

Bachelorarbeit

Dustin Spallek

**Simulation von virtuellen Umgebungen mittels VR und AR in
sensorischen Konsumententests**

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Dustin Spallek

**Simulation von virtuellen Umgebungen mittels VR und AR in
sensorischen Konsumententests**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Bachelor of Science Wirtschaftsinformatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Philipp Jenke
Zweitgutachter: Prof. Dr. Ulrike Steffens

Eingereicht am: 05. Oktober 2017

Dustin Spallek

Thema der Arbeit

Simulation von virtuellen Umgebungen mittels VR und AR in sensorischen Konsumententests

Stichworte

Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), interne Validität, externe Validität, Microsoft HoloLens, Samsung GearVR, Android, Applikation, Unity 3D, Head-Mounted Display (HMD), Augmented Virtuality (AV), Mixed Reality (MR), Softwareentwicklung, Benutzerfreundlichkeit, menschliche Wahrnehmung, Sensorik, Interaktion, Tracking, Forschungsmethoden

Kurzzusammenfassung

Mit dem heutigen Stand der Technik ist es durch Virtual Reality und Augmented Reality möglich in eine virtuelle Umgebung einzutauchen, die für den Menschen bereits sehr real wirkt. So ist es möglich die Wahrnehmung eines Menschen in einer Art und Weise zu beeinflussen, dass dieser die Umgebung in der Realität für einen kurzen Moment vergisst. Dieser Sachverhalt ist für die sensorische Marktforschung sehr interessant, weil somit die Möglichkeit geboten wird, Probanden aus einer künstlichen Laborsituation in eine Umgebung zu transferieren, in der der Konsum eines Produktes typisch ist, um die Übertragbarkeit der Studiensituation in die Realität zu fördern. In dieser Arbeit wird der Entwicklungsprozess einer Applikation für den Einsatz innerhalb einer Studie für die sensorische Marktforschung beschrieben sowie das Potenzial vom Einsatz von VR und AR in sensorischen Konsumententests evaluiert.

Dustin Spallek

Title of the paper

Simulation of virtual environments with VR and AR in sensory customer tests

Keywords

Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), internal validity, external validity, Microsoft HoloLens, Samsung GearVR, Android, Application, Unity 3D, Head-Mounted Display (HMD), Augmented Virtuality (AV), Mixed Reality (MR), Softwareengineering, Usability, human perception, Sensors, Research methods, Interaction, Tracking

Abstract

With today's state of the art and through Virtual Reality and Augmented Reality it is possible to immerse into a virtual environment that is already very real to humans. Thus, it is possible

to influence the perception of a person in such a way that he forgets the real environment for a brief moment. This situation is very interesting for sensory market research, because it allows the possibility of transferring subjects from an artificial laboratory situation into an environment in which the consumption of a product is typical, in order to promote the transferability of the study situation into reality. In this bachelor thesis the development process of an application for use within a study for sensory market research is described as well as the potential of the use of VR and AR in sensory consumer tests is evaluated.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Bachelorarbeit beigetragen haben.

Ein großes Dankeschön gilt der isi GmbH als Ideengeber sowie für die Unterstützung während der Studie zu dieser Bachelorarbeit. Insbesondere möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitern der VR Nerds GmbH für die Unterstützung durch technisches Know-how, die zur Verfügungstellung eines Arbeitsplatzes und die damit verbundene angenehme Aufnahme in das Team bedanken.

Zu guter Letzt möchte ich mich auch herzlich bei Herrn Prof. Dr. Philipp Jenke als Erstprüfer und Frau Prof. Dr. Ulrike Steffens als Zweitprüferin dieser Bachelorarbeit bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Kooperationspartner	2
1.3 Aufbau der Bachelorarbeit	2
2 Grundlagen	4
2.1 Menschliche Wahrnehmung	4
2.1.1 Gustatorische Wahrnehmung	4
2.1.2 Olfaktorische Wahrnehmung	5
2.1.3 Haptische Wahrnehmung	5
2.1.4 Akustischen Wahrnehmung	5
2.1.5 Visuelle Wahrnehmung	5
2.1.6 Menschliche Sensorik	6
2.2 Sensorische Marktforschung	6
2.2.1 Interne und externe Validität	7
2.2.2 Forschungsmethoden	8
2.3 Kontinuum der Realität und Virtualität	10
2.3.1 Mixed Reality	10
2.3.2 Augmented Reality	11
2.3.3 Augmented Virtuality	12
2.3.4 Virtual Reality	13
2.4 Mensch-Computer-Interaktion	14
2.4.1 Spracherkennung	14
2.4.2 Input über Peripheriegeräte	14
2.4.3 Tracking	16
2.5 Verwendete Geräte	17
2.5.1 Samsung GearVR	17

2.5.2	Microsoft HoloLens	18
3	Anforderungsanalyse	20
3.1	Anforderungsermittlung und Problembeschreibung	20
3.2	Anforderungen an die Applikationen	21
3.2.1	Nicht funktionale Anforderungen	21
3.2.2	Funktionale Anforderungen	22
3.3	Personas	23
3.4	Anwendungsfälle	25
3.4.1	Anwendungsfall - Eingabe der Teilnehmernummer	25
3.4.2	Anwendungsfall - Beantwortung der Fragen	26
4	Umgebungs- und Applikationsentwurf	27
4.1	Applikationsablauf	27
4.2	Fragebogen	28
4.3	Prototyp	29
4.4	Eingabe der Teilnehmernummer	31
4.5	Szenario der Studie	31
5	Implementation	33
5.1	Plattformübergreifendes Grundgerüst	33
5.2	Virtuelle Umgebung	34
5.3	Implementation der Anwendung	35
5.4	Systemtests	36
5.5	Implementation des Cloudservice	37
6	Durchführung der Studie	39
6.1	Umgebung der Studie	40
6.1.1	Ausgestaltung des Gruppenraums	40
6.1.2	Ablauf eines Probanden	41
6.1.3	Virtuelle Testumgebung	42
6.2	Fragen und Antwortmöglichkeiten	43
7	Auswertung	44
7.1	Ergebnisse und Interpretation	44
7.2	Kritische Bewertung	46
7.2.1	Vergleich der VR- und AR-Situation	46

7.2.2	Einsatz von VR und AR	46
7.2.3	Störfaktoren	47
8	Fazit	48
8.1	Zusammenfassung	48
8.2	Persönliche Erfahrungen	49
8.3	Ausblick	51
	Literatur	ix
	Glossar	xii
	Anhang	xvi
	Fragebogen	xvi
	Eigenständigkeitserklärung	xviii

Abbildungsverzeichnis

2.1	Kontinuum der Forschungsmethoden	8
2.2	Kontinuum der Realität und Virtualität	10
2.3	Head-Mounted Displays für Virtual Reality und Mixed Reality	11
2.4	Augmented Reality am Beispiel von Pokemon GO	12
2.5	Augmented Virtuality	12
2.6	Virtual Reality am Beispiel von Lucid Trips	13
2.7	Beispiel der Fortbewegung in Google Earth VR	15
2.8	Omni-dimensionale Laufbänder	15
2.9	Tracking mit Vuforia	17
2.10	Abbildung der Samsung GearVR	18
2.11	Abbildung der Samsung GearVR	18
3.1	Anwendungsfalldiagramm - Eingabe der Teilnehmernummer	25
3.2	Anwendungsfalldiagramm - Beantwortung der Fragen	26
4.1	Grobe Architektur einer VR-Anwendung	27
4.2	Ablaufdiagramm	28
4.3	Entwurf - Fragebogen	29
4.4	Entwurf - Interaktion mit Vuforia	30
4.5	Entwurf - Eingabe der Teilnehmernummer und der Prüfung	31
5.1	Implementation der Wohnzimmerumgebung	34
5.2	UML Klassendiagramm der VR-Anwendung	35
5.3	UML Klassendiagramm des Cloud-Services	37
6.1	Ausgestaltung des Gruppenraums während der Durchführung der Studie	40
6.2	Studienablauf aus Sicht eines Probanden	41
6.3	Darstellung der Umgebung während der Durchführung der Studie	42

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

”Marketers’ call for more realistic product testing is becoming louder. However, this often conflicts Research & Development demand for possibly high standardization. This, innovations like virtual reality testing attempt to find a balance between a high degree of realism (i.e. external validity) and standardization (i.e. internal validity).”[HLM15]

Die menschliche Wahrnehmung als Prozess der Informationsgewinnung hat in der Marktforschung bereits einen hohen Stellenwert erlangt. Mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) besteht nun die Möglichkeit realitätsnahe Erfahrungen zu bieten, in die ein Benutzer eintauchen kann, sodass dieser die Realität für einen kurzen Moment vergisst. Dieser Ansatz hat in der sensorischen Marktforschung großes Interesse geweckt, weil durch den Einsatz von VR und AR die Umgebung, in der Produkte üblicherweise konsumiert werden (externe Validität), in die standardisierte Umgebung eines Labors (interne Validität) projiziert werden kann.

In dieser Bachelorarbeit wird der Entwicklungsprozess einer Applikation für die Microsoft HoloLens und die Samsung GearVR beschrieben, die eine realitätsnahe Umgebung für einen Benutzer schafft, um zu erforschen, wie stark sich VR und AR auf die menschliche Sensorik während Konsumententests auswirkt. Dabei wird auf verschiedene Forschungsmethoden der Marktforschung eingegangen und deren Zusammenspiel mit dem Kontinuum der Realität und Virtualität erläutert. Darüber hinaus wird mit der Applikation eine Studie durchgeführt, um aussagekräftige Ergebnisse im Bezug zur Eignung von VR oder AR in sensorischen Konsumententests abzuleiten.

1.2 Kooperationspartner

Diese Bachelorarbeit wurde in Kooperation mit der isi GmbH und der VR Nerds GmbH erstellt. Die isi GmbH ist ein Marktforschungsunternehmen spezialisiert auf den Bereich der Sensorik und unterstützte bei der Ideengebung, der Durchführung der Studie sowie der Auswertung der Ergebnisse. Die VR Nerds GmbH ist ein auf den Bereich Virtual Reality spezialisiertes Unternehmen und stellte einen Arbeitsplatz sowie technische Geräte zur Verfügung und unterstützte bei der Konzeption und technischen Fragen.

1.3 Aufbau der Bachelorarbeit

Der Aufbau dieser Bachelorarbeit gestaltet sich so, dass zunächst die Grundlagen erläutert werden, um den Leser über die Thematik dieser Arbeit aufzuklären. Hierzu gehört eine Einleitung in das Thema der menschlichen Wahrnehmung sowie eine Ableitung zur sensorischen Marktforschung und deren Forschungsmethoden. Im weiteren Verlauf der Grundlagen wird über das Kontinuum der Realität und Virtualität sowie den aktuellen Entwicklungsstand von virtuellen Realitäten berichtet, um dem Leser zu verdeutlichen, wie sich verschiedene Stadien von Forschungsmethoden aus der Marktforschung mit virtuellen Realitäten abbilden lassen. Anschließend wird das Thema der Mensch-Computer-Interaktion erläutert, um den Leser über die aktuellen Möglichkeiten der Interaktion mit virtuellen Welten aufzuklären. Beendet wird das Kapitel der Grundlagen mit einer Erklärung der Geräte, für die die Applikation zu dieser Arbeit erstellt wird.

Die Kapitel drei bis fünf widmen sich dem Softwareentwicklungsprozess der Applikation zu dieser Arbeit. Beginnend mit der Anforderungsanalyse werden Problemstellungen vonseiten der Software beschrieben, welche in funktionale und nicht funktionale Anforderungen aufgeteilt werden. Damit der Leser Entscheidungen während des Entwicklungsprozesses der Applikation nachvollziehen kann, werden innerhalb der Anforderungsanalyse Personas erläutert, die während der Studie auf die Applikation treffen können. Abschließend werden zwei Anwendungsfälle mit den grundlegenden Funktionsweisen der Applikation dargestellt.

Im vierten Kapitel werden Entscheidungen innerhalb der Entwurfsphase der Applikation dargestellt. Angefangen mit einer Erläuterung des geplanten Ablaufs der Applikation wird in diesem Kapitel weiter über Designentscheidungen zum Fragebogen und zur Eingabe einer Teilnehmernummer berichtet, mit deren Hilfe die Informationen der Probanden aus der Studie entnommen werden sollen. Des Weiteren werden in diesem Kapitel die Erfahrungen während

der Erstellung eines Prototyps mit Vuforia erläutert, welche sich auf die Designentscheidungen auswirkten. Zusätzlich wird in diesem Kapitel auf das Szenario der Studie eingegangen, um dem Leser darzustellen, wie sich der Ablauf der Studie auf den Entwurf der Applikation auswirkt.

Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit der Implementationsphase während der Erstellung der Applikation. Anfangs wird das Grundgerüst der Applikation erläutert, welches für die Entwicklung auf verschiedenen Plattformen notwendig ist. Anschließend wird erklärt, wie die virtuelle Umgebung mittels Unity 3D erstellt wird sowie der Aufbau der Klassen, die bei der Programmierung der Applikationslogik erstellt werden.

Im Anschluss an das Kapitel der Implementation folgt das Kapitel zur Durchführung der Studie. In diesem Kapitel werden der Aufbau und die Umgebung während der Studie beschrieben und der Ablauf für einen Probanden während der Studie erklärt. Des Weiteren werden die Frage- und Antwortmöglichkeiten erläutert, die den Probanden während der Studie gestellt werden.

Im siebten Kapitel findet eine Auswertung sowie Interpretation von Teilen der Ergebnisse aus der Studie statt. Außerdem folgt eine kritische Bewertung der Studienergebnisse als auch ein kritischer Blick auf die Applikation für die Studie. Des Weiteren erfolgt eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen Anwendungsszenarien von VR und AR, um dem Leser zu verdeutlichen, wo die Vorteile und Nachteile der Realitäten liegen.

Zuletzt folgt im achten Kapitel das Fazit mit einer Zusammenfassung dieser Arbeit sowie ein Ausblick auf zukünftige Technologien. Zusätzlich wird in diesem Kapitel über persönliche Erfahrungen während der Durchführung der Studie berichtet.

2 Grundlagen

2.1 Menschliche Wahrnehmung

Die menschliche Wahrnehmung der Umwelt entsteht aus der Zusammenarbeit der menschlichen Sinne. So werden Informationen aus gustatorischen Reizen (der Geschmackssinn), olfaktorischen Reizen (der Geruchssinn), haptischen Reizen (der Tastsinn), akustischen Reizen (der Hörsinn) und visuellen Reizen (der Sehsinn) innerhalb des Prozesses der Wahrnehmung verarbeitet. Die Gesamtheit aller Vorgänge von Sinneswahrnehmungen wird als Sensorik bezeichnet. Somit erläutern Bob G. Witmer und Michael J. Singer [WS98] das reale Umfeld, wie jeder Mensch es auf seine Art wahrnimmt, als das Ergebnis der menschlichen Sensorik. Um einen guten Einstieg in die Thematik dieser Arbeit zu leisten, folgt eine Erklärung zu den einzelnen Wahrnehmungsaspekten, da diese unmittelbar mit dem Tätigkeitsfeld der sensorischen Marktforschung in Verbindung stehen.

2.1.1 Gustatorische Wahrnehmung

Die Wahrnehmung von gustatorischen Reizen wie süß, sauer, salzig oder bitter entsteht aufgrund von Sinnes-Zellen in Mund und Nase, so erklärt Robert F. Schmidt [Sch73] in seinem Buch über die Psychologie des Geschmacks. Beim Verzehr reagieren diese Sinnes-Zellen auf Stoffe, die sich in unserer Nahrung befinden. So löst Zucker den Geschmack von Süße, Salz den Geschmack von etwas Salzigem, Säure den Geschmack von etwas Saurem und Bitterstoffe den Geschmack von etwas Bitterem aus. Jedoch spielen bei der Wahrnehmung des Geschmacks nicht ausschließlich die gustatorischen Reize eine Rolle, so ist der Geschmackssinn im Vergleich zu anderen Sinnen eher schwach ausgeprägt. Viel mehr bilden die olfaktorischen Reize die Art, wie wir einen Geschmack wahrnehmen. So handelt es sich bei 80% des empfundenen Geschmacks, um Aromen, die von dem Geruchssinn über olfaktorische Reize wahrgenommen werden. Lediglich ca. 20% des wahrgenommenen Geschmacks entstehen aufgrund von gustatorischen Reizen.

2.1.2 Olfaktorische Wahrnehmung

Die olfaktorischen Reize sind verantwortlich für die Wahrnehmung von Gerüchen. Die Reizaufnahme entsteht durch Riechzellen, die auf Stoffe in der Nasenschleimhaut reagieren. Die Aufnahme von Gerüchen bestimmt die Reaktionen eines Menschen in einem hohen Maß. So können Gerüche ein Wohlgefühl oder Ekel auslösen, da die Riechzellen an das limbische System, also dem Zentrum für Emotionen und Gedächtnis, gekoppelt sind. Somit können Entscheidungsprozesse, ohne die Beteiligung des Bewusstseins, durch starke Gerüche beeinflusst werden [Raa98].

2.1.3 Haptische Wahrnehmung

Haptische Reize ermöglichen die Wahrnehmung von Berührungen sowie Schmerz und Wärme. Auch bekannt als Tastsinn ermöglichen haptische Reize das Erfühlen von Objekteigenschaften, wie beispielsweise Größe, Konturen, Oberflächentextur und Gewicht [DS13]. Zur Wahrnehmung der haptischen Reize befinden sich Rezeptoren in der Haut. Dabei gilt, je mehr solcher Rezeptoren sich in einer Region befinden, desto empfindlicher ist die jeweilige Region (z. B. Hand, Lippen oder Zunge). In der Entwicklung von virtuellen Realitäten werden oft haptische Elemente eingebaut, die sich sowohl in der Realität, als auch in der virtuellen Umgebung befinden, um zu einer höheren Immersion beizutragen.

