. Den optimalen Zeitpunkt zu verpassen ist natürlich auch ein Risiko, wenn man zu lange wartet. Letztlich ist ein geringfügiges Risiko selbst nach dem Überwinden all dieser potenziellen Hindernisse, dass das Spiel zwar moderaten bis guten Erfolg hat, jedoch die Bedeutung und Hintergründe des Themas nicht richtig beim Spieler ankommen und keinerlei Umdenken oder Änderung im Verhalten stattfindet. Bei der weiteren Entwicklung müssen diese Aspekte unbedingt beachtet und die Marktsituation weiterhin beobachtet werden. Wenn Problematiken dieser Art von vorneherein in der Entwicklung berücksichtigt werden, können viele Fehlschläge verhindert werden. Wie bei allen Unternehmen darf der Einfluss des schieren Glücks aber auch nicht unterschätzt werden. Es zu versuchen und früh zu scheitern ist sicherlich besser, als zu lange zu warten und zu viel Energie in ein erfolgloses Projekt zu stecken.

4.3.2 Nächste Schritte

Die gewonnenen Erfahrungen aus diesem Projekt und besonders die Resultate der Testergebnisse können signifikant zu einer Verbesserung des Konzeptes beitragen. Aus diesem Grund sollte der erste Punkt der weiteren Entwicklung von *Stille Wasser* darin bestehen, die hier aufgeführten Überarbeitungen durchzuführen und die Demo aufzupolieren. Insbesondere muss der Fokus auf der Verbesserung der SSQ Werte für Blickmotorische Schwierigkeiten und Desorientierung liegen, um die Beschwerden der Cyber Sickness zu verringern. Erst wenn die Werte in einem Bereich liegen, der keine gesundheitlichen Bedenken aufwirft, kann an eine Vermarktung gedacht werden. Wenn die Demo dann aber stabil und zuverlässig läuft, kann ein Presskit mit professionellen Grafiken, Texten und Videos zu Werbezwecken erstellt werden und Personen verschiedener potentieller Ausstellungsorte und Investoren zum Ausprobieren eingeladen werden. Weiterhin kann das Projekt auf verschiedenen VR Treffen und Umwelt Events vorgestellt werden, um eine möglichst breite Masse auf das Projekt aufmerksam zu machen. Im Laufe dieser Phase kann auch nach einem Programmierer zur Verstärkung des Teams gesucht werden.

Am Ende steht das Ziel, eine verbesserte, funktionsfähige Demo mit überarbeiteten Grafiken und Mechaniken zu erstellen, die zur Gewinnung von Funding für ein vollständiges Projekt genutzt werden kann.

5. Fazit

Die Untersuchung von verschiedenen Studien und literarischen Quellen ergab, dass Virtual Reality als Medium für bildende Spiele einige Vorteile für die Wissensvermittlung bringen kann, aber nicht als alleiniges Lernmittel eingesetzt werden sollte. Der signifikanteste Effekt auf den Lernenden beim Einsatz von VR ist eine gesteigerte Motivation und emotionale Reaktion, was unterstützend auf die Erinnerungsfunktion und das Engagement wirken kann. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein Konzept für ein bildendes Spiel in Virtual Reality entwickelt, das dem Spieler einen Einblick in den Lebensraum Moor geben und Interesse an dem Thema wecken sollte. Es wurde konzipiert als multimediales Erlebnis, das zusätzlich zum regulären Unterricht eingesetzt werden soll, um das vorher festgestellte Potenzial des Mediums voll auszunutzen.

Im weiteren Verlauf des Projektes wurde dieses Konzept mit einem Prototypen umgesetzt und dessen Tauglichkeit in Usertests mit freiwilligen Probanden überprüft, um festzustellen, ob die theoretischen Überlegungen auch in der Praxis standhalten. Es ergab sich, dass ein größtenteils positiver Eindruck der virtuellen Umgebung bei den Nutzern entstand, jedoch geringe Probleme mit Cyber Sickness auftraten. Die audio-visuelle Erfahrung des virtuellen Moors als solche wurde größtenteils gelobt, während der bildende Aspekt eher gemischt bewertet wurde. Weiteres Feedback und Kritik zur grafischen Umsetzung und technischen Handhabung zeigten ebenfalls wichtige Ansätze zur Verbesserung. Anhand dieser Resultate wurden verschiedene Lösungsmöglichkeiten diskutiert, die zu einem besseren Erlebnis beitragen könnten und wie die weitere Bearbeitung des Projektes aussehen könnte.

