

---

# VR USABILTY UNTERSUCHUNGEN: TELEPORTATION

---

Bachelorarbeit Wirtschaftsinformatik BSc FS19



**Autorenschaft:**

Pirmin Schuler  
Steinerbergstrasse 95  
6417 Sattel  
[pirmin.schuler@stud.hslu.ch](mailto:pirmin.schuler@stud.hslu.ch)  
+41 78 677 47 73

**Betreuungsperson:**

Dr. Richard Wetzel

**Experte:**

Roman Bachmann

7. JUNI 2019

HOCHSCHULE LUZERN, INFORMATIK

## Bachelorarbeit an der Hochschule Luzern – Informatik

**Titel:** VR Usability Untersuchungen: Teleportation

**Student:** Pirmin Schuler

**Studiengang:** BSc Wirtschaftsinformatik

**Abschlussjahr:** 2019

**Betreuungsperson:** Richard Wetzel

**Expertin / Experte:** Roman Bachmann

### Codierung / Klassifizierung der Arbeit:

- A: Einsicht (Normalfall)**
- B: Rücksprache** (Dauer: Jahr / Jahre)
- C: Sperre** (Dauer: Jahr / Jahre)

### Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich/wir die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt haben, alle verwendeten Quellen, Literatur und andere Hilfsmittel angegeben haben, wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht haben, das Vertraulichkeitsinteresse des Auftraggebers wahren und die Urheberrechtsbestimmungen der Fachhochschule Zentralschweiz (siehe Markblatt «Studentische Arbeiten» auf MyCampus) respektieren werden.

Ort / Datum, Unterschrift \_\_\_\_\_

### **Abgabe der Arbeit auf der Portfolio Datenbank:**

#### **Bestätigungsvisum Student/in**

Ich bestätige, dass ich die Bachelorarbeit korrekt gemäss Merkblatt auf der Portfolio Datenbank abgelegt habe. Die Verantwortlichkeit sowie die Berechtigungen habe ich abgegeben, so dass ich keine Änderungen mehr vornehmen kann oder weitere Dateien hochladen kann.

Ort / Datum, Unterschrift \_\_\_\_\_

#### **Verdankung**

Ich möchte mich vor Allem bei Dr. Richard Wetzel und dem ganzen Forschungsteam Immersive Realities für die Möglichkeit bedanken, dieses Projekt bearbeitet zu können und auch für die Hilfestellungen, die sie mir während dieser Arbeit gegeben haben. Zudem bedanke ich mich bei Roman Bachmann dafür, dass er sich für diese Bachelorarbeit als Experte zur Verfügung gestellt hat. Den Teilnehmern aus den Nutzerstudien, wie auch den anderen Studierenden, die ein Thema im Bereich der Immersive Realities verfasst haben, möchte ich für ihre Unterstützung bei der Entwicklung, wie auch der Analyse des Prototyps meinen Dank aussprechen.

#### **Eingangsvisum (durch das Sekretariat auszufüllen):**

Rotkreuz, den \_\_\_\_\_ Visum: \_\_\_\_\_

**Hinweis:** Die Bachelorarbeit wurde von keinem Dozierenden nachbearbeitet. Veröffentlichungen (auch auszugsweise) sind ohne das Einverständnis der Studiengangleitung der Hochschule Luzern – Informatik nicht erlaubt.

**Copyright** © 2019 Hochschule Luzern – Informatik

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Arbeit darf ohne die schriftliche Genehmigung der Studiengangleitung der Hochschule Luzern – Informatik in irgendeiner Form reproduziert oder in eine von Maschinen verwendete Sprache übertragen werden.

### **Abstract**

Durch die stetige Medienpräsenz der VR in den letzten Jahren wurde diese je länger je mehr als neue Plattform der Digitalisierung anerkannt. Doch noch ist die VR noch nicht vollkommen erforscht und verstanden. So bestehen bis heute nur eine kleine Basis an Forschungsarbeiten zum Thema der Usability und deren Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Nutzer in der VR. Durch ein erhöhtes Mass an Usability könnte die angesprochene Nutzergruppe vergrössert und auch mögliche neue Anwendungsbereiche für die VR erschlossen werden.

Als eine der grössten Herausforderungen in der Umsetzung einer VR-Applikation besteht darin ein schlüssiges Bewegungssystem zu erschaffen, das zugleich einfach und angenehm zu bedienen ist und die Erkundung beinahe unbegrenzter Welten ermöglicht. Eine Kategorie eines solchen Bewegungssystems bildet die Teleportation, welche aus verschiedensten Teleportationsmethoden bestehen, welche für andere Szenarien oder Nutzergruppen optimiert worden sind. So stellen sich einige Fragen aus der Sicht von Entwicklern und Designern von VR Applikationen. Gibt es noch andere Arten der Fortbewegung im virtuellen Raum? Und wieso sollten sich Entwickler für oder gegen die Implementation eines Teleports als Bewegungsmethode entscheiden? Gibt es vielleicht Punkte, die Entwickler speziell beachten sollten bei der Implementierung von Teleports?