2.1.4 Akustischen Wahrnehmung

Die akustische Wahrnehmung (auch auditive Wahrnehmung oder das Hören) funktioniert durch das Ohr als Sinnesorgan. Die Wahrnehmung basiert auf Schallwellen, also Druckwellen, die sich der Luft als Ausbreitungsmedium bedienen. Das, was der Mensch als Geräusch wahrnimmt, sind gewissermaßen in Bewegung gesetzte Luftmoleküle, die in wellenartiger Form auf das Trommelfell treffen.¹ Akustische Reize im Umfeld können dreidimensional wahrgenommen werden, sodass es möglich ist, Geräuschquellen räumlich zu orten [DS13], jedoch ist die räumliche Auflösung im Vergleich zur visuellen Wahrnehmung wesentlich geringer.

2.1.5 Visuelle Wahrnehmung

Über das Auge als Sinnesorgan gelangen optische Reize in das menschliche Nervensystem. Für die visuelle Wahrnehmung existieren auf der Netzhaut Sehzellen, die auf optische Reize in Form von Licht reagieren. Diese Reaktion wird an einen Teil des menschlichen Nervensystems

¹<http://www.biologie-schule.de/hoeren-auditive-wahrnehmung.php>, 26.07.2017

(auch visuelles System) weitergeleitet, der für die Verarbeitung von visuellen Informationen verantwortlich ist. Darüber hinaus gelingt es dem visuellen System des Menschen, aus zwei zweidimensionalen Bildern (linkes und rechtes Auge), die als Lichtreize auf die Netzhaut treffen, einen dreidimensionalen Eindruck von der Umwelt zu erzeugen. Dieser Effekt wird innerhalb von VR-Systemen genutzt, um die Illusion der Präsenz [DS13] einer virtuellen Welt zu erzeugen. Zusätzlich sei erwähnt, dass das Sichtfeld bei dem Blick durch ein Head-Mounted Display eine wichtige Rolle spielt, um für eine hohe Immersion zu sorgen. Das menschliche Gesichtsfeld liegt pro Auge bei maximal 107° [MGA13] in der Horizontalen und maximal 70° in der Vertikalen. In der Summe der Gesichtsfelder beider Augen wird von dem sogenannten binokularen Gesichtsfeld gesprochen, das maximal 214° betragen kann. Somit ist durchaus vorstellbar, dass Sichtfelder von Head-Mounted Displays ein tieferes Eintauchen in die virtuelle Realität bewirkt, je näher der Wert des Sichtfeldes an dem Wert des menschlichen Gesichtsfeldes liegt.

2.1.6 Menschliche Sensorik

Die menschliche Sensorik wird als Gesamtheit aller Vorgänge von Sinneswahrnehmungen bezeichnet. Somit entsteht durch das Zusammenspiel aller menschlichen Sensoren ein temporäres Abbild der Umwelt, das auch als Wahrnehmung bezeichnet wird [WS98]. Wie etwas wahrgenommen wird, hängt also von diversen Faktoren ab, sodass äußere und innere Einflüsse ein temporäres Abbild der Wahrnehmung beeinflussen können. Ein bekanntes Beispiel dafür, dass diverse Faktoren die Sinneswahrnehmung beeinflussen können ist, der Verzehr von Tomatensaft im Flugzeug.² Dem Aspekt nach besteht ein auffälliger Spalt zwischen der objektiven Beschreibung der Wahrnehmungsvorgänge und dem subjektiven Wahrnehmungsergebnis. So kann durchaus ein anderes Wahrnehmungsergebnis durch Empfindungen (im Sinne von Emotionen) sowie der Einbeziehung von Farben, Klängen, Freude, Schmerz, Hoffnung, Glück, Werten und Zielen entstehen [Zim78]. Inwieweit sich unterschiedliche Bedingungen auf die Wahrnehmung auswirken, ist ein Forschungsgebiet, welches von der sensorischen Marktforschung untersucht wird.

2.2 Sensorische Marktforschung

Wie bereits erwähnt ist die menschliche Wahrnehmung ein Thema, welches ein spezielles Forschungsgebiet darstellt. Diesem Thema hat sich die Marktforschung angenommen, so werden

²https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Presseinformationen/Raetsel_um_Tomatensaftgeloest.html, 26.07.2017

in der sensorischen Marktforschung (auch sensorische Produktforschung) Studien durchgeführt, die sich mit der Analyse des Zusammenhangs zwischen den chemisch-physikalischen Bestandteilen von Produkten - etwa dem Zuckeranteil einer Limonade, den daraus resultierenden sensorischen Reizen - der Süße dieser Limonade - und den durch diese Reize ausgelösten Reaktionen, also der Bevorzugung oder Ablehnung der Limonade beschäftigt³.

Die Studien der sensorischen Marktforschung finden häufig in Laboren statt, um ungewollte Einflüsse auszuschließen. Hierzu werden beispielsweise Beleuchtung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit konstant gehalten und während des Tests entstehende Gerüche sofort abgesaugt. Wenn solche Standards nicht eingehalten werden, besteht die Gefahr, dass Ergebnisse durch äußere Einflüsse verfälscht werden⁴. Andererseits handelt es sich bei standardisierten Laborräumen selten um eine Umgebung, in welcher der Konsum eines Produktes typischerweise stattfindet. Somit besteht das Risiko, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse einer Studie in ein reales Umfeld nicht gewährleistet ist, da bei der Verkostung von Produkten alle Sinnesorgane beteiligt sind. Aus diesem Grund existieren in der Marktforschung die Begriffe der internen Validität und externen Validität, welche unterschiedliche Qualitätsmerkmale darstellen und in der Praxis zu verschiedenen Forschungsmethoden führen. Im Folgenden wird erläutert, was die genannten Begriffe konkret bedeuten und welche Forschungsmethoden existieren.

2.2.1 Interne und externe Validität

Bei der internen und externen Validität handelt es sich um zwei unterschiedliche Qualitätsbewertungen von Studien. Auf der einen Seite steht die interne Validität, die Aussagen darüber zulässt, inwieweit Ursache (unabhängige Variable) und Wirkung (abhängige Variable) zusammenspielen. Somit sollen Störvariablen bei der internen Validität vermieden werden, um eine klare Korrelation zwischen Ursache und Wirkung kenntlich zu machen [WS98]. Hierbei gilt, desto höher die Kontrolle über eine Studie, desto höher ist der Grad der internen Validität.

Gleichzeitig bewirkt ein hohes Maß an Kontrolle, dass die experimentelle Situation künstlich wird, sodass diese nicht mehr realitätsnah ist. Um dem entgegen zu wirken, kommt das Qualitätsmerkmal der externen Validität zum Tragen. Bei der externen Validität wird darüber gesprochen, inwiefern die Ergebnisse einer Studie auf die Realität übertragbar sind. Hierbei gilt desto höher die Kontrolle über eine Studie, desto negativer wirkt sich die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf die Realität aus.

³<https://www.research-results.de/fachartikel/2006/ausgabe7/warum-hat-es-gemundet.html>, 26.07.2017

⁴http://www.decisions.ch/dissertation/diss_methode.html, 26.07.2017

Für ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der internen und externen Validität müssen sich Forscher auf eigene Erfahrung stützen⁵.

2.2.2 Forschungsmethoden

Eine Forschungsstudie findet entweder in einem Labor oder im Feld, also in der natürlichen Lebensumwelt eines Kunden oder Konsumenten statt. Beide Ansätze bieten eine unterschiedliche Ausprägung von Vor- und Nachteilen, somit hängt die Wahl des Ortes der Untersuchung ganz von der Fragestellung und vom Kontext der Studie ab⁶. Diese Abwägung wird in der Literatur

Natürlichkeit (Feld)	Künstlichkeit (Labor)
<ul style="list-style-type: none">• höhere externe Validität• Repräsentativität ist leichter zu gewährleisten• niedrigere Reaktivität• mehr bürokratische Hürden• mehr Kooperationszwang• Risiko von unerwünschten Auswirkungen• höhere Kosten	<ul style="list-style-type: none">• höhere interne Validität• leichter Veränderbarkeit der UV• leichtere Kontrolle von Störvariablen• Versuchspersonen sind den Bedingungen frei zuordenbar• leichteres Messen von Variablen• weniger Erfolgszwang• leichter wiederholbar• Selektionseffekt bei Teilnehmern

Abbildung 2.1: Kontinuum der Forschungsmethoden [DB16]

häufig über das Kontinuum der Forschungsmethoden erklärt, welches die Bandbreite von einer rein natürlichen, bis hin zu einer rein künstlichen Umgebung beschreibt. Dies ermöglicht zwischen den beiden Extrempolen Feldstudie und Laborstudie abzugrenzen, um die Stärken und Schwächen beider Seiten zu verdeutlichen.

Feldstudien

In Feldstudien gewonnene Ergebnisse, haben klare Vor- und Nachteile gegenüber Laborstudien, so bieten Feldstudien eine höhere Übertragbarkeit einer Studiensituation (externe Validität) auf die Realität als Laborstudien. Darüber hinaus können Vorteile aus der jeweiligen Situation gezogen werden, sodass Versuchspersonen beispielsweise bereits notwendige Vorkenntnisse mitbringen, da die Befragung in einer dafür üblichen Umgebung stattfinden kann. Außerdem tragen solche Situationen zu einer Verminderung der Reaktivität bei, sodass Versuchspersonen

⁵<http://i-literacy.e-learning.imb-uni-augsburg.de/node/840>, 26.07.2017

⁶<https://wpgs.de/fachtexte/forschungsdesigns/10-ort-der-untersuchung-feldstudien-und-laborstudien/242/>, 14.08.2017

seltener ihr Verhalten aufgrund des Bewusstseins der Umfragesituation verändern.

Auf der anderen Seite bestehen auch Nachteile, wie bürokratische Hürden im Sinne des Datenschutzes, sodass im Telekommunikationsbereich Kunden nicht ohne eine Erlaubniserklärung des Kunden angerufen werden dürfen. Außerdem können bei der Kooperation mit Unternehmen den Forschungsprozess, aufgrund des Mitspracherechts einzelner Abteilungen, erschweren. Ein weiteres negatives Beispiel ist, dass Feldstudien zu nicht repräsentativen Ergebnissen aufgrund von Störvariablen führen können. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise vorstellbar, dass es sich negativ auf die Ergebnisse einer Studie auswirkt, wenn Probanden eine digitale Erfahrung beurteilen sollen und die Erfahrung aufgrund von technischen Problemen nicht optimal dargestellt wird⁷.

Laborstudien

Laborstudien haben im Gegensatz zu Feldstudien eine andere Gewichtung in der Betrachtung der Vor- und Nachteile. Insbesondere lassen sich in Laborstudien Störvariablen wesentlich einfacher vermeiden als in Feldstudien. So lassen sich unabhängige Variablen (wie etwa die Temperatur eines zu verkostenden Produktes) verändern und in einem Effekt auf die abhängigen Variablen (positive Wahrnehmung des Geschmacks) ableiten, da hier eine eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung möglich ist (interne Validität)[DB16]. Ein weiteres positives Merkmal von Laborstudien ist die Wiederholbarkeit, weil die Bedingungen innerhalb einer Studie oftmals klar definiert und somit wiederherstellbar sind. Des Weiteren können weitere Variablen während der Studiendurchführung erhoben werden, die in einer Feldstudie nicht erhoben werden können. Beispielsweise ist es in einer Laborstudie möglich komplexe Befragungen durchzuführen, Gehirnaktivitäten und den Blickverlauf festzuhalten. Darüber hinaus besteht innerhalb von Laborstudien ein geringerer Erfolgszwang, da die Investitionen und Risiken in den Untersuchungen wesentlich geringer sind⁷.

Andererseits entsprechen Laborumgebungen selten dem natürlichen Lebensumfeld von Versuchspersonen. Dadurch nimmt die Generalisierbarkeit einer Studie ab, woraus sich ergibt, dass Ergebnisse nicht ohne Weiteres übertragbar auf ein jeweiliges Anwendungsfeld sind. Des Weiteren wirkt es sich negativ auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse aus, dass nicht jeder aus einer Zielgruppe sich dazu bereit erklärt, an einer Untersuchung im Labor teilzunehmen. Dies führt zu einer Einschränkung der externen Validität, weil Menschen in einer Laborumwelt sich meist beobachtet fühlen und somit ihr natürliches Verhalten beeinflusst wird.

⁷<http://i-literacy.e-learning.imb-uni-augsburg.de/book/export/html/1027>, 14.08.2017

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der Wahl einer Forschungsmethode stets zwischen den Vor- und Nachteilen von Labor- und Felduntersuchungen abgewogen werden muss. Aus diesem Grund wird nach alternativen Möglichkeiten gesucht, die Vorteile beider Forschungsmethoden miteinander zu vereinigen und die Nachteile zu vermindern. Für diesen Zweck soll das Kontinuum der Realität und Virtualität angewendet werden, um die Erlebnisse einer Feldstudie in eine Laborumgebung zu transferieren.

2.3 Kontinuum der Realität und Virtualität

Durch die rechnergestützte Generierung eines möglichst perfekten sensorischen Abbildes der Realität entwickelten sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Klassifizierungen auf der Gratwanderung zwischen Realität und Virtualität. Der Übergang der Realität bis hin zur Virtualität wird häufig durch das Schaubild des 'Reality-Virtuality (RV)'-Kontinuums erläutert.

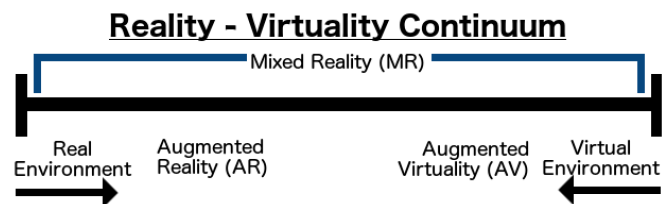


Abbildung 2.2: Kontinuum der Realität und Virtualität [MTUK94]

Im Folgenden werden die einzelnen Ebenen der Realität bis hin zur Virtualität abgegrenzt, um für ein besseres Verständnis der Thematik zu sorgen.

2.3.1 Mixed Reality

Laut des Reality-Virtuality (RV) Kontinuum von Paul Milgram [MTUK94] beschreibt der Begriff Mixed Reality die komplette Bandbreite von der Realität bis hin zur Virtualität. Angefangen bei der Realität, über Augmented Reality und Augmented Virtuality bis zur Virtual Reality (deutsch, virtuelle Realität) kann somit der Begriff Mixed Reality für jegliche Kombination von Realität und Virtualität verwendet werden. In diesem Sinn sind Augmented Reality und Augmented Virtuality auch als Mixed Reality zu verstehen, bzw. als spezialisierte Unterbegriffe.

Oft wird der Begriff Mixed Reality (MR) in unterschiedlichen Kontexten verwendet. So nutzt

beispielsweise das Unternehmen Microsoft den Begriff Mixed Reality Headset für alle Head-Mounted Displays (HMD), die auf ihrer eigens entwickelten *Mixed-Reality-Plattform* verwendet werden können. Hierzu gibt es unterschiedliche Meinungen, was von der Art der verbauten Displays herrührt. Einerseits werden transparente Displays verbaut, die einen klaren Blick auf die Realität erlauben und andererseits Bildschirme, die die Aufnahme einer integrierten Kamera in Echtzeit wiedergeben.



Abbildung 2.3: Head-Mounted Displays für Virtual Reality und Mixed Reality

2.3.2 Augmented Reality

Der Begriff der erweiterten Realität (englisch Augmented Reality, kurz AR) bezeichnet eine computerunterstützte Wahrnehmung bzw. Darstellung, welche die reale Welt in Echtzeit um virtuelle Objekte erweitert. In der Literatur wird meistens die Definition von Azuma [Azu16] verwendet. Azuma erklärt Augmented Reality hierbei als immersive Erfahrung, die virtuelle dreidimensionale Objekte mit der realen Umgebung überlagert, sodass die Illusion entsteht, dass die virtuellen Objekte im selben Raum existieren.

In diesem Sinn kann durch die Verwendung von Kameras, die Realität erfasst und durch zusätzliche Informationen oder Objekte direkt in das aktuelle Abbild der realen Welt eingearbeitet werden. Der Vielfältigkeit der Informationen sind hierbei keine Grenzen gesetzt, so reichen die Anwendungszwecke von der Information zur unmittelbaren Umgebung, über ins Sichtfeld eingeblendete Navigation, bis hin zu Spielen und Werbung⁸. Ein aktuelles Beispiel sei das Spiel *Pokemon GO*. In diesem Spiel nutzen die Spieler ihr Smartphone, welches die Realität über die Kamera wiedergibt und durch animierte Figuren erweitert. Für die Interaktion der

⁸<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/augmented-reality.html>, 26.07.2017

Realität und der erweiterten Realität werden verschiedenen Technologien genutzt, welche im Unterkapitel Mensch-Computer-Interaktion behandelt werden.



Abbildung 2.4: Augmented Reality am Beispiel von Pokemon GO

2.3.3 Augmented Virtuality

Im Gegensatz zu AR wird bei Augmented Virtuality (AV) die Virtualität um die Realität erweitert. In diesem Sinn werden reale Objekte optisch und in Echtzeit in eine virtuelle Welt einbezogen, um beispielsweise eine Interaktion mit der virtuellen Welt zu ermöglichen [Fur11].



Abbildung 2.5: Augmented Virtuality (Quelle: <https://www.vrnerds.de/>, 26.07.2017)

Die Abbildung 2.5 dient zur Verdeutlichung des Begriffs von Augmented Virtuality. Hierbei ist eine reale Person zu erkennen, die in ein virtuelles Umfeld integriert ist. Hierzu sei erwähnt, dass die Person selbst durch das Tragen eines HMDs die Umgebung als virtuelle Realität wahrnimmt. Von dem Betrachtungswinkel des Lesers auf die Abbildung, handelt es sich bei der Darstellungsform jedoch um Augmented Virtuality, was sich dadurch verdeutlicht, dass die

erkennbare "reale" Person komplett von einer virtuellen Umgebung umschlossen ist. Weiter ist AV durch den Einsatz in Videospiele, wie beispielsweise mit der EyeToy von Sony bekannt⁹.