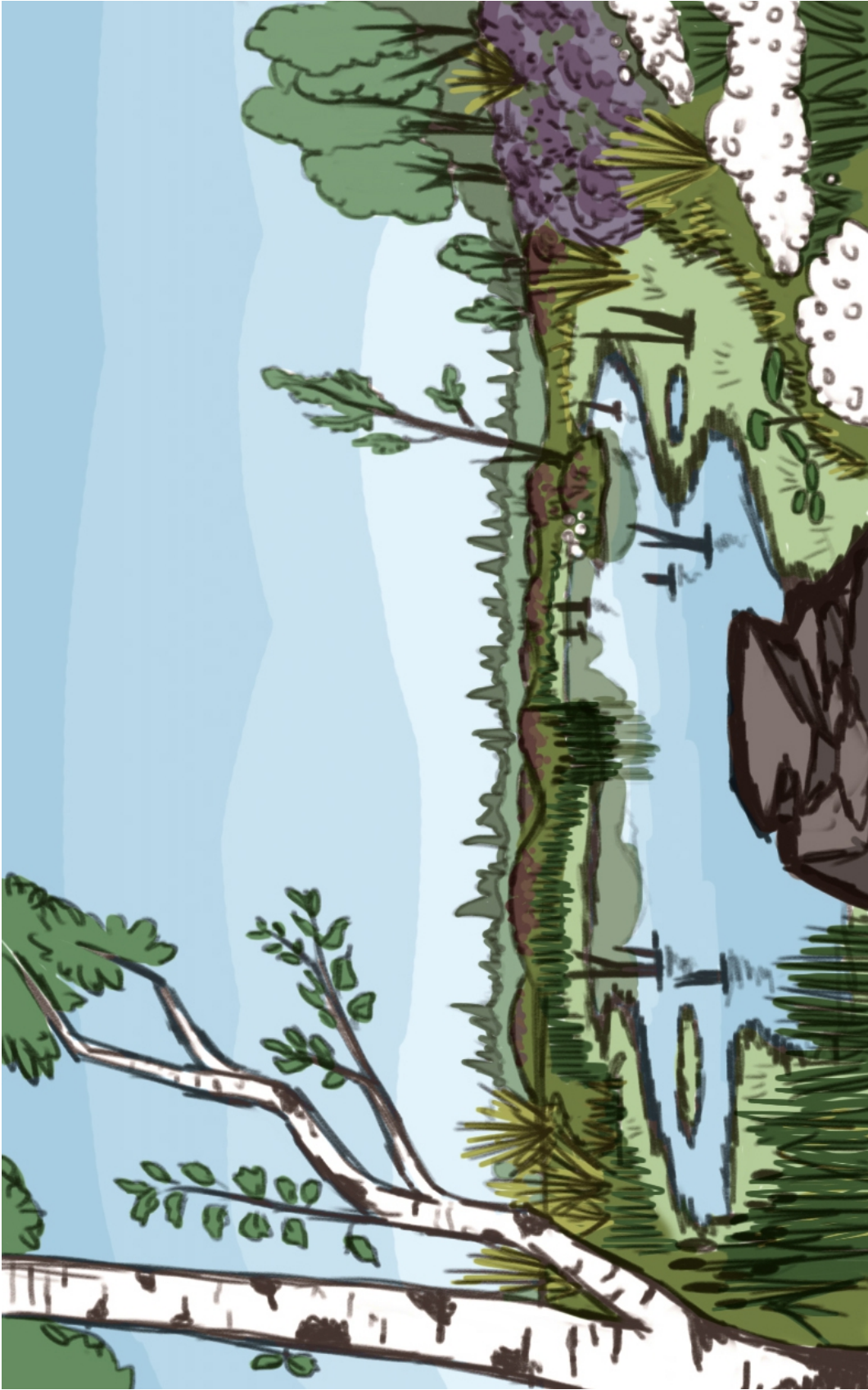
Eine wichtige Erkenntnis ist, dass der pädagogische Effekt des Projektes zumindest teilweise durch die technischen Limitierungen der HTC Vive eingeschränkt wurde. Eine tiefergehende Untersuchung der Ursachen und Erforschung von möglichen Auswegen ist dringend anzuraten. Auch von den technischen Problemen abgesehen war die Resonanz auf die dargestellten Informationen zu Tieren und Pflanzen eher gemischt. Dies könnte an mangelnden pädagogischen Erfahrungen des Autors liegen und sollte eventuell mit einer engeren Zusammenarbeit mit Medienpädagogen ausgeglichen werden. Generell wäre es interessant, Erkenntnisse zu längerfristigen Effekten auf den Spieler und die Effektivität des Spiels als Lernmediums zu erlangen.