Auf diese und weitere Fragen werden in dieser Arbeit Antworten geliefert. Zudem soll auch eine Grundlage an Wissen über die Themenbereiche Usability und VR vermittelt werden.

## Inhalt

1. Glossar .....	5
2. Einführung .....	6
3. Vorgehensweise.....	7
4. Stand der Praxis.....	9
4.1. Usability.....	9
4.1.1. Heuristiken nach Jakob Nielsen .....	10
4.1.2. Usability in der VR .....	13
4.2. Virtual Reality .....	14
4.2.1. Geschichte der VR .....	14
4.2.2. Teleportation.....	16
4.3. Identifizierte Teleportationsmethoden .....	18
4.4. Analyse Teleportationsmethoden .....	19
4.4.1. Blink Teleport .....	20
4.4.2. Dash Teleport.....	21
4.4.3. Avatar Teleport .....	22
4.5. Zwischenfazit .....	23
5. Ideen und Konzepte .....	24
5.1. Ziele.....	24
5.2. Aufgabenstellung.....	24
5.3. Prototyp.....	24
5.4. Fragebogen & Ablauf Nutzertest.....	25
6. Realisierung .....	26
6.1. Prototyp.....	26
6.1.1. Leveldesign und dessen Umsetzung.....	26
6.1.2. Implementierung des SteamVR Teleports .....	26
6.1.3. Implementierung des Dash Teleports .....	27
6.1.4. Implementierung des Avatar Teleports .....	27
6.1.5. Zusammenführung in Testumgebung .....	28
6.2. Auswertung Nutzerstudie.....	28
7. Diskussion.....	29
7.1. Allgemeine Erkenntnisse .....	29
7.2. SteamVR Teleport .....	30
7.3. Dash Teleport .....	30
7.4. Avatar Teleport.....	30
8. Fazit .....	31
9. Ausblick.....	31
10. Reflexion.....	32
11. Abbildungsverzeichnis.....	33
12. Literaturverzeichnis .....	34

## 1. Glossar

<b>Begriff</b>	<b>Definition/Erklärung</b>
<b>Usability</b>	« <i>Usability wird definiert als das Ausmass, zu welchem ein Benutzer ein bestimmtes Produkt in einem spezifischen Umfeld zur effizienten Erledigung seiner Aufgabe nutzen kann.</i> »(Uhr, 2019)
<b>Virtual Reality</b>	« <i>...a computer simulation that creates an image of a world that appears to our senses in much the same way we perceive the real world.</i> »(Alan Craig, William R. Sherman, & Jeffrey D. Will, 2009)
<b>VR Locomotion</b>	Technologie, die es einem ermöglicht, sich in der virtuellen Realität von einem Punkt zu einem anderen fortzubewegen.
<b>Motion Sickness</b>	Im Feld der VR beschreibt es die hervortretende Übelkeit bei der Fortbewegung durch den virtuellen Raum. Wird auch als Cyber Sickness oder VR-Krankheit bezeichnet.
<b>Immersion</b>	Beschreibt das vollständige Eintauchen in eine künstliche Welt. Dabei fühlt man sich als Teil der wahrgenommenen simulierten Umgebung.

## **2. Einführung**

Virtual Reality (VR) Applikationen und Spiele sind mittlerweile kommerziell verfügbar. Da es sich hierbei um eine relativ neue Technologie handelt, gibt es insbesondere noch keine einheitlichen Erkenntnisse darüber, wie solche Umgebungen hinsichtlich Usability gestaltet werden müssen. Ein wichtiger Bestandteil der VR ist die Bewegung im virtuellen Raum, auch Locomotion genannt. Eine weit verbreiteter Lösungsansatz für die Locomotion bietet die Teleportation. Diese wird häufig auf Grund einer relativ einfachen Implementierung und der Akzeptanz einer breiten Nutzergruppe verwendet.

In dieser Arbeit werden verschiedene Arten der Teleportation (Teleportationsmethoden) auf ihre Usability hin untersucht. Mittels eines selbst erstellten Prototyps und Nutzertests sollen gesammelte Erkenntnisse überprüft und gegebenenfalls ergänzt werden. Schlussendlich sollen die gemachten Nutzertests ausgewertet und anhand von positiven und negativen Beispielen eine Sammlung von Usability Richtlinien erstellt werden. Diese Richtlinien sollen Designern und Entwicklern von VR-Applikationen helfen eine geeignete Form der Teleportation für ihre Applikation zu finden. Des Weiteren sollen zu beachtende Aspekte aufgezeigt werden, die bei der Einführung und dem Design in Betracht gezogen werden sollten, um das Erlebnis der Nutzer zu verbessern.