2.3.4 Virtual Reality

Der Begriff Virtual Reality (VR) wurde von Jaron Larnier [Rhe91] geprägt, um die damals aktuelle technische Entwicklung zur Schaffung computergenerierter Erlebniswelten und interaktiver Mensch-Computer-Schnittstellen [Kru91], die als *virtual worlds*, *virtual cockpits* und *virtual workstations* beschrieben wurden, unter einen Begriff zu fassen [Bat02]. Des Weiteren wird im Rahmen populärwissenschaftlicher Texte oft der Begriff Cyberspace, welcher im Jahr 1996 erstmals im Rechtschreibduden festgelegt wurde, als synonym für Virtual Reality verwendet. Demnach handelt es sich bei VR um eine von Computern erzeugte Scheinwelt, die eine fast perfekte Illusion räumlicher Tiefe und realitätsnaher Bewegungsabläufe vermittelt¹⁰.

Unter Ausnutzung der menschlichen Sensorik wird versucht, ein möglichst realistisches Abbild der virtuellen Realität in den menschlichen Wahrnehmungssinnen zu erzeugen. Hierzu existieren diverse Benutzerschnittstellen, die über Kopf- und Handbewegungen, über die Sprache oder den Tastsinn eine hohe immersive Erfahrung bereitstellen¹¹.



Abbildung 2.6: Virtual Reality am Beispiel von Lucid Trips

In der Abbildung 2.6 ist zu sehen, wie Virtual Reality mit der HTC Vive umgesetzt wird. Im Hintergrund ist eine Person zu erkennen, die ein Head-Mounted Display (die HTC Vive) trägt. Im Vordergrund ist zu sehen, was die Person tatsächlich sieht. Hierbei ist zu erkennen, wie die Interaktion mit einer virtuellen Umgebung aussehen kann, was Christian Knöpfle [Knö04] in seiner Dissertation als eine attraktive Schnittstelle zwischen Mensch und Computer beschreibt.

⁹<https://www.playstation.com/de-de/games/eyetoy-play-ps2/>, 22.09.2017

¹⁰<http://www.duden.de/rechtschreibung/Cyberspace>, 26.07.2017

¹¹<http://www.itwissen.info/Virtuelle-Realitaet-virtual-reality-VR.html>, 26.07.2017

2.4 Mensch-Computer-Interaktion

In der Literatur [Bat02] wird häufig über Mensch-Computer-Interaktion (häufig als HCI abgekürzt, englisch Human-Computer-Interaction) im Bezug auf die Interaktion und das Tracking entlang des Kontinuum der Realität und Virtualität gesprochen.

Die Möglichkeiten, innerhalb von VR und AR mit virtuellen Objekten zu interagieren, basiert auf verschiedenen Inputarten, die aktuelle Hardware und Software unterstützt. Zusätzlich unterscheiden sich die Inputarten von Gerät zu Gerät, wobei es eine Vielzahl von Kriterien zu erfassen gilt, um Bewegungen und Aktionen eines Benutzers in die virtuelle Umgebung zu übertragen [Kau15]. Im Folgenden wird erläutert, welche Interaktions- und Trackingmethoden aktuell existieren.

2.4.1 Spracherkennung

Die Spracherkennung (englisch, voice recognition) ist eine sehr intuitive Form der Interaktion mit virtuellen Objekten. Hierbei wird die natürliche gesprochene Sprache über ein Mikrofon aufgezeichnet und über Spracherkennungssoftware in Echtzeit ausgewertet. Somit ist es beispielsweise möglich Befehle über Schlüsselwörter an virtuelle Objekte weiterzugeben [Hof02]. Darüber hinaus bieten Spracherkennungsdienste, wie beispielsweise IBM Watson die Möglichkeit neben dem gesprochenen Text auch die Stimmung zu analysieren, um Informationen über die Emotionen, Sprachstil und soziale Tendenzen zu erhalten¹².

2.4.2 Input über Peripheriegeräte

Im Laufe der Zeit etablierten sich diverse Peripheriegeräte für die Kommunikation zwischen Mensch und Computer, wie zum Beispiel die Maus und die Tastatur. Für eine intuitive Möglichkeit der Interaktion im Mixed Reality Kontext existieren heutzutage verschiedene Peripherielösungen.

Controller Input

Für die Bewegung in einem Mixed Reality Umfeld werden häufig Controller verwendet, die über sogenanntes *Positional Tracking* erfasst werden, jedoch ist der Bewegungsspielraum meist auf wenige Quadratmeter begrenzt. Um dennoch die Möglichkeit zu bieten, dass ein Benutzer sich in einer virtuellen Umgebung bewegen kann, sind an den Controllern weitere Tasten

¹²<https://www.ibm.com/watson/services/tone-analyzer/>, 26.07.2017

angebracht, die verwendet werden können, um sich beispielsweise auf Tastendruck vorwärts zu bewegen oder um sich durch die virtuelle Welt zu teleportieren.

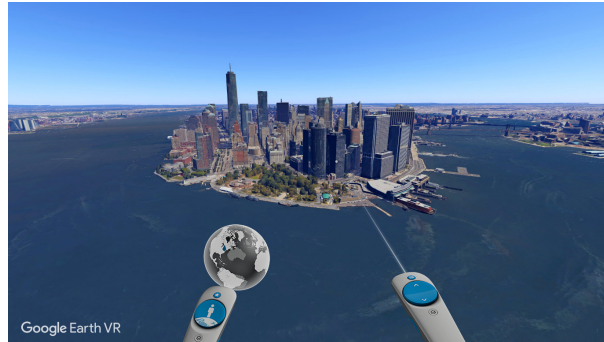


Abbildung 2.7: Google Earth VR, (Quelle: <https://vr.google.com/earth/>, 26.07.2017)

Aktuelle Anbieter von Controllern, die in einem virtuellen Umfeld verwendet werden können, sind hierbei Oculus mit den Oculus Touch Controllern, HTC mit den Vive Controllern, Samsung mit dem GearVR Controller und Sony mit den PlayStation Move Motion Controllern. Für die Applikation zu dieser Bachelorarbeit wurde der Samsung GearVR Controller verwendet.

Omni-dimensionale Laufbänder

Einige innovative Hersteller haben sich überlegt, wie sie die Grenzen des Bewegungsspielraums über die Controllereingabe hinaus erweitern können. So entstanden Techniken in Form von omni-dimensionalen Laufbändern, welche die natürlichen Laufbewegungen eines Benutzers in Echtzeit auslesen. Dies ermöglicht eine intuitive und realitätsnahe Übertragung der eigenen Körperbewegungen in eine virtuelle Umgebung [Kau15].



(a) Der Virtualizer von Cyberith

(b) Der KatWalk von KatVR

Abbildung 2.8: Omni-dimensionale Laufbänder¹³

Kamera und Sensor Input

Neben den bisher genannten Inputmöglichkeiten existieren Technologien, die auf Algorithmen basieren. Diese Algorithmen verwenden Kamera- oder Sensorinformationen, um Objekte aus der realen Umgebung zu erkennen [MBS14]. In einer typischen auf Algorithmen basierten AR-Anwendung werden zunächst die Bilder, die es zu erkennen gilt, vordefiniert. Anschließend werden dreidimensionale Objekte an die vordefinierten Bilder innerhalb einer AR-Anwendung gebunden. Dies ermöglicht es ein 3D Objekt auf einem realen Bild darzustellen, sobald das Objekt von einer Kamera lokalisiert wird.

Eine weitere erwähnenswerte Technologie, die Kamera und Sensorinformationen zur Bildauswertung und Interaktion innerhalb von Mixed Reality Anwendungen ermöglicht ist die Leap Motion. Über zwei Weitwinkelkameras und drei Infrarot-LEDs erfasst sie die Umgebung und ermöglicht es die Handbewegung eines Nutzers zu erfassen¹⁴.

2.4.3 Tracking

Damit eine perfekte Illusion von virtuellen Objekten entstehen kann, ist es notwendig, dass die Integration der virtuellen Objekte in die Realität so genau wie möglich erfolgt [WS98]. Um dies in Mixed Reality Anwendungen zu ermöglichen, ist es notwendig die reale Umgebung, zu erfassen. Die Software, die diesen Zweck erfüllt, wird als Tracking Software oder Tracker bezeichnet. Eine Tracking Software soll somit die Objekte einer realen Umgebung erfassen und virtuelle Objekte an den Blickwinkel eines Betrachters anpassen.

Beim Tracking wird grundsätzlich zwischen den Prinzipien *Inside-Out-Tracking* und *Outside-In-Tracking* unterschieden. So wird über *Inside-Out-Tracking* gesprochen, wenn das bewegte Objekt seine Trackinginformationen selbst bestimmt. Hierbei wird die Position durch sich im Umfeld befindende Marker ermittelt. Ein Hersteller einer Software-Bibliothek, der diese Art von Tracking verwendet, ist beispielsweise Vuforia¹⁵. Auf der anderen Seite wird über *Outside-In-Tracking* gesprochen, wenn das zu trackende Objekt kein Wissen bezüglich der eigenen Position und Orientierung besitzt. Hierbei geschieht die Ermittlung der Position des zu trackenden Objektes mit Hilfe von Sensoren, die im Umfeld aufgestellt werden [MBS14].

¹³Abbildung (a): <http://cyberith.com/>, 26.07.2017; Abbildung (b): <http://www.katvr.com>, 26.07.2017

¹⁴<https://www.leapmotion.com/>, 26.07.2017

¹⁵<https://www.vuforia.com/>, 26.07.2017



Abbildung 2.9: Tracking mit Vuforia, (Quelle: <https://www.vuforia.com/>, 26.07.2017)

In der Abbildung 2.9 ist zu erkennen, wie das Smartphone im Vordergrund den Hintergrund über die integrierte Kamera aufnimmt und durch das dreidimensionale Objekt einer digitalen Teekanne erweitert. Die Bilder im Hintergrund dienen hierbei als Marker, die von der Tracking Software erkannt und in Echtzeit die Position und Ausrichtung der darzustellenden Teekanne berechnen.

2.5 Verwendete Geräte

Für die Umsetzung der Studie zu dieser Arbeit werden die Samsung GearVR für die VR-Situation und die Microsoft HoloLens für die AR-Situation genutzt. Im Folgenden werden die Eigenschaften beider Geräte beschrieben.

2.5.1 Samsung GearVR

Die Samsung GearVR ist ein Head-Mounted Display, welches in Kombination mit einem Smartphone verwendet wird. Dafür wird das Smartphone in die entsprechende Vorrichtung an der Samsung GearVR eingesteckt, um anschließend eine VR-Anwendung zu erleben.

In Abbildung 2.10 ist eine Samsung GearVR und ein dazugehöriges Smartphone zu erkennen. Das Gerät verfügt über diverse technische Details¹⁶, um die Realität in die Virtualität zu übertragen. Unter anderem verfügt die GearVR über zwei optische Linsen, die das vom Smartphone erzeugte Bild an das menschliche Auge leiten, sodass ein Benutzer mit einem Sichtfeld von 96° in die virtuelle Realität eintauchen kann. Darüber hinaus verfügt die GearVR über Apparaturen wie Beschleunigungsmesser, Gyroskope, Magnetsensoren und Näherungssensoren, die

¹⁶<http://www.samsung.com/de/promotions/galaxynote4/spec/gearvr/>, 01.08.2017



Abbildung 2.10: Abbildung der Samsung GearVR

es einem Benutzer ermöglichen, sich durch seine eigenen Kopfbewegungen in der virtuellen Umgebung umzuschauen [Kau15]. Zuletzt sei noch erwähnt, dass die GearVR über diverse Eingabemöglichkeiten an der Seite der Brille verfügt und in Kombination mit einem GearVR Controller eine erweiterte Interaktion mit der virtuellen Umgebung ermöglicht.

2.5.2 Microsoft HoloLens

Die Microsoft HoloLens ist im Gegensatz zur Samsung GearVR ein komplett autonomes System, das heißt, es werden keine zusätzlichen Komponenten benötigt, wie beispielsweise ein Smartphone im Fall der GearVR. In diesem Zusammenhang sind die technischen Details der HoloLens¹⁷ etwas umfangreicher.



Abbildung 2.11: Abbildung der Microsoft HoloLens

¹⁷https://developer.microsoft.com/de-de/windows/mixed-reality/hololens_hardware_details, 01.08.2017

Abbildung 2.11 zeigt die Microsoft HoloLens. Sie verfügt über ein durchsichtiges Visier, das einen freien Blick auf die Umgebung ermöglicht. Innerhalb des Visiers sind durchsichtige holographische Linsen samt Lightengines verbaut, wie sie von Microsoft bezeichnet werden. Bei den Lightengines handelt es sich um hochauflösende OLED Displays, die es einem Benutzer ermöglichen Hologramme in seiner Umgebung wahrzunehmen. Das Sichtfeld ist jedoch sehr klein und erlangt je nach Einstellungsgrad des Head-Mounted Displays ein Sichtfeld von maximal 40°. Des Weiteren verfügt die HoloLens über diverse Sensoren, die ein Inside-Out Tracking ermöglichen. Bei den Sensoren handelt es sich um mehrere Beschleunigungssensoren, vier umgebungsverstehende Kameras, eine Tiefenkamera, vier Mikrofone, ein Lichtsensor sowie eine frontale hochauflösende Kamera. Durch die Verarbeitung aller Sensordaten entsteht für die HoloLens die Möglichkeit die natürliche Umgebung, zu verarbeiten. Sogenanntes Spatial Mapping (deutsch, räumliche Zuordnung) [Ong17] erlaubt die Platzierung von virtuellen Objekten in der Umgebung. Zusätzlich ermöglicht die HoloLens Geräuschquellen in der Umgebung zu platzieren, die von einem Benutzer dreidimensional wahrgenommen werden. Dies wird als Spatial Sound [Ong17] (deutsch, räumlicher Klang) bezeichnet. Als Eingabemöglichkeit bietet die HoloLens durch die Sensoren eine Gestenerkennung der menschlichen Hände¹⁸.

¹⁸<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/gestures>, 01.08.2017

3 Anforderungsanalyse

Wie bereits erwähnt ist diese Bachelorarbeit an eine Applikation für die Microsoft HoloLens und die Samsung GearVR gekoppelt. In diesem Kapitel werden die funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen gegenüber der Applikation beschrieben. Hierbei sei erwähnt, dass die Anforderungen der Applikation in Kooperation mit der isi GmbH getroffen wurden, da die isi GmbH das konkrete Interesse an der Applikation sowie an der Durchführung der dazugehörigen Studie hat. Darüber hinaus sei erwähnt, dass sich Teile der Anforderungen im Laufe des Projektes durch voranschreitendes Wissen ergaben.

3.1 Anforderungsermittlung und Problembeschreibung

Die Anforderungen an das Projekt sind zur Vereinfachung in sachlogische Teilbereiche aufgeteilt. So gibt es unter anderem Anforderungen an die Technik, da die Software für die HoloLens und die GearVR gleichermaßen entwickelt werden muss, sodass die Applikationen auf den Geräten sich möglichst nicht unterscheiden. Weiter gibt es die Anforderung den Probanden der Studie eine möglichst immersive Erfahrung zu bieten. Das Problem hinter der Prämisse einer immersiven Erfahrung für eine Anforderungsanalyse [Hum95], ist jedoch die nicht verifizierbare Formulierung. Somit besteht hier zunächst die Notwendigkeit die Wünsche der isi GmbH (des Kunden) nach Beispiel der Anforderungsanalyse des Softwareengineerings [Avc07] in Anforderungen an die Umgebung zu konkretisieren. Darüber hinaus sind Anforderungen zu Inhalten zu treffen, da die Probanden beispielsweise Fragen innerhalb der Applikation beantworten sollen. Die Antworten der Fragen müssen der isi GmbH für Auswertungen zur Verfügung gestellt werden, wodurch sich Anforderungen zur Speicherung und Anforderungen an die Formatierung der Daten ergeben.

Ein weiteres Problem ist es eine einfache Benutzbarkeit zu gewährleisten sowie ein auf Eingabebefehle abgestimmter Programmablauf der Applikation, sodass alle Probanden (Männer und Frauen im Alter zwischen 18 und 50 Jahren) nach einer kurzen Einweisung selbstständig mit der Applikation zurechtkommen. Hieraus entstehen Anforderungen an die Nutzungsqualität, die es zu berücksichtigen gilt.

3.2 Anforderungen an die Applikationen

Im Folgenden werden nicht funktionale Anforderungen und funktionale Anforderungen an die Applikation aufgelistet.

3.2.1 Nicht funktionale Anforderungen

Anforderungen an die Technik

Die Zielplattformen, für die die Applikation entwickelt werden muss, sind die Microsoft HoloLens und die Samsung GearVR. Daraus abgeleitet entstehen Abhängigkeiten gegenüber der zu benutzenden Unity 3D Version, da beispielsweise für die Entwicklung auf der HoloLens mindestens die Unity 3D Version 5.5 oder höher notwendig ist¹. Des Weiteren kann die Samsung GearVR nur mit einem kompatiblen Smartphone, wie beispielsweise dem Samsung Galaxy S6 verwendet werden². Daraus wiederum ergibt sich die Abhängigkeit, dass die Applikation mindestens für die Android Version 5.0 (LOLLIPOP) programmiert werden muss.

Anforderungen an die Umgebung

Um den Probanden eine immersive Erfahrung zu bieten, muss die Umgebung mindestens ein Sofa, einen Tisch, einen Kamin sowie weitere kleine Details, die zu einer lebendigen Atmosphäre beitragen beinhalten. Bei den kleinen Details kann es sich beispielsweise um Spiegel, Teppiche, Fenster, Gardinen, Türen, Lampen, Bücher, Bilder, Kerzen, Pflanzen, oder auch Einblicke andere Räume, wie z. B. Küche oder Arbeitszimmer handeln. Zwingend notwendig ist, dass die Hauptkamera der Szene so ausgerichtet ist, dass ein Benutzer das Gefühl hat, als würden er auf dem Sofa in der virtuellen Szene sitzen. Darüber hinaus müssen die beiden Applikationen vergleichbar sein, um die Validität zu gewährleisten. Somit sollen die virtuellen Objekte in den Applikationen dieselbe Platzierung haben und auch der Programmablauf darf sich nicht unterscheiden.