Für zukünftige Untersuchungen sollte auch eine breitere Spanne an Probanden eingeladen werden, da die Testgruppe in dieser Untersuchung recht homogen war, was Altersgruppe und Wissensstand anbelangt. Gerade für den Einsatz in Schulen müssen vorher weitere Tests durchgeführt werden, um zu ergründen für welche Altersgruppe ein solches virtuelles Erlebnis am besten geeignet ist.

Insgesamt hat dieses Projekt sein primäres Ziel erfüllt, indem ein ansprechendes Konzept für ein bildendes VR Spiel und sogar ein funktionaler Prototyp entwickelt wurden. Die überwiegend positive Resonanz der Spieler zeigt, dass eine angenehme Atmosphäre und ein eindrucksvolles audio-visuelles Erlebnis erreicht wurde, was den ursprünglichen Ansprüchen gerecht wird. Die aufgetretenen technischen Schwächen sind in Anbetracht der Alleinentwicklung innerhalb der zu erwartenden Größenordnung und können leicht behoben werden. Auch wenn der Prototyp an einigen Stellen noch überarbeitet und ausgebaut werden kann, ist das Projekt *Stille Wasser* bereits jetzt als Erfolg zu werten, da es innerhalb seiner zeitlichen und technischen Begrenzungen die selbst festgelegten Ziele erreicht hat und einen guten Ansatz für eine Virtual Reality Anwendung im Bildungsbereich aufzeigt.

Anhang

A.1 Concept Art



A.2 Illustration Goldregenpfeifer

GOLDREGENPFEIFER

Wer beim Spaziergang im Moor oder auf feuchten Wiesen die getupften Eier dieses Watvogels entdeckt, darf sich glücklich schätzen, und sollte vorsichtig einen großen Bogen um das Nest machen. Diese vergleichbar große Art der Regenpfeifer kommt in Deutschland fast nur noch als Durchzügler vor. In Skandinavien lebt der Goldregenpfeifer gerne in der Tundra, bei uns bevorzugt er Heiden, offene Wiesen, und weite Moore. Wichtig ist eine niedrige Bodenvegetation, die seine Sicht nicht blockiert. Gerade diese Landschaften sind jedoch selten geworden, durch Eingriffe, die das Land für den Menschen nutzbar machen sollen. In ganz Nordeuropa, inklusive Großbritannien, verschwinden seit längerer Zeit die passenden Brutgebiete, und so verringert sich auch der Bestand der Tiere rasant.

Auf der jährlichen Reise in den Süden kann man im Herbst und Winter vor allem im Wattenmeer der Nordsee einen Blick auf die Zugvögel erhaschen. Gegebenenfalls lassen sie sich auch bei einer Pause im Feld oder Acker beobachten. Das stark gefleckte Federkleid ist die perfekte Tarnung. Nur während Balz und Brutzeit entwickeln die Männchen ein auffälliges Prachtkleid mit schwarzem Bauch und schwarzer Kehle, eingerahmt von einem weißen Streifen. Auch das Weibchen färbt sich dann am Bauch etwas dunkler. Die Brut wird von beiden Elternteilen versorgt. Der Partner, der gerade nicht die Eier wärmt, geht auf Insektenjagd oder lockt Eindringlinge vom Nest fort.

Auch wenn weltweit der Bestand (noch) nicht gefährdet ist, gilt der Goldregenpfeifer in Deutschland als vom Aussterben bedroht. Er zählt zu den streng geschützten Tieren und wird als Verantwortungsart eingestuft.