### 3. Vorgehensweise

Auf Grund der mehrheitlich theoretischen Ausrichtung der Thematik wurde ein Wasserfallmodell als Vorgehensmodell gewählt. Das gesamte Projekt wurde in 5 Phasen unterteilt, die linear chronologisch durchlaufen wurden. Einzig die Realisierung des Prototypen wich von diesem Vorgehensmodell ab. Diese wurde iterativ durchgeführt.

In einer ersten Phase wurde der Scope des Projektes festgelegt. Durch die flexibel gestaltete Aufgabenstellung (Siehe Anhang 01\_Projektmanagement) musste ein passender Teilbereich der Usability in der VR ausgewählt werden. Auf Grundlage dessen wurden anschliessend Ziele und zu erwartende Resultate festgehalten. In dieser Phase wurde zudem das Vorgehensmodell (Siehe Anhang 01\_Projektmanagement) bestimmt, wie auch ein Projektplan erstellt (Siehe Anhang 01\_Projektmanagement). Im Projektplan wurden die einzelnen Arbeitspakete identifiziert und ihnen Soll-Stunden zugewiesen. Um den Fortschritt der Arbeit besser messen zu können wurde der Projektplan durch Meilensteine ergänzt.

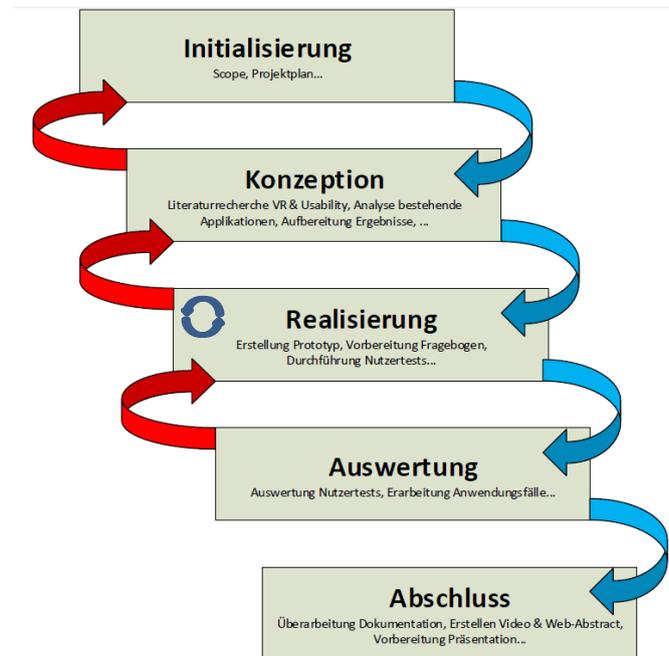


Abbildung 1 Vorgehensmodell

In der darauf folgenden Konzeption wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Diese untersuchte den Standes der Technik im Bereich der VR und der Usability. Auch wurden verschiedene Teleportationsmethoden identifiziert, welche in der Wirtschaft angewendet werden. Auf drei der identifizierten Teleportationsmethoden wurde anschliessend näher eingegangen. Anhand der zehn Heuristiken nach Jakob Nielsen wurden sie auf ihre Usability hin untersucht. Zum Abschluss dieser Phase wurde ein Zwischenfazit erstellt, welches die gewonnen Erkenntnisse aus der Konzeption zusammenfasst.

Während der Realisierungsphase wurden die drei analysierten Teleportationsmethoden ausgewählt, in einen Prototypen implementiert und schlussendlich von Probanden getestet. Eine einfache Aufgabenstellung, die dann von den Nutzern im Rahmen der Nutzertest gelöst werden musste, wurde erstellt. Nach der Definition der Aufgabe wurde ein Fragebogen erstellt, der im Rahmen der Nutzertests von der Autorenschaft ausgefüllt werden würde. Nach der Beendigung des Fragebogens konnte mit der eigentlichen Realisierung des Prototypen begonnen werden. Dieser wurde in den folgenden fünf Iterationen durchgeführt:

1. Leveldesign und dessen Umsetzung
2. Implementierung des SteamVR Teleports
3. Implementierung des Dash Teleports
4. Implementierung des Avatar Teleports
5. Zusammenführung in Testumgebung

Nach jeder Iteration wurde der Prototyp auf Bugs hin untersucht, durch die Autorenschaft getestet und etwaige Verbesserungen vorgenommen. Vor den Nutzertests wurde der Prototyp noch durch Aussenstehende getestet. Der Prototyp wurde anschliessend mit zehn Probanden getestet und

Eindrücke daraus mittels eines Fragebogens stichwortartig festgehalten. Diese Stichworte wurden in einem nächsten Schritt ausformuliert.