¹<https://unity3d.com/de/partners/microsoft/hololens>, 01.08.2017

²<http://www.samsung.com/de/wearables/gear-vr-r323/>, 01.08.2017

Anforderungen an die Nutzungsqualität

Die Applikationen sollen (wenn möglich) auf einem durchschnittlichen Wert von 60 Bildern pro Sekunde (FPS) laufen, um den Benutzern eine flüssige Erfahrung zu bieten und Spielübelkeit zu vermeiden. Einbrüche der FPS unter 60 Bilder die Sekunde zugunsten eines optischen Mehrwerts müssen im Einzelfall mit der isi GmbH abgestimmt werden.

Des Weiteren soll es unerfahrenen Benutzern möglich sein, nach einer Einweisung von fünf Minuten die Applikation zu bedienen, sodass diese in der Lage sind, den Anforderungen während des Programmablaufs zu folgen.

Anforderungen an die Formatierung der Daten

Damit die isi GmbH die Daten, die während der Studiendurchführung gesammelt werden weiterverarbeiten kann, müssen die Daten in einem dafür geeigneten Format, wie beispielsweise CSV oder XML bereitgestellt werden.

3.2.2 Funktionale Anforderungen

Anforderungen zu Inhalten

Die inhaltlichen Anforderungen an das Programm richteten sich an den Ablauf innerhalb der Studie, so müssen die Probanden zunächst die Möglichkeit haben ihre Teilnehmernummer einzugeben. Dafür muss ein Canvas erstellt werden, welches Unity-Button-Elemente mit den Zahlen von 0 - 9 beinhaltet und darüber hinaus die Möglichkeit bietet, die aktuelle Eingabe zu korrigieren oder zu bestätigen. Außerdem muss ein Begleittext sowie die aktuelle Eingabe dargestellt werden.

Den Probanden wird eine dreistellige Teilnehmernummer gereicht, welche sie innerhalb der Applikation eingeben müssen, damit eine Zuordnung der Probanden möglich ist. Die Anwendung muss dafür sorgen, dass bei der Eingabe der Teilnehmernummer nur dreistellige Eingaben akzeptiert werden. Nachdem die Teilnehmernummer erstmalig eingegeben und bestätigt wurde, muss ein weiteres Canvas erscheinen, welches den Probanden die eingegebene Teilnehmernummer darstellt und sie dazu auffordert, diese nochmals zu bestätigen oder zu korrigieren, falls ein Eingabefehler vorliegt.

Um den Probanden die Möglichkeit zu geben in die virtuelle Umgebung einzutauchen und eine Probe zu verkosten, müssen in dem Programmablauf Phasen integriert werden, in der

keine UI-Elemente angezeigt werden. Die Zeit der Phasen soll über Parameter innerhalb des Programmcodes konfigurierbar sein. Nach dem Ablauf der ersten Phase soll ein Canvas eingeblendet werden, welches den Probanden dazu auffordert, von der Probe zu kosten. Dieses Canvas muss ein Unity-Button-Element beinhalten, welches nach der Bestätigung durch den Probanden den Fortlauf des Programmes bewirkt.

Die Applikation muss die Möglichkeit bieten, dass Probanden Fragen innerhalb des Programmablaufs beantworten können. Dafür muss ein Canvas erstellt werden, der einerseits die Frage darstellt und andererseits Antwortmöglichkeiten in Form einer Skala bietet. Die Skala soll aus Unity-Button-Elementen bestehen, wobei im inneren eines Unity-Button Elementes ein Text mit der zugeordneten Antwort steht. Nachdem die Fragen beantwortet wurden, müssen die erfassten Daten für eine spätere Weiterverwendung festgeschrieben werden.

Anforderungen zur Speicherung

Zu jedem Probanden müssen nach einem Programmablauf Daten zum verwendeten Gerät, der Teilnehmernummer, die Antworten, sowie Datum und Uhrzeit gespeichert werden. Für die Speicherung der Daten kann ein Cloudservice programmiert werden, welcher die Daten von der Applikation entgegennimmt und diese für mindestens eine Woche speichert. Die Problemgröße an Datensätzen, die mindestens gespeichert werden müssen, liegt bei mindestens 160 Datensätzen.

3.3 Personas

In diesem Unterkapitel werden verschiedene Personas vorgestellt, welche im Laufe der Studie auf die Applikation treffen können. Der Hintergrund hierbei ist, die Entwicklung der Software auf den Endnutzer zu fokussieren, um in Anschluss passende Anwendungsfälle zu finden [BSB⁺14]. Für diesen Zweck werden im Folgenden Personas mit unterschiedlichen Eigenschaften dargestellt.

- **Person in der Altersgruppe von 18 - 29**

Diese Person ist interessiert an Freizeitaktivitäten, wie Joggen, Stand Up Paddeling und Restaurant besuche. Sie studiert ein geisteswissenschaftliches Fach an einer Hochschule und nutzt dafür ihr Notebook. Dadurch besteht bereits ausreichende Erfahrung im Umgang mit Computern, allerdings besteht die Möglichkeit, dass diese Person sich im Umgang mit neueren Technologien ungeschickt anstellt.

- **Person in der Altersgruppe von 18 - 29**

Diese Person hat ein starkes Interesse an neuen Technologien und bringt bereits viel Erfahrung im Umgang mit diversen Systemen mit sich. Sie hält sich immer auf dem Laufenden und würde gerne neue Geräte ausprobieren. Bei dieser Person ist mit sehr wenigen Schwierigkeiten beim Umgang mit der Applikation zu rechnen.

- **Person in der Altersgruppe von 30 - 49**

Diese Person arbeitet bei der Deutschen Post und bedient dort selten einen Computer. Zu Hause nutzt sie einen Computer, um ein wenig im Internet zu surfen und bei einem Internetauktionshaus einzukaufen. Die Person ist sehr unsicher, was den Umgang mit dem Computer betrifft und ist daher bei Eingaben eher bedacht und zurückhaltend.

- **Person in der Altersgruppe 30 - 49**

Diese Person arbeitet in einem Lager bei einem großen Handelskonzern. Der Umgang mit dem Computer ist ihr bekannt, jedoch nutzt sie diesen nur als Arbeitsmittel und ist darüber hinaus auch nicht weiter am Umgang mit Computern interessiert. Dieses Desinteresse bewirkt, dass die Person während des Umgangs mit einem Computer sehr ungeduldig wird und dadurch zu vielen Eingabefehlern neigt.

- **Person in der Altersgruppe von 18 - 29**

Diese Person kommt aus Frankreich und verfügt nur über geringen Deutschkenntnissen. Sie ist sehr aktiv in sozialen Netzwerken und lädt dort viele Fotos hoch, die sie zuvor in einem Fotobearbeitungsprogramm bearbeitet. Dadurch besteht ein geübter Umgang mit neuen Technologien, jedoch könnten Sprachbarrieren zu Schwierigkeiten führen.

- **Person in der Altersgruppe von 30 - 49**

Diese Person hatte in diesem Jahr eine Operation, wodurch sie noch in der Bewegung eingeschränkt ist. Den Umgang mit einem Computer ist sie geübt, jedoch benötigt sie stets seine Brille, um die Texte auf dem Bildschirm lesen zu können. Die Bewegungseinschränkung kann zu Schwierigkeiten bei der Bedienung der Applikation führen.

An diesen Beispielen für Personas wird deutlich, dass es nicht einfach ist, eine Gestaltung der Anwendungsfälle zu finden, die den Vorkenntnissen aller Benutzer entgegenkommt. Aspekte können Einfachheit, Vermeidung von überfrachteten Benutzermenüs, Mehrsprachigkeit und unmissverständliche Texte sein. Darüber hinaus verdeutlichen die Personas nochmals, dass mit Eingabefehlern zu rechnen ist, da höchst wahrscheinlich nicht alle Probanden ein gutes technisches Verständnis mitbringen. Im Folgenden gilt es, passende Anwendungsfälle festzulegen.

3.4 Anwendungsfälle

3.4.1 Anwendungsfall - Eingabe der Teilnehmernummer

Aktor	Proband
Kurzbeschreibung	Einem Probanden wird seine Teilnehmernummer mitgeteilt. Diese Teilnehmernummer muss der Proband in der virtuellen Umgebung eingeben.
Vorbedingung	Die Teilnehmernummer muss dreistellig sein.
Beschreibung des Ablaufs	Der Proband gibt die Zahlen der Teilnehmernummer über das Userinterface ein. Sobald eine dreistellige Teilnehmernummer eingegeben wurde, wird ein Unity-Button Element mit dem Text 'Ok' hervorgehoben. Klickt der Proband auf diesen Button, gelangt der Proband zu nächsten Canvas, wo er seine Eingabe erneut überprüfen muss. Bestätigt der Proband die Eingabe nochmals, startet die Immersionsphase. Gibt der Proband zufällig eine vierte Zahl ein, wird er darüber benachrichtigt, dass die Teilnehmernummer dreistellig sein muss und seine Eingabe wiederholen soll.
Auswirkung	Die Teilnehmernummer bleibt über den Programmablauf für einen Probanden bestehen und wird nach Abschluss der Befragung innerhalb der Applikation zusammen mit den erfassten Daten zum Probanden gespeichert.

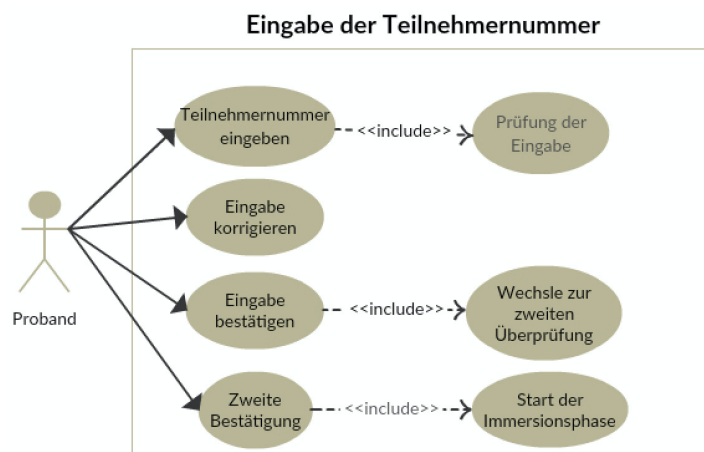


Abbildung 3.1: Anwendungsfalldiagramm - Eingabe der Teilnehmernummer

3.4.2 Anwendungsfall - Beantwortung der Fragen

Aktor	Proband
Kurzbeschreibung	Den Probanden werden innerhalb der Applikation Fragen mit Antwortmöglichkeiten gestellt.
Vorbedingung	Der Proband hat seine Teilnehmernummer eingegeben, die Immersionsphase und die Verkostung sind abgeschlossen.
Beschreibung des Ablaufs	Einem Probanden wird die erste Frage und die dazugehörigen Antwortmöglichkeiten dargestellt. Nachdem der Proband seine Antwort gewählt hat, erscheint ein Button mit dem Text 'Bestätigen'. Klickt der Proband auf den Button, so verschwindet dieser und die nächste Frage und die dazugehörigen Antwortmöglichkeiten erscheinen. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis alle Fragen beantwortet wurden. Nachdem der Proband die letzte Frage beantwortet und die Antwort bestätigt hat, wird dem Probanden mitgeteilt, ob die Ergebnisse übermittelt wurden, sowie ein Dankestext. Falls die Ergebnisse nicht übermittelt wurden, wird der Proband darüber informiert, dass er sich an das Personal wenden soll. In diesem Fall kann das Personal die Ergebnisse mithilfe einer Website nachtragen.
Auswirkung	Die Teilnehmernummer, die Antworten, das Datum und die Uhrzeit sowie Informationen zum verwendeten Gerät werden in einer Datenbank festgeschrieben.

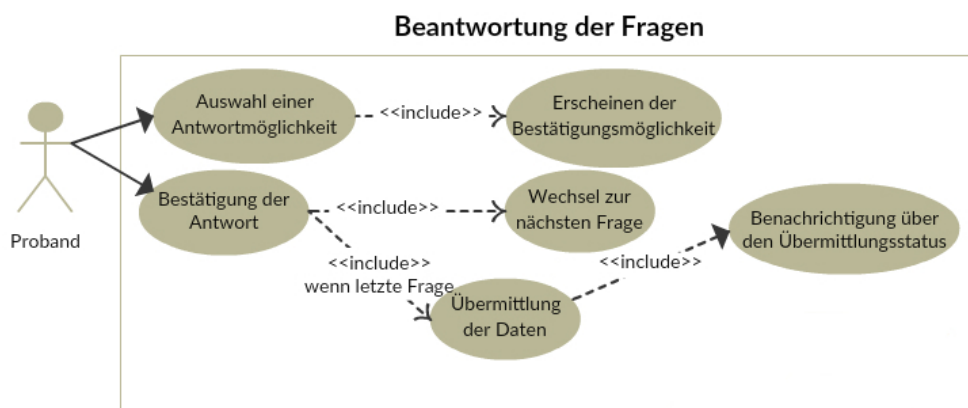


Abbildung 3.2: Anwendungsfalldiagramm - Beantwortung der Fragen

4 Umgebungs- und Applikationsentwurf

In diesem Kapitel werden die Entscheidungen dargestellt, die während der Entwurfsphase der Software Entwicklung entstanden. Im Folgenden wird einleitend über die grobe Architektur erläutert, die hinter der Entwicklung einer VR-Applikation steckt.

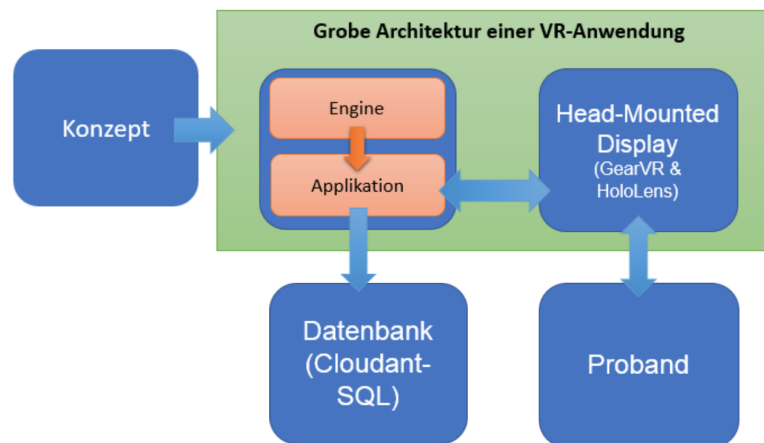


Abbildung 4.1: Grobe Architektur einer VR-Anwendung

In der Abbildung 4.1 ist der grobe Aufbau der Anwendung dargestellt. Zunächst wird das Konzept entwickelt, das in diesem Kapitel behandelt wird, dann folgt die Programmierung der Applikation innerhalb der von Unity 3D (Engine). Aus Unity 3D wird die Applikation generiert, welche letztendlich als Software auf der jeweiligen Plattform (HoloLens oder GearVR) läuft. Die Probanden setzen die VR-Brillen (Head-Mounted Displays) auf und nutzen somit die Applikation. Darüber hinaus kommuniziert die Applikation mit einer Datenbank, in der alle Daten die während eines Durchlaufs entstehen, gespeichert werden.

4.1 Applikationsablauf

Die Konzeption des Ablaufs innerhalb der Applikation richtete sich nach den festgelegten Anforderungen sowie dem Studienablauf, der von der isi GmbH vorgegeben wurde. Das

Konzeptergebnis entstand iterativ und wurde dementsprechend während der Entwicklungszeit des Öfteren erneut ausgearbeitet. Die Abbildung 4.2 zeigt den finalen Ablauf der Applikation aus Sicht eines Probanden. Im Folgenden werden alle Schritte des Ablaufdiagramms erklärt.

Der obere schwarze Punkt stellt den Eintrittspunkt der Anwendung dar. Nach dem Start der Anwendung wird ein Proband zunächst dazu aufgefordert, seine Teilnehmernummer einzugeben. Zur Kontrolle der Eingabe wird der Proband anschließend dazu aufgefordert, seine Eingabe zu überprüfen. Stellt der Proband hier einen Fehler innerhalb der Eingabe fest, hat er die Möglichkeit seine Eingabe zu korrigieren. Bestätigt der Proband jedoch, dass die Eingabe korrekt ist, folgt zunächst die Immersionsphase. Nachdem die Immersionsphase vorüber ist, wird der Proband darauf hingewiesen, dass die Verkostung folgt. Diesen Dialog muss der Proband bestätigen, um die Verkostungsphase zu starten. Nach der Verkostungsphase folgen die Fragen, die innerhalb der Applikation an den Probanden gestellt werden. Nachdem alle Fragen beantwortet wurden, ist der Ablauf der Applikation abgeschlossen.

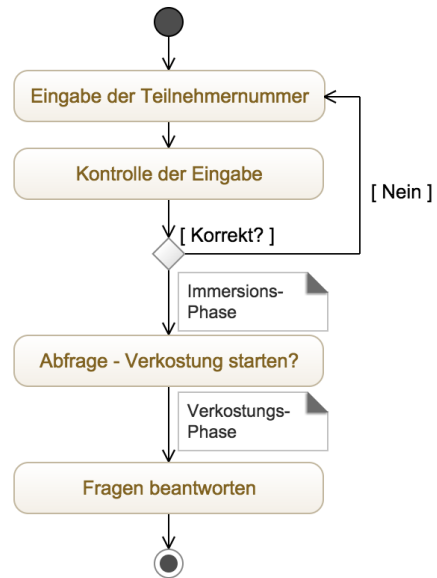


Abbildung 4.2: Ablaufdiagramm

4.2 Fragebogen

Um die Möglichkeit zu bieten, Fragen innerhalb der Anwendung zu beantworten, wurden mehrere Herangehensweisen in Betracht gezogen. Zudem sei erwähnt, dass sich durch die agile Herangehensweise, die Konzeption des Fragebogens vor der Konzeption der Eingabe der Teilnehmernummer ereignete. Somit entstanden einschlägige Erfahrungen zur Benutzerfreundlichkeit unter der Betrachtung von den Möglichkeiten, wie die Fragen innerhalb der Anwendung beantwortet werden können.

