

# **VR-Sickness**

## **Einfluss der Bewegungssteuerung eines First-Person-Spiels auf die Krankheitssymptomatik des Spielers**

Bachelorarbeit  
von  
Ralf Mengwasser

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
2. Grundlagen .....	3
2.1 Motion Sickness .....	3
2.1.1. Sensor-Konflikt-Theorie .....	3
2.1.2. Vergiftungs-Erkennungs-Theorie .....	4
2.1.3. Lageinstabilitäts-Theorie .....	4
2.1.4. Evolutionäres Bestrafungssystem .....	4
2.2 Simulator Sickness .....	4
2.3 VR Sickness .....	5
2.3.1. Einfluss der Hardware .....	5
2.3.2. Psychologische und körperliche Faktoren .....	6
2.3.3. Einfluss der Software .....	7
3. Methodik .....	9
3.1 Entwicklung der Spiele-Demo .....	11
3.2 Experiment .....	12
3.3 Online Umfrage .....	15
4. Durchführung .....	18
4.1 Entwicklung der Spiele-Demo .....	18
4.2 Experiment .....	22
4.3 Online Umfrage .....	25
5. Ergebnisse .....	26
5.1 Experiment .....	26
5.2 Online-Umfrage .....	33
6. Zusammenfassung .....	44
6.1 Übersicht .....	44
6.2 Fazit .....	46
7. Literaturverzeichnis .....	48
8. Quellenangabe Abbildungen .....	50

9. Anhang .....	51
9.1 Produktionslogbuch .....	51
9.1.1. Meilenstein „Online Umfrage erstellen“ .....	51
9.1.2. Meilenstein „Bewegungssteuerung 1 erstellen“ .....	52
9.1.3. Meilenstein „Online Umfrage veröffentlichen und bewerben“ .....	53
9.1.4. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“ .....	54
9.1.5. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“ .....	55
9.1.6. Meilenstein „Grundgerüst der Demosoftware erstellen“ .....	56
9.1.7. Meilenstein „Bewegungssteuerung 2 erstellen“ .....	57
9.1.8. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“ .....	58
9.1.9. Meilenstein „Demosoftware fertigstellen“ .....	59
9.1.10. Meilenstein „Online Umfrage überprüfen“ .....	60
9.1.11. Meilenstein „Fragebogen erstellen für das Experiment“ .....	61
9.1.12. Meilenstein „Experiment durchführen“ .....	62
9.2 Fragebogen Experiment .....	63
9.3 Fragebogen Online-Umfrage .....	66

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: HTC Vive mit Controllern .....	2
Abbildung 2: Level des Demo-Spiels .....	12
Abbildung 3: Proband während des Experiments .....	14
Abbildung 4: Webseite vrsickness.org .....	15
Abbildung 5: „Alter“ .....	26
Abbildung 6: „Geschlecht“ .....	26
Abbildung 7: „VR Erfahrung“ .....	27
Abbildung 8: „Krankheitssymptome (Gesamt)“ .....	27
Abbildung 9: „Krankheitssymptome unmodifizierte Steuerung“ .....	28
Abbildung 10: „Krankheitssymptome Modifizierte Steuerung“ .....	28
Abbildung 11: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (Gesamt)“ .....	29
Abbildung 12: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (nicht modifiziert)“ .....	30
Abbildung 13: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (modifiziert)“ .....	30
Abbildung 14: „Das Spiel hat mehr Spaß gemacht bei...“ .....	31
Abbildung 15: „Freiwillige Auswahl Steuerung“ .....	32
Abbildung 16: „Die bessere Steuerung in VR ist...“ .....	33
Abbildung 17: Diagramm „Geschlecht“ .....	34
Abbildung 18: „Alter“ .....	34
Abbildung 19: „Ethnizität“ .....	35
Abbildung 20: „Ich habe Krankheitssymptome bis zu dieser Schwere erlebt“ .....	35
Abbildung 21: „Keine Symptome (nach Spiel-Genre)“ .....	36
Abbildung 22: „Keine Symptome (nach Steuerung)“ .....	37
Abbildung 23: „Ich spiele nur Spiele mit weniger Bewegungen, weil ich dann weniger krank werde“ ..	38
Abbildung 24: „Wenn ein Spiel gut ist, würde ich es trotzdem kaufen und die Krankheit akzeptieren“ ..	38
Abbildung 25: „Ich spiele niemals lang genug um Krankheitssymptome zu entwickeln“ .....	39
Abbildung 26: „Wenn ein Spiel Menschen krankmacht, will ich es besonders gerne spielen“ .....	40
Abbildung 27: „Ich mag Steuerungen, die mit Teleportieren arbeiten“ .....	40
Abbildung 28: „Ich mag Steuerungen, die mit Knopfdrücken arbeiten (Gamepad)“ .....	41
Abbildung 29: „Ich mag Steuerungen, die mit Bewegungen arbeiten (Jogging)“ .....	41
Abbildung 30: „Sollen Spiele mit Steuerungen experimentieren“ .....	43
Abbildung 31: Erlebte VRS-Symptome .....	47

# 1. Einleitung

Die Virtual Reality (VR) Industrie hat in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum hingelegt. Während in anderen Bereichen, wie Rüstungsindustrie und Medizintechnik, die VR-Technologie schon länger erfolgreich genutzt wurde, erschloss sich mit der Veröffentlichung der Oculus Rift auch der Markt der Privatkunden. Damit wurde VR in ansprechender Qualität auch für Endanwender erschwinglich. (vgl. LaViola Jr 2000: 47)

Ein Erfolg der VR-Technologie basiert aber nicht nur auf der Umsetzung der VR-Hardware, sondern vor allem auf den Inhalten, die für die neuen Plattformen erhältlich sind. Dabei nehmen Unterhaltungs-Anwendungen, allen voran Computerspiele, einen besonderen Platz ein, da sich mit diesen die noch recht teure Hardware an Endkunden vermarkten lässt. Für die Computerspiel-Industrie bedeutet dies ebenfalls einen Wandel, da die Produktion von VR-Spielen technisch deutlich aufwendiger ist als die Herstellung herkömmlicher Spiele. (vgl. Virtual-Reality-Magazin.de 2017: 1)

Das größte Risiko bei der Entwicklung einer VR-Erfahrung ist hierbei die VR-Krankheit, die ein naher Verwandter der Simulator-Krankheit ist. Damit bezeichnet man das Auftreten von Krankheitssymptomen während oder nach der Nutzung von VR oder Simulations-Technologie, die von leichten Problemen wie Schwitzen oder leichter Übelkeit bis zu Erbrechen oder Apathie reichen können. (vgl. LaViola Jr 2000: 47)

Bei der Betrachtung der VR-Krankheit muss man mehrere Ursachen beleuchten. Zum einen spielt die Hardware eine große Rolle. Geringe FPS (Frames pro Sekunde) oder eine geringe Auflösung können z.B. Symptome auslösen. (vgl. Zacharias 2014: 17f)

Zum anderen muss man aber auch die Software betrachten, da eine schlechte Umsetzung der virtuellen Welt bei einem Spieler massive Krankheitssymptome auslösen kann. Besonders das Eingabe- und Bewegungsschema scheint dabei eine große Rolle zu spielen, da diese zwei Systeme die Basis für die vom Spieler erlebte Bewegungs-Simulation sind. (vgl. Kolasinski 1995: 6ff)

Vorangegangene Studien (z.B. Zacharias 2014: „Motion Sickness in Virtual Reality Umgebungen“) haben sich bereits mit der optimalen Hardware auseinandergesetzt. Diese Arbeit möchte sich deshalb auf den Bereich Software fokussieren und den Einfluss des Bewegungsschemas untersuchen. Dabei geht es primär um die Frage,

wie man eine natürliche Spielsteuerung mit fließenden Bewegungen implementieren kann, ohne den Spieler durch starke VR-Krankheitssymptome abzuschrecken.

Für diesen Zweck wird eine selber programmierte Bewegungssteuerung für das VR-System „HTC Vive“ implementiert, bei der der Spieler seine Spielfigur durch bestimmte Armbewegungen mit den Spiel-Controllern vorwärts oder rückwärts bewegen kann.



Die Idee dabei ist, dass die Bewegungen der Arme, die ähnlich wie beim Jogging sind, dem Gehirn suggerieren, dass eine echte Vorwärtsbewegung stattfindet. Damit soll der Konflikt zwischen der visuellen, virtuellen Bewegung und dem körpereigenen Sensorsystem aufgelöst und die VR-Krankheitssymptomatik weitgehend umgangen werden.



Abbildung 1: HTC Vive mit Controllern

Dazu wurde die folgende These formuliert, um sie im Folgenden zu untersuchen:

*Die Bewegungssteuerung in einem VR-Spiel hat bei einem First Person Spiel einen unmittelbaren Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik des Spielers. Eine Steuerung, die echte Bewegungen des Spielers in Spielbewegungen umsetzt, erzeugt weniger Krankheitssymptome als eine digitale Steuerung durch Knopfdruck und führt zu einer positiveren Wahrnehmung beim Spieler.*

Die Beantwortung dieser Fragen ist für zukünftige Spieleentwicklung im Bereich VR sehr wichtig. Während momentan viele Spiele mit einer stationären Sicht oder einer einfachen Teleporter-Steuerung ausgerüstet sind, um Bewegungen im VR-Raum komplett zu vermeiden, werden die Entwickler sich experimentell an vollwertige Bewegungssteuerungen annähern müssen, um innovative Spiele zu entwickeln. Diese Entwicklung ist umso mehr mit Risiken verbunden, je weniger man über die Auswirkungen und Optimierungen der Bewegungssteuerungen und die Akzeptanz durch den Spieler als Endkunden weiß.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Motion Sickness

Als „Motion Sickness“ (MS) bezeichnet man Krankheitssymptome, die nach einer erlebten Bewegung auftreten und durch diese verursacht wurden. Ursprünglich bezeichnete dieser Begriff vor Allem die Reisekrankheit, wie sie bei Schiffen oder im Flugzeug auftritt. Mittlerweile ist „Motion Sickness“ aber eher ein Überbegriff über viele verschiedene Arten von Ursachen und beinhaltet die Reisekrankheit, die Simulator-Krankheit (engl. Simulation Sickness), aber auch neuerdings die VR-Krankheit (engl. VR Sickness). (vgl. Hromatka et al.: 2015: 2700f)

Dabei gibt es einen fundamentalen Unterschied zwischen der Motion Sickness, wie sie bei Reisen oder Achterbahnen auftritt, und den neueren Varianten Simulator Sickness und VR Sickness. (vgl. LaViola Jr 2000: 47f)

Bei den traditionellen Formen der MS findet die Bewegung tatsächlich statt, weil der Mensch sich z.B. in einem Auto, auf einem Schiff oder in einer Achterbahn befindet. Dies ist bei den neueren nicht der Fall, da die Bewegung nur durch visuelle oder andere Reize erlebt wird. (vgl. LaViola Jr 2000: 47f)

Allen Varianten gleich ist allerdings der Umstand, dass es zu einer Irritation durch die Sinnesorgane kommt, da die verschiedenen Reize, die im menschlichen Gehirn zusammenlaufen, in einen Konflikt geraten. (vgl. LaViola Jr 2000: 47f, 50)

Warum das Zusammenspiel dieser Reize zu den Krankheitssymptomen führt, ist nicht abschließend geklärt. In zahlreichen Arbeiten werden Theorien angeführt, die hier im Folgenden kurz aufgeführt werden sollen. Nicht alle dieser Theorien widersprechen sich fundamental, so dass auch mehrere im Zusammenhang wirken könnten. (vgl. Zacharias 2014: 11f)

#### 2.1.1. Sensor-Konflikt-Theorie

Diese besagt, dass sowohl das Gleichgewichtssystem, wie auch das visuelle System die Selbstregulierung des Körpers beeinflussen. Wenn diese zwei Systeme Informationen liefern, die miteinander in Konflikt stehen, dann werden Nervenbahnen ausgelöst, die nicht mit einander harmonieren. Die Theorie besagt, dass das Gehirn

von einer körperlichen Beeinträchtigung ausgeht, wenn die Augen eine Bewegung erkennen, die die anderen Sinnesorgane nicht wahrnehmen. Deswegen reagiert der Körper mit Warnsignalen und einer Abwehrreaktion. (vgl. LaViola Jr 2000: 51)

Die Sensor-Konflikt-Theorie ist momentan die plausibelste und dient auch als Grundlage dieser Arbeit.

### **2.1.2. Vergiftungs-Erkennungs-Theorie**

Diese besagt, dass das Gleichgewichtssystem neben seinen originären Aufgaben auch eingesetzt wird, um die Effekte von Giftstoffen im Körper zu erkennen. Falls es zu Auffälligkeiten bei den Sinneswahrnehmungen kommt, löst der Körper deswegen Unwohlsein und später Erbrechen aus, um die Giftstoffe aus dem Körper zu entfernen. (vgl. LaViola Jr 2000: 51)

### **2.1.3. Lageinstabilitäts-Theorie**

Diese geht davon aus, dass der Körper versucht seine Lage im Raum zu stabilisieren, und unkontrollierte Bewegungen zu vermeiden. Wenn über die Sinnesorgane falsche Informationen gemeldet werden, kommt es zu einem Fehlverhalten des Körpers, da er keine Möglichkeit sieht die Situation mit seinen bekannten Bewegungsmustern zu beherrschen. (vgl. LaViola Jr 2000: 51)

### **2.1.4. Evolutionäres Bestrafungssystem**

Diese Theorie geht davon aus, dass die Krankheitssymptome dafür sorgten, dass sich keine schlechten Bewegungsmuster oder ineffiziente motorische Fähigkeiten beim Menschen entwickelten. Damit gewährleistet das Bestrafungssystem, dass der Mensch immer über eine gute räumliche Orientierung verfügt, um sein Überleben zu sichern. (vgl. Zacharias 2014: 11)

## **2.2 Simulator Sickness**

Die Simulator Sickness (SS) unterscheidet sich von der MS zum einen wie oben ausgeführt durch die umgekehrte Ursache, nämlich das Nichtvorhandensein einer Bewegung, obwohl der Körper durch visuelle Stimulation von einer Bewegung ausgehen muss. Es gibt aber noch einige andere Unterschiede, die dafür sorgten,



dass das amerikanische Militär eine neue Form der Erfassung einführte, um die SS zu analysieren: (vgl. Kennedy&Lane 1993: 203f)

Simulation Sickness verursacht im Gegensatz zu MS leichtere Symptome in einer geringeren Anzahl von Menschen. Und obwohl die Symptome zwar ähnlich sind, gibt es einige, die bei SS gar nicht vorkommen, oder nur in einer sehr schwachen Ausprägung. Andere Symptome hingegen sind überproportional repräsentiert. (vgl. Kennedy&Lane 1993: 203f)

Dazu kommt, dass SS nicht nur von der Bewegung abhängt, sondern auch von der Präsentation der Bewegung, also von der genutzten Hardware wie Bildschirmen und Computern, sowie von der Position des Menschen im Raum. (vgl. Kennedy&Lane 1993: 203f)

## **2.3 VR Sickness**

Die VR Sickness (VRS) ist eine spezielle Form der Simulator Sickness, die bei der Nutzung von VR Technologie auftritt. Genau wie bei der SS handelt es sich um einen visuellen Reiz, der vom Gehirn nicht durch die anderen Sensoren des Körpers verifiziert werden kann. (vgl. Kolasinski 1995: 6ff)

Im Gegensatz zu einer einfachen Bildschirm-Simulation, wie bei einem älteren Flugsimulator, wird aber hier die Umgebung direkt in 3D über die Augen transportiert, so dass eine viel höhere Immersion erreicht wird. Aus diesem Grund treten Krankheitssymptome schneller auf, sind stärker als bei der SS und halten auch länger an. (vgl. Kolasinski 1995: 6)

Wie auch bei der SS spielt die benutzte Hardware eine große Rolle für die VR-Krankheitssymptomatik. Zahlreiche Faktoren können das Entstehen von Symptomen begünstigen: (vgl. LaViola Jr 2000: 47)

### **2.3.1. Einfluss der Hardware**

#### **Ungenügende Frames Per Second**

Wenn die Hardware kein flüssiges Bild mehr erzeugen kann oder Ruckeln auftritt führt dies zu mehr VRS.

### **Ungenügende Auflösung des Bildschirms**

Eine geringe Auflösung des Bildschirms verursacht ein schwammiges Bild, auf dem Bewegungen nicht realistisch dargestellt werden können.

### **Ein zu großes/ zu kleines Sichtfeld**

Das visuelle System des Menschen basiert auf einem fixen Sichtfeld. Wenn das VR System Teil dieses Sichtfelds abdeckt, entfällt ein Teil der peripheren Sicht, was zu Problemen führen kann. Genauso problematisch ist es, einen größeren Kamera-Winkel in ein kleineres Sichtfeld zu skalieren. (vgl. Fernandes & Feiner 2016: 201ff)

### **Schlechte Passform des HMDs**

Wenn das HMD nicht passt, kann an den Seiten Licht in die Brille einfallen und damit visuelle Reize auslösen, die die VRS begünstigen.

Alle diese Faktoren bewirken eine unzureichende Darstellung des virtuellen Raums, und erzeugen dadurch fehlerhafte visuelle Reize. Aus diesem Grund sind zahlreiche Verbesserungen in diesen Bereichen in die Entwicklung momentan moderner VR System wie HTC Vive und Oculus Rift eingeflossen. Diese Faktoren können vom Spiele-Entwickler mit Ausnahme der FPS nicht verändert werden, so dass nur geringe Einflussmöglichkeiten bestehen. (vgl. LaViola Jr 2000: 52)

Die zweite Kategorie der Faktoren wird durch den Spieler selber bestimmt.

## **2.3.2. Psychologische und körperliche Faktoren**

### **Genetik**

Es gibt demographische Faktoren, die die Symptomatik von MS beeinflussen. Frauen werden z.B. leichter krank, genau wie Menschen aus bestimmten Gebieten oder mit asiatischen Wurzeln. (vgl. Hromatka et al.: 2015: 2700f)

### **Erfahrung**

Es gibt Trainingseffekte, die bei regelmäßiger Nutzung von VR Systemen die Anfälligkeit gegenüber MS reduzieren. Es ist allerdings davon auszugehen, dass dieser Trainingseffekt über Zeit verloren geht, da dies für SS bereits nachgewiesen wurde. (vgl. LaViola Jr 2000: 54)

## **Mentaler Zustand**

Es wurde nachgewiesen, dass Menschen unter Stress und mit psychischen Vorerkrankungen anfälliger für MS sind. Zudem gibt es Unterschiede bei der Leidensfähigkeit von Menschen, so dass Krankheitssymptome subjektiv schlimmer oder weniger schlimm empfunden werden können (Resilienz). (vgl. Hromatka et al.: 2015: 2700f)

## **Körperlicher Zustand**

Nach einer Studie sind jüngere Menschen generell anfälliger für MS. Außerdem können Erkrankungen einen Einfluss auf den Gleichgewichtssinn haben und damit MS begünstigen. (vgl. Hromatka et al.: 2015: 2700f)

Auch auf diese Faktoren hat der Spieleentwickler keinen Einfluss. Er kann höchstens seine Zielgruppe bestimmen, um besser auf die Voraussetzungen der Spieler eingehen zu können. (vgl. LaViola Jr 2000: 53)

Dazu kommen die Faktoren, die durch die Software bestimmt werden:

### **2.3.3. Einfluss der Software**

#### **Skalierung der Translation**

Der menschliche Körper macht bestimmte Annahmen über seine Größe und die Skalierung der Umwelt und nutzt diese zur Kalibrierung des Bewegungsapparats. Wenn in VR eine andere Kopfhöhe angezeigt wird, verändert sich die Perzeption von Bewegungen und kann zu VRS führen. Es besteht auch die Möglichkeit, dass sich das Gehirn anpasst und während der VR-Erfahrung keine Probleme auftreten. Dann können im Anschluss an die VR-Erfahrung Anpassungsprobleme an die Realität Symptome auslösen, so dass dem Spieler hinterher schlecht wird. (vgl. Kolasinski 1995: 31-34)

### **Skalierung der Rotation**

Wie bei der Translation gilt dasselbe analog für die Rotation. Der menschliche Körper erwartet bei einer Kopfdrehung von 20° eine Änderung der Sicht von 20°. Wenn die Rotation von der Software verstärkt oder abgeschwächt wird treten Symptome auf. (vgl. Kolasinski 1995: 31-34)

### **Geschwindigkeit und Art der Bewegung**

Die Art und Geschwindigkeit der Bewegung hat einen großen Einfluss auf die gefühlten VRS-Symptome. Der menschliche Körper ist - außer mit seinen Augen - nicht in der Lage, gleichförmige Bewegungen zu erkennen. Er kann nur Beschleunigungen über seine Sensoren erfassen. Das bedeutet, dass gleichmäßige und geringe virtuelle Beschleunigungen weniger VRS auslösen als starke Beschleunigungen oder ruckelige. (vgl. Kolasinski 1995: 32-34)

### **Kontrollmöglichkeit /Antizipation zukünftiger Bewegungen**

Ein noch nicht vollständig erforschter, aber offensichtlich wirksamer Faktor ist die Kontrollmöglichkeit über die virtuelle Bewegung. So, wie bei einem Auto dem Fahrer selten schlecht wird, hilft auch in einem Spiel die Kontrolle über die Bewegung zu haben, um VRS zu vermeiden. Im Umkehrschluss sind Bewegungsschemata, die den Spieler ohne sein Zutun bewegen und die Kameraperspektive ändern, sehr anfällig für VRS. Angenommen wird, dass der Körper bei eigener Kontrolle bereits auf die Bewegung vorbereitet ist, und deswegen die falschen Informationen eher akzeptiert. (vgl. Kolasinski 1995: 32)

Diese Faktoren können und müssen vom Spieleentwickler kontrolliert werden, so dass möglichst wenig Endkunden unter VR Sickness leiden. Sie sind Teil des Bewegungsschemas eines Spiels und damit der Kern dieser Arbeit.