In der anschliessenden Auswertung wurden die ausgefüllten Fragebögen einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Hierbei wurden die Aussagen der Probanden auf Gemeinsamkeiten hin untersucht. Die identifizierten Gemeinsamkeiten konnten schlussendlich benannt und Bedürfnissen der Nutzer zugeordnet werden, welche sie in-/direkt während des Tests angesprochen haben. Zusammen mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche konnten zu beachtende Aspekte für die Findung einer passenden Art von Teleport für VR Applikationen definiert werden.

In der abschliessenden Phase wurde die Dokumentation mit den gewonnen Erkenntnissen ergänzt und überarbeitet. Das Kurzvideo, wie auch der Web-Abstract wurden erstellt und die Präsentation der Resultate wurde vorbereitet.

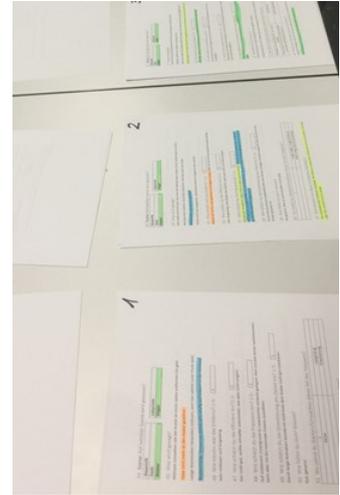


Abbildung 2 Qualitative Inhaltsanalyse

#### 4. Stand der Praxis

Um einen Überblick über die Themengebiete der Usability, wie auch der VR zu schaffen, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die den Stand der Praxis der beiden Themengebiete aufzeigen soll. Zudem werden verschiedene Arten der Teleportation aufgezeigt, erklärt und auf drei davon wird vertieft in einer heuristischen Untersuchung eingegangen. Zum Abschluss dieses Kapitels wird dann ein Zwischenfazit der gesammelten Erkenntnisse erstellt.

##### 4.1. Usability

Usability wird im Hinblick auf die Akzeptanz eines Systems gleich wie die Utility, als Bestandteil des Nutzens, eingestuft. Dabei unterscheiden sich Utility und Usability darin, dass die Utility die Frage aufwirft, ob das System die benötigten Funktionalitäten ausführen kann und die Usability sich damit auseinandersetzt, wie gut

die Nutzer die Funktionalitäten anwenden können. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, sind der Usability fünf Punkte untergeordnet (5 E's nach Whitney Quesenbery), nach denen man die Anwendung auf deren Usability hin analysieren kann. Je nachdem, welches System man für die Analyse der Usability verwendet kann die Anzahl der zu analysierenden Punkte variieren. So wurden für Analysen in dieser Arbeit die zehn Heuristiken nach Jakob Nielsen auf Grund der weiten Verbreitung in der Praxis, wie auch seiner flexiblen Anwendung verwendet.

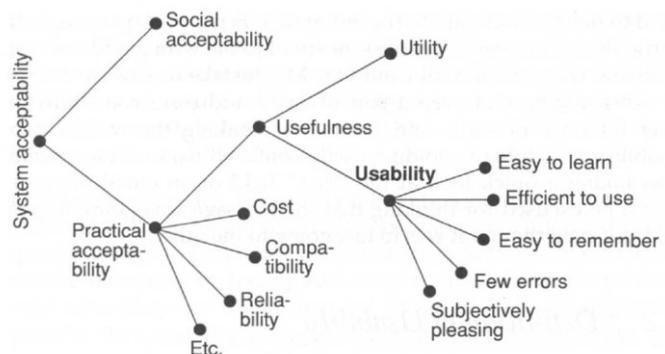


Abbildung 3 Usability als Teil der Systemakzeptanz (Nielsen, 1994)

Usability ist sehr beständig. Noch immer sind Grundsätze und Prinzipien relevant, die bereits seit Jahrzehnten angewendet werden. Diese Beständigkeit lässt sich durch einen einfachen Umstand erklären: Systeme und Interfaces passen sich dem Menschen an, die sie bedienen. Menschen und ihr Verhalten ändern sich, wann dann sehr langsam und stetig.

Zeitlich wird die Usability auf die tatsächliche Erfüllung der Aufgabe begrenzt. Vorhergehend Vorstellungen über die Benutzung der Anwendung, wie auch die Nachwirkungen fließen nicht in die Usability. Diese werden zusammen mit der Usability in der User Experience als Überbegriff zusammengefasst.