Wie bereits in den Anforderungen zu Inhalten beschrieben, müssen die Antwortmöglichkeiten in Form einer Skala implementiert werden. Damit die einzelnen Antworten ausgewählt werden können, sollen jeweils Unity-Button Elemente verwendet werden. Darüber hinaus

muss ein Button existieren, mit dem es möglich ist, die ausgewählte Antwort zu bestätigen. Aus diesen Anforderungen entstand der Fragebogenentwurf aus Abbildung 4.3.

Frage 1: #####?

Ihre Antwort: #####

Antwort 1 Antwort 2 Antwort 3 Antwort 4 Antwort ...

Bestätigen

Abbildung 4.3: Entwurf - Fragebogen

4.3 Prototyp

Um zu prüfen, welche Form der Interaktion am geeignetsten ist, wurde ein simpler Prototyp entwickelt. Die erste Überlegung zur Interaktion mit der Applikation war die Simulation eines Tablets mit Hilfe von Vuforia. Grund für die Überlegung war es, den Probanden eine möglichst intuitive Form der Interaktion zu bieten, welche den Probanden bereits aus dem alltäglichen Umgang mit einem Smartphone bekannt ist. Unter diesem Aspekt sollten die Probanden ein Holzbrett mit einem aufgedruckten Marker erhalten. Der Marker sollte hierbei die Möglichkeit der Interaktion durch die Implementation von Virtual Buttons¹ von Vuforia bieten.

Abbildung 4.4 zeigt den konkreten Entwurf. In der linken oberen Ecke ist der Marker dargestellt. Bei genauerem Hinsehen sind auf dem Marker farblich hervorgehobene Bereiche mit den Beschriftungen Red, Blue, Yellow und Green zu erkennen. Diese werden von Vuforia, als Virtual Buttons wahrgenommen und dienen der Interaktion. Unten links ist das virtuelle Objekt zu erkennen, welches auf die Position des Markers projiziert wird. Das Ergebnis des Zusammenspiels ist in dem rechten Ausschnitt zu erkennen.

¹<https://library.vuforia.com/articles/Solution/How-To-Implement-Virtual-Buttons>, 06.08.2017

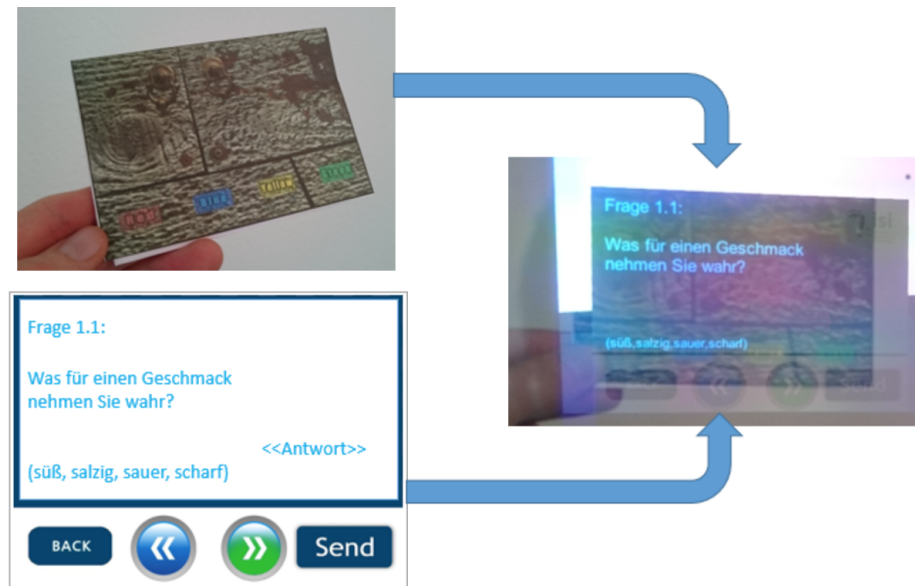


Abbildung 4.4: Entwurf - Interaktion mit Vuforia

Im Laufe des Projektes hat sich herausgestellt, dass diese Form der Interaktion aus mehreren Gründen ungeeignet ist. Unter anderem ist Vuforia eher für Augmented Reality geeignet, weil im Fall von Virtual Reality die Hände des Benutzers im Sichtfeld fehlen. Dadurch kann ein Benutzer die Position der Virtual Buttons nur erahnen, was wiederum zu häufigen Eingabefehlern führt.

Des Weiteren erfolgt die Interaktion ausschließlich über die Bilderkennung mithilfe einer integrierten Kamera, was zur Folge hat, dass die Virtual Buttons nur dann reagieren, wenn diese abgedeckt werden. Aus diesem Grund erfolgen häufig Eingabefehler, durch unbeabsichtigtes Abdecken der Virtual Buttons. Darüber hinaus wird ein Benutzer zu einer unnatürlichen Haltung gezwungen, weil die Interaktion nur dann möglich ist, wenn sich der Marker im Sichtfeld der Kamera befindet.

Ein weiterer Nachteil dieser Form der Interaktion ist die schwankende Reaktionszeit der Virtual Buttons, die häufig dazu führt, dass Eingaben mehrfach oder gar nicht erfolgen.

Durch die vielen Nachteile, zu denen die Verwendung von Vuforia für dieses Projekt führt, wurde die Interaktion erneut durchdacht und beschlossen, dass nur die Bedienelemente genutzt

werden, die bereits in der jeweiligen Plattform integriert sind. Die Interaktion bei der HoloLens erfolgt somit über die integrierte Gestenerkennung und die Interaktion mit der GearVR samt des mitgelieferten GearVR Controllers. Somit ist die Entscheidung getroffen, dass virtuelle Objekte über die Blickrichtung ausgewählt werden können und die Auswahl, durch die jeweilige Interaktionsmethode bestätigt wird.

4.4 Eingabe der Teilnehmernummer

Unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Nutzungsqualität, soll die Eingabe der Teilnehmernummer für einen Probanden intuitiv möglich sein, sodass nur wenig Erklärungsbedarf zur Benutzeroberfläche notwendig ist. Außerdem müssen die Anforderungen, wie die Möglichkeit der Korrektur und die zusätzliche Eingabeprüfung eingebunden werden.

Für diesen Zweck richtet sich das Design der Eingabe der Teilnehmernummer an dem typischen Design des Tastenfeldes eines einfachen Taschenrechners.

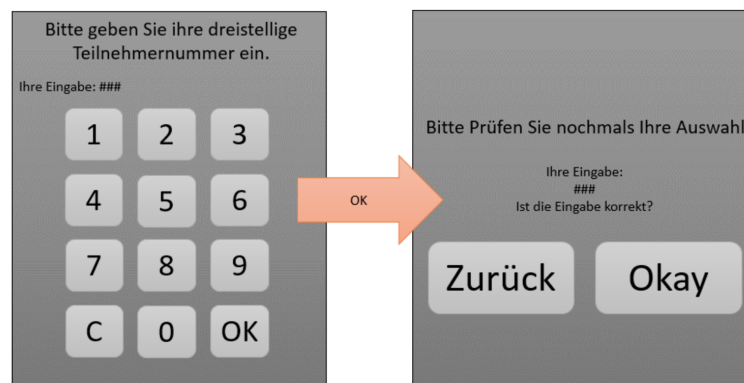


Abbildung 4.5: Entwurf - Eingabe der Teilnehmernummer und der Prüfung

4.5 Szenario der Studie

Neben dem Ablauf der Applikation muss auch der Ablauf im Labor während der Studie festgelegt werden. Hierbei hat die isi GmbH zusätzlich eigene Anforderungen an den Studienablauf. So müssen die Probanden nach der VR- oder AR-Situation weitere Fragen bezüglich der Erlebnisse während des Ablaufs der Applikation beantworten. Außerdem muss ein Ablauf der

gleichen Situation ohne VR- oder AR-Erfahrung, im Vorraum stattfinden, um einen Vergleich der Situationen zu ermöglichen. Daraus ergeben sich zwei Situationen:

1. Verkostung und Beantwortung von Fragen innerhalb der Applikation sowie weitere Fragen, nachdem die Applikation beendet wurde. (VR/AR-Situation)
2. Verkostung und Beantwortung von Fragen im Vorraum - außerhalb der Applikation (Vorraum-Situation)

Diese beiden Situationen müssen zum einen mit der HoloLens und zum anderen mit der GearVR durchgeführt werden. Darüber hinaus muss es ein Wechsel zwischen der Vorraumsituation und der VR- oder AR-Situation geben, um weitere Aussagen aus den Antworten, die während der Studie gesammelt werden, ableiten zu können. In Summe existieren somit für den gesamten Studienablauf vier Ablaufszenarien:

1. Erst die AR-Situation, dann die Vorraumsituation
2. Erst die Vorraumsituation, dann die AR-Situation
3. Erst die VR-Situation, dann die Vorraumsituation
4. Erst die Vorraumsituation, dann die VR-Situation

Diese vier Szenarien sollen möglichst zeitgleich ablaufen können, damit möglichst viele Probanden an der Studie teilnehmen können.

5 Implementation

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Anforderungen an die Anwendung im Programmcode implementiert wurden. Dazu gehört die Erstellung der virtuellen Umgebung, die Überprüfung der Teilnehmernummer, die Implementation der Frage und Antwortmöglichkeiten sowie der Versand der Daten an einen Cloudservice über eine REST- Schnittstelle. Außerdem sei erwähnt, dass während der Implementation berücksichtigt werden muss, dass ein Projekt für die Plattform der HoloLens und ein Projekt für die Plattform der GearVR angelegt werden muss, weil die Erstellung der Anwendung für beide Plattformen aus einem Projekt nicht möglich ist. Grund hierfür ist die notwendige Verwendung verschiedener Skripts für die Interaktion.

5.1 Plattformübergreifendes Grundgerüst

Wie in den Anforderungen an die Umgebung festgelegt, soll sich die Umgebung auf den unterschiedlichen Plattformen nicht unterscheiden, damit die Vergleichbarkeit der beiden Umgebungen gewährleistet ist. Unity 3D bietet die Möglichkeit an virtuelle Objekte (sogenannte Unity-Game-Objects - deutsch Spielobjekte) Programmierlogik in Form von Skripten anzufügen. Somit kann während der Implementation das Entwurfsprinzip 'Separation of Concerns', verwendet werden.

Nach diesem Prinzip werden die verschiedenen Zuständigkeiten wie die Interaktion, der Fragebogen und die REST-Schnittstelle voneinander getrennt. Des Weiteren ermöglichte diese Strukturierung innerhalb von Unity 3D, die notwendigen Komponenten je nach Plattform auszutauschen. Somit kann zunächst die virtuelle Umgebung erstellt und anschließend, innerhalb der spezifischen Projekte, mit der plattformspezifischen Programmlogik erweitert werden.

5.2 Virtuelle Umgebung

Für die Umgebung innerhalb der Applikation wird ein Unity-Asset namens ArchVizPro¹ verwendet. Dieses Asset beinhaltet detailreiche digitale Einrichtungsgegenstände, die es ermöglichen einen virtuellen Raum realistisch wirken zu lassen. In Unity 3D können die einzelnen virtuellen Objekte per Drag & Drop innerhalb einer Unity-Szene platziert werden.



Abbildung 5.1: Implementation der Wohnzimmerumgebung

In der Abbildung 5.1 Implementation der Wohnzimmerumgebung ist zu erkennen, wie das Sofa innerhalb der Szene hervorgehoben ist. Inmitten des Sofas befindet sich ein Navigationsanker, der es ermöglicht das Objekt entlang der x-, y- oder auch z-Achse zu bewegen. Auf diese Weise kann das Wohnzimmer auf die Studiensituation angepasst werden.

Neben der Positionierung der Objekte spielte auch noch die Ausleuchtung der Szene eine wichtige Rolle. Die Ausleuchtung einer Szene kann viele Hardwareressourcen benötigen, beispielsweise um den Schatten innerhalb der Szene in Echtzeit zu berechnen. Für eine höhere Performanz auf den Zielgeräten war es notwendig die Beleuchtung der Szene statisch mithilfe einer sogenannten "Light-Map" zu generieren. In Unity 3D wird diese Art der Beleuchtung als 'baked lighting' bezeichnet.²

¹<http://www.archvizpro.com/>, 07.08.2017

²<https://docs.unity3d.com/Manual/LightMode-Baked.html>, 07.08.2017

Im Laufe der Entwicklung stellte sich heraus, dass beide Plattformen unterschiedliche Methoden zur Textur Kompression verwenden, weil die Szene trotz gleicher Einstellungen auf beiden Geräten unterschiedlich dargestellt wurde. So wurde beispielsweise die Textur eines Buches auf der HoloLens sehr detailliert dargestellt, wohingegen Kompressionsartefakte bei der GearVR zu erkennen waren. Um eine Vergleichbarkeit von VR und AR weiterhin zu gewährleisten, war es notwendig die Einstellung eines Gerätes explorativ anzupassen, bis die Szene auf beiden Geräten möglichst identisch dargestellt wurde.

5.3 Implementation der Anwendung

Für die Implementation der Anwendung wird Unity 3D in der Version 5.6.0f3 und das Android SDK in der Version 5.0 'Lollipop' verwendet. Der Quellcode der Anwendung wird in der Programmiersprache C# geschrieben. Für die Interaktion mit der HoloLens und der GearVR werden die jeweiligen Entwickler-Toolkits verwendet. Im Folgenden wird auf die Implementation der Anwendungslogik anhand des in Abbildung 5.2 dargestellten Klassendiagramms eingegangen.

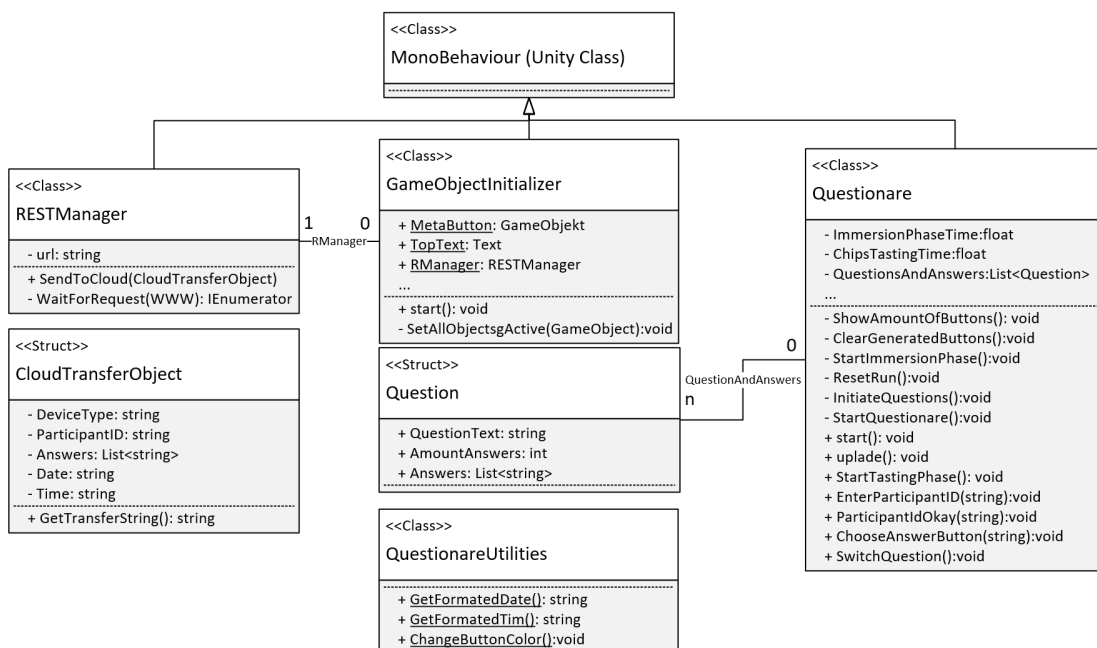


Abbildung 5.2: UML Klassendiagramm der VR-Anwendung

Für die Aktivierung aller Spielobjekte, die an das UI-Canvas gekoppelt sind, ist die Klasse "GameObjectInitializer" zuständig. Über den Aufruf der Methode "SetAllObjectsActive" werden alle Spielobjekte aktiviert. Angefangen beim Wurzelobjekt, wird die Methode erneut für jedes Kindobjekt rekursiv ausgeführt. Somit wird sichergestellt, dass alle Spielobjekte während der Laufzeit zur Verfügung stehen. Die Klasse "Questionare" stellt die Kernklasse der Anwendung dar. Sie ist für die Abläufe innerhalb der Anwendung verantwortlich, als auch für die ereignisbasierte Aktivierung von Komponenten auf dem UI-Canvas. So wird beispielsweise die Eingabe der Teilnehmernummer über den Methodenaufruf von "EnterParticipantID" unterstützt. Diese Methode ist mit einem Unity-Button Element auf dem UI-Canvas verbunden und wird bei einer Interaktion ausgelöst. Der Parameter, der hierbei an die Methode übergeben wird, ist auf dem jeweiligen Unity-Button Element hinterlegt. Darüber hinaus verfügt die Klasse "Questionare" über die Methoden "StartImmersionPhase" zum Starten der Immersionsphase und die Methode "StartTastingPhase" zum Starten der Verkostungsphase. Für die Implementation des Fragebogens beinhaltet die Klasse "Questionare" eine Liste von "Question"- Objekten, die mehrere Fragen und dessen Antwortmöglichkeiten beinhalten. Die Antwortmöglichkeiten werden zu Beginn der jeweiligen Frage geladen und als Text auf Unity-Button Elemente gebunden. Hier erfolgt die Eingabe der Antwort über den Parameter, der an die Methode "ChooseAnswerButton" weitergegeben wird. Zuletzt wird ein Objekt der Klasse "CloudTransferObject" mithilfe der Klasse "QuestionareUtilities" zusammengestellt und über die Klasse "RESTManager" an den Cloudservice gesendet.