### 3. Methodik

Um die These dieser Arbeit zu überprüfen oder zu widerlegen sind mehrere Teilfragen zu beantworten:

#### **Hat die Bewegungssteuerung einen unmittelbaren Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik des Spielers?**

Nur wenn die Bewegungssteuerung auch einen messbaren Einfluss hat, machen die weiteren Fragen Sinn. Um diese Frage zu beantworten, muss bewiesen werden, dass eine Modifizierung der Bewegungssteuerung eine deutliche Erhöhung der Fälle von VRS oder eine Steigerung der Schwere der Symptome erzeugt.

#### **Führt die Steuerung der Spielfigur durch echte Spielerbewegungen zu weniger VR-Krankheitssymptomen?**

Dies ist die Kernfrage der Arbeit. Zu beantworten ist, ob die entwickelte Steuerungsart in Bezug auf VRS besser ist als eine herkömmliche „Gamepad“-Steuerung. Um dies zu untersuchen, müssen alle anderen Faktoren minimiert werden, die Symptome auslösen können.

#### **Zieht der Spieler diese Steuerung anderen Steuerungen vor, weil sie ihm mehr Spaß macht?**

Bei der dritten Frage soll die These unter dem Aspekt betrachtet werden, wie viel VR-Krankheit der Spieler auszuhalten bereit ist, um ein gutes, innovatives Spiel zu spielen. Der Kern der Frage ist dabei, ob sich Spiele mit solchen Steuerungen überhaupt verkaufen lassen, oder ob das Risiko, ein solches Spiel zu entwickeln, auf dem heutigen Markt zu groß ist.

Die folgenden Untersuchungsmethoden wurden ausgeschlossen, da sie die These nicht hinreichend beleuchten können:

#### **Einzelinterviews mit Experten**

Es wurden keine Experten gefunden, die zu dieser These Aussagen hätten machen können.

### **Einzelinterviews mit betroffenen VR Spielern**

Die Menge der Spieler, die hier untersucht werden kann, ist für eine quantitative Erhebung unzureichend. Zudem kann der Befragte nicht über die entwickelte Bewegungssteuerung urteilen, wenn er sie nicht ausprobiert hat. Aufgrund der geringen absoluten Menge an VR Spielern in der lokalen Umgebung ist es unwahrscheinlich, dass eine vergleichbare Steuerung bereits getestet wurde.

### **Gruppendiskussion**

Da VR-Krankheit ein sehr subjektives Thema ist, bei dem jeder Teilnehmer einen anderen Wahrnehmungshorizont hat, ist eine Gruppendiskussion kein probates Mittel.

### **Umfrage unter lokalen VR Spielern**

Eine lokale Umfrage hätte ebenfalls große Schwierigkeiten, genügend Rückläufer zu produzieren um statistische Analysen zu ermöglichen. Zudem gibt es die gleichen Vorbehalte wie bei den Einzelinterviews.

### **Quantitatives Experiment**

Bei einem quantitativen Experiment müsste zum einen eine sehr große Menge Testpersonen am Experiment teilnehmen, was aus Ressourcengründen unmöglich ist. Außerdem müssten alle Faktoren eliminiert werden, die eine VRS auslösen können, so dass Laborbedingungen erreicht werden. Das zu leisten ist bei dieser Arbeit nicht möglich. Eine explorative Erforschung des Gegenstands der These wäre bei dieser Methode unmöglich gewesen.

Aus diesen Gründen soll die Beantwortung dieser Fragen durch ein qualitatives Experiment mit einer selbst programmierten Bewegungssteuerung und mit einer breit angelegten, internationalen, quantitativen Online-Umfrage erfolgen. Der Grund dafür, beide Methoden zu wählen, liegt darin, dass beide Methoden Nachteile haben, die eine alleinige Nutzung ausschließen.

Zum einen ist das Experiment zu aufwendig, um eine größere Anzahl Testpersonen aufzunehmen, so dass keine statistischen Aussagen möglich sind. Dafür bietet aber ein qualitatives Experiment die Möglichkeit, die Testpersonen zu beobachten und Anpassungen an der Bewegungssteuerung vorzunehmen. Da das VR Demo Spiel nicht einfach an Testpersonen verteilt werden kann, kann es auch nicht durch eine

quantitative Umfrage untersucht werden. Aus diesem Grund werden die Testpersonen während des Experiments beobachtet und anschließend mit Hilfe eines Fragebogens weiter zu ihren Meinungen befragt.

Bei der Online-Umfrage ist das Problem, dass vermutlich nur VR erfahrene Personen daran teilnehmen, die bereits Vorurteile gegenüber bestimmten Bewegungssteuerungen haben. Diese Personen sind bereits für VR trainiert und könnten deswegen weniger VR-Krankheitssymptome aufweisen als der Durchschnitt. Bei der Online-Umfrage können die Befragten außerdem nur Auskunft geben über Bewegungssteuerungen, die der entwickelten ähnlich sind. Da es bereits einige Spiele gibt, die mit solchen Steuerungen arbeiten, sollte dies kein großer Nachteil sein, da ausreichend potenzielle Befragte zur Verfügung stehen.

Die Daten werden im Anschluss auf ihre Häufigkeitsverteilung untersucht. Dabei werden einige Antwortmöglichkeiten gruppiert, um die Daten einfacher darstellen zu können. Dies trifft zum Beispiel auf verschiedene Grade der Zustimmung zu wie „Stimme Zu / Stimme sehr zu“ oder auf Veränderungen wie „Besser/ Viel besser“.

### **3.1 Entwicklung der Spiele-Demo**

Die grundsätzliche Idee der Bewegungssteuerung basiert auf dem Reduzieren des Sensor-Konflikts durch Suggestieren einer Vorwärtsbewegung, indem der Spieler Bewegungen ausführen muss, die denen des Joggings ähneln.

Dabei sollen die Translation und Rotation möglichst genau wie in der Realität skaliert werden, und Bewegungen natürlich, flüssig und mit einer angemessenen Geschwindigkeit erfolgen, um beim Spieler VR-Krankheitssymptome zu vermeiden. Ein Kontrollverlust des Spielers ist dabei zu vermeiden, und der Spieler muss immer in der Lage sein, Bewegungen zu antizipieren.

Dazu werden die gleichzeitigen Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen der Arme des Spielers in Bewegungssignale umgesetzt und die Bewegungsrichtung anhand der Z-Rotation der Hände bestimmt.

Zusätzlich zu dieser Bewegungssteuerung muss eine Character-Klasse für Unreal Engine geschaffen werden, die die Steuerung aufnimmt, und ein „spielbarer“ Level, in dem der Spieler diese Steuerung testen kann. Um vergleichen zu können muss zudem

eine zweite Steuerung programmiert werden, die der traditionellen Gamepad Steuerung eines FPS Spiels entspricht.

Um Zeit zu sparen werden diese Steuerungen und der Level in ein bereits existierendes Spiel (Hexenbrut) eingebaut, das für einen anderen Zweck entwickelt wurde.

Bei der Entwicklung ist darauf zu achten, dass das gesamte „Spiel“ so konzipiert ist, dass es möglichst keine VR-Sickness auslöst. Aus diesem Grund muss zum einen beim Umsetzen des Levels auf eine gute Performance geachtet werden, und zum anderen die Steuerung solange angepasst werden, bis sie sich natürlich anfühlt. Es werden Variablen eingebaut, um die Steuerung schnell anpassen zu können.

Der spielbare Level besteht aus zwei Räumen, die über einen Weg mit einander verbunden sind. Zur Erhöhung der Motivation wird der Level ansehnlich gestaltet.

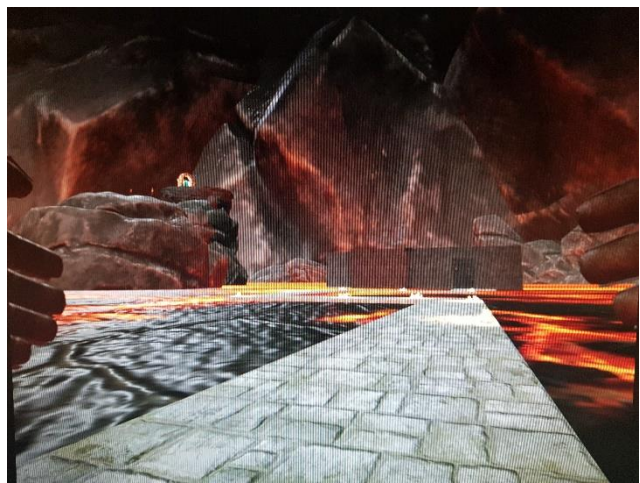


Abbildung 2: Level des Demo-Spiels

## 3.2 Experiment

Als VR System wird die HTC Vive gewählt, da sie momentan die bestmögliche VR-Qualität bietet, auf die ein Zugriff möglich ist. Es wird ein Raum vorbereitet, in dem der Proband sich frei bewegen kann und dieser Raum mit den HTC Vive Kameras ausgestattet.

Das Experiment selber besteht aus fünf Teilen:

### 1. Eingewöhnung in VR und Erklärung der zwei Steuerungen.

Hier wird dem Spieler erklärt, wie er die HTC Vive Controller benutzt und das HMD angepasst. Beide Steuerungen werden kurz erklärt und überprüft, ob der Proband beide verstanden hat.



## **2. Nutzung einer Steuerung um von einem Raum in den anderen zu laufen**

Eine der Steuerungen wird ausgewählt für den Hinweg. Die Hälfte der Probanden startet mit der ersten Steuerung, die andere Hälfte mit der zweiten, da es möglich ist, dass sich Symptome über Zeit entwickeln und so Datenabweichungen erzeugen, die auf diesem Weg statistisch reduziert werden können.

Bei der Hälfte der Probanden werden die Variablen der Steuerung so modifiziert, dass die Fortbewegung schneller und ruckartiger erfolgt. Es wird erwartet, dass bei diesen Probanden möglicherweise früher Krankheitssymptome ausgelöst werden. Diese Steuerung wird im Folgenden mit „Modifiziert“ gekennzeichnet.

Die andere Hälfte der Gruppe benutzt eine nicht modifizierte Steuerung und dient als Kontrollgruppe. Das Problem ist, dass damit die geringe Anzahl der Probanden nochmal halbiert wird. Zur Verifizierung der These ist dies aber unerlässlich.

## **3. Nutzung der anderen Steuerung für den Rückweg in den ersten Raum**

Im zweiten Raum wird die Steuerung gewechselt und der Rückweg durchgeführt.

## **4. Der Spieler kann machen, wozu er Lust hat**

Zu diesem Zeitpunkt sollte der Spieler wissen, welche Steuerung er besser findet. Es wird vermerkt, mit welcher Steuerung er weiterspielt und wann VR-Sickness Symptome auftreten.

## **5. Nach Beendigung Ausfüllen eines Fragebogens**

Nach Beendigung des Spiels wird zusammen mit dem Probanden ein Fragebogen ausgefüllt, indem die Einschätzung des Probanden abgefragt wird.

Das Ziel des Experiments ist vor allem, die Qualität der programmierten Bewegungssteuerung zu erhöhen und zu testen, ob eine Modifikation der Variablen eine direkte Auswirkung auf die VR-Krankheitssymptomatik hat. Da die Steuerungen bei der Hälfte der Probanden über Variablen modifiziert werden, handelt es sich im Endeffekt um vier verschiedene Implementationen, die getestet werden.

Aufgrund des Aufwands des Experiments kann höchstens eine Stichprobe in einer Größenordnung von 10-20 Probanden durchgeführt werden. Aufgrund dessen sind weitergehende statistische Aussagen nicht möglich.



Abbildung 3: Proband während des Experiments

Bei der Auswahl der Probanden muss darauf geachtet werden, dass möglichst keine Vorerfahrung besteht, da sonst der Trainingseffekt eine Bestimmung der Symptome schwierig macht und eventuell bereits Vorurteile gegenüber bestimmten Bewegungssteuerungen bestehen. Aus diesem Grund werden die Probanden über das Internet gesucht.

Der Fragebogen des Experiments hat die folgende Struktur:

**Geschlecht:** – Männlich / Weiblich

**Alter:** – 12-20/21-30/31-40/41-50/51-60/61-70/71-80/>80

**VR Erfahrung:** – Keine/ Wenig/ Oft/ Regelmäßig/ Jeden Tag

**Krankheitssymptome** – Keine/ Leicht/ Mittel/ Stark

**Krankheitssymptome waren schlimmer:** Steuerung 1 / Neutral / Steuerung 2

**Spiel hat mehr Spaß gemacht:** Steuerung 1 / Neutral / Steuerung 2

**Ich würde das Spiel eher kaufen:** Steuerung 1 / Steuerung 2

**Besser für VR geeignet:** Steuerung 1 / Neutral / Steuerung 2

**First Person Spiele nicht gut für VR:** + / Neutral / -

**VR Spiele sollen nicht krankmachen:** + / Neutral / -

**Ich ertrage die Krankheit, wenn das Spiel gut ist:** + / Neutral / -

**Hersteller sollen mit Steuerungen experimentieren:** + / Neutral / -

Die Krankheitssymptome des Fragebogens orientieren sich am SSQ (Simulator Sickness Questionnaire), das mit der US Navy entwickelt wurde um SS-

Krankheitsverläufe in US Navy Flugsimulatoren zu erfassen und zu bewerten. (vgl. Kennedy&Lane 1993: 203f)

### 3.3 Online Umfrage

Um statistische Aussagen treffen zu können muss eine weit größere Anzahl an VR Spielern befragt werden, als dies mit dem Experiment möglich ist. Aufgrund der niedrigen absoluten Anzahl an VR Spielern ist dies nur zu erreichen, wenn eine Online-Umfrage durchgeführt wird, die weltweit erreichbar ist. Eine Mindestmenge an 1000 komplett abgegebenen Fragebögen wird angestrebt.

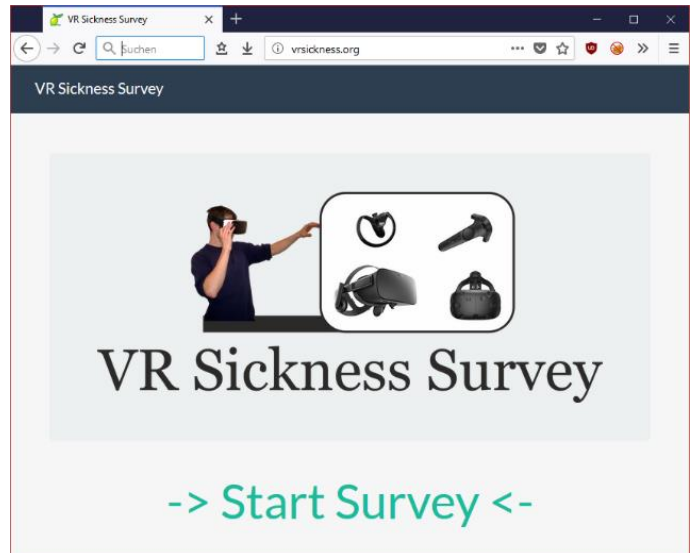


Abbildung 4: Webseite vrsickness.org

Zu diesem Zweck wird eine Webseite eingerichtet, die auf der Basis der OpenSource Software Limesurvey arbeitet. Bei der Einrichtung der Webseite ist darauf zu achten, dass der Fragebogen pro Person nur einmal ausgefüllt werden kann.

Der Fragebogen enthält 22 Fragen zu allen Aspekten der VR Krankheit. Die Krankheitssymptome des Fragebogens orientieren sich ebenfalls am SSQ (Simulator Sickness Questionnaire). (vgl. Kennedy&Lane 1993: 203f)

Die Fragenkomplexe sind:

### **Demografische Daten**

Hier werden Alter und Geschlecht erfasst.

### **Vorerfahrung mit VR**

Hier werden Vorerfahrungen mit verschiedenen VR System abgefragt, da dies einen Rückschluss auf den Trainingszustand zulässt und die Verbreitung von VR Hardware.

### **Medizinische Daten**

Medizinische Daten wie Größe, Gewicht, Raucher, Alkohol, Brillenträger und Ähnliches werden abgefragt sowie Vorerkrankungen.

### **VR-Krankheitssymptome**

Wie sehr ist der Spieler generell von VR Krankheit betroffen und wann wird er in welcher Art von Spielen krank.

### **Eigene Wahrnehmung**

Wie sehr beeinträchtigt den Spieler die VR Krankheit und wieviel davon ist er bereit zu ertragen.

### **Vorschläge**

Vorlieben und Wünsche des Spielers die Entwickler von VR Spielen umsetzen sollten.

Nach Fertigstellung der Online-Umfrage muss eine gezielte Werbung erfolgen, damit es genügend Rückläufer gibt. Die Werbung soll in den Foren erfolgen, in denen VR-Spieler meistens lesen. Dies sind die entsprechenden Reddit Foren zu VR, bzw. der SteamVR Kanal. Es ist geplant, die Werbung regelmäßig zu wiederholen.

Da es sich um eine internationale Umfrage handelt ist diese in Englisch geschrieben. Die Werbung für die Umfrage ist in Deutsch und Englisch vorhanden und wird entsprechend eingesetzt.

Aufgrund der Verbreitung der VR-Hardware und den relativ hohen Kosten wird erwartet, dass die meisten Rückläufer von kaufstarken Spielern aus den

Industrienationen kommen. Da es sich um Spieler von PC Spielen handelt, wird das Durchschnittsalter geringer sein als die Gesamtpopulation und vorwiegend aus Männern bestehen. Aufgrund der Kosten werden ganz junge Spieler unterrepräsentiert sein. Das ist akzeptabel, weil die Zielgruppe neuer VR Spiele momentan fast deckungsgleich mit der angesprochenen Zielpopulation ist.

Die Daten werden anschließend über Limesurvey exportiert, analysiert und grafisch aufbereitet.

## 4. Durchführung

### 4.1 Entwicklung der Spiele-Demo

Das experimentelle Spiel wurde zwischen März 2017 und Oktober 2017 entwickelt und fertiggestellt. Die Basis für das Spiel war die Unreal Engine, unter Nutzung der grafischen Ressourcen des Spiels Hexenbrut, dass im Rahmen des Studiums erstellt wurde. Das Herzstück der Entwicklung war dabei die Bewegungssteuerung „Jogging“ und die Anpassung der Charakter Klasse.

Die erste Version der neuen Steuerung basierte auf der Addition der horizontalen Bewegungsvektoren der beiden HTC Vive Controller. Dabei wurde das Delta der letzten Positionen über die X und Y-Achse berechnet und zu einer Bewegungsstärke aufaddiert.

MagnitudeLeft = Abs(LeftControllerLastPos.xy – LeftControllerPos.xy)  
 MagnitudeRight = Abs(RightControllerLastPos.xy – RightControllerPos.xy)  
 TotalMagnitude = MagnitudeLeft + MagnitudeRight

Die Bewegungsrichtung wurde ursprünglich aus der Rotation des Kopfes des Spielers berechnet, so dass man grundsätzlich immer nur vorwärts in Blickrichtung gehen konnte (diese Art der Steuerung wurde für die „Gamepad“-Steuerung beibehalten):

Richtung = VRCamera->GetForwardVector()

Diese Steuerung wurde nach einem Test mit Probanden relativ schnell wieder verworfen, da auch willkürliche Bewegungen der Controller mit dem Handgelenk zu einer Vorwärtsbewegung führten und sich die Richtungsangabe mit dem Kopf unnatürlich anfühlte.