Die Anwendungsbereiche der Usability sind nicht an eine Plattform gebunden. Erkenntnisse im Bereich der Usability können zu einem gewissen Grad auf jegliche Interaktion zwischen Benutzer und System angewendet werden.

Die Investition in die Verbesserung der Usability erfolgt hauptsächlich aus wirtschaftlichen Gründen. Durch ein ausgereiftes und im vorherein getestetes User Interface können vielerlei Kosten für das Unternehmen reduziert und der Umsatz erhöht werden. Einige Beispiele sind:

- **Supportkosten** können durch einfach nachvollziehbare Prozesse und ein unterstützendes Design reduziert werden.
- Verständlichere Prozesse benötigen weniger **Dokumentation** und **Schulungskosten** für Mitarbeiter können eingespart werden
- Reduzierte **Entwicklungszeit** von neuen Produkten durch gezielte Nutzertests mit der gewünschten Zielgruppe.
- Durch bereits gemachte Nutzertests mit Prototypen in der Zielgruppe, kann zielgerichteter Werbung geschaltet und Produktbeschriebe erstellt werden. Dadurch erhöhen sich die **Absatzzahlen bei Neueinführungen**.
- **Werbekosten** können reduziert werden, durch Zielgruppenorientierte Kampagnen, wie auch durch Mund zu Mund Propaganda zufriedener Kunden.

- Verkürzte **Rentabilitätsdauer** von neuen Produkten wegen verringerter Entwicklungskosten und den erhöhten Absatz.
- **Die Reputation** des Unternehmens wird durch gut gestaltete Produkte verbessert.

Generell gesagt, kann durch eine hohe Benutzerfreundlichkeit ein Mehrwert geschaffen werden, der dem Unternehmen hilft Kosten einzusparen, Umsätze zu erhöhen und das Unternehmen als Ganzes aufzuwerten (Uhr, 2019). Der Mehrwert, der daraus resultiert lässt sich am Beispiel einer Webseite anhand der Konvertierungsrate (CV) messen. Die Konvertierungsrate beschreibt eine Kennzahl im Bereich des Online-Marketing, bei der gemessen wird, wie viele Prozent der Nutzer eine Aktion ausführen, die so gewollt war.

#### Beispiel: Umwandlung eines Online-Shop-Besuchers in einen Kunden. (siehe Abbildung 4)

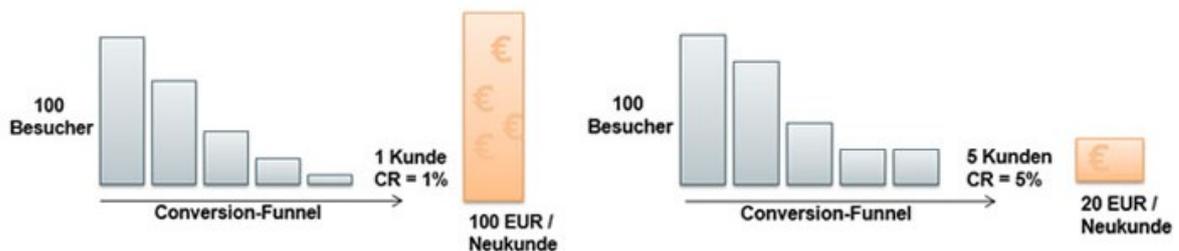


Abbildung 4 Konvertierungsrate (CV) (Waterstrat, 2018)

«Nehmen wir an, du zahlst bei Google Adwords für eine Anzeige 1€ pro Klick. Klicken 100 Leute auf die Anzeige und einer davon wird zum Käufer (Conversionrate = 1 %), kostet dich die Gewinnung eines (!) neuen Kunden also 100 €. Steigt die CR auf 5 % (also 5 von 100 Leuten kaufen), zahlst du dagegen nur 20 € pro Kunde.» (Waterstrat, 2018)

In einer Studie von Jakob Nielsen aus dem Jahr 2008 wurde herausgefunden, dass mit einer Investition von 10% der Projektressourcen in die Usability die CR um 83% gesteigert werden kann. 2002 war die durchschnittliche Verbesserung zwar noch bei 135%. Dieser Abfall an Verbesserung kann jedoch durch die gleichbleibenden Investitionsbudgets für die Usability und die steigenden Kosten für Usability Projekte erklärt werden (Nielsen, 2008).