In einer flachen Mulde am Boden finden sich meist vier kegelförmige, längliche Eier. Das Nest ist wenig ausgepolstert und oft auf nackter Erde.



Pluvialis apricaria
 Größe: ca. 25-30cm
 Gewicht: ca. 200g
 Flügelspannweite: ca. 67-76cm
 Lebenserwartung: bis zu 10 Jahre
 Brutgebiet: tundra, heide, moor
 Brutzeit: mai-juni
 Brutdauer: 30 tage
 Partnerwahl: monogam
 Verbreitung: skandinavien,
 nordamerika



A.3 Rohdaten Fragebogen

Teil 1 – Simulator Sickness Questionnaire nach Kennedy

	Sehr wenig	Eher wenig	Eher stark	Sehr stark	SUM
Unwohlsein	37	4	3	1	45
Müdigkeit	39	5	0	1	45
Kopfschmerzen	42	3	0	0	45
Überanstrengung der Augen	30	11	4	0	45
Schwierigkeiten beim Fokussieren	11	20	12	2	45
Verstärkter Speichelfluss	37	7	1	0	45
Schwitzen	30	11	2	2	45
Übelkeit	41	4	0	0	45
Konzentrationsschwierigkeiten	34	11	0	0	45
Druck auf dem Kopf	32	10	3	0	45
Verschwommene Sicht	9	23	9	4	45
Schwindelgefühl (Augen offen)	41	3	1	0	45
Schwindelgefühl (Augen geschlossen)	41	2	2	0	45
Gleichgewichtsstörung	39	5	1	0	45
Magenverstimmen	44	1	0	0	45
Aufstoßen	44	1	0	0	45

Teil 2 – Fragen zu Inhalt und Erlebnis

	Nein	Eher Nein	Eher Ja	Ja	SUM
Fanden Sie die dargestellte virtuelle Welt glaubwürdig?	0	4	27	11	42
Fanden Sie die dargestellte virtuelle Welt optisch ansprechend?	0	1	15	24	40
Fanden Sie die enthaltenen Informationen zu Pflanzen und Tieren interessant?	0	5	18	12	35
Konnten Sie die Texte gut lesen?	8	23	3	7	41
Haben die Tonaufnahmen beim Verständnis der Texte geholfen?	0	2	12	26	40
Würden Sie gerne mehr über Tiere und Pflanzen in der dargestellten Art erfahren?	0	7	14	17	38
Hat Ihnen das Suchen und Entdecken der Tiere und Pflanzen Spaß gemacht?	0	3	22	19	44
	Zu schwierig			Zu einfach	
Empfanden sie die Suche eher schwierig oder eher einfach?	0	12	16	7	38
	Zu oberflächlich			Zu detailliert	
Wie empfanden Sie den Informationsgehalt der Texte?	0	7	22	1	30
	Zu kurz			Zu lang	
Wie empfanden Sie die Länge der Texte?	0	8	22	0	30

Teil 3 – Freiwillige Angaben zur Person

	Starkes Interesse		Kein Interesse	SUM	
Naturschutzinteresse	21	21	3	45	
	Ja	Nein	SUM		
Waren Sie schon einmal in einem Moor?	34	11	45		
Haben Sie vor diesem Test schonmal eine Virtual Reality Brille ausprobiert?	25	20	45		
Würden Sie nach diesem Erlebnis den Schutz von Mooren in Deutschland unterstützen?	Ja, aktiv	Ja, Spenden	Vielleicht	Nein, zuviel Aufwand	Nein, nicht wichtig
	2	10	25	3	5

A.4 Autorenangaben

Abb.1

Oben links - Norbert Arndt

Verfügbar auf [https://naturfotografen-forum.de/o323936-Langbl%C3%A4ttriger%20Sonnentau%20\(Drosera%20anglica\)](https://naturfotografen-forum.de/o323936-Langbl%C3%A4ttriger%20Sonnentau%20(Drosera%20anglica)) (Letzter Zugriff 18.05.2017)

Rechts – i-Flora

Verfügbar auf <http://www.i-flora.com/steckbriefe/suche-nach-arten/art/show/drosera-anglica.html> (Letzter Zugriff 18.05.2017)