Zu diesem Zeitpunkt war allerdings auch noch nicht klar, wie das Verhältnis von Brems- und Vorwärtsbeschleunigung aussehen muss, damit eine VR Steuerung überhaupt funktioniert. Neben der Berechnung der Magnitude gibt es noch viele Variablen, die einen Einfluss auf die exakte Steuerung der Spielerfigur haben:

### **BeschleunigungProSekunde**

Die maximale Beschleunigung des Spielers, wenn er die Controller maximal weit bewegt. Eine hohe Einstellung sorgt für eine ruckhafte Steuerung, die sehr schnell reagiert. Bei Erhöhung dieser Variable muss aber gleichzeitig die Bremsbeschleunigung hochgestellt werden, da ansonsten ein Nachbewegen des Spielers auftritt, als wenn er auf Eis läuft. Niedrige Einstellungen sorgen für eine Steuerung, die sich wie in Zeitlupe anfühlt. Hohe Einstellungen führen zu VRS-Krankheitssymptomen.

### **MaximalSpeedProSekunde**

Die maximale Endgeschwindigkeit des Spielers die niemals überschritten werden darf. Diese Variable muss zum einen der Skalierung des Levels angepasst werden. Zum anderen interagiert sie mit der Brems- und Vorwärtsbeschleunigung. Wenn dieser Wert zu gering ist, dann fühlt sich die Steuerung eher digital an. Hohe Werte können VRS-Symptome auslösen, da die Umgebung sich zu schnell und unnatürlich bewegt.

### **InputDeadZone**

Die DeadZone innerhalb der Eingabewerte als zu gering bewertet und ignoriert werden. Dieser Wert muss angepasst werden, damit kleine Bewegungen der Controller nicht zu Bewegungen führen. Eine geringe DeadZone führt zu Krankheitssymptomen durch unwillkürliche Mikro-Bewegungen im Spiel.

### **SampleIntervallInSekunden**

Wie oft das Delta der Controller ausgewertet wird und die Berechnungsfunktion aufgerufen wird. Eine kleine Zahl führt zum Aufaddieren von Rundungsfehlern, eine zu große Zahl zu langsamen Änderungen, die sich sehr unnatürlich anfühlen. Eine falsche Einstellung bewirkt, dass die Steuerung gar nicht mehr funktioniert. Dieser Wert interagiert mit den Beschleunigungswerten. Obwohl diese in einer Einheit pro Sekunde angegeben sind führt eine hohe Sample-Geschwindigkeit zu gleichmäßigerer Beschleunigung und damit zu weniger VRS-Symptomen.

## MaximalBewegungDerController

Wie weit der Controller bewegt werden muss um die maximale Beschleunigung zu erreichen. Dieser Wert müsste eigentlich je nach der Armlänge des Spielers angepasst werden. Durch experimentieren wurde ein durchschnittlicher Wert gefunden, der für die meisten Menschen funktioniert.

## BremsbeschleunigungProSekunde

Die Kraft, die gegen die Beschleunigung wirkt. Wenn sie zu groß ist, fühlt sich die Steuerung an, als ob man durch Teer läuft. Wenn sie zu klein ist, schlittert der Spieler wie auf Eis. Geringe Werte führen eher zu VRS-Symptomen. Dieser Wert muss proportional zur Vorwärts-Beschleunigung angepasst werden.

Jeder einzelne dieser Parameter macht bei einer falschen Einstellung die Steuerung des Spielers unmöglich oder verursacht starke VR-Krankheitssymptome. Es wurde außerdem bereits während der Entwicklung klar, dass besonders die Beschleunigung und die Endgeschwindigkeit präzise sein müssen, da die Armbewegung des Spielers in einer vernünftigen Relation zu den resultierenden Vorwärtsbewegungen der Spielfigur stehen müssen.

Nachdem der erste Algorithmus verworfen wurde, entstand ein neuer unter Nutzung des Dot-Produkts:

$\text{LeftVector} = \text{LeftControllerLastPos.xy} - \text{LeftControllerPos.xy}$   
 $\text{RightVector} = \text{RightControllerLastPos.xy} - \text{RightControllerPos.xy}$   
 $\text{TotalMagnitude} = \text{DotProduct}(\text{LeftVector}, \text{RightVector})$

Dieser basiert darauf, dass das Skalarprodukt die Projektion des einen Vektors auf den anderen ist, so dass die korrekte Bewegung beider Controller notwendig wird.

Die Richtung wurde jetzt aus der Richtung der beiden Controller berechnet, so dass man in jede beliebige Richtung laufen kann, wenn man die Arme entsprechend dreht.

$\text{Richtung} = \text{Normalize}(\text{LeftContr-}\rightarrow\text{ForwardVector} + \text{RightContr-}\rightarrow\text{ForwardVector})$

Dieser recht einfache Algorithmus hat sich bewährt und ist in abgewandelter Form immer noch in Benutzung.



Die eigentliche Schwierigkeit war, die oben genannten Variablen so anzupassen, dass möglichst keine VR-Krankheitssymptome auftreten. Schon kleine Änderungen bewirkten Symptome, so dass man bei der Einstellung der Steuerung in einen Zustand geriet, bei dem einem bis zu 24 Stunden permanent unwohl war.

Dazu kommt, dass bei Änderungen im Character Controller von Unreal die Variablen meist neu angepasst werden musste. Das betrifft Änderungen an den Skalierungen, an der VR Kamera und an den Timings.

Die Erstellung der zweiten Bewegungssteuerung „Gamepad“ war relativ problemlos, da sie dieselben Variablen wie die erste Steuerung nutzt. Die einzige Zahl, die dort noch separat angepasst werden musste, war die Gesamtskalierung.

Die „Gamepad“-Steuerung basiert auf vier Knöpfen, die den Spieler in einer vordefinierten Geschwindigkeit Vorwärts/ Rückwärts/ Links/ Rechts bewegen. Damit entspricht sie der Standard „WASD“ Steuerung eines „First Person“ PC Spiels. Im Gegensatz zur „Jogging“-Steuerung kann sich der Spieler deswegen nur in einer Geschwindigkeit bewegen, was ein großer Nachteil für das Spieldesign ist.

Der Level wurde auf der Basis eines existierenden Levels entworfen und modifiziert. Ein zweiter Raum wurde hinzugefügt und ein Weg durch die Lava des Levels gelegt, auf dem sich der Spieler fortbewegen kann. Aufgrund der Skalierung des VR-Spielers mussten die Meshes zweier Räume verändert werden. Ein Raum wurde hoch skaliert, und in einem Raum die Tür vergrößert, damit der Spieler ein natürlicheres Gefühl für die Bewegung und Größe der Welt hat.

Nach einem Test des neuen Levels mit Probanden wurde klar, dass der Spieler in einem Raum schnell Krankheitssymptome entwickelte, da die geringe FPS aufgrund von Lichtberechnungen zu Ruckeln und Zeitlupenbewegung führte. Aus diesem Grund wurden alle Lichter stark vereinfacht oder entfernt und die vorhandene Dekoration aus dem Level gelöscht. Zusätzlich mussten die Materials der Meshes in einfachere Versionen mit besserer Performanz geändert werden.

Damit das Spiel reibungslos läuft und die zwei Bewegungssteuerungen eingebaut werden konnten musste ein VR Character Controller entwickelt werden. Die Entwicklung des Controllers wurde zum Großteil in „Blueprints“ ausgeführt und nahm etwa 100h in Anspruch.

Die während dieser Arbeit durchgeführten Entwicklungsarbeiten haben gezeigt, dass VR Entwicklung die komplexeste Form der Spiele-Entwicklung ist. Die aufgewendete Zeit, die für die Erstellung des kompletten Character Controllers und das Testen notwendig war, betrug fast ein Drittel der gesamten Entwicklungszeit des Spiels. Während das Erstellen einer einfachen VR Steuerung schnell möglich ist, muss ein enormer Testaufwand mit Probanden aufgewendet werden, um eine Steuerung so umzusetzen, dass möglichst wenig VR-Krankheitssymptome auftreten.

Dabei gab es zwei grundlegende Probleme bei der Entwicklung:

1. Während der Entwicklung ist der Programmierer selber den Krankheitssymptomen ausgesetzt. Er kann also nicht abschätzen, wann eine Steuerung gut ist, da er durchgehend unter VRS leidet. Die Symptome haben keine Zeit abzuklingen, und selbst wenn würden sie bei einem Test innerhalb von Minuten zurückkehren.
2. Die Steuerung kann nicht vor Ort getestet werden, da der Körper des Spielers völlig anders reagiert als der Körper des (trainierten) Programmierers. Ob eine Steuerung funktioniert oder nicht muss also in speziellen Versuchen laufend getestet werden. [vgl. Zacharias 2014, 9]

Diese Probleme erhöhen die Entwicklungszeit eines VR Spiels und damit auch die Kosten.

## 4.2 Experiment

Das Experiment wurde ab Dezember 2017 durchgeführt und zog sich bis Februar 2018 hin. Obwohl eine lokale Online-Anzeige geschaltet wurde, waren relativ wenig Probanden bereit sich für eine Studie zur Verfügung zu stellen.

Es wurde ein Kontakt zu 22 möglichen Probanden hergestellt, von denen allerdings nur 13 zum Termin erschienen. Die Fragebögen wurden von 12 Probanden komplett ausgefüllt.

Das Experiment wurde wie geplant durchgeführt. Der Versuchsperson wurde das HMD gezeigt und beim Anlegen geholfen. Danach wurde das Demo-Spiel gestartet und dem Probanden Zeit gegeben, sich im Start-Raum zurecht zu finden. Nach kurzer Eingewöhnungszeit wurde erklärt, wie die beiden Steuerungen funktionieren.

Basierend auf der vorher festgelegten Reihenfolge wurde die erste Steuerung ausgewählt und eine Anpassung der Steuerungsvariablen vorgenommen. Diese Anpassung bestand in einer Erhöhung der Beschleunigungs- und Geschwindigkeitswerte um 50%.

Der Proband wurde dann angeleitet, sich über den Weg zum zweiten Raum zu bewegen, ohne in die Lava zu fallen. Wenn Versuchspersonen in der Lava ihr Leben verloren, wurde die Spielfigur zurückgesetzt.

Im zweiten Raum angekommen, wurde der Proband angeleitet, die andere Steuerung zu benutzen. Mit dieser musste der Rückweg in den ersten Raum geschafft werden. Auch hier wurde die Spielfigur beim Fall in die Lava zurückgesetzt.

Nach Erreichen des ersten Raumes wurde dem Probanden freigestellt, welche Steuerung benutzt wird und vorgeschlagen, sich abermals in den zweiten Raum zu bewegen, da es dort die Möglichkeit gibt, auf einem Hexenbesen fliegen zu gehen. Die getroffene Auswahl des Probanden wurde im Fragebogen markiert und er wurde befragt, ob er bereits Krankheitssymptome verspürt. Diese Antwort wurde abgefragt, um zu verhindern, dass auf dem Fragebogen zu positive Aussagen über die Krankheitssymptome getroffen werden, weil der Proband sich nicht mehr erinnern kann.

Von hier aus war der Proband frei, sich im Level zu bewegen. In allen Fällen führte der Weg dann zum Fliegen, wo dann außer bei drei Testpersonen spätestens Krankheitssymptome auftraten. Symptome während des Fliegens wurden nicht für den Fragebogen betrachtet.

Nach dem Flug wurde die Spiele-Demo beendet, und dem Probanden der Fragebogen ausgehändigt. Zusätzlich wurde noch Anmerkungen zur Steuerung abgefragt, um die besten Werte für Beschleunigung und Maximalgeschwindigkeit zu ermitteln. Basierend auf dem vorangegangenen Experiment wurde die optimale Steuerung dann angepasst. Allerdings waren die Aussagen teilweise gegenläufig, so dass nicht jede Anmerkung umgesetzt werden konnte, sondern ein Durchschnittswert entstand.

Während dieses Prozesses fiel auf, dass zwei Dinge die stärksten Auslöser von VRS-Symptomen waren:

Das war zum einen das Springen, das eigentlich nicht Teil der Untersuchung sein sollte, aber aufgrund des Spieldesigns zwingend notwendig war, falls man in die Lava fällt. Das Springen wird im Spiel durch das Drücken zweier Knöpfe an den Controllern ausgelöst, ist also immer ein Teil der „Gamepad“-Steuerung. Die größte Wahrscheinlichkeit zu sofortigen Symptomen hatte dabei der Fall, dass der Proband durch Ausprobieren herausfand, dass die zwei Knöpfe ein Springen auslösen. Durch die Überraschung der ruckhaften Kamerabewegung nach oben wurden bei allen Probanden VRS-Symptome ausgelöst. Falls der Proband durch die Erklärung der Steuerung auf diesen Umstand vorher hingewiesen wurde, und er darauf vorbereitet war, reduzierte sich diese Wahrscheinlichkeit. Leider fiel dieser Umstand zu spät auf, so dass keine belastbaren Zahlen mehr erhoben werden konnten. Die Skalierung des Springens wurde danach aber zusammen mit dem Rest der Steuerung laufend modifiziert, um diesen Teil der Steuerung auf denselben Stand zu bringen wie den Rest.

Der zweite Auslöser war das Schlittern der Spielfigur durch einen zu niedrigen Bremsbeschleunigungswert. Während eine starke Vorwärtsbeschleunigung zwar von einigen Probanden als etwas unangenehm empfunden wurde, führte ein Fehlen ausreichender Bremsbeschleunigung bei allen Probanden zu VRS-Symptomen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde während des Experiments nicht wie vorgesehen die gesamte Beschleunigung hoch skaliert, sondern die Bremsbeschleunigung auf ihrem Wert belassen. Da die Bremsbeschleunigung zur Vorwärts-Beschleunigung und Maximalgeschwindigkeit proportional sein muss, führte dies zu einer relativen Abschwächung des Bremsens und damit zu mehr Schlittern. Mit dieser Modifikation waren die Ergebnisse dann eindeutig. Die Probanden beschwerten sich schon während des Experiments über das Schlittern, und dass ihnen davon schlecht wird.

Die gesammelten Fragebögen wurden anschließend in ein Excel-Sheet überführt und dort analysiert und grafisch aufbereitet.

Ein Problem des Experiments war, dass eigentlich durchgehend Änderungen an der Steuerung durchgeführt werden mussten, auch während der Phase des Experiments. Auch wenn diese Änderungen gering waren, hatten im Endeffekt nur wenige Testpersonen exakt dieselbe Steuerung. Damit sind die Daten nicht zu 100% vergleichbar, da die frühen Testpersonen eine schlechtere Steuerung hatten als die

letzten. Der Sinn des Experiments war aber vor Allem, Erkenntnisse über den Einfluss der Bewegungssteuerung zu erhalten und mit ihr zu experimentieren. Da es außerdem noch eine breitere Online-Umfrage gibt um die Ergebnisse zu stützen, ist das ein akzeptabler Kompromiss.

### 4.3 Online Umfrage

Die Online-Umfrage wurde im Februar 2017 erstellt und im Mai 2017 auf einer neu erstellten Webseite veröffentlicht. Dazu wurde die Domäne „vrsickness.org“ registriert und ein Email Account für Rückfragen eingerichtet.

Die Webseite wurde ursprünglich in den Foren SteamVR, Reddit VR Vive und Reddit VR Oculus beworben, später aufgrund zu weniger Rückläufer dann noch auf Reddit PSVR und VR-Gamer.de sowie auf Reddit Oculus.

Nach der ersten Veröffentlichung der Umfrage kamen zahlreiche Rückläufer über fehlende Antwort-Optionen. Diese Probleme hätten den Erfolg der Umfrage in Frage gestellt und zu deutlich mehr Abbrüchen geführt, so dass die Entscheidung getroffen wurde die Umfrage zurückzuziehen und die Fragen zu ändern. Die bereits gesammelten (etwa 100) Datensätze hätten die Ergebnisse kontaminiert und wurden deshalb gelöscht. Die neue Umfrage wurde eingestellt und danach erneut beworben.

Aufgrund der Werbung und der anvisierten Zielgruppe erreichte die Online-Umfrage vor Allem VR-Spieler mit Vorerfahrung. Dieser Effekt war vorauszusehen und nicht zu vermeiden. Damit lassen sich die Ergebnisse aber nicht auf die Gesamtgruppe aller Spieler übertragen, sondern haben nur Aussagekraft für bestehende VR Spieler.

Es war eigentlich geplant, aus den Ergebnissen der Online-Umfrage auch Feststellungen über genetische Faktoren der VRS zu bestimmen. Beispielsweise steht im Raum, dass Frauen und Asiaten generell anfälliger für Krankheitssymptome sind. Dies musste dann verworfen werden, da die Rückläufer fast ausschließlich aus weißen, männlichen Befragten bestand, und die geringe absolute Menge an weiblichen und asiatischen Befragten keinerlei statistische Aussagen erlaubte.

Die gesammelten Daten wurden im Februar 2018 nach ca. 10 Monaten Laufzeit für die Analyse aufbereitet.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Experiment

Das Experiment wurde insgesamt mit 12 Probanden komplett durchgeführt. Das Geschlecht und die Altersstruktur stellen sich wie folgt dar:

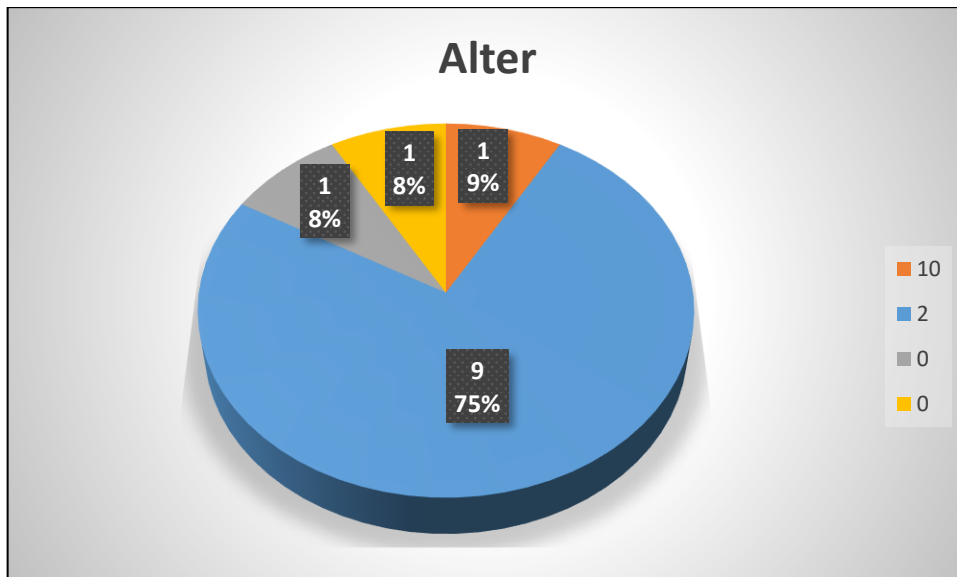


Abbildung 5: „Alter“

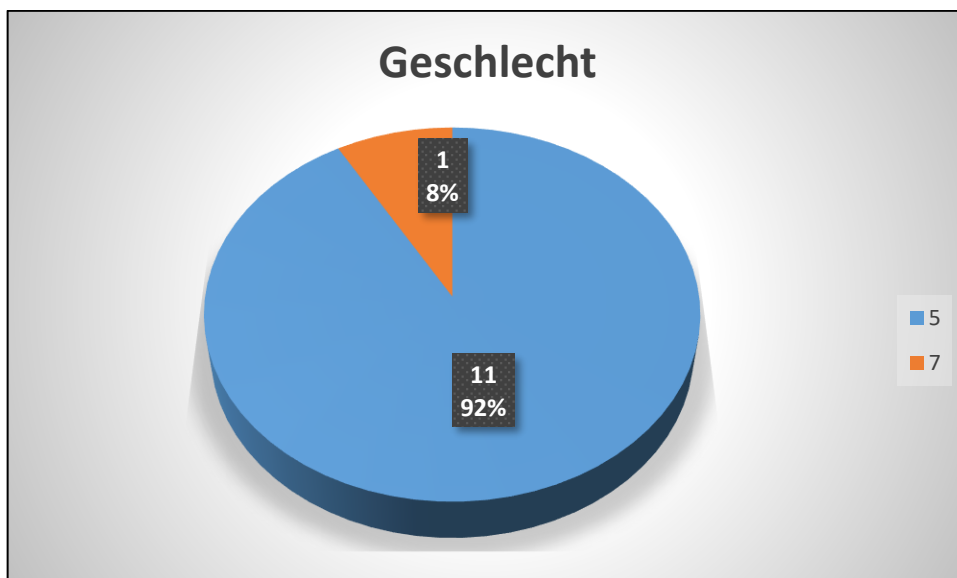


Abbildung 6: „Geschlecht“

Wie bereits erwartet handelt es sich bei VR-interessierten Spielern primär um männliche, jüngere Personen. Diese Werte decken sich mit den Werten der Online-Umfrage. Die einzig weibliche Person war auch nur eine Begleitperson, die dann überredet wurde, ebenfalls das Experiment mit durchzuführen.

Die VR-Vorerfahrung ist entscheidend dafür, wie unbelastet der Proband an das Experiment und die zwei Steuerungsmodelle herangeht.