«We have now harvested most of the low-hanging fruit from the truly horrible websites that dominated the last decade of Web usability (approximately 1993–2003). In those early years, Web design was abominable — think splash screens, search that didn't find anything, bloated graphics everywhere. The only good thing about these early designs was that they were so bad that it was easy for usability people to be heroes: even the smallest study would inevitably reveal several immense opportunities for improvement.» (Nielsen, 2008)

#### 4.1.1. Heuristiken nach Jakob Nielsen

Jakob Nielsen veröffentlichte 1993 zusammen mit dem Buch Usability Engineering seine zehn Heuristiken zum Thema Usability. Diese zehn Punkte sind beabsichtigt breit gefasst und nicht als Richtlinien, sondern mehr als Vorschläge zu verstehen. Nachfolgend werden die zehn Heuristiken genauer erklärt.

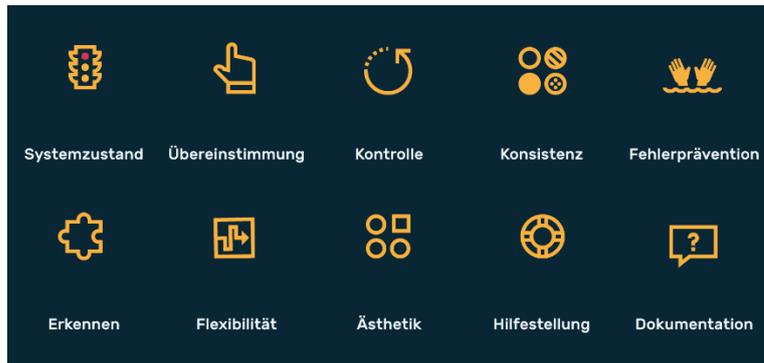


Abbildung 5 Heuristiken nach Jakob Nielsen (Designsensor AG, 2017)

### **Systemzustand**

«Das System sollte zu jedem Zeitpunkt den Benutzer darüber informieren, womit es sich gerade beschäftigt. Das System sollte mit einer angemessenen Antwort (d.h. verständlich) in vernünftiger Zeit (d.h. innerhalb weniger Sekunden) reagieren.» (Designsensor AG, 2017)

### **Übereinstimmung**

«Das System sollte die Sprache des Anwenders sprechen, mit Worten, Phrasen und Konzepten, welche dem Benutzer vertraut sind. Es sollten weniger systemorientierte Meldungen, insbesondere keine Codes verwendet werden. Zusätzlich sollte den Konventionen der realen Welt Rechnung getragen werden. Die Informationen bzw. Meldungen müssen in natürlicher und logischer Reihenfolge angezeigt werden.» (Designsensor AG, 2017)

### **Kontrolle**

«Der Benutzer macht bei der Bedienung des Systems, d.h. bei der Auswahl von Systemfunktionen Fehler. Dann braucht er einen deutlich markierten Notausgang, um die unerwünschte Auswahl rückgängig machen zu können. Dies sollte er können, ohne aufwendige Dialoge absolvieren zu müssen. Funktionen wie Rückgängig und Wiederholen sollten von einer Software unterstützt werden.» (Designsensor AG, 2017)

### **Konsistenz**

«Der Benutzer sollte nicht über unterschiedliche Terminologien, Situationen oder Aktionen, welche eigentlich dieselbe Sache beschreiben, stolpern. Eine Anwendung sollte deshalb den Plattformkonventionen folgen und gleiche Sachverhalte einheitlich darstellen.» (Designsensor AG, 2017)

### **Fehlerprävention**

«Ein umsichtiges Design, welches Fehlern vorbeugt, bevor sie auftreten können ist immer besser als eine gute Fehlermeldung. Deshalb sollten Mehrdeutigkeit und Unübersichtlichkeit vermieden werden sowie unwichtige Informationen verborgen bleiben.» (Designsensor AG, 2017)

### **Erkennen**

«Objekte, Aktionen und Optionen sollten sichtbar sein, d.h. auf der Oberfläche verfügbar sein. Der Anwender sollte sich nicht an jede Dialogreihenfolge erinnern müssen, wie er Instruktionen für das Benutzen des Systems erreichen kann. Sie sollten erreichbar sein, wann immer sie gebraucht werden.» (Designsensor AG, 2017)

### **Flexibilität**

«Beschleunigungen oder Abkürzungen (zum Beispiel Icon in Toolbars oder Tastaturkürzel), welche vom unerfahrenen Anwender nicht gesehen und nicht gebraucht werden, können häufig die

*Geschwindigkeit der Benutzung für erfahrene Anwender erhöhen. Der Anwender sollte diese zudem selbst gestalten können.» (Designsensor AG, 2017)*