Unten Links - A. Stöhr

Verfügbar auf <http://www.naturimfoto.at/index.php/pflanzenfotos-der-fotografen-natur-im-foto.html?page=3> (Letzter Zugriff 18.05.2017)

Sound Goldregenpfeifer

Jarek Matusiak

Verfügbar auf <http://www.xeno-canto.org/102858> (Letzter Zugriff 22.05.2017)

Sound Feld am Tag

Echofreak

Verfügbar auf https://archive.org/details/aporee_35808_41083 (Letzter Zugriff 22.05.2017)

Sound Grille

Udo Noll

Verfügbar auf https://archive.org/details/aporee_7092_8798 (Letzter Zugriff 22.05.2017)

Sound Feld bei Nacht

Jeremy Hegge

Verfügbar auf https://archive.org/details/aporee_27319_31471 (Letzter Zugriff 22.05.2017)

Sound Wasser

Soundopolis – Water Ambiences 01; Sonnis Game Audio GDC Pack

Verfügbar auf <https://archive.org/details/SonnissGameAudioGDC> (Letzter Zugriff 22.05.2017)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Asset-Erstellung Schritt 2: Referenzen sammeln	35
Abb. 2	Asset-Erstellung Schritt 4: Textur in Painter erstellen	36
Abb. 3	Asset-Erstellung Schritt 5: Textur in Photoshop bearbeiten	37
Abb. 4	Asset-Erstellung Schritt 6: Objekt in 3ds Max modellieren	38
Abb. 5	Asset-Erstellung Schritt 8: Import in die Engine	39
Abb. 6	Asset-Erstellung Schritt 10: Platzierung des Objektes in der Szene ...	40
Abb. 7	Aufbau Interaktives Objekt	47
Abb. 8	Ergebnisse SSQ in Prozentwerten	54
Abb. 9	Ergebnisse Teil 2 des Fragebogens in Prozentwerten	57
Abb. 10	Ergebnisse zur Textlänge	57
Abb. 11	Ergebnisse zur Informationstiefe	57
Abb. 12	Aktionsbereitschaft der Probanden nach dem Test in Prozentwerten	59
Abb. 13	Word Cloud zum Befinden in der Virtualität	60

Literaturverzeichnis

[1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) & Umweltbundesamt (2015): *"Umweltbewusstsein in Deutschland 2014"*

Als PDF verfügbar auf

https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_in_d_2014_bf.pdf (Letzter Zugriff 2.05.2017)

[2] Marktforschungsinstitut TNS Emnid im Auftrag des WWF (2016): *"Nature Alert Umfrage zu Naturschutz in der EU"*

Als PDF verfügbar auf http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Umfrage_Naturschutz_Mai2016.pdf (Letzter Zugriff 2.05.2017)

[3] Umweltbundesamt (2016): *"Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2014"*

Als PDF verfügbar auf https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate-change_24_2014_nationaler_inventarbericht_2.pdf (Letzter Zugriff 2.05.2017)

[4] Freibauer A., Drösler M., Gensior A., Schulze E.-D. (2009): *"Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene."* Natur und Landschaft. Heft 01-2009

[5] Naturkapital Deutschland - TEEB DE (2014): *"Naturkapital und Klimapolitik. Synergien und Konflikte."*

Als PDF verfügbar auf

https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/oekonomie/teeb_de_klimabericht_kurzfassung.pdf (Letzter Zugriff 2.05.2017)

[6] John Hattie (2009): *"Visible Learning - A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement"*

[7] Larry Cahill (1996): *"Amygdala activity at encoding correlated with long-term, free recall of emotional information"*

Als PDF verfügbar auf <http://www.pnas.org/content/93/15/8016.full.pdf> (Letzter Zugriff 28.04.2017)

[8] Kevin S. LaBar, Roberto Cabeza (2006): *"Cognitive neuroscience of emotional memory"*. Nature Reviews Neuroscience

Als PDF verfügbar auf <http://www.people.vcu.edu/~mreimers/SysNeuro/LaBar%20-%20Emotional%20memory%20neuroscience.pdf> (Letzter Zugriff 28.04.2017)

[9] Matthias Brand, Hans Joachim Markowitsch (2006): *"Lernen und Gedächtnis aus neurowissenschaftlicher Perspektive"*