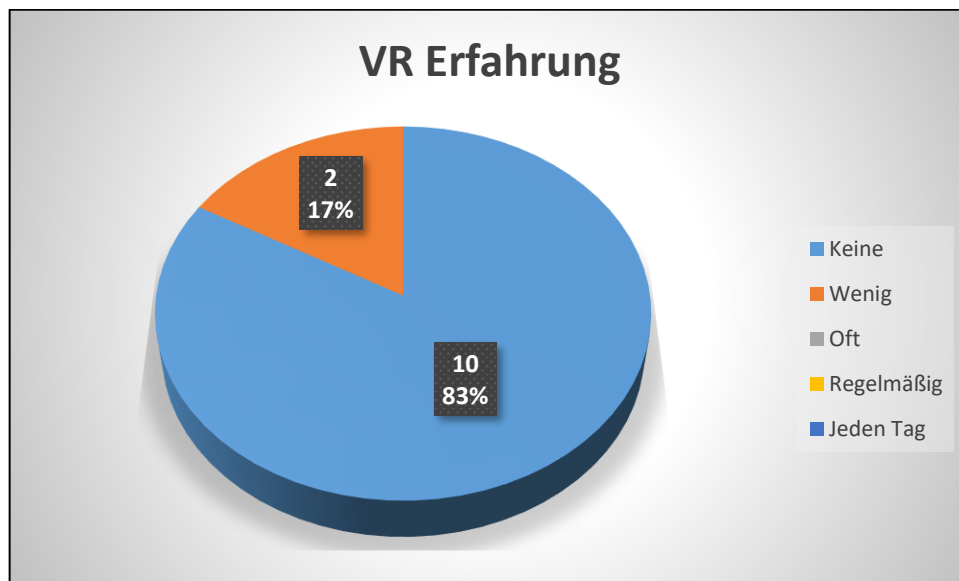


Abbildung 7: „VR Erfahrung“

Die VR-Vorerfahrung ist aufgrund der Selektion der Probanden hauptsächlich nicht vorhanden bis gering. Das Ziel, unbelastete Probanden zu finden, wurde also erreicht.

Als nächstes wurden die Krankheitssymptome abgefragt. Dabei sollten die stärksten vorhandenen Symptome in den Kategorien gesucht werden um die Schwere der Symptomatik zu bestimmen.

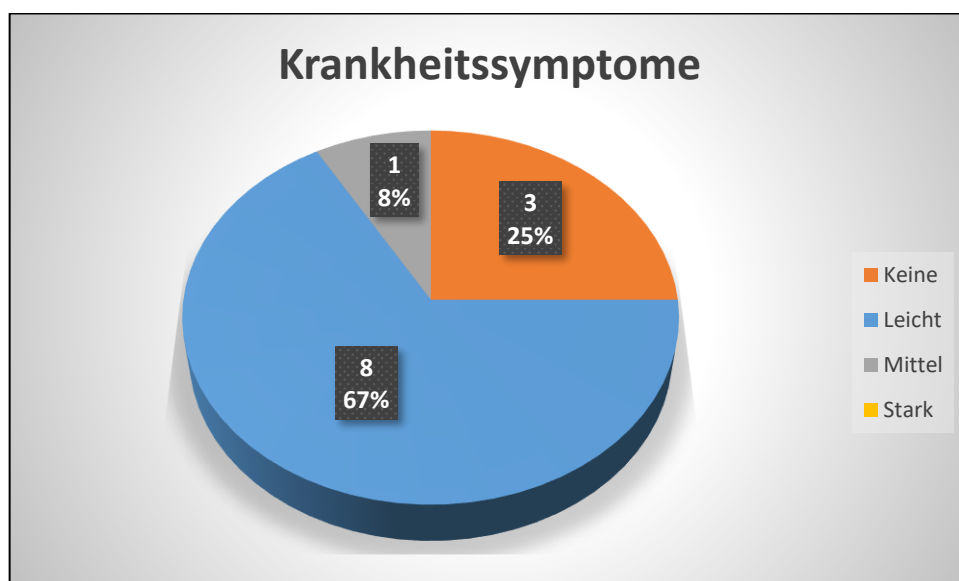


Abbildung 8: „Krankheitssymptome (Gesamt)“

Bei der Auswertung fallen mehrere Dinge auf. Zum einen traten bei keinem Probanden starke Symptome auf, was dafür spricht, dass alle vier Bewegungssteuerungen

(Jogging, Jogging Modifiziert, Gamepad und Gamepad Modifiziert) grundsätzlich spielbar sind. Das VR starke Symptome auslösen kann wurde in der Online-Umfrage bewiesen, die im Anschluss diskutiert wird.

Interessant wird es, wenn die Krankheitssymptome auf modifizierte und nicht-modifizierte Steuerungen aufgeteilt werden. Dann ergibt sich folgendes Bild:

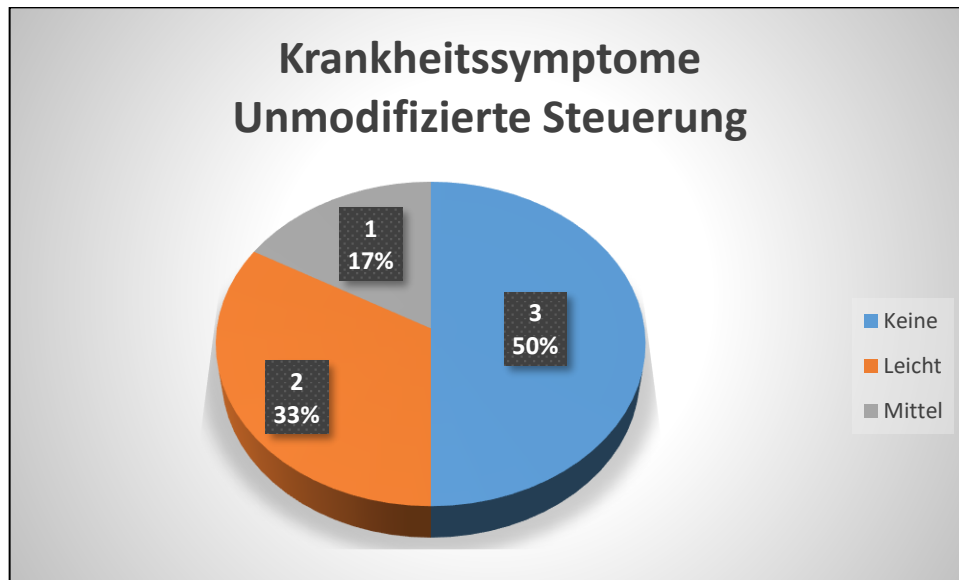


Abbildung 9: „Krankheitssymptome unmodifizierte Steuerung“



Abbildung 10: „Krankheitssymptome Modifizierte Steuerung“

Hier ist zu erkennen, dass die Modifikation der Steuerung einen unmittelbaren Einfluss auf die Krankheitssymptomatik hat. Während bei der normalen Steuerung drei der Probanden keine Symptome entwickelte, hatten sämtliche Probanden mit der modifizierten Steuerung Probleme.



Auffällig ist, dass die Probandin mit den stärksten Symptomen mit einer nicht modifizierten Steuerung spielte. Bei dieser Probandin handelte es sich um eine Person, die keinerlei Erfahrung mit Computerspielen hatte, und die die älteste unter den getesteten Probanden war. Da es sich um eine subjektive Einschätzung handelt und die absolute Menge an Testpersonen keine statistischen Aussagen zulässt, kann man keine weiteren Rückschlüsse aus diesem Datensatz ziehen, sondern höchstens die Vermutung anstellen, dass eventuell der Bewertungsmaßstab hier ein anderer war.

Im folgenden Fragenkomplex sollten die Testpersonen einen Vergleich zwischen den zwei Steuerungen ziehen. Dies ist die Gesamt-Auswertung:

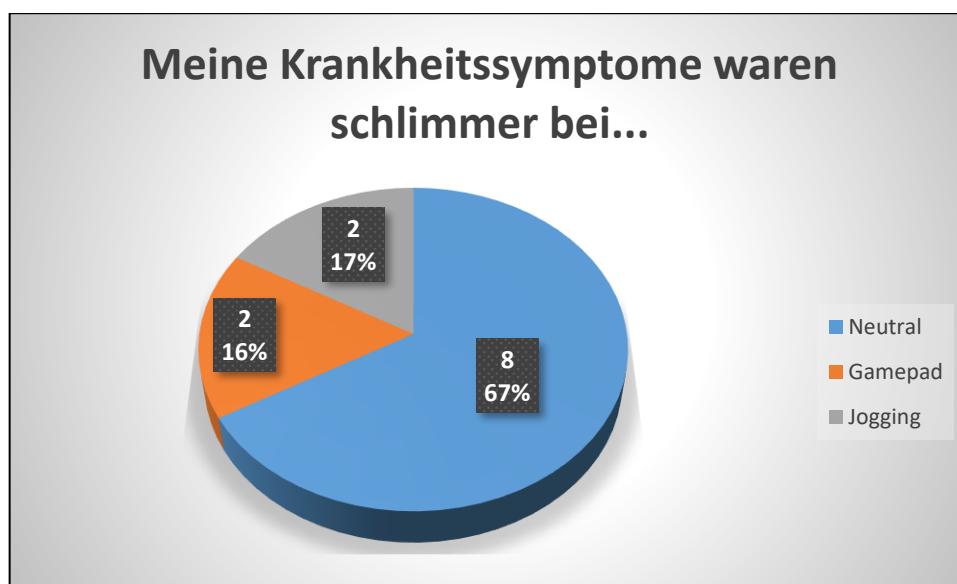


Abbildung 11: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (Gesamt)“

Grundsätzlich hatten die Probanden Schwierigkeiten, ihre Symptome einer Steuerung genau zuzuordnen. Die zwei Steuerungen müssten vermutlich mit einem zeitlichen Abstand untersucht werden, der ein Abklingen der Symptome zulässt, dies war aber hier nicht machbar.

Dazu kommt, dass die Hälfte der Testpersonen mit einer modifizierten Steuerung spielte. Klarer wird das Bild, wenn wieder aufgeteilt wird:

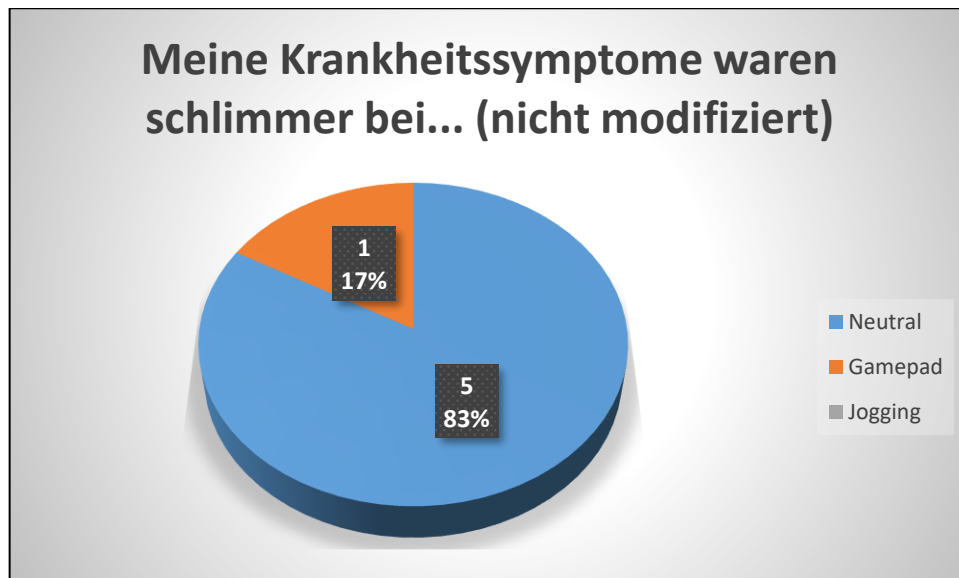


Abbildung 12: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (nicht modifiziert)“

Die nicht modifizierte „Jogging“-Steuerung war gering besser bei den Krankheitssymptomen als die „Gamepad“-Steuerung, was die These erstmal bestätigt. Allerdings ist ein Vorsprung von einem Probanden ein zu geringer Wert, um eine verlässliche Aussage zu treffen. Um diese Annahme zu bestätigen wird die Online-Umfrage deswegen zusätzlich herangezogen.

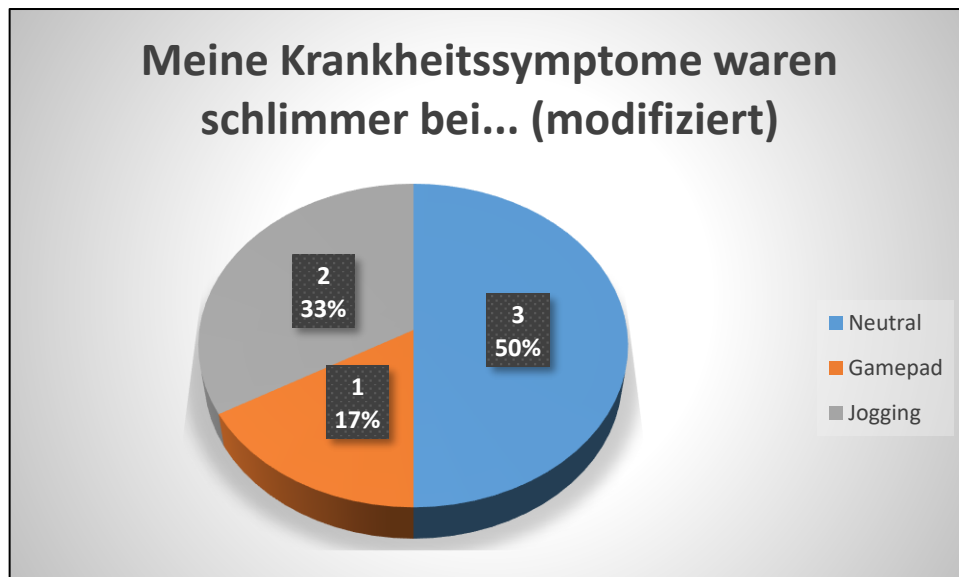


Abbildung 13: „Meine Krankheitssymptome waren schlimmer bei... (modifiziert)“

Man kann aber definitiv aus dieser Grafik schließen, dass die Modifizierung der „Jogging“-Steuerung Krankheitssymptome erzeugt. Die Änderung bei den Variablen wirft die „Jogging“-Steuerung weit hinter die „Gamepad“-Steuerung zurück.

Die Testperson, die die „Gamepad“-Steuerung hier schlimmer fand, war wiederum die oben erwähnte Testperson, die auch die stärksten Symptome von allen Probanden hatte.

Danach ging es um die Frage, welche Steuerung mehr Spaß macht. Hintergrund dieser Frage ist, dass der Konsument eventuell leichte VR-Krankheitssymptome akzeptabel findet, wenn er dafür mehr Spaß am Spiel hat.

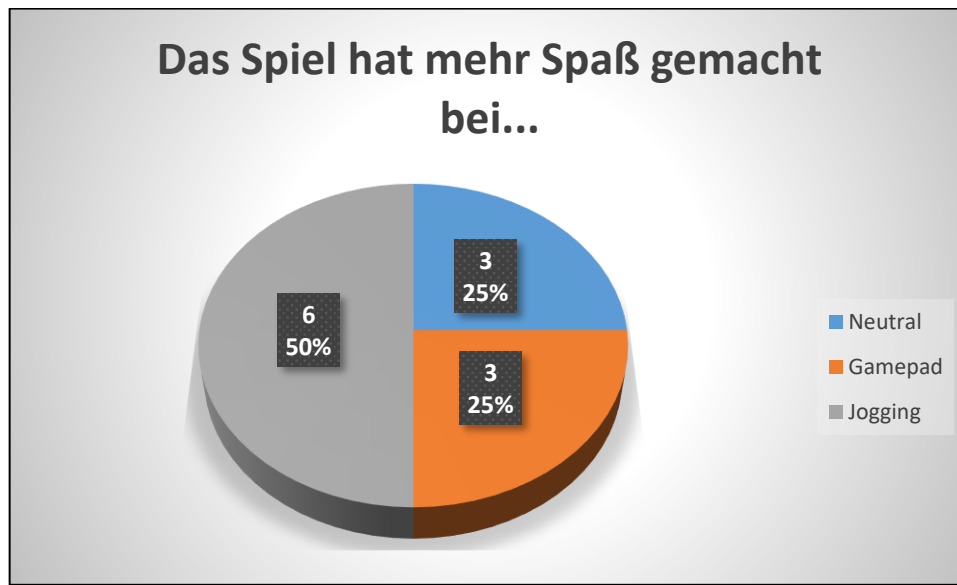


Abbildung 14: „Das Spiel hat mehr Spaß gemacht bei...“

Selbst ohne eine Aufteilung wird klar, dass die „Jogging“-Steuerung von den Testpersonen generell positiver gesehen wird als eine herkömmliche Steuerung. Allerdings erscheint der Vorsprung der „Jogging“-Steuerungen insgesamt als sehr hoch, was eventuell daran liegt, dass den Testpersonen das Thema des Experiments bekannt war und die „Jogging“-Steuerung von ihnen als „besonders“ wahrgenommen wurde. Was man hier sieht, ist also vermutlich eine durch „Social-Bias“ hervorgerufene Verzerrung.

Aus diesem Grund wurde ebenfalls eine Statistik über die freiwillige Auswahl der Steuerung geführt, bei der der Vorsprung zwar vorhanden ist, aber nicht mehr so groß ausfällt:



Abbildung 15: „Freiwillige Auswahl Steuerung“

Die Aufteilung bei der freiwilligen Steuerung war identisch mit der Frage, welche Steuerung der Spieler eher kaufen würden. Diese Daten scheinen also realistischer zu sein als die gezeigte Euphorie für die „Jogging“-Steuerung bei der vorherigen Frage.

Bei der Frage „Ich würde diese Steuerung eher kaufen“ wurde dem Spieler ebenfalls nur zwei Möglichkeiten angeboten, so dass er sich für eine Steuerung entscheiden musste. Damit wurde vermieden, dass Spieler aus Bequemlichkeit überall „Neutral“ ankreuzen. Außerdem diente diese Frage als Kontrollfrage für die gemachten Beobachtungen.

Dabei ist zu erwähnen, dass es Testpersonen gab, die eine generelle Abneigung gegen die eine oder die andere Steuerung hatten. Ein Proband hatte auf die „Gamepad“-Steuerung eine sofortige Krankheits-Reaktion, ein anderer war nicht in der Lage, die Jogging Bewegungen richtig auszuführen. Es ist also davon auszugehen, dass es eine sehr hohe Variabilität gibt und die „beste“ Steuerung für jede Person anders ist.

Die Frage nach der „besseren“ Steuerung ging entsprechend auch neutral aus. Die Testpersonen konnten sich generell beide Steuerungen in einem VR Spiel vorstellen.

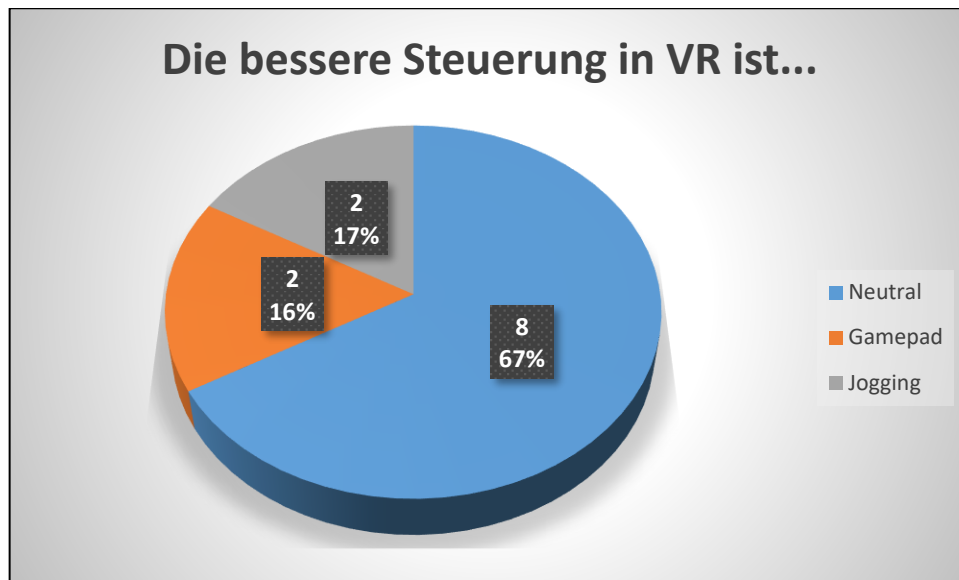


Abbildung 16: „Die bessere Steuerung in VR ist...“

Der gezeigte Vorsprung der „Jogging“-Steuerung scheint also nicht darauf zu beruhen, dass sie grundsätzlich besser ist, sondern vor Allem darauf, dass sie neu und interessant ist.