### **Ästhetik**

*«Dialoge sollten keine Informationen enthalten, welche unwichtig oder ungewöhnlich sind. Jede zusätzliche Information in einem Dialog steht im Wettbewerb mit den relevanten Informationen und vermindern ihre relative Sichtbarkeit. Informationen sollten stets so kurz und gehaltvoll wie möglich sein, d.h. jegliche unnötige Information sollte vermieden werden.» (Designsensor AG, 2017)*

### **Hilfestellung**

*«Fehlermeldungen sollten in einfacher Sprache erfolgen. Es sollten keine Codes oder dem Anwender unverständliche Meldungen ausgegeben werden. Sie sollten die Ursache des Problems präzise beschreiben und konstruktiv einen Lösungsweg aufzeigen. Der einfachste Lösungsweg ist das Rückgängig machen von Fehlern.» (Designsensor AG, 2017)*

### **Dokumentation**

*«In jedem Fall ist es besser, wenn das System ohne Dokumentation verwendet werden kann. Es kann Hilfe und Dokumentation angeboten werden. In diesem Fall sollte jede Information leicht zu suchen und zu finden sein. Die Hilfe sollte auf die Aufgabe, welche der Anwender gerade bewältigt, fokussiert sein. Es sollte eine konkrete Liste von Schritten ausgegeben werden, welche einen Lösungsweg für die Aufgabe beschreibt und den Anwender möglichst schnell zum Ziel führt.» (Designsensor AG, 2017)*

Der Sinn und Zweck der Heuristiken ist deren Nutzung in einer heuristischen Evaluation von User Interfaces. Bei dieser Herangehensweise untersucht eine Gruppe Bewertender ein User Interface auf Probleme in dessen Usability.

- In einem ersten Schritt dieser Evaluation werden die Bewerter vom Initiator der Untersuchung mit den zu untersuchenden Heuristiken, dem User Interface und Hintergrundinformationen versorgt. Zusätzlich erhalten die Bewerter eine Reihe von Aufgaben, welche sie während dem Test Schritt für Schritt durchlaufen sollen. Die untersuchten Heuristiken und die zu erfüllenden Aufgaben sind dabei frei durch den Initiator wählbar. Je nach Ziel der Untersuchung können diese mehr oder weniger mit den Heuristiken von Nielsen abgedeckt werden.
- Als nächstes wird das Interface durch jeden Bewerter separat untersucht und danach in der Gruppe zusammengefasst.
- Anschliessend werden die identifizierten Probleme von jedem Bewerter separat nach Dringlichkeit des Problems priorisiert und danach in der Gruppe besprochen.

Nach dem Ende der Evaluation wird der erstellte Fragenkatalog dann mit dem Design Team analysiert und in einem Debriefing rekapituliert. Durch die erste Evaluation und die nachfolgende Diskussion in der Gruppe profitiert dieses Vorgehen sowohl von einzelnen Wahrnehmungen, wie auch vom gesammelten Wissen der Gruppe (Nielsen, 1994).

#### 4.1.2. Usability in der VR

Die Auswirkungen und Bedürfnisse von Usern in einer künstlich erschaffenen virtuellen Welt (VR) wurden bis anhin noch nicht ausführlich durch die Literatur behandelt. Auch wenn klar ist, dass die Usability in der VR einen grossen Stellenwert hat, bestehen noch wenige spezifische Studien zu diesem Thema. Die bestehenden Grundprinzipie der Usability konnten grösstenteils auf die reale Welt, wie auch auf das Internet übernommen werden. Daraus eröffnet sich die Frage, ob man diese auch auf die neue Plattform VR in einem ähnlichen Rahmen anwenden kann.

Durch eine im Februar veröffentlichte Studie konnte am Beispiel der Firefox Reality bewiesen werden, dass dieses Vorgehen angemessen ist, jedoch noch weitere Punkte bei der Untersuchung der Usability in der VR hinzugefügt werden sollten.

Im Rahmen der Studie wurden 672 bereinigte Reviews von Nutzern auf der Plattform der Firefox VR untersucht. Dabei wurden 345 Reviews identifiziert, die einen Zusammenhang mit der Usability vorwiesen. Anschliessend wurden alle Usability relevanten Reviews den zehn Heuristiken nach Nielsen zugeordnet. Durch diese Vorgehensweise konnten 267 der 345 identifizierten relevanten Reviews zugeordnet werden, was eine Übereinstimmung von 77.4% ergab (siehe Abbildung 6).