5.4 Systemtests

Das Testen der Applikation wurde im Laufe der Entwicklung mehrfach durch empirische Systemtests vorgenommen, weil sich Teile der Anforderungen erst im Laufe des Projektes ergaben. Zur Durchführung der Tests wurde aus dem jeweils aktuellen Stand der Applikation eine APK generiert. Diese APK wurde anschließend an mehrere Mitarbeiter der isi GmbH und der VR Nerds GmbH gesendet, damit diese die Applikation mehrfach ausführen und Feedback geben konnten. Besonders unter der Berücksichtigung der Benutzerfreundlichkeit war es notwendig die Anwendung von mehreren Personen testen zu lassen, da nur auf diese Weise weitere Eindrücke von unterschiedlichen Menschen aus verschiedenen Altersgruppen gewonnen werden konnten. Auf Unit-Tests wurde aufgrund von Zeitmangel durch häufige Änderungen hinsichtlich der Anforderungen bis kurz vor der Durchführung der Studie verzichtet.

5.5 Implementation des Cloudservice

Bei der Implementation des Cloudservice wird die Boilerplate Liberty for Java von IBM-Bluemix verwendet und angepasst. Das Backend des Cloudservices wird in der Programmiersprache Java geschrieben. Zur Speicherung der Daten wird die NoSQL Datenbank IBM Cloudant an den Cloudservice angebunden. Darüber hinaus wird ein minimalistisches Frontend entwickelt, welches zur Darstellung der Daten, sowie der Eingabe von Daten in Fehlerfällen dient. Abbildung 5.3 zeigt die verwendeten Klassen und Interfaces des Cloudservice.

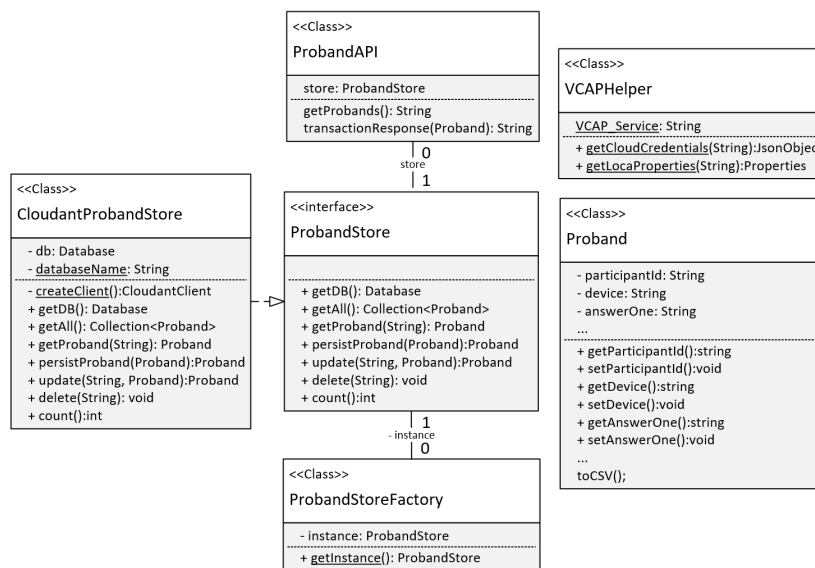


Abbildung 5.3: UML Klassendiagramm des Cloud-Services

Die Klasse "RESTManager" aus der Unity- Applikation kommuniziert mit der Klasse "Proband-API" aus dem Cloudservice über POST- Requests. Die POST- Request beinhalten alle Daten in Form eines JSON- Objektes, die zu einem Probanden aufgenommen wurden. Diese Daten werden über die Klasse "CloudantProbandStore" als Objekt der Klasse "Proband" innerhalb der Cloudant- Datenbank persistiert. Das Interface "ProbandStore" bietet die Schnittstelle zur Anbindung an eine Datenbank und wird von der Klasse "CloudantProbandStore" implementiert. Mit Hilfe der Klasse "ProbandStoreFactory" werden Objekte der Klasse "CloudantProbandStore" initialisiert, um für die Kommunikation mit der Cloudant-Datenbank innerhalb der Klasse "ProbandAPI" zur Verfügung zu stehen. Die Klasse "VCAPHelper" dient der Einbindung von Referenzen über eine in den Ressourcen hinterlegte Datei, welche die Eigenschaften des Cloudservices beinhaltet.

Zur Korrektur und zur Auslesung der Daten ist der Cloudservice mit einem einfachen Frontend verbunden. Laut der Anforderungen an die Formatierung der Daten ist es notwendig die Daten in einem CSV- Format zur Verfügung zu stellen, damit die isi GmbH die Daten zur Weiterverarbeitung nutzen kann. Hierzu dient eine Javascriptfunktion innerhalb des Frontends, die in Listing 5.1 dargestellt wird.

```
1 function getProbandsAsCSV() {
2     $.get("./api/probands").done( function(data) {
3         if (data.length > 0) {
4             var str = JSON.stringify(data);
5             var res = str.replace('\" + \"', \"\").replace(\"[\" + '\", \"\")
6                 .replace(/\", \"/g, \"<br>\");
7             $('#databaseContent').html("Device,ParticipantID,AnswerOne,
8                 AnswerTwo,AnswerTree,Date,Time"
9                 + "<br>" + res);
10        }
11    });
12 }
```

Listing 5.1: CSV-Formatierung

In der ersten Zeile wird der Funktionsname dargestellt, der innerhalb des Frontends aufgerufen werden kann. In der zweiten Zeile erfolgt ein Get- Aufruf an das Backend. Die Daten aus dem Backend stehen anschließend durch den Übergabeparameter 'data' innerhalb der Javascript-Datei zur Verfügung. In der dritten Zeile erfolgt eine Abfrage, ob Daten aus dem Backend zur Verfügung stehen. Wenn der Übergabeparameter 'data' leer ist, wird der Funktionsaufruf beendet. Beinhaltet der Übergabeparameter 'data' jedoch Daten, werden diese in Zeile vier auf eine Variable geschrieben. Außerdem geschieht an dieser Stelle eine Formatierung von einem JSON- Objekt zu einem String. In Zeile fünf wird auf die String-Variable ein regulärer Ausdruck angewandt, der die String- Variable von nicht benötigten Symbolen befreit und eine Formatierung in das CSV- Format bewirkt. In der siebten Zeile werden die Überschriften für das CSV- Format aufbereitet und mit den Ergebnissen des regulären Ausdrucks verbunden. Außerdem geschieht hier die Übertragung an das HTML ID- Attribut 'databaseContent', damit die Daten im Frontend dargestellt werden.

6 Durchführung der Studie

Das Ziel ist es insgesamt 160 Probanden durch das im Entwurf beschriebene Szenario der Studie zu bringen. Die gesamte Anzahl an Probanden soll innerhalb der Situationen aufgeteilt werden, sodass die eine Hälfte aller Probanden nur die VR-Situation und die andere Hälfte nur die AR-Situation erlebt. Darüber hinaus gibt es hierzu weitere Richtlinien zur Erhaltung der Validität der Studie für die Marktforschung. So muss ein Quotenplan eingehalten werden, der objektive und messbare Merkmale, wie Alter und Geschlecht berücksichtigt¹. Dem entsprechend ist für jede der Situationen eine weitere Aufteilung notwendig, sodass jeweils die Hälfte aller Probanden aus einer Situation männlich oder weiblich sein muss. Zusätzlich werden die Probanden in zwei Altersgruppen aufgeteilt. Somit ergibt sich eine Aufteilung innerhalb der Situationen, wie sie in Tabelle 6.1 dargestellt ist.

Situation	Geschlecht	Altersgruppe	Anzahl
VR	Männlich	18 - 29	20
VR	Männlich	30 - 49	20
AR	Männlich	18 - 29	20
AR	Männlich	30 - 49	20
VR	Weiblich	18 - 29	20
VR	Weiblich	30 - 49	20
AR	Weiblich	18 - 29	20
AR	Weiblich	30 - 49	20
		Summe	160

Tabelle 6.1: Aufteilung der Probanden innerhalb der Situationen

Zum Vergleich der Situationen wird mit jedem Probanden die gleiche Verkostungssituation ohne Head-Mounted Display (HMD) im Vorraum vorgenommen. Um auch hierbei die Validität zu gewährleisten, gibt es einen Wechsel innerhalb der Situationen, sodass die eine Hälfte der Probanden zuerst die Vorraumsituation und die andere Hälfte der Probanden zunächst die jeweilige Situation mit HMD erlebt.

¹<http://marktforschung.wikia.com/wiki/Validität>, 26.07.2017

6.1 Umgebung der Studie

Für die Durchführung der Studie wurde für eine Woche ein Gruppenraum in den Räumen der isi GmbH in der Spitalerstraße in Hamburg gemietet. Der Standort bietet die Möglichkeit, die Forschungsmethoden Labor- und Feldstudie zu verbinden. Somit konnte einerseits ein Gruppenraum für die Studie hergerichtet und andererseits konnten mögliche Probanden unmittelbar auf der Straße vor dem Gruppenraum zur Studie eingeladen werden.

6.1.1 Ausgestaltung des Gruppenraums

Während der Ausgestaltung des Gruppenraums müssen die in der Einleitung beschriebenen Situationen berücksichtigt werden. Somit ist es notwendig, dass zwei Probanden gleichzeitig an dem Studienteil der Verkostung ohne HMD und zwei Probanden an dem Studienteil der Verkostung mit einem HMD teilnehmen können.

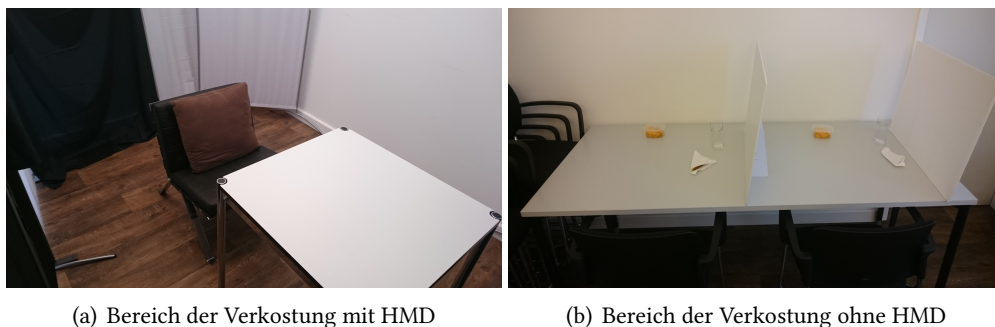


Abbildung 6.1: Ausgestaltung des Gruppenraums während der Durchführung der Studie

Bei der Gestaltung der Bereiche für die Verkostung mit einem HMD wird die Einbindung von haptischen Elementen, zur Steigerung der Immersion bedacht (siehe Abbildung 6.1(a)). Dafür wird jeweils ein Sessel mit einem Kissen in die Kabinen gestellt, was ein ähnliches haptisches Gefühl vermittelt, wie das Sofa samt Kissen, das in der VR- oder AR-Szene dargestellt wird (siehe Virtuelle Testumgebung). Darüber hinaus ist es notwendig die Wände in dem AR-Bereich für die HoloLens etwas abzudunkeln, damit die Hologramme deutlicher zu erkennen sind.

Abbildung 6.1(b) zeigt einen bereits vorbereiteten Tisch aus der Vorraumsituation. Den Probanden wird für die Studie ein Glas Wasser und ein Stück Weißbrot zur Neutralisation der Geschmacksnerven gereicht, sowie eine Chips Probe zur späteren Verkostung. Des Weiteren erhält jeder Proband ein Tablet zur Beantwortung weiterer Fragen während des Studienablaufs.

6.1.2 Ablauf eines Probanden

Nachdem der Gruppenraum vollständig aufgebaut war, wurden erste Probanden in den Raum geführt. Jedem Probanden wurde eine Teilnehmernummer zugewiesen, die gleichzeitig die Situation für einen Probanden bestimmte. Die Teilnehmernummer wurde in eine Software der isi GmbH eingegeben, die sich auf den Tablets befand, die den Probanden gereicht wurden. Somit konnte ein Proband mit der Studie beginnen. Als Beispiel wird im Folgenden die Situation der Abbildung 6.2 erläutert, in der ein Proband zunächst im Vorraum mit der Verkostung ohne HMD startet und anschließend in die Verkostung mit HMD übergeht:

Als Erstes wird der Proband darauf hingewiesen, seine Geschmacksnerven mit dem Brot und dem Wasser zu neutralisieren. Anschließend wird der Proband dazu aufgefordert, von der Chips Probe zu kosten und diese zu beurteilen. Nach der Beurteilung der Chips beginnt ein weiterer Fragebogen am Tablet, der sich auf die gesamte Wahrnehmung während der vorherigen Verkostung richtet. Anschließend wird der Proband erneut darauf hingewiesen, seine Geschmacksnerven zu neutralisieren. Daraufhin beginnt der Teil mit der VR- oder AR-Erfahrung. Hierbei wird dem Proband zunächst die Funktionsweise des Gerätes innerhalb der Anwendung vorgestellt. Anschließend soll der Proband selbstständig die Anwendung bedienen und dem Programmablauf, wie im Applikationsablauf beschrieben, folgen. Innerhalb der Applikation soll der Proband eine weitere Chips Probe verkosten. Hierzu sei erwähnt, dass dem Probanden an dieser Stelle nicht mitgeteilt wird, dass es sich um die gleiche Sorte Chips handelt, die er bereits in der vorherigen Situation verkostet hat. Anschließend soll der Proband die Chips Probe innerhalb der Anwendung bewerten. Zuletzt werden dem Probanden dieselben Fragen wie zur vorherigen Situation auf dem Tablet gestellt, nun jedoch soll der Proband das Erlebnis innerhalb der Anwendung beurteilen. Damit ist die Studie für den Probanden zu Ende.

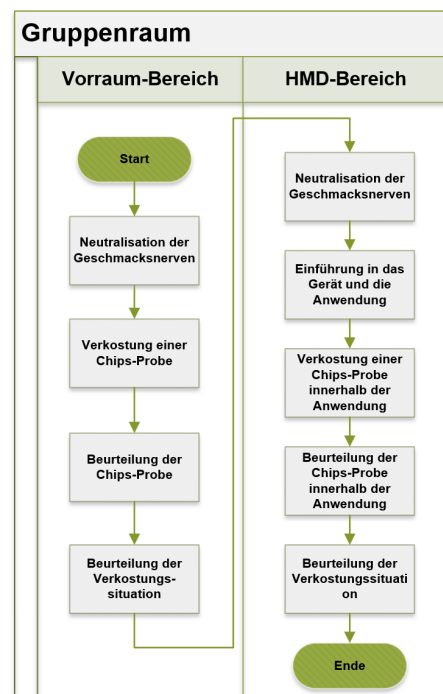


Abbildung 6.2: Studienablauf aus Sicht eines Probanden

6.1.3 Virtuelle Testumgebung

Die Probanden sollen durch den Einsatz von VR und AR weiter von der Laborstudiensituation entfernt und näher zur Feldstudiensituation hingeführt werden. Die Umgebung in der Anwendung muss dementsprechend ein für den Probanden gewohntes Umfeld, und zwar ein ausgestattetes Wohnzimmer sein. Die Abbildung 6.3 zeigt die virtuelle Testumgebung, wie die Probanden sie während der Studie erleben. Hierzu sei zusätzlich erwähnt, dass die Probanden die Möglichkeit haben sich um 360° in der Umgebung umzuschauen. Außerdem sitzen die Probanden innerhalb der Szene auf dem gleichen Sofa, welches in einer vereinfachten Variante als haptisches Element im HMD- Bereich aufgestellt wird, wie es gegenüberliegend in der Abbildung zu erkennen ist.

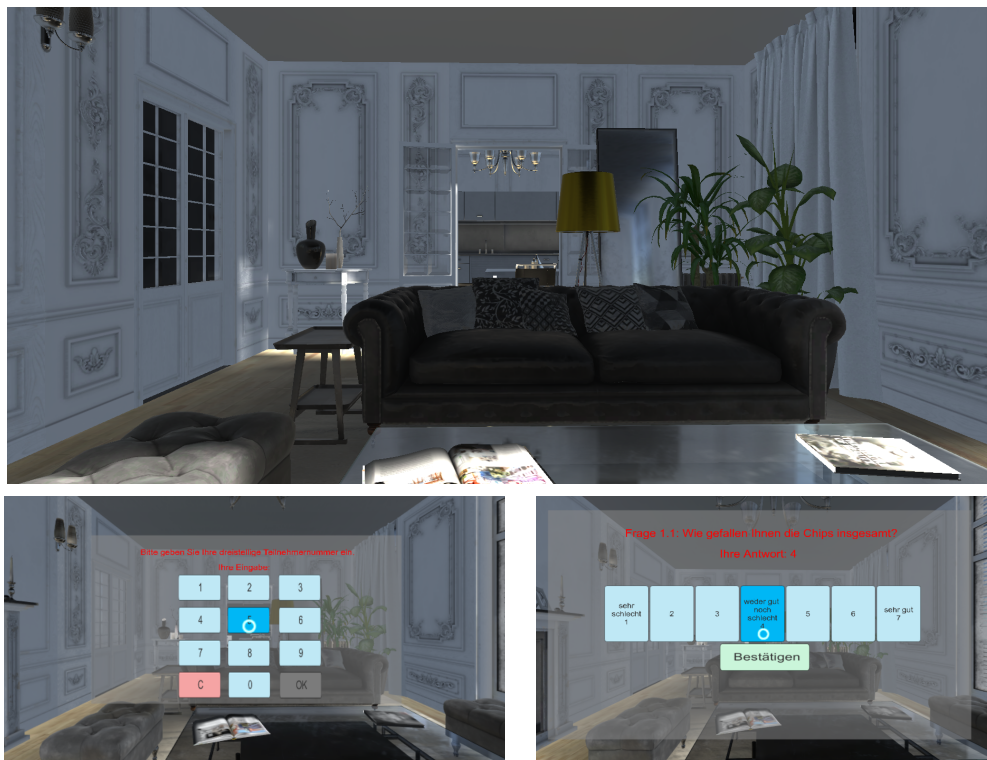


Abbildung 6.3: Darstellung der Umgebung während der Durchführung der Studie

Außerdem ist in der Abbildung zu erkennen, wie die Eingabe der Teilnehmernummer und die Beantwortung der Fragen innerhalb der Anwendungen den Probanden über ein Canvas dargestellt werden. Inmitten des Canvas ist ein Zeiger zu erkennen, welcher zur Unterstützung der Navigation für einen Probanden dient. Die Unity-Button-Elemente werden hervorgehoben, sobald die Blickrichtung eines Probanden auf ein entsprechendes Element fällt.