Es wurden vier weitere Fragen gestellt, deren Ergebnisse weitgehend deckungsgleich mit den Ergebnissen der Online-Umfrage sind und die deswegen im nächsten Kapitel diskutiert werden.

## 5.2 Online-Umfrage

Es wurden in der Online-Umfrage 22 Fragen in 6 Kategorien gestellt. Einige der Fragen sind für das Ergebnis dieser Arbeit nicht erforderlich, sondern dienen der Vorbereitung weiterer Studien, und werden deswegen hier nicht weiter analysiert. Die ganze Datensammlung liegt dieser Arbeit bei und kann bei Bedarf angefordert werden.

Insgesamt beteiligten sich 1687 Nutzer an der Umfrage. Von diesen haben 1081 den Fragebogen komplett ausgefüllt und 606 zwischendurch abgebrochen. Die Aufschlüsselung nach Geschlechtern zeigt die bereits bekannte Struktur:

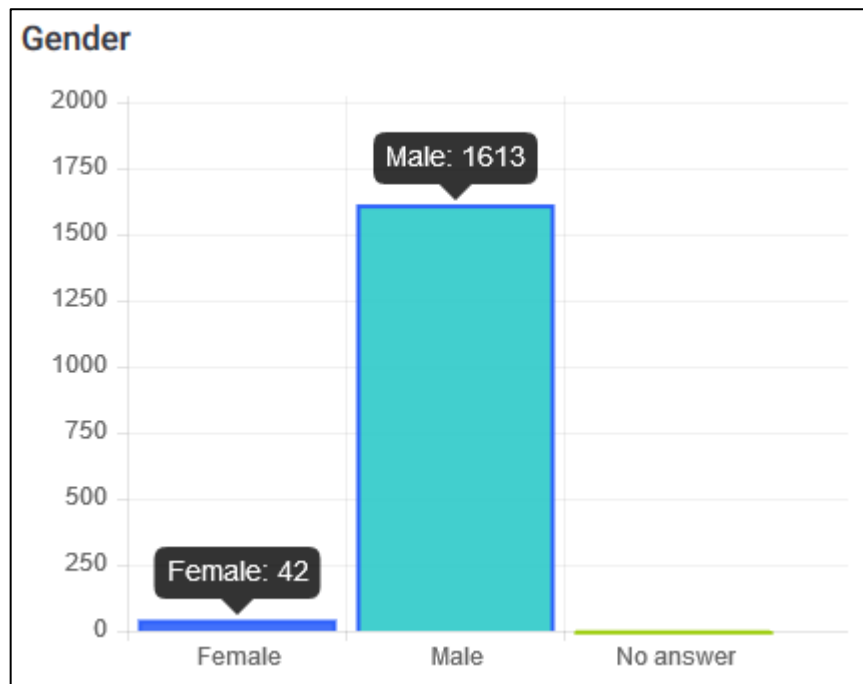


Abbildung 17: Diagramm „Geschlecht“

Ebenso ist die Altersstruktur ähnlich wie bei der Testgruppe des Experiments. Hier zeigt sich die aufgrund der Kosten eines VR Systems bereits erwartete Unterrepräsentation junger (noch nicht berufstätiger) Spieler. Aber auch ältere Spieler über 50 halten sich momentan noch von VR fern.

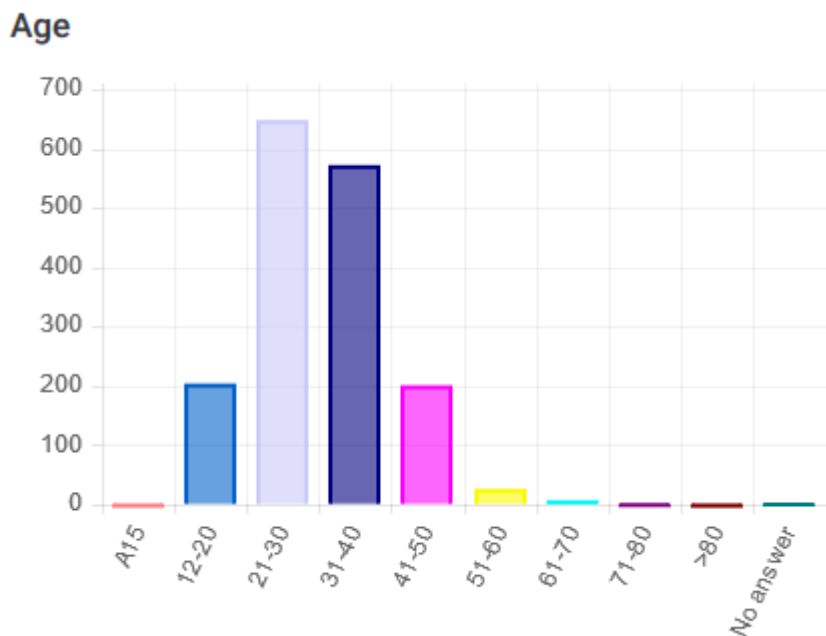


Abbildung 18: „Alter“

In der Online-Umfrage wurde zusätzlich die Frage nach der Ethnizität gestellt. Das Ergebnis war in seiner Eindeutigkeit überraschend. Die Gemeinschaft der VR Spieler besteht fast ausschließlich aus Weißen:

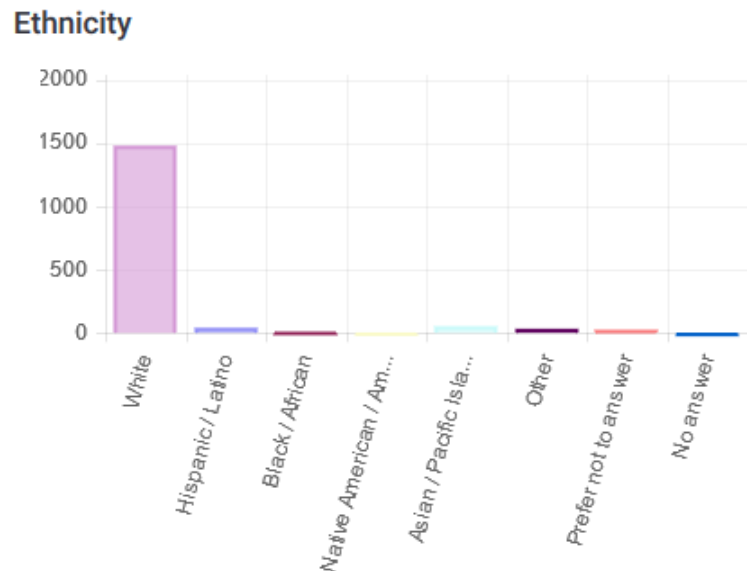


Abbildung 19: „Ethnizität“

Für die folgenden Fragen wurden alle Personen eliminiert, die keinen kompletten Fragebogen ausgefüllt haben. Dies verhindert, dass nicht richtig ausgefüllte Fragebögen die Daten kontaminieren.

Anhand der folgenden Frage kann man - wie bereits im Zusammenhang mit der Simulation Sickness beschrieben - erkennen, dass auch die VR-Krankheit weniger schwere Symptome hervorruft wie die generelle Motion Sickness. Es ist aber auch zu sehen, dass nur ca. 20% der Spieler überhaupt keine Symptome haben, dafür aber ca. 42% sogar welche mittlerer Schwere:

I have experienced sickness symptoms up to this degree:

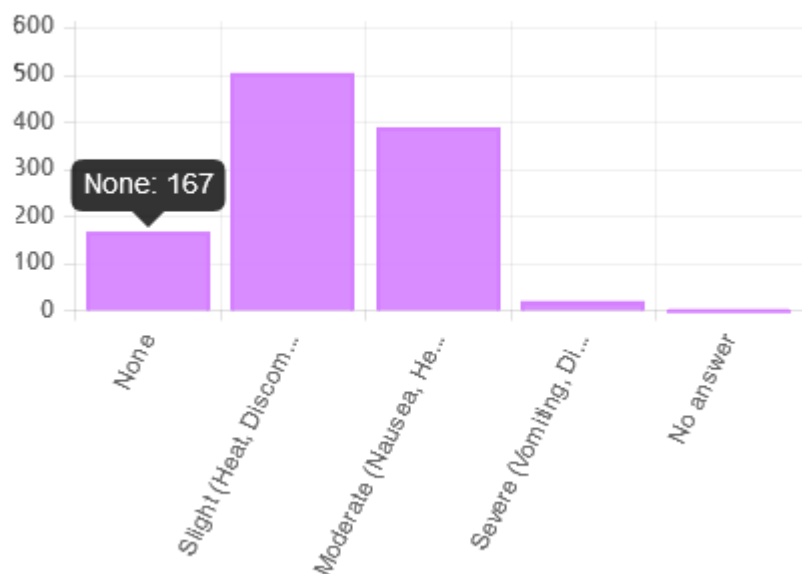


Abbildung 20: „Ich habe Krankheitssymptome bis zu dieser Schwere erlebt“

Eine der Fragen der These war, ob die Art der Bewegung in einem Spiel einen direkten Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik hat. Die folgende Grafik zeigt die Verteilung von Krankheitssymptomen bei verschiedenen Game-Genres. Dabei ist jedem Genre eine bestimmte Art von Steuerung zugewiesen.

Bei einem Spiel des Genres „Stationary“ bewegt sich der Spieler gar nicht, sondern bleibt an seinem Platz und kann dort interagieren. VR-Sickness kann also in diesem Fall nicht aufgrund einer Bewegung auftreten, sondern höchstens aufgrund von anderen Problemen. Bei der „Demo“ wird der Spieler fremd gesteuert und er beobachtet nur die Szene. Manchmal wird die Kamera dem Spieler weggenommen und er verliert die Kontrolle, was Symptome auslösen kann. Das Genre „Casual“ enthält zwar Bewegungen, aber meist nur Teleportation. Bei einem „RPG“ gibt es langsame Bewegungen ohne große Beschleunigungen, und bei einem „Action“ Spiel schnelle Bewegungen mit großen Beschleunigungen.

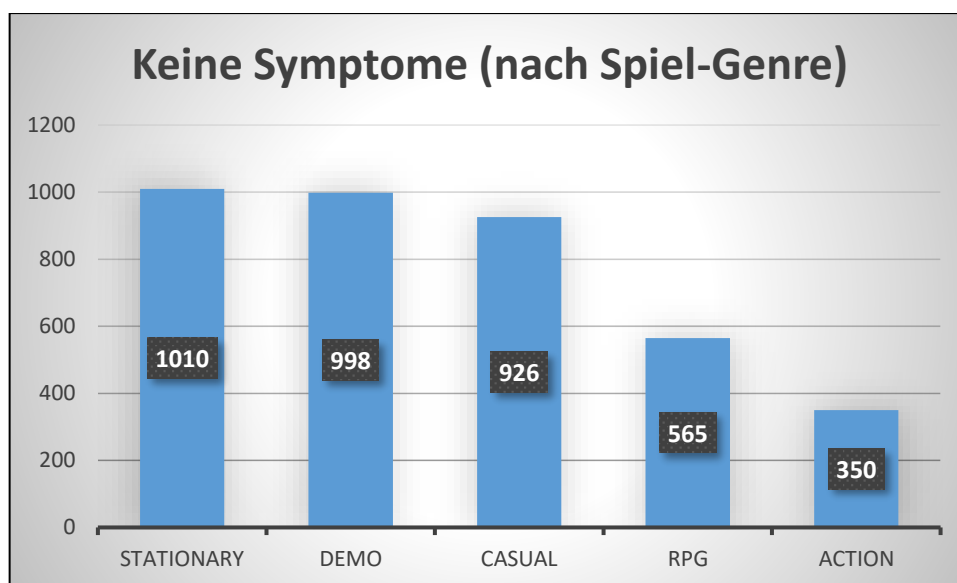


Abbildung 21: „Keine Symptome (nach Spiel-Genre)“

Hier sieht man, dass die Bewegungssteuerung einen massiven Einfluss auf die Symptome hat. Wie auch schon während des Experiments vermutet, kann man mit schnellen Bewegungen die meisten Spieler zu Krankheitssymptomen animieren. Nur noch 32% der Spieler sind bei einem schnellen Action-Spiel symptomfrei, verglichen mit ca. 93% bei einem Spiel ohne Bewegung.

Damit ist die erste Teilfrage der These positiv beantwortet: Die Bewegungssteuerung hat einen direkten Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik.



Die zweite Teilfrage der These ist, ob eine Bewegungssteuerung weniger Krankheitssymptome auslöst wie eine Steuerung per Gamepad. Diese Frage wurde von den Befragten wie folgt beantwortet:

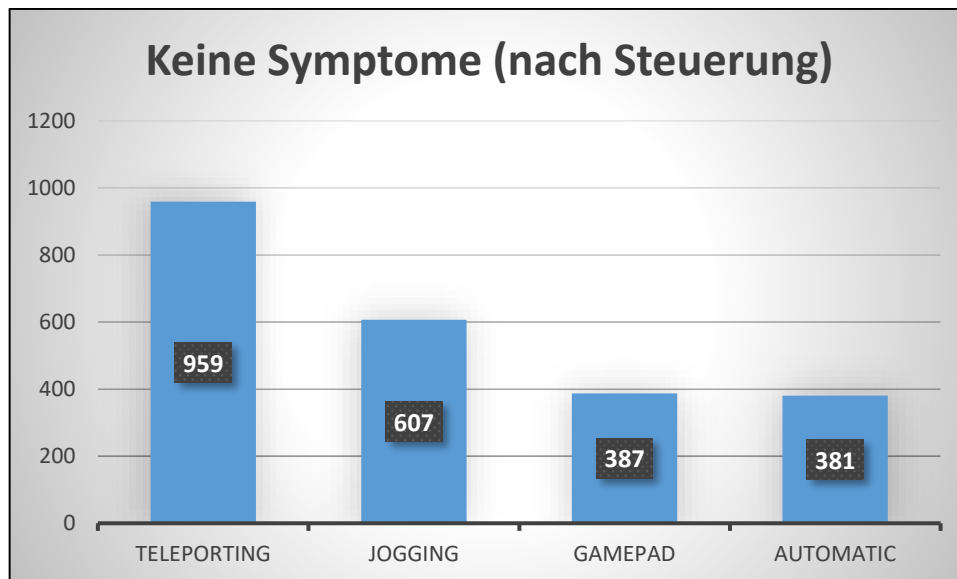


Abbildung 22: „Keine Symptome (nach Steuerung)“

Man sieht hier, dass die Teleportation nur bei einer sehr geringen Anzahl Spieler (ca.12%) Krankheitssymptome erzeugt. Damit ist sie die Steuerung, die für VR-Anfänger oder für VRS anfällige Spieler die beste Option darstellt.

Direkt danach kommt schon die „Jogging“-Steuerung, die einen klaren Vorteil vor der digitalen „Gamepad“-Steuerung und der automatischen Bewegung hat. Nur ca. 35% der Spieler sind bei einer „Gamepad“-Steuerung symptomfrei, verglichen mit ca. 56% bei einer „Jogging“-Steuerung. Damit ist auch die zweite Teilfrage positiv beantwortet.

Allerdings wurde während des Experiments gesehen, dass die richtige Umsetzung der Steuerung elementar wichtig ist, um diese Ergebnisse zu erreichen. Eine schlecht umgesetzte „Jogging“-Steuerung erzeugt also deutlich mehr Symptome als eine gut umgesetzte „Gamepad“-Steuerung.

Die letzte Teilfrage der These beschäftigt sich mit der Frage, ob der Spieler eine „Jogging“-Steuerung anderen Steuerungen vorzieht, weil sie ihm mehr Spaß macht. Diese Frage muss auf mehreren Ebenen beantwortet werden, da neben der Wahrscheinlichkeit von VR-Krankheit und deren Akzeptanz auch Vorlieben des Spielers in die Beantwortung dieser Frage mit einfließen.

Die erste Frage zu diesem Thema bezieht sich darauf, ob Spieler nur Spiele spielen wollen, bei denen wenig Bewegung vorkommt:

**The following is true regarding my VR sickness:  
[I just play games with less movement because they make me feel less sick]**

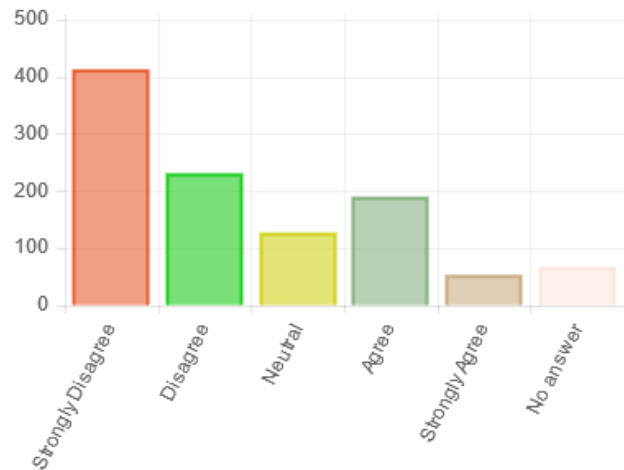


Abbildung 23: „Ich spiele nur Spiele mit weniger Bewegungen, weil ich dann weniger krank werde“

Diese Frage kann mit „nein“ beantwortet werden. Ca. 60% der Spieler wollen auch Spiele, bei denen sie sich richtig bewegen können, ca. 12% sind unentschlossen und nur ca. 28% stimmen zu. Damit wissen wir, dass die Spieler durchaus ein Interesse an Action-Spielen haben.

Damit stellt sich die Frage, ob ein gewisses Maß an VR-Krankheit für die Spieler akzeptabel ist, wenn das Spiel es wert ist. Denn Spiele mit viel Bewegung erzeugen zwangsläufig Probleme mit VR-Sickness.

**The following is true regarding my VR sickness:  
[If the game is really good, I would buy it anyway and accept the sickness]**

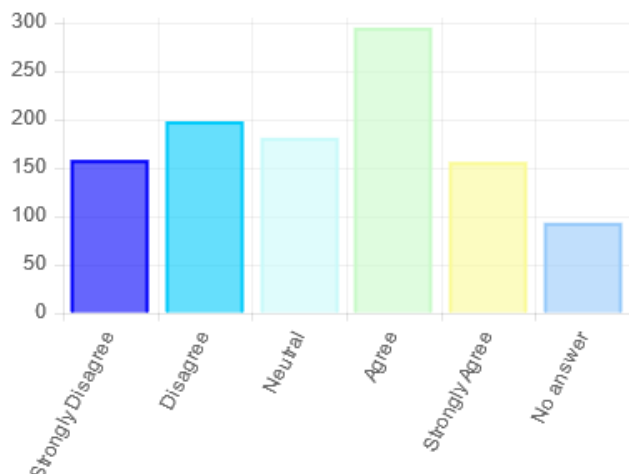


Abbildung 24: „Wenn ein Spiel gut ist, würde ich es trotzdem kaufen und die Krankheit akzeptieren“

Hier sind ca. 41% der Spieler gewillt, die VR-Krankheit zu akzeptieren, ca. 17% sehen das Ganze neutral. 33% der Spieler würden ihre Krankheitssymptome nicht akzeptieren. Es scheint also, als ob viele Spieler gewillt sind, gewisse Symptomatik in Kauf zu nehmen, um ein gutes Spiel spielen zu können.

Man sieht aber auch, dass ein Entwickler vorsichtig agieren muss, und sich bei der Implementation des Spiel Gedanken über VR-Sickness machen sollte, um die Grenze nicht zu überschreiten.