[10] Juliet Y Davidow (2016): *"An Upside to Reward Sensitivity: The Hippocampus Supports Enhanced Reinforcement Learning in Adolescence"*

[11] Bardo Herzig, Bertelsmann Stiftung (2014): *"Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?"*

Als PDF verfügbar auf <http://www.bertelsmann-stiftung.de> (Letzter Zugriff 30.03.2017)

[12] Richard E. Mayer (2001): *"Multimedia Learning"*

[12] John Sweller (2005): *"Implications of cognitive load theory for multimedia learning"*

[13] International Association for the Evaluation of Educational Achievement (2013):

„International Computer and Information Literacy Study 2013"

Als PDF verfügbar auf http://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/ICILS_2013_Berichtsband.pdf (Letzter Zugriff 02.05.2017)

- [14] comScore (2016): "Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2016 (in Millionen)"
Verfügbar auf <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [15] IfD Allensbach (2016): "Anzahl der Computernutzer (private und/oder berufliche Nutzung) in Deutschland von 2013 bis 2016 (in Millionen)"
Verfügbar auf <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/168951/umfrage/anzahl-der-computernutzer-in-deutschland/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [16] eMarketer (2015): "Anzahl der Tablet-Nutzer in Deutschland von 2010 bis 2015 und Prognose bis 2020 (in Millionen)"
Verfügbar auf <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/256712/umfrage/anzahl-der-tablet-nutzer-in-deutschland/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [17] PocketGamer.biz (2017): "Kategorien im App Store nach Anzahl der Apps im Januar 2017"
Verfügbar auf <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217342/umfrage/beliebteste-kategorien-im-app-store-nach-anzahl-der-apps/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [18] Accenture (2012): "Anteil der mobilen App-Nutzer in Deutschland, Österreich, Schweiz, die Apps der folgenden Kategorien auf ihr Endgerät geladen haben"
Verfügbar auf <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244747/umfrage/app-kategorien-in-deutschland-oesterreich-und-der-schweiz/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [19] Albert Bandura (1977): "Social Learning Theory"
- [20] Huizinga (1938): "Homo ludens"
- [21] Jesper Juul (2003): "The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness." In *Level Up: Digital Games Research Conference Proceedings*
Verfügbar auf <https://www.jesperjuul.net/text/gameplayerworld/> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [22] Marc Bekoff (1997): *Animal Play: Evolutionary, Comparative and Ecological Perspectives*
- [23] Robin M. Henig (2008): "Taking Play seriously" New York Times
Verfügbar auf <http://www.nytimes.com/2008/02/17/magazine/17play.html?pagewanted=all> (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [24] Julius-Maximilians-Universität Würzburg (2011): "Intelligenter durch Videospiele"
Zusammenfassung verfügbar auf <http://www.uni-wuerzburg.de/sonstiges/meldungen/single/artikel/intelligen-3/> (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [25] James C. Rosser, et al (2007): "The Impact of Video Games on Training Surgeons in the 21st Century"
Als PDF verfügbar auf http://drdouglas.org/drpdfs/Rosser_etal_2007.pdf (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [26] Linda A. Jackson, et al (2011): "Information technology use and creativity: Findings from the Children and Technology Project" *Computers in Human Behaviour*
Als PDF verfügbar auf <http://news.msu.edu/media/documents/2011/11/33ba0f16-a2e9-4d36-b063-2f540f115970.pdf> (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [27] Mark Griffiths (2002): "The educational benefits of videogames." *Education & Health* Vol. 20 No.3 2002
Als PDF verfügbar auf <http://sheu.org.uk/sites/sheu.org.uk/files/imagepicker/1/eh203mg.pdf> (Letzter Zugriff 02.05.2017)
- [28] Jean Piaget, Bärbel Inhelder (1980): "Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden"