6.2 Fragen und Antwortmöglichkeiten

Wie bereits erwähnt, findet ein Teil der Befragung innerhalb der Anwendung und ein weiterer Teil außerhalb der Anwendung mithilfe eines Tablets statt. Dabei sind die Fragen innerhalb der Anwendung an die Chips Proben gerichtet. Hierzu sei erwähnt, dass die Fragen zu den Chips Proben weniger umfangreich sind, weil mit dieser Studie auch die Benutzbarkeit dieser Art und Weise der Befragung innerhalb einer Studie geprüft werden soll. So werden innerhalb der Anwendung folgende Fragen zu den Chips Proben gestellt:

1. Wie gefallen Ihnen die Chips insgesamt?
 - Antwortmöglichkeit: eine Skala von eins (sehr schlecht) bis sieben (sehr gut)
2. Die Chips sind ...
 - Antwortmöglichkeiten: "Viel schlechter als meine Chips zu Hause", "Etwas schlechter als meine Chips zu Hause", "In etwa genauso gut wie meine Chips zu Hause", "Etwas besser als meine Chips zu Hause" und "Viel besser als meine Chips zu Hause"
3. Wie gerne würden Sie jetzt weiter von den Chips essen?
 - Antwortmöglichkeit: eine Skala von eins (sehr schlecht) bis sieben (sehr gut)

Die Fragen am Tablet sind eher an die gesamte Wahrnehmung innerhalb der Anwendung gerichtet, um hier die Rückschlüsse zum Ergebnis der Studie zu erlangen. Die Antwortmöglichkeiten von den Fragen auf dem Tablet sind stets von eins mit "trifft überhaupt nicht zu" bis sechs "trifft vollkommen zu" aufgestellt und können dem Anhang dieser Bachelorarbeit entnommen werden.

7 Auswertung

Die Ergebnisse der Studie sind Eigentum der isi GmbH als Kooperationspartner, welche darüber hinaus eine statistische Auswertung mit den Ergebnissen durchführte. Die Ergebnisse sind noch nicht veröffentlicht, weshalb in diesem Kapitel nur auf einen Teil der Ergebnisse eingegangen wird, die von der isi GmbH für diese Bachelorarbeit zur Verfügung gestellt wurden. Für die genauen Zahlen und weitere Informationen möchte ich an die isi GmbH und den Bereich der News & Publikationen auf der Homepage¹ der isi GmbH verweisen.

7.1 Ergebnisse und Interpretation

Die Frage in wie weit VR und AR die externe und interne Validität beeinflussen ist eine der Kernfragen dieser Arbeit. Die Ergebnisse zu den Fragen, inwieweit die Testumgebung der Umgebung nahekommt, in der üblicherweise gleichartige Produkte konsumiert werden und wie sehr sich die Probanden in der Testumgebung hineinversetzt fühlten, tragen zu einer Antwort auf diese Frage bei. Die Ergebnisse aus der Situation mit HMD wurden den Ergebnissen aus der Situation im Vorraum gegenübergestellt. Die Mittelwerte aller Probanden zu diesen Fragen lagen in der VR- und AR-Situation über einen Skalenwert über den Mittelwerten aus der Vorraumsituation. Daraus lässt sich interpretieren, dass die Probanden durch die VR- und AR-Situation von der Laborsituation abgelenkter sind, gleichzeitig fühlen die Probanden sich jedoch in eine Situation hineinversetzt, die einer "normalen" Verkostung näherkommt. Ersteres wird auch durch die Mittelwerte der Antworten zu der Frage, wie sehr sich die Probanden von der Testumgebung abgeschirmt fühlten, unterstützt. Um eine deutlichere Aussage zu treffen, fehlt jedoch der Vergleich zu einer Situation mit einer sehr hohen externen Validität, beispielsweise wenn die Probanden die Chips Probe auf der eigenen Couch im eigenen Zuhause verkosten. Jedoch geht dadurch der Kontrollfaktor gegenüber der Studiensituation verloren. Zusammenfassend bieten VR und AR eine gute Alternative, jedoch sollte der Entwicklungsaufwand der Anwendung für die Studiensituation berücksichtigt werden.

¹<https://www.isi-goettingen.de/news>, 24.08.2017

Eine weitere Frage ist, inwieweit VR und AR im Vergleich zu einer Übertragbarkeit der Studie in den Alltag sorgen. Wie oben bereits beschrieben, wurde gemessen, inwieweit die Probanden sich von der jeweiligen Situation abgeschirmt fühlten. Des Weiteren wurde gefragt, wie sehr die Probanden in die virtuelle Welt eingetaucht sind. Der Vergleich der VR- und AR-Situationen zeigt, dass es so scheint, als würde VR die Probanden mehr von der Laborsituation abschirmen, sodass die Probanden sich mehr in die Situation hineinversetzt fühlen, als in der AR-Situation. Eine konkrete Antwort auf diese Frage ist jedoch nicht möglich, da die Probanden jeweils nur eine der Situationen mit HMD erlebten und somit keine eindeutigen Aussagen zu einem Vergleich aus dieser Studie existieren. Nichtsdestotrotz lässt sich hieraus die Aussage ableiten, dass VR eine bessere Möglichkeit bietet, gewisse Situationen und Umgebungen genauer anzusteuern, als es bei AR der Fall ist, weil im Fall einer AR-Situation mehr Störfaktoren aus der Umgebung das Ergebnis verzerren können. Eine VR-Situation ist in diesem Fall wesentlich kontrollierter. Aus diesem Grund sieht auch das Forschungsinstitut der U.S. Army [WS98] sowie die isi GmbH [HLM15] VR als klaren Favoriten für die Verwendung in Sensoriktests. Ergänzend sei noch erwähnt, dass VR dabei hilft, sich etwas von einer Laborumgebung wegzubewegen, wodurch Einbußen gegenüber der internen Validität in Kauf genommen werden müssen, jedoch mehr Kontrolle gegenüber der gesamten Testsituation besteht.

Eine letzte Frage, die für diese Arbeit interessant ist, ist die Frage, inwieweit VR oder AR sensorische Konsumententests beeinflusst unter Berücksichtigung der Bewertung innerhalb der Chipsverkostung. Hierzu sei noch erwähnt, dass die Probanden nicht wussten, ob es sich um unterschiedliche Chips Proben handelt. Der Mittelwert der Fragen, ob die Chips den Probanden gefallen und ob sie gerne weiter von den Chips essen würden, ist im Durchschnitt in allen Situationen sehr positiv ausgefallen, jedoch geringfügig besser in der VR- und AR-Situation im Gegensatz zur Vorraumsituation. Hieraus lässt sich interpretieren, dass den Probanden innerhalb der VR- und AR-Situation die Chips besser geschmeckt haben und dass die Situationen den Appetit anregen. Gleichzeitig wurden die Fragen, ob die Erfahrung für die Probanden neu sei und ob die heutige Verkostung Spaß gemacht hat, ebenfalls sehr hoch beantwortet. Werden die Antworten zu diesen Fragen auf die Antworten der Fragen zu den Chipproben abgeleitet, so lässt sich daraus ein anderes Ergebnis interpretieren, in dem das sogenannte "Consumer Engagement" berücksichtigt wird. Das "Consumer Engagement" [CK11] führt unter anderem dazu, dass Probanden, aufgrund des derzeitigen Erstaunens, Wohlfühlens und aufgrund von Spaß, positivere Werte vergeben. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der Einsatz von VR und AR auf sensorische Konsumententests auswirkt, sei es aufgrund von Emotionen oder durch die Beeinflussung der menschlichen Sensorik. Ein Artikel, der sich mit dem Thema

auseinandersetzt, wie immersive Technologien sich auf Konsumententests auswirken, wurde bereits von einer Gruppe aus Forschern über den Elsevier-Verlag [BSZ⁺15] veröffentlicht. Um dieses Verhalten in VR genauer zu prüfen, wären jedoch speziellere Fragen notwendig, die sich auf mehr auf die gustatorische Wahrnehmung in einer VR-Situation konzentrieren.

7.2 Kritische Bewertung

7.2.1 Vergleich der VR- und AR-Situation

Kritisch anzumerken für die Studie zu dieser Bachelorarbeit ist, dass AR-Technologie in einem VR-Umfeld genutzt wurde und somit ein Vergleich beider Situationen meiner Meinung nach ungünstig ist. In diesem Zusammenhang wurde technisch betrachtet viel mehr die GearVR mit der HoloLens innerhalb einer VR- Situation verglichen. Unter diesem Aspekt ist durchaus vorstellbar, dass VR mit der GearVR im Gegensatz zu AR mit der HoloLens eine tiefere Immersion bietet, weil ein Benutzer durch die durchsichtigen Gläser der HoloLens nicht so stark abgeschirmt ist, wie bei einer undurchsichtigen GearVR. So schneidet die AR-Situation gegenüber der VR-Situation in sehr vielen Punkten, die an die Tiefe der Immersion gerichtet waren, schlechter ab. Außerdem erklärten viele Probanden unter einem Feld für Bemerkungen, dass sie größere Erwartungen an die Technik (der HoloLens) hatten und sich die vorhandene Sicht auf die reale Welt negativ auf das Eintauchen in die Situation ausgewirkt hat.

7.2.2 Einsatz von VR und AR

Der Einsatz von Virtual Reality in der Studie hätte meiner Meinung nach, während der Immersionsphase, interaktiver gestaltet werden können. Besonders die Interaktion mit Objekten aus der virtuellen Welt stellt meiner Meinung nach einen wichtigen Faktor für das Eintauchen in eine virtuelle Umgebung dar. In diesem Zusammenhang wäre es möglicherweise von Vorteil gewesen, die Oculus Rift oder die HTC Vive mit ihren Controllern zu benutzen, sodass die Probanden die Möglichkeit gehabt hätten, beispielsweise eines der Bücher aus der Szene in die Hände zu nehmen, oder den Kamin anzuzünden. Andererseits ist für solch ein Vorhaben mehr Zeit für die Entwicklung notwendig und auch der zeitliche Rahmen der Studie müsste durch den zusätzlichen Erklärungsbedarf angepasst werden.

Auch die AR-Situation hätte meiner Meinung nach mehr Spielraum für immersive Erfahrungen zugelassen. Besonders das Inside-Out-Tracking der HoloLens hätte hierbei eine gute Möglichkeit geboten die Erfahrung immersiver zu gestalten, weil es beispielsweise für einen

Benutzer möglich ist, sich natürlich durch die virtuelle Umgebung zu bewegen und virtuelle Objekte aus allen Richtungen zu betrachten. Nachteilig ist jedoch, dass für dieses Vorhaben wesentlich mehr Platz notwendig ist, in dem sich die Benutzer frei bewegen können. Zusätzlich wäre auch hierbei eine Form der Interaktion mit der Umgebung möglich, sofern Zeit und Budget für die Entwicklung zur Verfügung stehen.

7.2.3 Störfaktoren

Der Aufbau der VR- und AR-Situationen in einem Gruppenraum ist auch ein Punkt, der nach meiner Meinung negativ aufzufassen ist, weil innerhalb des Gruppenraums viele Störfaktoren für die Teilnehmer existieren. Beispielsweise ist es während der Studie des Öfteren vorgekommen, dass die Probanden während einer der Situationen ihre eigene Erfahrungen und Meinungen kommentierten. Dies wurde auch von den anderen Teilnehmern wahrgenommen, wodurch möglicherweise deren Erwartungshaltungen und Meinungen beeinflusst wurden. Um die Situation besser aufzubereiten, wäre es von Vorteil gewesen, wenn mehr Raum für die Studie zur Verfügung gestanden hätte, um eine Aufteilung der Situationen auf verschiedene Räume zu ermöglichen.

Die nachlassende Akkuleistung des verwendeten Smartphones führt dazu, dass die Daten aus der VR-Situation nicht an den Cloudservice gesendet werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Probanden am Ende der Anwendung dazu aufgefordert werden sich an das Personal zu wenden, um die Antworten in einem dafür vorgesehenen Webservice nachzutragen. Der Nachteil hierbei ist, dass sich der Zeitraum zwischen der Verkostung der Chips Probe und der Beantwortung der dazugehörigen Fragen vergrößert. Allerdings wurden den Probanden die Fragen innerhalb der Applikation bereits gestellt, sodass die Probanden ihre Antworten nur ein weiteres Mal nennen mussten. Um dieses Problem zu umgehen, sollte stets der Akkustand des Gerätes überprüft werden.

8 Fazit

8.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat den Entwicklungsprozess einer Applikation zur Simulation von virtuellen Umgebungen mittels VR und AR in sensorischen Konsumententests sowie den Einsatz der Applikation innerhalb einer Studie, samt Ergebnisse gezeigt. Während der Auseinandersetzung mit dem Thema ist mir insbesondere aufgefallen, wie gut sich das Kontinuum der Realität bis hin zur Virtualität auf das Kontinuum der Forschungsmethoden von Laborstudien bis hin zu Feldstudien abbilden lässt. Dieser Ansatz verdeutlicht den Nutzen von VR oder AR für die sensorische Marktforschung.

Während der Entwicklung der Applikation mussten diverse Anforderungen berücksichtigt werden, die sich im Speziellen an die Anwendung in sensorischen Konsumententests richteten. So war es beispielsweise notwendig sich ein Bild von möglichen Teilnehmern zu machen, die während der Studie auf die Applikation treffen konnten. Dabei hat es sich als besonders nützlich erwiesen unterschiedliche Personas zu beschreiben, die zur Beantwortung von Fragen bezüglich der Benutzerfreundlichkeit berücksichtigt werden konnten. Anschließend konnten Anwendungsfälle erzeugt werden, die verschiedenen Benutzern die Interaktion mit der Applikation vereinfachte.

Die Erstellung eines Prototyps hat gezeigt, dass eine Interaktion mithilfe der Virtual Buttons von Vuforia für den Anwendungsfall eines Konsumententests ungeeignet ist, weil sich die Technologie als wenig benutzerfreundlich erwiesen hat. Insbesondere werden Benutzer zu einer ungewohnten Haltung gezwungen, da sich die Marker für die Interaktion stets im Sichtfeld der Kamera befinden müssen und oftmals Eingabefehler durch das ungewollte Abdecken der Markerflächen entstehen.

Des Weiteren ist während der Entwicklung in der Implementationsphase aufgefallen, dass es nicht ohne weiteres möglich ist die gleiche Applikation auf zwei unterschiedlichen Plattformen

einheitlich darzustellen. Der Grund hierfür liegt nicht in den direkten Einstellungsmöglichkeiten von Unity 3D, sondern möglicherweise an den jeweiligen Unity-Plugins für die Hardware oder an der Komprimierung während des Erstellungsvorgangs der Applikation zur jeweiligen Plattform.

Während der Durchführung der Studie wird die Planung zum Ablauf sowie die Applikation auf die Probe gestellt. Hierbei zeigte sich, dass eine Abdunklung des Bereichs, in dem der Studienteil mit der HoloLens durchgeführt wird, notwendig ist, um eine gute Darstellung der virtuellen Umgebung zu bieten und eine Vergleichbarkeit zur Situation mit der GearVR zu gewährleisten. Darüber hinaus zeigte sich während der Durchführung der Studie, wie in der sensorischen Marktforschung der Umgang mit einem Probanden aufbereitet wird, damit ein Proband ein Produkt möglichst neutral bewerten kann. Hierzu wurden für die VR- und AR-Situation isolierte Bereiche aufgestellt sowie Brot und Wasser zur Neutralisation des Geschmacks eines Probanden bereitgestellt.

Die Ergebnisse aus der Studie deuten auf verschiedene Wirkungsweisen beim Einsatz von VR und AR in sensorischen Konsumententests hin. Unter anderem zeigt sich, dass die Probanden sich innerhalb eines VR- oder AR-Umfelds im Gegensatz zu einem Laborumfeld mehr in eine für den Verzehr von Chips typische Situation hineinversetzt fühlen. Somit bieten VR und AR eine gute Alternative zur Abwägung zwischen der internen und externen Validität. Gleichzeitig deuten die Ergebnisse darauf hin, dass VR im Vergleich zu AR für eine höhere Übertragbarkeit einer Studiensituation auf die Realität sorgt, da innerhalb einer VR-Situation mehr Störfaktoren vermieden werden können als in einer AR-Situation. Damit bietet VR eine gezieltere Ansteuerungsmöglichkeit von Situationen. Bei der Verkostung der Chips Proben wurde innerhalb der VR- und AR-Situation öfter positiv bewertet als in der Laborsituation, obwohl es sich in allen Situationen um die gleiche Art von Chips handelte. Dies deutet darauf hin, dass die menschliche Sensorik durch VR und AR beeinflusst wird, gleichzeitig steht dieser These die Argumentation der Auswirkung durch "Consumer Engagement" gegenüber, wodurch Probanden durch den Spaß an der Situation positiver bewerten.