Die nächste Frage zielt darauf ab, ob VRS für die Spieler überhaupt ein Problem ist, da die Symptome ja meist erst nach längerem Spiel auftauchen:

**The following is true regarding my VR sickness:  
[I just never play long enough for sickness to become a problem]**

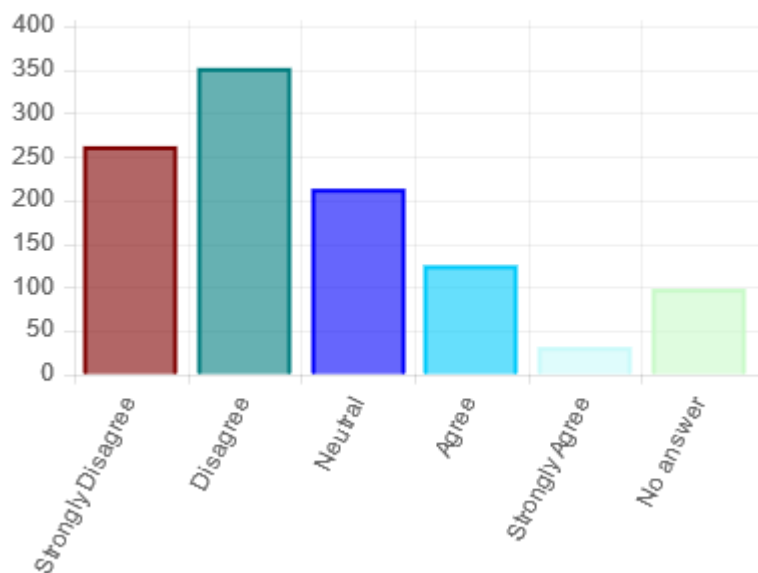


Abbildung 25: „Ich spiele niemals lang genug um Krankheitssymptome zu entwickeln“

Wie man hier sieht, spielen die Spieler in der Mehrzahl so lange, bis ihnen schlecht wird. Der Spielabbruch scheint also bei VR Spielen häufig an der erlebten VRS-Symptomatik zu hängen. Dabei gibt es relativ wenige Spieler, die sich absichtlich Spiele kaufen, die sie krankmachen:

**The following is true regarding my VR sickness:  
[The more people a game makes sick, the more I want to buy and play it]**

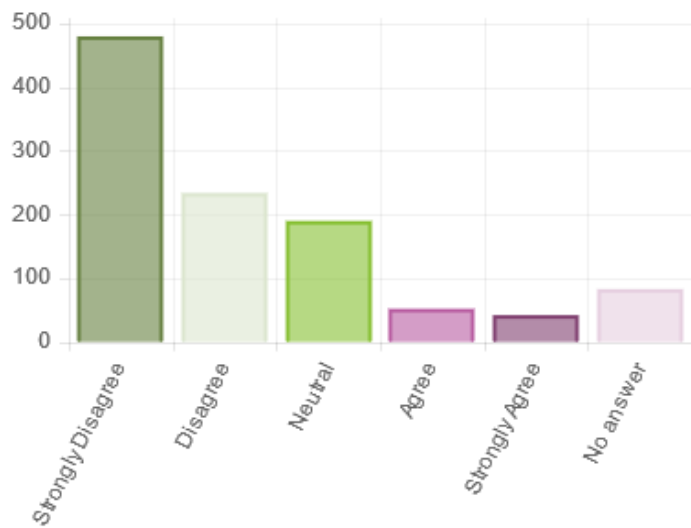


Abbildung 26: „Wenn ein Spiel Menschen krankmacht, will ich es besonders gerne spielen“

Über 66% der Spieler vermeiden es, krankmachende Spiele zu kaufen. Mit einem solchen Spiel auf gute Verkaufszahlen zu hoffen ist damit unrealistisch, da sich die Informationen in Internet-Foren rasant verbreiten.

Die nächsten drei Fragen behandeln die Vorlieben der Spieler in Bezug auf Steuerungen und betreffen damit direkt die dritte Teilfrage der These. Hier kann man gut zwischen der „Gamepad“-Steuerung und den anderen Steuerungen vergleichen:

**My thoughts on the following subjects:  
[I like movement methods that involve teleporting]**

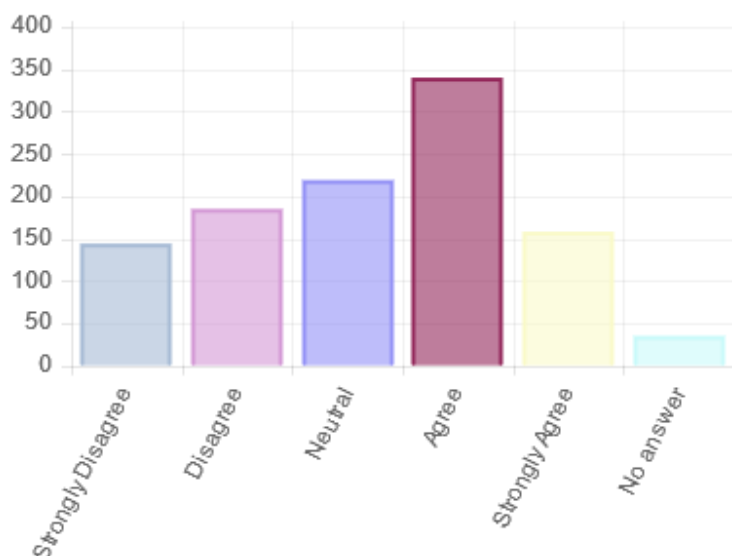


Abbildung 27: „Ich mag Steuerungen, die mit Teleportieren arbeiten“

**My thoughts on the following subjects:**  
**[I like movement methods that involve pressing a button with a keyboard or joypad]**

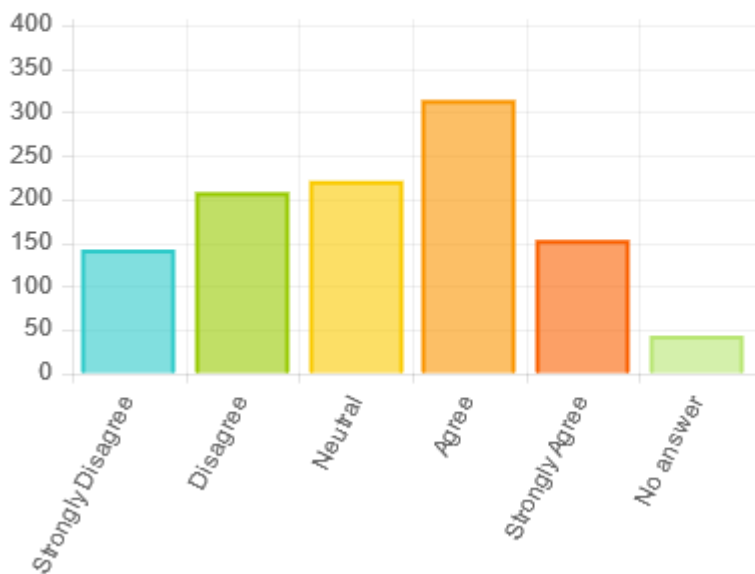


Abbildung 28: „Ich mag Steuerungen, die mit Knopfdrücken arbeiten (Gamepad)“

**My thoughts on the following subjects:**  
**[I like movement methods that involve real world movement translations]**

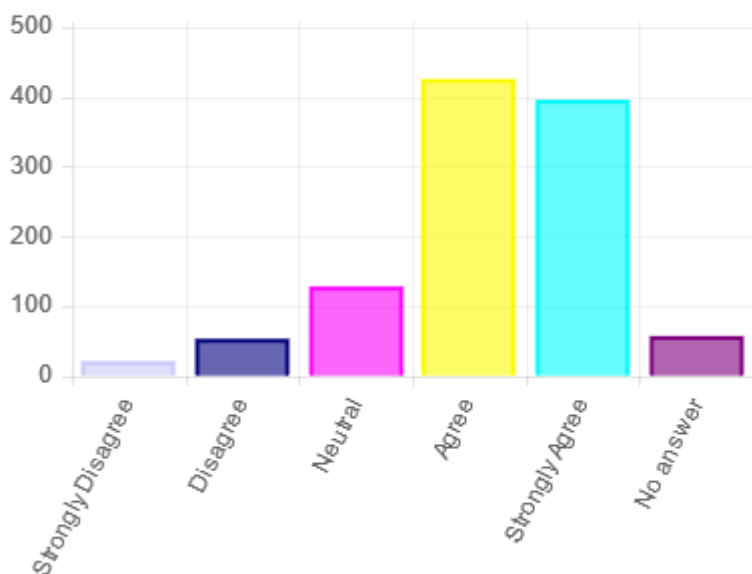


Abbildung 29: „Ich mag Steuerungen, die mit Bewegungen arbeiten (Jogging)“

Die „Gamepad“-Steuerung kommt auf 43% Zustimmung und wird von 32% der Spieler abgelehnt. Auch die „Teleport“-Steuerung, die man in Action-Spielen sowieso nicht einsetzen kann, kommt nur auf 46% Zustimmung und liegt damit nur knapp vor der „Gamepad“-Steuerung.

Die „Jogging“-Steuerung hingegen wird von 76% der Spieler befürwortet und nur von 7% der Spieler abgelehnt. Damit ist die „Jogging“-Steuerung unter den Spielern ganz klar die beliebtere Steuerung.

Für eine detailliertere Auswertung dieser Kernfrage wurden die Antworten auf eine Skala von -2 bis 2 abgebildet, so dass „Strongly Disagree“ = -2, „Disagree“ = -1, „Neutral“ = 0, „Agree“ = 1 und „Strongly Agree“ = 2 sind. Die folgende Tabelle zeigt die Mittelwerte (arithmetischer Mittelwert) und die mittlere absolute Abweichung:

<b>Beliebtheit der Steuerung (Skala -2 - +2)</b>		
<b>Steuerung</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Mittlere absolute Abweichung</b>
Gamepad Steuerung	0,12	1,08
Jogging Steuerung	1,10	0,69

Hier sieht man zwei Dinge: Zum einen ist die „Gamepad“-Steuerung durchschnittlich gesehen nur knapp über „Neutral“ angesiedelt, während die „Jogging“-Steuerung durchschnittlich von den Spielern etwas über „Positiv“ bewertet wurde. Das zweite ist, dass die mittlere Abweichung bei der „Gamepad“-Steuerung deutlich höher ist, was zeigt, dass die Spieler bei der Frage zerstritten sind. Eine Vermutung wäre, dass die Tendenz der „Gamepad“-Steuerung zum Auslösen von VRS die Abweichung erzeugt, da die Spieler mit Symptomen vermutlich deutlich weniger Spaß an dieser Steuerung haben.

Das beantwortet die letzte Frage unserer These. Eine Mehrheit der Spieler mag die „Jogging“-Steuerung mehr als die Alternativen. Dazu kommt, dass die „Jogging“-Steuerung weniger VRS-Symptome erzeugt als die alternative „Gamepad“-Steuerung und damit auch für anfällige Spieler besser geeignet ist.

Die letzte Frage bezieht sich darauf, ob die Spieler ein Interesse an exotischen Steuerungen haben und experimentierfreudig sind:

**My thoughts on the following subjects:**

**[I want more games to explore strange movement options, even if it has a risk of making me sick]**

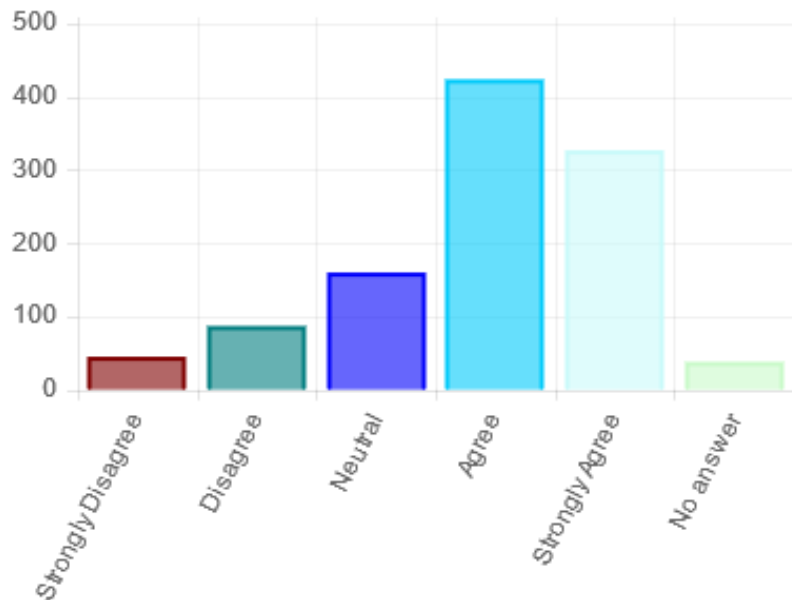


Abbildung 30: „Sollen Spiele mit Steuerungen experimentieren“

Ca. 70% der Spieler wollen, dass Entwickler mit neuartigen Steuerungen experimentieren und innovativ sind. Dies bedeutet allerdings nicht, dass sich diese Spiele dann auch verkaufen, wenn bekannt ist, dass es zu starken Krankheitssymptomen kommt.

## 6. Zusammenfassung

### 6.1 Übersicht

Das Ziel dieser Arbeit war das Erstellen einer Bewegungssteuerung für VR-Spiele, mit der im Rahmen eines Experiments die These überprüft werden sollte, ob eine solche Steuerung die Krankheitssymptome reduzieren kann und dem Spieler mehr Spaß macht als eine herkömmliche Steuerung.

Es wurden zwei Steuerungen programmiert, die zusammen mit einem VR-Character-Controller in ein existierendes Unreal-Engine VR-Spiel eingebaut wurden. Diese zwei Steuerungen konnten zudem mit Hilfe von Variablen modifiziert werden, um die Steuerung gleichmäßiger (ohne Modifikation) oder ruckartiger (mit Modifikation) einzustellen.

Das Experiment wurde insgesamt mit 13 Personen durchgeführt, von denen 12 komplett ausgefüllte Fragebögen in die statistische Analyse eingingen. Die Hälfte der Probanden spielte mit einer modifizierten Steuerung.

Um die im Rahmen des Experiments gewonnenen Erkenntnisse statistisch zu untermauern wurde zusätzlich eine internationale Online-Umfrage durchgeführt, mit der eine größere Anzahl VR-Spieler erreicht wurde. Es gab insgesamt 1687 Rückläufer, von denen 1081 Fragebögen komplett ausgefüllt wurden. Nur diese gingen in die statistische Analyse ein.

Die These wurde in drei Teilfragen aufgeteilt, um diese einzeln zu beantworten:

#### **Hat die Bewegungssteuerung einen unmittelbaren Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik des Spielers?**

Nach Untersuchung der Daten des Experiments konnte gezeigt werden, dass bei einer nicht modifizierten Steuerung 50% der Spieler keine Krankheitssymptome hatten, während bei einer modifizierten Steuerung 100% der Spieler Krankheitssymptome hatten. Die Daten der Online-Umfrage stützen diese Annahme: Bei einem schnellen Actionspiel haben nur noch 32% der Spieler keine Symptome, während bei einem stationären Spiel 93% symptomfrei sind. Damit konnte diese Annahme bestätigt werden.



## **Führt die Steuerung der Spielfigur durch echte Spielerbewegungen zu weniger VR-Krankheitssymptomen?**

Beim Vergleich der verschiedenen Steuerungsarten stellte sich im Experiment die Lage wie folgt dar: Von den 6 Spielern, die mit einer nicht modifizierten Steuerung spielten, hatten 83% der Spieler dieselben Symptome. Nur ein Proband hatte deutlich mehr Probleme mit der Steuerung durch das Gamepad.

Durch die geringe Menge der Probanden und dem Problem, dass nicht genügend Zeit zum Abklingen der Symptomatik zwischen dem Wechsel der Steuerung zur Verfügung stand, war dies nicht aussagekräftig genug.

Die Online-Umfrage hingegen lieferte einen klareren Beweis für die These: Während ca. 65% der Spieler bei einer „Gamepad“-Steuerung VR-Krankheit entwickelten, war dies nur bei 44% der Spieler bei einer „Jogging“-Steuerung der Fall. Nur die „Teleport“-Steuerung schnitt mit 12% Krankheits-Fällen noch besser ab. Diese ist aber in einem Action-Spiel nicht nutzbar. Damit konnte auch diese Annahme bestätigt werden.

## **Zieht der Spieler diese Steuerung anderen Steuerungen vor, weil sie ihm mehr Spaß macht?**

Diese Frage war am schwierigsten zu beantworten, da sie sehr subjektiv ist. Gleichzeitig ist sie aber eine der Wichtigsten, da Spiele vor Allem gekauft werden, weil sie Spaß machen.

Das Experiment lieferte die folgenden Werte: 50% der Spieler urteilten, dass die „Jogging“-Steuerung ihnen mehr Spaß gemacht hat, 25% waren neutral und 25% bevorzugten das Gamepad. Da diese Werte sehr hoch erschienen, wurde zur Kontrolle überprüft, mit welcher Steuerung weitergespielt wurde: 58% der Spieler entschieden sich für die „Jogging“-Steuerung und 42% für die „Gamepad“-Steuerung.

Beim Abgleich mit der Online-Umfrage konnten die folgenden Werte ermittelt werden:

Die „Gamepad“-Steuerung kam auf 43% Zustimmung und wurde von 32% der Spieler abgelehnt. Die „Teleport“-Steuerung kam auf 46% Zustimmung. Die „Jogging“-Steuerung hingegen wurde von 76% der Spieler befürwortet und nur von 7% der Spieler abgelehnt. Damit war die „Jogging“-Steuerung unter den Spielern klar die beliebtere Steuerung und auch diese Annahme konnte bestätigt werden.

## 6.2 Fazit

Während die These hinreichend bewiesen wurde, bleiben viele Fragen bezüglich des Einflusses verschiedener Faktoren auf die VR-Krankheit offen.

Beispielsweise wurde während der Entwicklung des Experiments bemerkt, dass eine geringe FPS des Spiels einen deutlich stärkeren Einfluss auf die VRS-Symptomatik hat, wie die Bewegungssteuerung selber. Gleichzeitig gibt es in diesem Bereich offensichtlich eine Synergie. Es wurde beobachtet, dass ein stationäres Spiel mit schlechten FPS Werten besser zu ertragen ist als ein schnelles Spiel mit FPS Problemen. Ebenso sind starke FPS-Einbrüche wesentlich schlimmer als eine gleichmäßige, geringe FPS Zahl.

All diese Effekte wurden zwar anhand der diskutierten Grundlagen der Motion Sickness vermutet, konnten aber aufgrund der Fokussierung dieser Arbeit nicht erforscht und nicht wissenschaftlich erfasst werden. In diesen Bereichen sind weitere Studien notwendig, um eine Abschätzung treffen zu können, in welchem Verhältnis diese Faktoren einen Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik haben.

Im Rahmen dieser Studie wurde versucht, diese Faktoren möglichst weitgehend zu eliminieren. Dies ist aber vor Allem mit der FPS nicht immer gelungen, so dass nicht näher quantifizierbare Effekte der Hardware vermutlich einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten.

Die Gruppe der Befragten der Online-Umfrage war homogener, als dies vorher beabsichtigt worden war. Deswegen ließen sich keine Aussagen über genetische Prädisposition hinsichtlich der VR-Krankheit treffen. Es gab z.B. nicht genügend weibliche Rückläufer, um einschätzen zu können, ob Frauen generell anfälliger sind als Männer, so wie es andere Studien über Motion Sickness vermuten lassen. Eine Überprüfung solcher Faktoren steht also noch aus. (vgl. Hromatka et al.: 2015: 2700f)

Es wäre außerdem nützlich gewesen, eine größere Menge von Spielern zu erfassen, die momentan noch keine VR-Spieler sind. Dies lag leider außerhalb der Möglichkeiten dieser Arbeit, wäre aber in Betrachtung des starken Wachstums und der geringen momentanen VR-Spieler Gemeinschaft ein wertvolles Ziel für eine zukünftige Studie. Genau diese neuen Spieler werden die zukünftige Zielgruppe von VR-Entwicklungen

sein, und den Markt auf diese Gruppe zu erweitern ist für die Entwickler von Hardware genauso wichtig wie für die Entwickler von Computerspielen.

Abschließend eine Abbildung, die die ganze Bandbreite der VR-Krankheitssymptome zeigt. Die Vermeidung dieser Probleme ist die Aufgabe jedes Software-Entwicklers, und wird maßgeblich bestimmen, ob und wie schnell sich Virtual Reality auf dem Massenmarkt durchsetzen kann:

### What kind of symptoms do you usually experience?

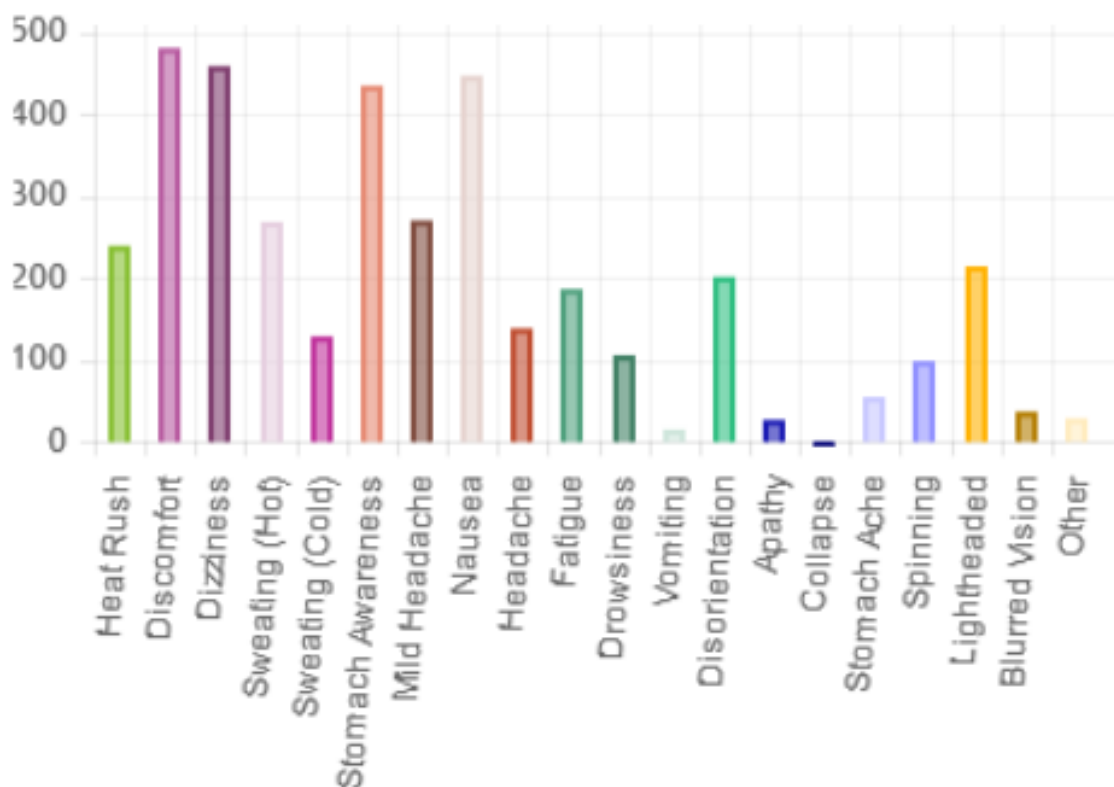


Abbildung 31: Erlebte VRS-Symptome

Obwohl die Entwicklung von VR-Spielen, die keine Krankheit erzeugen, höhere Entwicklungskosten erzeugt als die Entwicklung herkömmlicher Computerspiele, sollte die Optimierung nach VRS Gesichtspunkten eine Priorität bei der Entwicklung sein, da die Gesundheit des Spielers mit einem schlecht gemachten Software-Produkt negativ beeinträchtigt werden kann. Ein gut gemachtes Spiel hingegen ist sowohl für den Spieler wie auch für den Entwickler eine sehr lohnende Investition.