- [29] Gerd E. Schäfer (2004): *"Bildungsprozesse in der frühen Kindheit"*
 Als PDF Verfügbar auf https://www.hf.uni-koeln.de/data/eso/File/Schaefer/Vorlesung_Bildungsprozesse.pdf (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [30] Manfred Spitzer (2012): *"Digitale Demenz. Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen "*
- [31] Ingrid Bounin, Landesmedienzentrum Baden-Württemberg (2012): *"Stellungnahme zu Manfred Spritzers Thesen"*
 Als PDF verfügbar auf https://www.lmz-bw.de/fileadmin/user_upload/Medienbildung_MCO/handouts/2012_09_12_Stellungnahme_zu_Thesen_Spitzer.pdf
 (Letzter Zugriff 03.05.2017)
- [32] Alessandra Gorini, et al (2011): *"The role of immersion and narrative in mediated presence: the virtual hospital experience"*
 Abstract verfügbar auf <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20649451> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [33] Julia Diemer, Georg W. Alpers, Henrik M. Peperkorn, Youssef Shiba, Andreas Mühlberger (2015): *"The impact of perception and presence on emotional reactions: areview of research in virtual reality"*
 Verfügbar auf <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2015.00026/full> (Letzter Zugriff 01.04.2017)
- [34] Kwan Min Lee (2004): *"Presence, Explicated"*
 Als PDF verfügbar auf
http://wiki.commres.org/pds/Project_7eNrf2010_2f_ec_82_ac_ed_9a_8c_ed_95_99_ec_a0_81_ec_a0_91_ea_b7_bc/Presence.pdf (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [35] Staffan Björk, Jussi Holopainen (2005): *"Patterns in Game Design"*
- [36] Thomas Schubert, Frank Friedmann, Holger Regenbrecht (2001): *"The Experience of Presence: Factor Analytic Insights"*
 Als PDF verfügbar auf
http://www.hci.otago.ac.nz/pubs/2001_SchubertFriedmannRegenbrecht_PRESENCEJune2001_p266.pdf (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [37] Bob G. Witmer, Michael J. Singer (1998): *"Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire"*
 Als PDF verfügbar auf <https://nil.cs.uno.edu/publications/papers/witmer1998measuring.pdf> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [38] Mel Slater, Sylvia Wilbur (1997): *"A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments"*
 Als PDF verfügbar auf: <https://pdfs.semanticscholar.org/d366/7d18e85172c3db867782bcb1599d38e8202e.pdf> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [39] Matthew Price, Robert Anderson (2007): *"The role of presence in virtual reality exposure therapy"*
 Verfügbar auf <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088761850600171X> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [40] Matthew Price, Natasha Mehta, Erin B. Tone, Page L. Anderson (2011): *"Does engagement with exposure yield better outcomes? Components of presence as a predictor of treatment response for virtual reality exposure therapy for social phobia"*
 Verfügbar auf <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887618511000442> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [41] Mania, K. & Chalmers, A. (2001): *"The Effects of Levels of Immersion on Memory and Presence in Virtual Environments: A Reality Centered Approach"*