8.2 Persönliche Erfahrungen

Das Erlebnis der Simulation einer virtuellen Umgebung mittels VR und AR innerhalb der Studie hat den Probanden viel Spaß bereitet, was sich durch persönliche Kommentare bemerkbar machte, in welchen die Probanden beschrieben, dass diese Form einer Studie für sie eine

interessante und neue Situation sei. Mit der Anwendung kommen die meisten Probanden schnell zurecht, gleichzeitig stellt die Form Interaktion für die Eingabe der Teilnehmernummer oder zur Beantwortung der Fragen innerhalb der Anwendung, für Probanden der höheren Altersgruppe, oftmals eine Herausforderung dar. Beispielsweise ist die Form der Interaktion, über die eigene Kopfbewegung sowie der dazugehörigen Klickgeste mittels der Hand oder des Controllers der GearVR, für die Probanden schwierig und erfordert zunächst viel Erklärungsbedarf. Besonders in der AR-Situation mit der HoloLens haben die Probanden Schwierigkeiten, was dazu führt dass mehr Erklärungsbedarf und dementsprechend Zeit für die Situation notwendig ist.

Während der Studie ist mir ein Verhalten besonders aufgefallen, und zwar, dass ein Großteil der Probanden die beschreibenden Texte innerhalb der Applikation nicht las und dementsprechend übersprang. Dies hat sich dadurch bemerkbar gemacht, dass die Probanden oftmals verunsichert nachfragten, was sie in dem Moment machen sollen. In einer Situation, in der nur der Proband die virtuelle Umgebung sieht, führt dies zu einem ungewollten Störfaktor, da der Proband sich auf die Situation konzentrieren soll. Außerdem ist es für das Personal schwierig auf Fragen in einer solchen Situation zu antworten, da das Personal nicht sehen kann, was der Proband sieht. Um dies zu vermeiden, ist ein zusätzlicher Mechanismus notwendig, der bewirkt, dass Texte erst nach einer kurzen Dauer geschlossen werden können. Innerhalb der Fragen wurde diese Mechanik jedoch umgesetzt.

Ein Kommentar, der mir besonders häufig auffiel, ist die positive Reaktion auf das Sofa als haptisches Element. Viele Probanden fanden dieses Erlebnis besonders erwähnenswert und waren sehr überrascht darüber, dass sie sich auch in der virtuellen Umgebung auf dem einem Sofa befanden. In diesem Zusammenhang erwähnten die Probanden der VR-Situation sehr häufig, dass sie sich darüber wundern, dass sie ihre eigenen Beine weder real, noch als virtuelles Objekt sehen. Im Gegensatz zur VR-Situation ist dies den Probanden der AR-Situation nicht aufgefallen, was vermutlich dadurch bedingt ist, dass die Probanden sich selbst durch Brille wahrnehmen können.

Auf meine persönliche Nachfrage antworteten viele Probanden, dass es sich bei den Chips Proben um zwei unterschiedliche Proben handelt. Außerdem ist sehr interessant, dass viele Probanden mir sagten, dass sie den Geschmack der Chips Probe während der VR-Situation intensiver wahrgenommen haben. Die Probanden, die jedoch die AR-Situation erlebten, antworteten auf meine persönliche Frage öfter, dass es sich um zwei identische Proben handelt. Somit ist für mich interessant zu sehen, wie sehr die visuelle Wahrnehmung zur Geschmacks-

empfindung beiträgt. An dieser Stelle möchte ich ausdrücklich darauf hinweisen, dass es sich hierbei um meine subjektive Wahrnehmung handelt und mir keine weiteren Indizien zur Verfügung stehen.

8.3 Ausblick

Der technische Fortschritt bezüglich Virtual Reality und Augmented Reality ist derzeit rasant, so erwarten uns in naher Zukunft diverse neue Brillen, wie die Magic Leap¹, die Meta 2² oder auch Brillen weiterer Hersteller, wie HP, Acer und Lenovo³, die höhere Auflösungen sowie weitere Technologien, wie beispielsweise Eye-Tracking und Inside-Out Tracking bieten. Dadurch könnten durch größere Sichtfelder und besseres Tracking immersivere Erfahrungen erstellt werden. Außerdem veröffentlichten die Unternehmen Apple⁴ und Google⁵ vor kurzem neue SDK's für AR-Applikationen. Diese ermöglichen (ähnlich wie bei der HoloLens) ein visuelles Tracking, welches dazu in der Lage ist Informationen einer geräteinternen Kamera zu nutzen, um virtuelle Objekte innerhalb des realen Umfelds zu platzieren, ohne dass ein Marker notwendig ist. Dadurch erweitert sich der Anwendungsbereich von Augmented Reality und es ist spannend abzuwarten, was sich in dieser Richtung entwickelt.

¹<https://www.magicleap.com>, 22.09.2017

²<https://www.metavision.com/>, 13.09.2017

³<https://www.heise.de/ct/artikel/Warum-Microsoft-seine-VR-Brillen-Mixed-Reality-nennt-3820657.html>, 13.09.2017

⁴<https://developer.apple.com/arkit/>, 13.09.2017

⁵<https://developers.google.com/ar/>, 13.09.2017

Literaturverzeichnis

- [Avc07] Oral Avci.
Aus Fehlern in der Softwareentwicklung lernen. PhD thesis,
Universität zu Köln, 2007.
- [Azu16] Ronald T. Azuma.
Making Augmented Reality a Reality.
Intel Labs, 2200 Mission College Blvd., Santa Clara, CA 95054, 2016.
- [Bat02] Dr. Bernad Batinic.
Internet und Psychologie Neue Medien in der Psychologie (Band 5 - Virtuelle Realitäten).
Hogrefe-Verlag für Psychologie, Göttingen, 2002.
- [BSB⁺14] Jane Billestrup, Jan Stage, Anders Bruun, Lene Nielsen, and Kira S. Nielsen.
Human-Centered Software Engineering.
Springer International Publishing AG, Paderborn, 2014.
- [BSZ⁺15] Ronald G. Bangcuyo, Kacey J. Smith, Jamie L. Zumach, Alex M. Pierce, Gretchen A. Guttman, and Christopher T. Simons.
The use of immersive technologies to improve consumer testing: The role of ecological validity, context and engagement in evaluating coffee.
Elsevier Journal, 2015.
- [CK11] Shu-Chuan Chu and Yoojung Kim.
Determinants of consumer engagement in electronic word-of-mouth (eWOM) in social networking sites.
International Journal of Advertising, 2011.
- [DB16] Nicola Doering and Jürgen Bortz.
Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften.
Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH, Heidelberg, 2016.

- [DS13] Ralf Dörner and Frank Steinicke.
Virtual und Augmented Reality (VR/AR).
Springer International Publishing AG, Heidelberg, 2013.
- [Fur11] Borko Furht.
Handbook of Augmented Reality.
Springer, New York, 2011.
- [Her94] Thomas Herbst.
Linguistische Aspekte der Synchronisation von Fernsehserien.
Max Niemeyer Verlag GmbH & Co. KG, Tübingen, 1994.
- [HLM15] S. Hemmerling, D. Lutsch, and R. Möslein.
Virtual reality as a bridge between realism and standardization: combining strengths of traditional lab and in-home tests.
isi GmbH, 2015.
- [Hof02] Jan Hofmann.
Raumwahrnehmung in Virtuellen Umgebungen.
Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden, 2002.
- [Hum95] Watts S. Humphrey.
A Discipline for Software Engineering.
Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston USA, 1995.
- [Kau15] Christian Kaulich.
Immersion und Interaktion in Virtual Reality Anwendungen. Master's thesis,
School of Media, Leipzig, 2015.
- [Knö04] Christian Knöpfle.
Intuitive und Immersive Interaktion für Virtuelle Umgebungen am Beispiel von
VR-Design Review. Master's thesis,
Technische Universität, Darmstadt, 2004.
- [Kru91] M.W. Krueger.
Artificial Reality 2.
Addison-Wesley Professional (2 edition), Boston, 1991.

- [MBS14] Anett Mehler-Bicher and Lothar Steiger.
Augmented Reality: Theorie und Praxis.
Walter de Gruyter GmbH & Co KG, Berlin, 2014.
- [MGA13] Ankit Mathur, Julia Gehrmann, and David A. Atchison.
Pupil shape as viewed along the horizontal visual field.
Journal of Vision, 2013.
- [MTUK94] Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino.
Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum.
SPIE Digital Library, 1994.
- [Ong17] Sean Ong.
Using Spatial Mapping.
Apress, Berkeley, CA, 2017.
- [Raa98] Jürgen Raab.
Die soziale Konstruktion olfaktorischer Wahrnehmung. PhD thesis,
Universität Konstanz, 1998.
- [Rhe91] Howard Rheingold.
Virtual Reality - The Revolutionary Technology of Computer-Generated Artificial Worlds-And How It Promises to Transform Society.
Summit Books, New York, 1991.
- [Sch73] Robert F. Schmidt.
Physiologie des Geschmacks.
Springer International Publishing AG, Heidelberg, 1973.
- [WS98] Bob G. Witmer and Michael J. Singer.
Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire.
U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences 12350 Research
Parkway Orlando, FL 32826-3276, 1998.
- [Zim78] P.G. Zimbardo.
Lehrbuch der Psychologie.
Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH, Heidelberg, 1978.

Glossar

Spielübelkeit: Auch unter Motion Sickness bekannt, bezeichnet es die Übelkeit, die durch das Spielen von Computerspielen hervorgerufen wird.

Frontend: Ein Begriff aus der Informationstechnik, der eine Schicht näher am Benutzer beschreibt. Hier werden Entscheidungen bezüglich der Darstellung gegenüber eines Benutzers programmiert.

Backend: Ein Begriff aus der Informationstechnik, der eine Schicht näher am System beschreibt. Hier werden Funktionen bezüglich des Systemverhaltens programmiert.

Unity-Game-Object: Der Begriff GameObject (deutsch Spielobjekt) wird in Unity 3D für fundamentale Objekte verwendet. Diese Spielobjekte repräsentieren Spielcharaktere, Requisiten und Kulissen. Sie selbst leisten nicht viel, allerdings agieren sie als Container für Komponenten, die beispielsweise eine Funktionalität implementieren.

Toolkit: Eine Sammlung von Skripten und Komponenten, die dazu gedacht ist die Entwicklung von Anwendungen zu beschleunigen.

REST: Ist ein Programmierparadigma für verteilte Systeme und steht für 'Representational State Transfer'. In diesem Sinn wird REST für die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation genutzt.

Separation of Concerns: Aufteilung des Systems in Komponenten anhand von Zuständigkeiten. Komponenten, die am selben Aufgabebereich beteiligt sind, werden gruppiert

und von denen abgegrenzt, die für andere Aufgaben zuständig sind.

Textur: Ein Bild, das auf der Oberfläche eines virtuellen Objektes abgebildet wird.

Kompressionsartefakte: Erkennbare Störungen in Bildern, Videos oder Tonaufnahmen aufgrund verlustbehafteter Kompression einer Ausgangsdaten.

Unity-Asset: Eine Sammlung von dreidimensionalen Objekten, Skripten und Materialien, die innerhalb von Unity 3D zur Erstellung einer computergenerierten Welt genutzt werden können.

Tablet: Ein tragbarer Computer, der über ein berührungsempfindlichen Bildschirm bedient werden kann.

Personas: Eine Technik die bei dem Design und der Entwicklung von interaktiver Software, mit Fokus auf den Endnutzer, unterstützt. So werden fiktive Personen erstellt, die mit dem zu entwickelnden System in Kontakt kommen könnten.^[BSB⁺14]

Unity-Button-Element: Ein Standard Button im Programmkontext, der angeklickt werden kann, um eine Aktion auszulösen.⁶

Canvas: Der Begriff Canvas (auch deutsch, Leinwand oder Gemälde) hat sich in der Darstellung von digitalen Objekten etabliert und ist ein zweidimensionaler Bereich, der mit Inhalten gefüllt werden kann, um beispielsweise ein User Interface (UI) zu erstellen.

nicht funktionale Anforderungen: Sind Anforderungen, an die Qualität in welcher die geforderte Funktionalität zu erbringen ist. Qualität in diesem Sinn meint beispielsweise wie die Funktionalität ausgeführt werden soll (z.B. Reaktionszeit) oder auch Bedingungen unter denen die Funktionalität ausgeführt wird (z.B. an sieben Tagen die Woche mit 24 Stunden am Tag).

funktionale Anforderungen: Beschreiben gewünschte Funktionalitäten eines Systems bzw. Produkts, dessen Daten oder Verhalten. Hierbei wird konkret festgelegt was das System tun, bzw. können soll.

⁶<https://docs.unity3d.com/ScriptReference/UI.Button.html>, 31.07.2017

Marker : Fixpunkte für die Bildererkennung. Marker ...

Validität: Ein Qualitätsmerkmal, welches das Maß bestimmt, wie exakt das gemessen wird, was gemessen werden soll (die Gültigkeit einer Messung).

Reaktivität: Das Bewusstsein von Teilnehmern, an einer Studie teilzunehmen verändert das Verhalten der Teilnehmer. In diesem Sinn sind nonreaktive Verfahren wertvoll, um eine höhere Validität zu erzielen.

Positional Tracking: Überbegriff für die Bestimmung der Position von definierten Gegenständen oder eines Körpers innerhalb einer festgelegten Umgebung.

Immersion: Das Wort Immersion beschreibt den durch eine VR-Umgebung hervorgerufenen Effekt, der die Wahrnehmung eines Benutzers so weit beeinflusst, dass die virtuelle Umgebung als real empfunden wird. Ist der Grad an Immersion besonders hoch, wird auch von 'Präsenz' gesprochen.

Head-Mounted Display: Auch kurz HMD, ist ein visuelles Ausgabegerät, das auf dem Kopf getragen wird. Es präsentiert Bilder auf augennahen Bildschirmen.

Echtzeit: Beschreibt den Betrieb informationstechnischer Systeme, die bestimmte Ergebnisse zuverlässig innerhalb einer vorbestimmten Zeitspanne, zum Beispiel in einem festen Zeitraster, liefern können.

SmartPhone: Im deutschen Teilweise als Handy bezeichnet, ist ein Smartphone ein Mobiltelefon, das erheblich umfangreichere Funktionalitäten als ein herkömmliches ?reines? Mobiltelefon zur Verfügung stellt.

UI: User Interface (auch deutsch, Benutzerschnittstelle) ist die Stelle an der ein Mensch mit einer Maschine interagiert. Im einfachsten Fall ist das ein Knopf, der zu einer Reaktion im Programmcode führt.^[Knö04]

FPS: Frames per second (auch deutsch, Bilder pro Sekunde) bezeichnet die Anzahl der Einzelbilder die pro Zeitspanne aufgenommen oder wiedergegeben werden. Durch die Nachbildwirkung und den Stroboskopeffekt schafft es eine genügend hohe Bildfrequenz eine Illusion zu erzeugen,

die ein Betrachter als fortlaufende Bildfolge wahrnimmt.^[Her94]

SDK: Ein Software Development Kit (kurz SDK) ist eine Sammlung von Klassen und Methoden, die für die Programmierung von Applikationen von verschiedenen Herstellern bereitgestellt wird.

CSV: Steht für "Comma-Separated-Values" und beschreibt eine für den Menschen lesbare Form in der Daten innerhalb einer Datei geschrieben werden können.

Anhang

Fragebogen

1. Sie Situation war neu für mich
2. Die heutige Verkostung hat mit Spaß gemacht
3. Ich war sehr aufmerksam bei der Verkostung des Produktes
4. Die Testumgebung empfand ich als ansprechend
5. Die Umgebung, in der die Verkostung gerade stattfand, hat mich darin unterstützt, die Proben zu beurteilen
6. Ich habe während der Verkostung das Ziel völlig aus den Augen verloren
7. Die heutige Verkostung war für mich langweilig
8. Die Testumgebung hat mich von der eigentlichen Verkostung abgelenkt
9. Ich habe mich während der Verkostung gerade gefühlt, als wäre ich bei mir zu Hause
10. Die Umgebung, in der die Verkostung gerade stattfand, hat meine Sinne angeregt
11. Die Testumgebung hat meine Neugier geweckt
12. Wie sehr waren Sie sich während der Verkostung der Dinge bewusst, die in Ihrer Umgebung geschahen?
13. In welchem Maß hat Sie die Geräuschkulisse der heutigen Testumgebung angesprochen?
14. Wie sehr wurden alle Ihre Sinne durch die Umgebung, in der die Verkostung stattfand, angesprochen?
15. In welchem Maß haben Sie die visuellen Aspekte der heutigen Testumgebung angesprochen?

16. Wie schnell haben Sie sich in die heutige Testumgebung eingefunden?
17. Wie sehr waren Sie in die gesamte Testerfahrung heute involviert?
18. In welchem Maß hat Sie die heutige Testumgebung von der eigentlichen Verkostung abgelenkt?
19. Wie sehr fanden Sie sich in die heutige Testumgebung hineinversetzt?
20. Wie sehr kam die heutige Testumgebung der Umgebung nahe, in der Sie üblicherweise gleichartige Produkte konsumieren?
21. In welchem Maß haben Sie die Düfte der heutigen Testumgebung angesprochen?
22. Wie sehr abgeschirmt haben Sie sich durch die heutige Testumgebung gefühlt?
23. Wie natürlich kam Ihnen die Interaktion mit der Umgebung vor?
24. Wie überzeugend war die Wahrnehmung von Objekten, die sich im Raum bewegten?
25. Wie sehr haben Sie die Ereignisse in der realen Welt um Sie herum wahrgenommen?
26. Wie sehr war die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung im Einklang mit der realen Umgebung?
27. Wie sehr sind Sie in die virtuelle Welt eingetaucht?

Software

Die beiliegende DVD enthält eine Kopie dieser Bachelorarbeit im PDF-Format mit dem Namen "Bachelorarbeit, Dustin Spallek" sowie die Anwendung für die Microsoft HoloLens "HoloLensProjekt, Dustin Spallek" und die Anwendung für die Samsung GearVR "GearVRProjekt, Dustin Spallek" als Unity Projekte. Außerdem beinhaltet die DVD den Cloudservice als Java-Projekt.

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 05. Oktober 2017

Dustin Spallek