## 7. Literaturverzeichnis

- Bell, Judith (2010): *Doing your research project. A guide for first-time researchers in education, health and social science*. 5th ed. Maidenhead: Open University Press (Open UP study skills).
- Booth, Wayne C.; Colomb, Gregory G.; Williams, Joseph M. (2008): *The craft of research*. 3. ed. Chicago: Univ. of Chicago Press (Chicago guides to writing, editing, and publishing).
- Eckey, H., Kosfeld, R., Türck, M. (2008), "*Deskriptive Statistik: Grundlagen - Methoden - Beispiele*" Gabler
- Eco, Umberto; Schick, Walter (2010): *Wie man eine wissenschaftliche Abschlußarbeit schreibt. Doktor-, Diplom- und Magisterarbeit in den Geistes- und Sozialwissenschaften*. 13., unveränd. Aufl. der dt. Ausg. Wien: Facultas Univ.-Verl. (UTB Interdisziplinär, 1512).
- Fernandes, Ajoy&Feiner, Steven (2016): *Combating VR Sickness through Subtle Dynamic Field-of-View Modification*. In: IEEE Symposium 2016 v. 19.03.2016. <http://www.cs.columbia.edu/2016/combating-vr-sickness/images/combating-vr-sickness.pdf> (Zugriff: 26.02.2018)
- Hain, Timothy (2016): *Motion Sickness*. In: "dizziness-and-balance.com" v. 22.06.2017. <https://www.dizziness-and-balance.com/disorders/central/motion.htm> (Zugriff: 26.02.2018)
- Hromatka, Bethann (2015): *Genetic variants associated with motion sickness point to roles for inner ear development, neurological processes and glucose homeostasis*. In: Human Molecular Genetics, Vol. 24, No. 9, Oxford University Press
- Julie, Beck (2015): *The Mysterious Science of Motion Sickness*. In: "theatlantic.com" v. 17.02.2015. <https://www.theatlantic.com/health/archive/2015/02/the-mysterious-science-of-motion-sickness/385469/> (Zugriff: 26.02.2018)
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). *Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness*. The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203-220. [http://dx.doi.org/10.1207/s15327108ijap0303\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3) (Zugriff: 26.02.2018)
- Kolasinski, Eugenia (1995): *Simulator Sickness in Virtual Environments*. In: Technical Report 1027 v. 05/1995. US Army Research Institute
- LaViola Jr., Joseph (2000): *A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments*. In: SIG-CHI Bulletin v. 01/2000, Vol. 32, No. 1

Venere, Emil (2015): *'Virtual nose' may reduce simulator sickness in video games*. In: "purdue.edu" v. 24.03.2015. <http://www.purdue.edu/newsroom/releases/2015/Q1/virtual-nose-may-reduce-simulator-sickness-in-video-games.html> (Zugriff: 26.02.2018)

Virtual-Reality-Magazin.de (2017): *Studie: VR im Tal der Ernüchterung*. <https://www.virtual-reality-magazin.de/studie-vr-im-tal-der-ernuechterung> vom 26.07.2017. (Zugriff: 26.02.2018)

Zacharias, Konrad (2014): *Motion Sickness in Virtual Reality Umgebungen*. In: „uni-frankfurt.de“ v. 22.11.2016. <http://www.gdv.informatik.uni-frankfurt.de/abschlussarbeiten/download/2014-11/ausarbeitung.pdf> Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg. (Zugriff: 26.02.2018)

## 8. Quellenangabe Abbildungen

Abbildung 1: HTC Vive Webseite <https://www.vive.com> (Zugriff: 26.06.2017)

Alle anderen Abbildungen erstellt von Ralf Mengwasser im Februar 2018.

## 9. Anhang

### 9.1 Produktionslogbuch

#### 9.1.1. Meilenstein „Online Umfrage erstellen“

**Durchführung:** 25.02.2017 – 01.03.2017

**Zeitdauer:** ca. 30h

**Arbeiten:**

Erstellen einer Online Umfrage um das Krankheitsbild bei Nutzung von VR bei Internetnutzern zu untersuchen. Konzipierung von 22 Fragen, die neben demographischen Angaben die Anfälligkeit für VR Krankheit und die Resilienz dagegen erfassen. Erstellen einer Webseite unter Nutzung des OpenSource Tools Limesurvey. Eingabe der Fragen in die Datenbank und Konfiguration der Webseite.

**Erkenntnisse:**

Limesurvey ist ein sehr gutes Tool, aber das Erstellen einer Umfrage dauert sehr lange, da jede einzelne Frage und Antwortmöglichkeit genau formuliert werden muss. Die meisten Fragen wurden in diesem Zeitraum 2-3 Mal neu erstellt, da man jedem Nutzer die Möglichkeit geben muss eine passende Antwort auszuwählen.

## 9.1.2. Meilenstein „Bewegungssteuerung 1 erstellen“

**Durchführung:** 01.03.2017 – 01.05.2017

**Zeitdauer:** ca. 100h

### **Arbeiten:**

Erstellen einer First Person Character Klasse in Unreal Engine für Vive VR Gameplay mit einer Bewegungssteuerung mit dem Gamepad der Vive Steuerung. Einbau in das Abschlussprojekt als optionale Steuerung. Mehrmaliger Test mit Probanden, Quality Assurance und Erhöhung der Stabilität.

### **Erkenntnisse:**

Das Erstellen einer VR Charakter Klasse ist für sich schon eine Herausforderung. Nach dem Erstellen wurden unzählige Stunden in die Verfeinerung der Steuerung gesteckt, da die genaue Kalibrierung einen massiven Einfluss auf die VR Krankheitssymptome hat.

Es gibt Probanden, denen sofort schlecht wird, andere mögen keine Gamepad Steuerung, wieder andere können nicht genau sagen, was das Problem ist. Die Liste an Dingen, die ich hier über Bewegungssteuerungen gelernt habe, ist endlos.



### 9.1.3. Meilenstein „Online Umfrage veröffentlichen und bewerben“

**Durchführung:** 13.05.2017 – 15.05.2017

**Zeitdauer:** ca. 10h

#### **Arbeiten:**

Registrieren der Domain „vrsickness.org“. Konfiguration des Rootservers um die neue Domain zu verwalten. Erstellen eines Email Accounts für die Domain und Test der Email Kommunikation. Hochladen der Webseite auf den öffentlichen Root-Server. Fehlerbehebung bei Limesurvey, weitere Konfiguration des Apache Webservers und der Datenbank. Weiteres Editieren der Fragen und Behebung unklarer Formulierungen. Test der Webseite von mehreren Browsern aus. Bewerben der Webseite an mehreren zentralen Stellen im Internet: SteamVR Forum, Reddit VR|Vive, Reddit VR|Oculus.

#### **Erkenntnisse:**

Nach verschiedenen Kommentaren von Nutzern mussten einige Fragen überarbeitet werden. Andere Nutzer hatten weitergehende Wünsche, die ich aber nicht mehr beachten konnte. Es ist unmöglich, jede gewünschte Antwortmöglichkeit anzubieten, und einige Nutzer wollten eine Umfrage, die nur ihre eigenen Befindlichkeiten abbildet. Aufgrund der notwendigen Änderungen musste ich die Datenbank löschen damit die Konsistenz der Daten erhalten bleibt.

### 9.1.4. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“

**Durchführung:** 13.06.2017 – 14.06.2017

**Zeitdauer:** ca. 3h

#### **Arbeiten:**

Überprüfen der Funktion der Webseite „vrsickness.org“. Check der Datenbank und der Backups. Überprüfen der Weblogs und der Antworten auf die letzte Werbung. Bewerben der Webseite an mehreren zentralen Stellen im Internet: SteamVR Forum, Reddit VR|Vive, Reddit VR|Oculus, Reddit PSVR, VR-Gamer.de.

#### **Erkenntnisse:**

Nach einem Monat gab es erst ca. 100 Antworten auf die Umfrage. Ich muss also mehr Werbung machen und auch andere Foren nutzen. Nach weiterer Recherche habe ich das VR-Gamer.de Forum und das Playstation VR Forum ausgewählt. Mein Ziel bleibt 1000 Antworten zu generieren.

### 9.1.5. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“

**Durchführung:** 01.07.2017 – 01.07.2017

**Zeitdauer:** ca. 3h

**Arbeiten:**

Überprüfen der Funktion der Webseite „vrsickness.org“. Check der Datenbank und der Backups. Überprüfen der Weblogs und der Antworten auf die letzte Werbung. Bewerben der Webseite an mehreren zentralen Stellen im Internet: SteamVR Forum, Reddit VR|Vive, Reddit VR|Oculus, Reddit PSVR, Reddit Oculus.

**Erkenntnisse:**

Bis jetzt gab es ca. 300 Antworten auf die Umfrage mit relativ wenigen Abbrüchen. Ich muss weiter Werbung machen und auch andere Foren nutzen. Nach weiterer Recherche habe ich die Reddit Oculus Foren ausgewählt, da viele User dort sind und nicht im Oculus VR Forum. Im Forum VR-Gamer.de gab es keinerlei Rückläufer, dieses Forum habe ich entsprechend gestrichen.

### 9.1.6. Meilenstein „Grundgerüst der Demosoftware erstellen“

**Durchführung:** 01.03.2017 – 01.08.2017

**Zeitdauer:** ca. 60h

**Arbeiten:**

Erstellen eines zusätzlichen Levels im Rahmen des Abschlussprojekts „Hexenbrut“ um Bewegungssteuerungen zu testen. Mehrmalige Überarbeitung des Levels, Überarbeitung einiger Meshes mit 3D Studio, Quality Assurance, Test mit Probanden.

**Erkenntnisse:**

Das Experiment wird auf der Basis des Spiels Hexenbrut aufgebaut. Um die zwei Bewegungssteuerungen zu testen wurde ein zusätzlicher Level gebaut. Die Zeitberechnung umfasst hier nur den Level, der für Hexenbrut nicht benötigt wurde. Der Level wurde sehr spärlich aufgebaut, da FPS Verluste sofort zu Symptomen führen.

Aufgrund von Skalierungsproblemen kam der Spieler nicht mehr durch die Türen, also musste ich mit 3D Studio die Meshes reparieren, ohne dass das Aussehen und die Performance leiden. Dazu neue UVs generieren, die mit den bereits fertigen Materials halbwegs harmonieren.

### 9.1.7. Meilenstein „Bewegungssteuerung 2 erstellen“

**Durchführung:** 01.03.2017 – 01.09.2017

**Zeitdauer:** ca. 80h

#### **Arbeiten:**

Erstellen einer Bewegungssteuerung durch Muster-Erkennung. Einbau in das Abschlussprojekt als normale Steuerung. Nach Projektabschluss weiteres Konfigurieren der Steuerung und Anpassung für die Experimente.

#### **Erkenntnisse:**

Obwohl der grundlegende Algorithmus der Steuerung relativ einfach ist, verursachte der Einbau in das Spiel einen enormen Zeitaufwand. Die Einstellung der Geschwindigkeiten und der Vorwärts- und Bremsbeschleunigungen wurde teilweise täglich mehrfach geändert, damit sich die Steuerung natürlich anfühlte. Während dieser Anpassungen kam es auch bei mir zu massiven VR Krankheitssymptomen, die teilweise mehrere Tage anhielten.

Es wurde klar, dass der Algorithmus vermutlich weniger Einfluss auf das Experiment haben wird als die genaue Einstellung des Verhaltens der Spielfigur. Dieser Meilenstein war eigentlich am 01.07.2017 abgeschlossen, die Arbeiten an der Steuerung wurden danach aber wieder aufgenommen, da die Steuerung noch nicht zufriedenstellend genug war.

Und auch danach wurden immer wieder Parameter verändert, da verschiedene Probanden Probleme mit dem Springen und dem Schlittern hatten.

### 9.1.8. Meilenstein „Online Umfrage erneut bewerben“

**Durchführung:** 09.09.2017 – 09.09.2017

**Zeitdauer:** ca. 3h

**Arbeiten:**

Überprüfen der Funktion der Webseite „vrsickness.org“. Check der Datenbank und der Backups. Überprüfen der Weblogs und der Antworten auf die letzte Werbung. Bewerben der Webseite an mehreren zentralen Stellen im Internet: SteamVR Forum, Reddit VR|Vive, Reddit VR|Oculus, Reddit PSVR, Reddit Oculus.

**Erkenntnisse:**

Bis jetzt gab es ca. 1000 Antworten auf die Umfrage, die Abbrüche häufen sich allerdings. Das Oculus Forum war sehr ergiebig. Ich muss weiter Werbung machen, das Ziel sollte sich aber bis Ende des Jahres erreichen lassen.

### 9.1.9. Meilenstein „Demosoftware fertigstellen“

**Durchführung:** 01.08.2017 – 01.10.2017

**Zeitdauer:** ca. 20h

**Arbeiten:**

Modifizieren des Levels und der Charakter-Klasse um mit Probanden nacheinander beide Steuerungen testen zu können.

**Erkenntnisse:**

Die Änderungen waren relativ problemlos. Man kann beide Steuerungen gleichzeitig aktivieren, der Proband wird durchgesprochen. Ursprünglich hatte der Proband immer nur eine Steuerung, aber das hat sich als nicht praktikabel herausgestellt.

Es ist nun eigentlich alles vorhanden, um bald mit den Experimenten zu beginnen, aber da ich einen Vollzeit Job habe wird das erst während der Urlaubszeit im Dezember geschehen können.

### **9.1.10. Meilenstein „Online Umfrage überprüfen“**

**Durchführung:** 16.12.2017 – 16.12.2017

**Zeitdauer:** ca. 1h

#### **Arbeiten:**

Überprüfen der Funktion der Webseite „vrsickness.org“. Check der Datenbank und der Backups. Überprüfen der Weblogs und der Antworten auf die letzte Werbung.

#### **Erkenntnisse:**

Bis jetzt gab es ca. 1300 Antworten auf die Umfrage, die Abbrüche bleiben konstant. Das Ziel wurde erreicht, ich mache also keine weitere Werbung mehr, lasse die Umfrage aber offen, da meine Webseite mittlerweile bekannt ist und auch gegoogled werden kann.



### **9.1.11. Meilenstein „Fragebogen erstellen für das Experiment“**

**Durchführung:** 01.12.2017 – 04.12.2017

**Zeitdauer:** ca. 3h

**Arbeiten:**

Erstellen eines Fragebogens für das Experiment.

**Erkenntnisse:**

Im Gegensatz zum Online Fragebogen ist dieser relativ kurz und einfach gehalten, um den Probanden nicht zu überfordern, nachdem er gerade eine VR Erfahrung gemacht hat, die vermutlich zu VR Krankheitssymptomen führt.

Eine der Fragen hat keine „Neutral“ Antwort, da diese Frage als Kontrollfrage genutzt wird und verhindern soll, dass ich von unmotivierten Probanden nur „Neutrale“ Bewertungen erhalte.

### **9.1.12. Meilenstein „Experiment durchführen“**

**Durchführung:** 01.12.2017 – 01.03.2018

**Zeitdauer:** ca. 30h

**Arbeiten:**

Bewerben der Studie und Auswahl der Probanden. Durchschleusen der Probanden durch das Experiment. Sammeln der Daten durch Fragebögen und Eingeben in Excel.

**Erkenntnisse:**

Durch das Internet kann man relativ schnell Menschen finden, die VR einmal ausprobieren möchten. Damit diese aber in der Nähe wohnen bieten sich Webseiten wie nebenan.de an, bei denen man lokal suchen kann. Der VR Testaufbau war sehr aufwendig, und das Testen der Bewegungssteuerungen setzte viel Erklärungen voraus. Vor Allem, weil extra Menschen ausgesucht wurden, die normalerweise keine VR Spieler sind und keine Erfahrung haben.

Es ging für jeden Teilnehmer ca. 1.5h drauf um das Experiment durchzuführen, mit Vorbereitung und Abbau. Dazu kam dann noch das Übertragen der Daten in Excel und die Analyse.

## 9.2 Fragebogen Experiment

### Geschlecht

Männlich

Weiblich

### VR Erfahrung

Keine

Wenig (<5)

Oft (<25)

Regelmäßig

Jeden Tag

### Alter

12-20

21-30

31-40

41-50

51-60

61-70

71-80

>80

### Krankheitssymptome


Keine

Leicht (Hitze, Unwohlsein,  
flaues Gefühl)

Mittel (Kopfschmerzen,  
Benommenheit, richtig  
krank fühlen)

Stark (Erbrechen, Apathie,  
Kollaps)

<b>Bitte bewerten sie die folgenden Aussagen bezüglich den Unterschieden zwischen den zwei gezeigten Bewegungsarten und kreuzen sie an:</b>			
	Bewegungsschema GAMEPAD	Kein Unterschied	Bewegungsschema JOGGEN
Meine Krankheitssymptome waren schlimmer			
Das Spiel hat mir mehr Spaß gemacht			
Ich würde ein Spiel mit diesem Schema eher kaufen			
Dieses Schema ist besser für VR geeignet			

<b>Bitte bewerten sie die folgenden Aussagen und kreuzen sie an:</b>			
	<b>+</b> Stimme eher Zu	 Neutral	<b>-</b> Bin eher dagegen
First Person Spiele sind für VR generell nicht gut geeignet			
VR Spiele sollten einen niemals krankmachen, der Hersteller muss dafür Sorge tragen			
Ich ertrage die VR Krankheit, wenn das Spiel gut ist			
Hersteller sollten mit Bewegungsarten experimentieren, auch wenn manchen Leuten dadurch schlecht wird			

## 9.3 Fragebogen Online-Umfrage

Virtual Reality Sickness Survey

Load unfinished survey Exit and clear survey

### Virtual Reality Sickness Survey

**Welcome VR gamers!**

My name is Ralf Mengwasser, and I am a BSc student of Game Programming at the SAE Cologne.

This survey is intended to build a database of the recurrence of VR sickness symptoms while using modern Virtual Reality equipment like HTC Vive, Oculus Rift or GearVR.

The data will be used in my upcoming bachelor thesis: "Motion Sickness in VR - Influence of movement controller schemes on sickness symptoms of players". The data gathered will also be presented to the VR development community for everyone to see - anonymized of course.

By completing this survey you will aid every game developer out there that thinks about creating his first VR game or app. The decision about which controller schemes to use, and which target audience is most and least susceptible to VR sickness is important information for everyone in the game developing community - from indie to AAA studios.

With your data, you may very well influence which kind of games will be developed in the future.

I kindly ask you to take some time and answer honestly and as many of the questions as you can.

Thank you for being a part of this and sharing your data! :)

Ralf Mengwasser

Source: Artifact - Gear VR game

Source: Flowerbud - HTC Vive Dungeonsawler

Next

### Demographic Data

**Gender**

Female Male

**Age**

Choose one of the following answers

<12

12-20

21-30

31-40

41-50

51-60

61-70

71-80

>80

**Ethnicity**

Choose one of the following answers

- White
- Hispanic / Latino
- Black / African
- Native American / American Indian
- Asian / Pacific Islander
- Other
- Prefer not to answer

**Prior Experience**

I have used/am using the following VR headsets (No answer means you have not used it):

	Once or Twice	Often	Regularly	Every Day	No answer
HTC Vive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Oculus Rift	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GearVR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sony Playstation VR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Google Daydream	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Microsoft Hololens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other mobile headset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other wired headset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

I have the following other experience that SHOULD help me cope with VR/motion/simulator sickness:

Comment only when you choose an answer.