- [42] Roxena Moreno, Richard E. Mayer (2002): "*Learning Science in Virtual Reality Multimedia Environments: Role of Methods and Media*" in *Journal of Educational Psychology* 2002
- [43] Roxena Moreno, Richard E. Mayer (2000): "*A Coherence Effect in Multimedia Learning: The Case for Minimizing Irrelevant Sounds in the Design of Multimedia Instructional Messages*"
Als PDF verfügbar auf <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=AEC038A3E5F540B8E74E5F5D0972A774?doi=10.1.1.464.5078&rep=rep1&type=pdf> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [44] Christine Youngblut (1998): "*Educational Uses of Virtual Reality Technology*"
Als PDF verfügbar auf <http://www8.informatik.umu.se/~jwworth/EducVR.pdf> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [45] Rainer Heers (2005): "*'Being There' Untersuchungen zum Wissenserwerb in virtuellen Umgebungen*"
Als PDF verfügbar auf https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/48724/pdf/Diss_Heers.pdf?sequence=1 (Letzter Zugriff 12.05.2017)
- [46] Reddit (2017): "*Any games with Co-op? Vive and Seperate PC*"
Verfügbar auf https://www.reddit.com/r/Vive/comments/5mkawp/any_games_with_coop_vive_and_seperate_pc/dc4r6v6/ (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [47] Robert S. Kennedy, et al (1993): "*Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*"
Als PDF verfügbar auf https://www.twentymillisecons.com/pdf/simulator_sickness_questionnaire.pdf (Letzter Zugriff 12.05.2017)
- [48] Veronica S. Pantilidis (2009): "*Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality*"
Als PDF verfügbar auf <http://earthlab.uoi.gr/theiste/index.php/theiste/article/view/22/17> (Letzter Aufruf 11.05.2017)
- [49] Zahira Merchant (2012): "*The Impact of Virtual Reality-Based learning Environment Design Features on Students' Academic Achievements*"
Als PDF verfügbar auf <http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/148077/Merchant%2c%20Zahira.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [50] VRODO (2016): Apollo 11: Mondreise für Oculus Rift und HTC Vive im Test
Verfügbar auf <https://vrodod.de/apollo-11-mondreise-fuer-oculus-rift-und-htc-vive-im-test/> (Letzter Zugriff 12.05.2017)
- [51] CNN Online (1996): "*Virtual gorilla puts students in the wild*"
Archivierter Artikel verfügbar auf <http://edition.cnn.com/TECH/9606/12/tt.virtual.gorilla/index.html>
- [52] Thomas D. Parsons, Albert A. Rizzo (2007): "*Affective outcomes of virtual reality exposure Therapy for anxiety and specific phobias: A meta analysis*"
Als PDF verfügbar auf http://ac.els-cdn.com/S0005791607000456/1-s2.0-S0005791607000456-main.pdf?_tid=d509f06a-3633-11e7-85cd-00000aacb361&acdnat=1494498370_cfe647d5f13ef9a914944e0a32a97b62 (Letzter Zugriff 11.05.2017)
- [53] Dmitry Shevchenko, Andrey Medvedev, Alexander Vasin (2015): "*CryEngine for Indies*"
Verfügbar auf <https://80.lv/articles/cryengine-for-indies/> (Letzter Zugriff 09.05.2017)
- [54] <https://www.slant.co/topics/2202/~game-engines-for-virtual-reality-development> (Letzter Zugriff 27.04.2017)

[55] <https://www.unrealengine.com/eula> (Letzter Zugriff 10.05.2017)

[56] Robert S. Kennedy et al. (2001): "Configural Scoring of Simulator Sickness, Cybersickness and Space Adaptation Syndrome: Similarities and Differences?"

Als PDF verfügbar auf <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100033371.pdf> (Letzter Zugriff 11.05.2017)

[57] Gerard Llorach, Alun Evans, Josep Blat (2014): "Simulator Sickness and Presence using HMDs: comparing use of a game controller and a position estimation system"

Verfügbar auf <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2671120> (Letzter Zugriff 24.05.2017)

[58] Steffen Haesler et al (2016): "Edutainment & Engagement at Exhibitions: A Case Study of Gamification in the Historic Hammaburg Model"

Als PDF verfügbar auf [http://dl.mensch-und-](http://dl.mensch-und-computer.de:8080/bitstream/handle/123456789/5008/Haesler_et_al_2016.pdf?sequence=1)

[computer.de:8080/bitstream/handle/123456789/5008/Haesler_et_al_2016.pdf?sequence=1](http://dl.mensch-und-computer.de:8080/bitstream/handle/123456789/5008/Haesler_et_al_2016.pdf?sequence=1) (Letzter Zugriff 24.05.2017)

[59] Florian Weidner, Anne Hoesch, Sandra Poeschl, Wolfgang Broll (2017): "Comparing VR and non-VR driving simulations: An experimental user study"

Verfügbar auf <http://ieeexplore.ieee.org/document/7892286/#full-text-section> (Letzter Zugriff 24.05.2017)

Parish, Sirin, Charman, Joosten, Minayeva, Silvius, Stringer (2008):

"Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report"

Als PDF verfügbar auf http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf (Letzter Zugriff 2.05.2017)

Joosten, H. (2012): *"Zustand und Perspektiven der Moore weltweit"*

Gabriele Colditz (1994): *"Auen, Moore, Feuchtwiesen: Gefährdung und Schutz von Feuchtgebieten"*

W. Einsiedler (1999): *"Das Spiel der Kinder. Zur Pädagogik und Psychologie des Kinderspiels."*

A. Flitner (2002): *"Spielen – Lernen. Praxis und Deutung des Kinderspiels."*

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die aus anderen Werken wörtlich entnommenen Stellen oder dem Sinn nach entlehnten Passagen sind durch Quellenangaben eindeutig kenntlich gemacht.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)