- Sports (e.g. mountain climbing, diving, parachute jumper, gymnastics)
- Job related (e.g. combat pilot, racing car driver, work on tall buildings)
- Other (please specify)

## Medical Status

Height Category (in cm)

Choose one of the following answers

- <150
- 151-160
- 161-170
- 171-180
- 181-190
- 191-200
- >200
- No answer

Weight Category

Choose one of the following answers

- Definitely overweight
- A little bit too much
- Normal
- Slender
- Definitely underweight
- No answer

My health condition in general is:

Choose one of the following answers

- Very Bad
- Bad
- Normal
- Very Good
- Perfect
- No answer

I normally wear glasses

Yes

No

No answer

I wear glasses when using VR equipment

Yes

No

No answer



I am a smoker:

Yes No No answer

I drink alcohol:

Choose one of the following answers

Never  
 Normal  
 Way too much  
 No answer

I often have problems with / I am susceptible to:

	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree	No answer
Motion Sickness in CARS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Motion Sickness in AIRPLANES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Motion Sickness on SHIPS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Motion Sickness playing GAMES/SIMULATORS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Motion sickness while watching TV/VIDEOS/CINEMA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

VR Sickness Symptoms

I have experienced sickness symptoms up to this degree:

Choose one of the following answers

None  
 Slight (Heat, Discomfort, Dizziness, Sweating, Stomach Awareness)  
 Moderate (Nausea, Headache, Fatigue, Drowsiness)  
 Severe (Vomiting, Disorientation, Apathy, Collapse)  
 No answer

If I get sick, the condition stays up to:

Choose one of the following answers

1 Minute  
 10 Minutes  
 30 Minutes  
 60 Minutes  
 Few hours  
 A day or more  
 No answer

What kind of symptoms do you usually experience?

● Check all that apply

- Heat Rush
- Discomfort
- Dizziness
- Sweating (Hot)
- Sweating (Cold)
- Stomach Awareness
- Mild Headache
- Nausea
- Headache
- Fatigue
- Drowsiness
- Vomiting
- Disorientation
- Apathy
- Collapse
- Stomach Ache
- Spinning
- Lightheaded
- Blurred Vision
- Other:

My symptoms in the following game genres are:

	None	Slight (Heat, Discomfort, Dizziness, Sweating, Stomach Awareness)	Moderate (Nausea, Headache, Fatigue, Drowsiness)	Severe (Vomiting, Disorientation, Apathy, Collapse)	No answer
Demos (no movement, no actions - just watching the scene)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Stationary Games (no movement, but actions - like bowling, arrow shooting)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Casual Games (no constant movement needed, e.g. teleporting)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
RPG/Exploration Games (normal, slow movement)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Action Games (twitch based, fast movement)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

My symptoms for the following movement schemes are:

	None	Slight (Heat, Discomfort, Dizziness, Sweating, Stomach Awareness)	Moderate (Nausea, Headache, Fatigue, Drowsiness)	Severe (Vomiting, Disorientation, Apathy, Collapse)	No answer
Teleporting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Movement by pressing a button (gamepad, keypress, WASD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Movement by translating real world movement to in-game movement (arm jogging motion or treadmill = walking)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Automatic movement with no control (rollercoaster, flying aircraft)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

From your experience, what factors will have an influence on your sickness?  
The symptoms will be different if I experience the following:

	A lot better	Better	No change	Worse	Much worse	No answer
The game takes control over the camera (no freelook with the VR headset)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Movement on the ground (walking around)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Movement in the air (flying with an airplane)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Movement in some vehicle (driving around)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Playing roomscale games with free movement in the room	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Playing games while sitting down	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Headsets has some display latency due to FPS / technology	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Playing a new game for the first time	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
A game has bad / weird graphics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
A game has bad / weird audio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Playing with a audio headset on (with 3D sound) instead of just hearing audio via speakers in the room (no/wrong 3D sounds)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Playing without 6 DOF head tracking on the VR headset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

## Own Perception

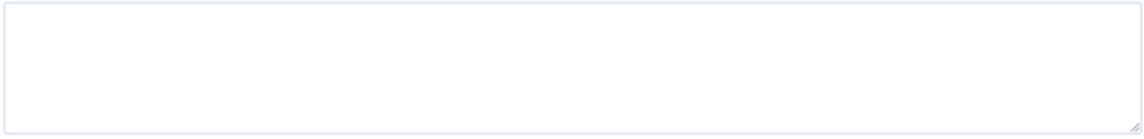
The following is true regarding my VR sickness:

	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree	No answer
I just play games with less movement because they make me feel less sick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I have a certain level of sickness I can bear, everything above that will make me stop	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
If the game is really good, I would buy it anyway and accept the sickness	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
The more people a game makes sick, the more I want to buy and play it	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I just never play long enough for sickness to become a problem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I don't think VR is something for me, I get sick immediately and then stop	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

My thoughts on the following subjects:

	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree	No answer
I like movement methods that involve real world movement translations	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I like movement methods that involve teleporting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I like movement methods that involve pressing a button with a keyboard or joypad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I would rather have an exciting movement scheme that makes me sick than a boring one that doesn't	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I want more games to explore strange movement options, even if it has a risk of making me sick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Developers should implement their game in a way that people definitely do not get sick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I would buy a full body VR suit if there was one available. I think it would not make me sick as much or I don't care.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I believe that I would get less sick if the VR equipment gave haptic feedback (if I feel how I touch something)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Developers should restrict themselves to certain game genres that are suitable for VR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
I don't think fast paced gaming like shooters will really work in VR, as they make people sick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

I have the following additional suggestions and comments:



# Abstract

Die Virtual Reality (VR) Industrie hat in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum hingelegt. Während in anderen Bereichen, wie Rüstungsindustrie und Medizintechnik, die VR-Technologie schon länger erfolgreich genutzt wurde, erschloss sich mit der Veröffentlichung der Oculus Rift auch der Markt der Privatkunden. Damit wurde VR in ansprechender Qualität auch für Endanwender erschwinglich.

Das größte Risiko bei der Entwicklung einer VR-Erfahrung ist hierbei die VR-Krankheit, die ein naher Verwandter der Simulator-Krankheit ist. Damit bezeichnet man das Auftreten von Krankheits-Symptomen während oder nach der Nutzung von VR oder Simulations-Technologie, die von leichten Problemen wie Schwitzen oder leichter Übelkeit bis zu Erbrechen oder Apathie reichen können.

Bei der Betrachtung der VR-Krankheit muss man mehrere Ursachen beleuchten. Zum einen spielt die Hardware eine große Rolle. Geringe FPS (Frames pro Sekunde) oder eine geringe Auflösung können z.B. Symptome auslösen. Zum anderen muss man aber auch die Software betrachten, da eine schlechte Umsetzung der virtuellen Welt bei einem Spieler massive Krankheits-Symptome auslösen kann. Besonders das Eingabe- und Bewegungsschema scheint dabei eine große Rolle zu spielen, da diese zwei Systeme die Basis für die vom Spieler erlebte Bewegungs-Simulation sind.

Vorangegangene Studien haben sich bereits mit der optimalen Hardware auseinandergesetzt. Diese Arbeit fokussiert sich deshalb auf den Bereich Software und den Einfluss des Bewegungsschemas. Dabei geht es primär um die Frage, wie man eine natürliche Spielsteuerung mit fließenden Bewegungen implementieren kann, ohne den Spieler durch starke VR Krankheitssymptome abzuschrecken.

Um mehr über den Einfluss der Bewegungssteuerung auf die VR-Krankheitssymptomatik zu erfahren, untersucht diese Studie die folgende These:

*Die Bewegungssteuerung in einem VR Spiel hat bei einem First Person Spiel einen unmittelbaren Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik des Spielers. Eine Steuerung, die echte Bewegungen des Spielers in Spielbewegungen umsetzt, erzeugt weniger Krankheitssymptome als eine digitale Steuerung durch Knopfdruck und führt zu einer positiveren Wahrnehmung beim Spieler.*

Diese These sollte durch ein qualitatives Experiment mit einer selbst programmierten Bewegungssteuerung und mit einer internationalen, quantitativen Online-Umfrage bestätigt werden.

Für diesen Zweck wurde eine selber programmierte Bewegungssteuerung in einem Spiel für das VR System „HTC Vive“ implementiert, bei der der Spieler seine Spielfigur durch Armbewegungen mit den Spiel-Controllern vorwärts oder rückwärts bewegen kann.

Die Idee dabei ist, dass die Bewegungen der Arme, die ähnlich wie beim Jogging sind, dem Gehirn suggerieren, dass eine echte Vorwärtsbewegung stattfindet. Damit soll der Konflikt zwischen der visuellen, virtuellen Bewegung und dem körpereigenen Sensorsystem aufgelöst und die VR-Krankheitssymptomatik weitgehend umgangen werden.

Zusätzlich wurde eine zweite, herkömmliche „Gamepad“-Steuerung entwickelt, um während des Experiments Vergleiche zwischen diesen beiden Steuerungen anstellen zu können. Beide Steuerungen wurden zusammen mit einem VR-Character-Controller in ein existierendes Unreal-Engine VR-Spiel eingebaut. Die zwei Steuerungen konnten zudem mit Hilfe von Variablen modifiziert werden, um die Steuerung gleichmäßiger (ohne Modifikation) oder ruckartiger (mit Modifikation) einzustellen.

Das Experiment wurde insgesamt mit 13 Personen durchgeführt, von denen 12 komplett ausgefüllte Fragebögen in die statistische Analyse gingen. Die Hälfte der Probanden spielte mit einer modifizierten Steuerung.

Um die im Rahmen des Experiments gewonnenen Erkenntnisse statistisch zu untermauern wurde zusätzlich eine internationale Online-Umfrage durchgeführt, mit der eine größere Anzahl VR-Spieler erreicht wurde. Es wurden insgesamt 1081 Fragebögen komplett ausgefüllt. Nur diese gingen in die statistische Analyse ein.

Die These wurde in drei Teilfragen aufgeteilt, um diese einzeln zu beantworten:

**Hat die Bewegungssteuerung einen unmittelbaren Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik des Spielers?**

Nach Untersuchung der Daten des Experiments konnte gezeigt werden, dass bei einer nicht modifizierten Steuerung 50% der Spieler keine Krankheitssymptome hatten,

während bei einer modifizierten Steuerung 100% der Spieler Krankheitssymptome hatten. Die Daten der Online-Umfrage stützen diese Annahme: Bei einem schnellen Actionspiel haben nur noch 32% der Spieler keine Symptome, während bei einem stationären Spiel 93% symptomfrei sind. Damit konnte diese Annahme bestätigt werden.

### **Führt die Steuerung der Spielfigur durch echte Spielerbewegungen zu weniger VR-Krankheitssymptomen?**

Beim Vergleich der verschiedenen Steuerungsarten stellte sich im Experiment die Lage wie folgt dar: Von den 6 Spielern, die mit einer nicht modifizierten Steuerung spielten, hatten 83% der Spieler dieselben Symptome. Nur ein Proband hatte deutlich mehr Probleme mit der Steuerung durch das Gamepad.

Durch die geringe Menge der Probanden und dem Problem, dass nicht genügend Zeit zum Abklingen der Symptomatik zwischen dem Wechsel der Steuerung zur Verfügung stand, war dies nicht aussagekräftig genug.

Die Online-Umfrage hingegen lieferte einen klareren Beweis für die These: Während ca. 65% der Spieler bei einer „Gamepad“-Steuerung VR-Krankheit entwickelten, war dies nur bei 44% der Spieler bei einer „Jogging“-Steuerung der Fall. Nur die „Teleport“-Steuerung schnitt mit 12% Krankheits-Fällen noch besser ab. Diese ist aber in einem Action-Spiel nicht nutzbar. Damit konnte auch diese Annahme bestätigt werden.

### **Zieht der Spieler diese Steuerung anderen Steuerungen vor, weil sie ihm mehr Spaß macht?**

Diese Frage war am schwierigsten zu beantworten, da sie sehr subjektiv ist. Gleichzeitig ist sie aber eine der Wichtigsten, da Spiele vor Allem gekauft werden, weil sie Spaß machen.

Das Experiment lieferte die folgenden Werte: 50% der Spieler urteilten, dass die „Jogging“-Steuerung ihnen mehr Spaß gemacht hat, 25% waren neutral und 25% bevorzugten das Gamepad. Da diese Werte sehr hoch erschienen, wurde zur Kontrolle überprüft, mit welcher Steuerung weitergespielt wurde: 58% der Spieler entschieden sich für die „Jogging“-Steuerung und 42% für die „Gamepad“-Steuerung.

Beim Abgleich mit der Online-Umfrage konnten die folgenden Werte ermittelt werden:



Die „Gamepad“-Steuerung kam auf 43% Zustimmung und wurde von 32% der Spieler abgelehnt. Die „Teleport“-Steuerung kam auf 46% Zustimmung. Die „Jogging“-Steuerung hingegen wurde von 76% der Spieler befürwortet und nur von 7% der Spieler abgelehnt. Damit war die „Jogging“-Steuerung unter den Spielern klar die beliebtere Steuerung und auch diese Annahme konnte bestätigt werden.

Während die These hinreichend bewiesen wurde, bleiben viele Fragen bezüglich des Einflusses verschiedener Faktoren auf die VR-Krankheit offen.

Beispielsweise wurde während der Entwicklung des Experiments bemerkt, dass eine geringe FPS des Spiels einen deutlich stärkeren Einfluss auf die VRS-Symptomatik hat, wie die Bewegungssteuerung selber. Gleichzeitig gibt es in diesem Bereich offensichtlich eine Synergie. Es wurde beobachtet, dass ein stationäres Spiel mit schlechten FPS Werten besser zu ertragen ist als ein schnelles Spiel mit FPS Problemen. Ebenso sind starke FPS-Einbrüche wesentlich schlimmer als eine gleichmäßige, geringe FPS Zahl.

All diese Effekte wurden zwar anhand bestehender Studien über Motion Sickness vermutet, konnten aber aufgrund der Fokussierung dieser Arbeit nicht erforscht und nicht wissenschaftlich erfasst werden. In diesen Bereichen sind weitere Studien notwendig, um eine Abschätzung treffen zu können, in welchem Verhältnis diese Faktoren einen Einfluss auf die VR-Krankheitssymptomatik haben.

Die Gruppe der Befragten der Online-Umfrage war homogener, als dies vorher beabsichtigt worden war. Deswegen ließen sich keine Aussagen über genetische Prädisposition hinsichtlich der VR-Krankheit treffen. Es gab z.B. nicht genügend weibliche Rückläufer, um einschätzen zu können, ob Frauen generell anfälliger sind als Männer, so wie es andere Studien über Motion Sickness vermuten lassen. Eine Überprüfung solcher Faktoren steht also noch aus.

Obwohl die Entwicklung von VR-Spielen, die keine Krankheit erzeugen, höhere Entwicklungskosten erzeugt als die Entwicklung herkömmlicher Computerspiele, sollte die Optimierung nach VRS Gesichtspunkten eine Priorität bei der Entwicklung sein, da die Gesundheit des Spielers mit einem schlecht gemachten Software-Produkt negativ beeinträchtigt werden kann. Ein gut gemachtes Spiel hingegen ist sowohl für den Spieler wie auch für den Entwickler eine sehr lohnende Investition.

**Keywords:** VR-Krankheit, VR sickness, cybersickness, virtual reality, motion control

# Abstract

The virtual reality (VR) industry grew rapidly in recent years. Although VR technology was already used successfully in other sectors like the defense industry and medical tech, the private market opened as well with the release of the Oculus Rift. This was the first time VR with a decent quality became affordable to the end-user.

The biggest risk in developing a VR experience is VR disease, which is a close relative of simulator disease. VR disease refers to the onset of symptoms of illness during or after the use of VR or simulation technology, ranging from minor problems such as sweating or mild nausea to vomiting or apathy.

Looking at VR disease you need to consider several causes. For one, hardware plays a big role. Low FPS (frames per second) or a low resolution can trigger symptoms.

On the other hand, you also have to look at the software, as a poor implementation of the virtual world can cause massive illness symptoms for a player. The input- and motion scheme seem to play a major role, as these two systems are the basis for the player's experience of motion simulation.

Previous studies have already dealt with the optimal hardware. Therefore, this work wants to focus on the field of software and investigate the influence of the motion scheme. It is primarily about the question of how to implement a natural game control with fluid movements, without deterring the player by strong VR disease symptoms.

To learn more about the influence of motion schemes on VR disease symptoms, this study examines the following thesis:

*Motion control in a VR game has a direct influence on the player's VR symptoms in a first-person game. A controller that translates the player's real movement into character movement creates less sickness symptoms than a digital control by pressing a digital button and results in a more positive perception of the player.*

This thesis was to be confirmed by a qualitative experiment with a self-programmed motion control and by an international, quantitative online survey.

For this purpose, a self-programmed motion control was implemented into a game for the VR system "HTC Vive", in which the player can move his character forward or backward by arm movements with the game controllers.

The idea is that the movements of the arms, which are similar to a jogging motion, persuade the brain that there is a real forward movement. This is supposed to resolve the conflict between the visual, virtual movement and the body's own sensor system and to prevent most of the VR disease symptoms.

Additionally, a second, conventional gamepad control was developed to be able to make comparisons between these two controls during the experiment.

Both motion controllers, along with a VR character controller, have been incorporated into an existing Unreal Engine VR game. The two controls can also be modified by means of variables to make the control more uniform (without modification) or jerkier (with modification).

The experiment was carried out with 13 people, of which the 12 that completed the questionnaires were included in the statistical analysis. Half of the subjects played with a modified motion controller.

To be able to reinforce the findings of the experiment with meaningful statistical data, an international online survey was also conducted, to reach a larger number of VR players. There were 1081 completely filled out questionnaires submitted. Only these were included in the statistical analysis.

The thesis was divided into three sub-questions to be answered individually:

**Does the motion control have a direct impact on the player's VR sickness symptoms?**

After examining the data of the experiment, it was shown that in the unmodified motion control 50% of the players had no disease symptoms, while in the modified control 100% of the players had disease symptoms. The data from the online survey supports this assumption: in a fast action game only 32% of the players have no symptoms, while in a stationary game 93% are symptom-free. Thus, the assumption was confirmed to be true.

## **Does the character motion control by real world movement lead to less VR disease symptoms?**

While comparing the different types of motion controls, the experiments data showed the following results: Of the six players who played with unmodified motion controls, 83% had the same symptoms with both of them. Only one subject had significantly more problems with the digital gamepad control. Due to the small number of subjects and the problem, that there was not enough time to resolve the symptoms between the change of control, this was not meaningful enough to draw any real assumptions.

The online poll, on the other hand, provided clearer evidence for the thesis: While approximately 65% of players developed VR disease during gamepad control, this was only the case for 44% of the players with a "jogging" control. Only the teleport motion control performed even better with 12% disease cases but is not usable in an action game. Thus, this assumption was also confirmed to be true.

## **Does the player prefer this motion control to other controls because it makes them have more fun?**

This question was the hardest to answer because it is very subjective. At the same time, it's one of the most important ones because games are bought first and foremost because they are fun.

The experiment provided the following values: 50% of the players judged that the "jogging" control was more fun, 25% were neutral and 25% preferred the gamepad. Since these values seemed very high, it was observed which motion control the player picked to play with when given the choice: 58% of the players opted for the "jogging" control and 42% for the gamepad control.

When comparing with the online survey, the following values could be determined: The gamepad control had a 43% approval rate and was rejected by 32% of the players. The teleport control had 46% approval. The "jogging" control, however, was advocated by 76% of the players and rejected only by 7% of the players. Thus, the "jogging" control is clearly the more popular control among the players which makes this assumption also true.

While the thesis has been sufficiently proven, many questions remain about the influence of various factors on VR disease.

For example, during the development of the experiment it was noted that a low FPS has a much greater impact on VRS symptoms than the motion control itself. And there is clearly a synergy in this area. It has been observed that a stationary game with poor FPS values is easier to handle than a fast game with FPS problems. Likewise, heavy FPS stuttering is much worse than a steady, low FPS number.

Although these effects were suspected based on existing studies on Motion Sickness, they could not be properly researched and scientifically assessed due to the focus of this work. In these areas, further studies are needed to make an estimate of how much these factors affect VR disease symptoms.

The group of respondents to the online survey was more homogeneous than previously intended. Therefore, no statements could be made about genetic predisposition to VR disease. There were for example not enough female responses to assess whether women are generally more vulnerable than men, as suggested by other studies of motion sickness. A review of such factors is still pending.

While developing VR games that don't induce sickness costs more than developing traditional computer games, VRS optimization should still be a priority in development as it is easy to negatively impact a player's health with a badly designed software product. But if done right, VR games will be incredibly rewarding to both players and developers.

**Keywords:** VR sickness, cybersickness, virtual reality, motion control