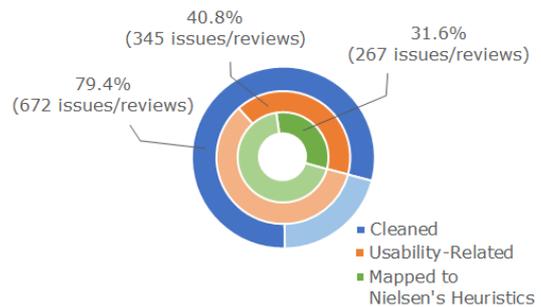


Abbildung 6 Untersuchte Reviews (Wang, Cheng, & Guo, 2019)

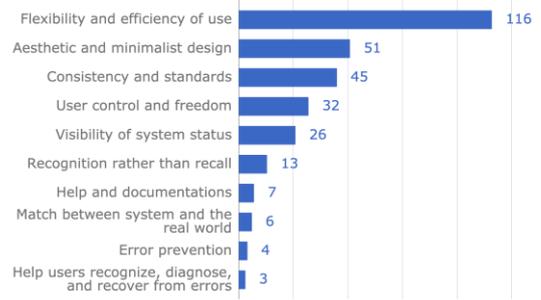


Abbildung 7 Zuordnung Reviews (Wang et al., 2019)

Bei der Zuordnung auf die Heuristiken wurde klar, dass die Hauptprobleme in der Flexibilität und der Effizienz liegen (siehe Abbildung 7). Als Beispiel hierfür wurde das Fehlen einer effektiven Methode aufgeführt, die das Schreiben von Text ermöglicht. Mit weniger als halb so vielen Reviews wurde die Ästhetik identifiziert. Der nutzerzentrierte Designprozesses bei der Entwicklung der Firefox Reality machte sich hier bemerkbar. Als dritthäufigstes Problem wird die Konsistenz und das Einhalten von Standards aufgeführt. Diese Probleme traten durch Erwartungen auf, die Nutzer auf Grund der bekannten Desktopversion an die Umsetzung in der VR hatten. Ein Beispiel war das Fehlen der Funktion zum Umkehren der Y-Achse zum Scrollen (Wang et al., 2019).

Zusätzlich zu den bestehenden Heuristiken wurden neue Themenbereiche identifiziert, welche die Usability in der VR beeinflussen.

- Sicherheit und Privatsphäre (22 Reviews): Nutzer wollen selbst entscheiden, ob und welche Informationen übertragen werden.
- Zugänglichkeit (9 Reviews): Applikationen sollen für jedermann zugänglich gemacht werden. Funktionen zur Umschaltung in einen Modus für Farbenblinde wurde gewollt.
- Kameraführung (6 Reviews): Der Blickwinkel in der VR sollte mit dem normalen in einem natürlichen Rahmen konform gehen. So wurde bemängelt, dass die Kamera in der VR zu hoch platziert wurde oder dass die Verzögerung beim Rendern der Umgebung den Blickwinkel verzögert dargestellt hat.(Wang et al., 2019)

## 4.2. Virtual Reality

Im Vergleich zur beständigen Usability und deren Grundsätzen sind die Forschung und der Markt der VR stetig im Wandel. Das Grundkonzept der VR bleibt jedoch bestehen. Durch die Kombination eines Bildschirms, der kein erkennbares Ende hat, und dank einer stereoskopischen Illusion wird einem das Gefühl vermittelt, dass man sich in einer dreidimensionalen Umgebung befindet und zur Immersion in diese Umgebung. Um das Gefühl der Immersion zu verstärken sind Bewegungs- und Rotationssensoren eingebaut, welche die Rotation des Bildschirms auf den verschiedenen Achsen (3 Dimensionen der Freiheit, 3DoF) messen und in der VR wiedergeben. Zudem werden in Head Mounted Displays (HMD's), wie in der Oculus Rift oder der HTC Vive, die Positionen der einzelnen Hardwarekomponenten im Raum ermittelt. Dies geschieht entweder durch interne oder externe Sensoren, was eine Abbildung von 6 Dimensionen der Freiheit (6DoF) in der VR ermöglicht.

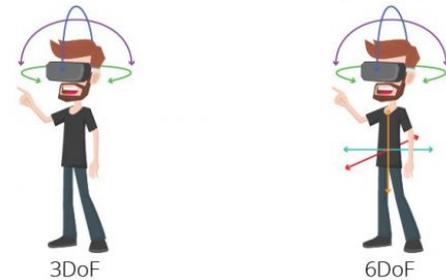


Abbildung 8 Dimensionen der Freiheit (immersiv, 2018)

### 4.2.1. Geschichte der VR

Die Erschaffung und die Immersion in die virtuelle Realität beschäftigte die Menschheit bereits viel länger, als erst seit 2013, als die erste Developer Version der Oculus Rift veröffentlicht wurde. Der erste Grundstein für die VR wurde bereits 1838 gelegt. Charles Wheatstone bewies mit seiner Forschung, dass das menschliche Gehirn aus den einzelnen 2D Bildern beider Augen und durch den Unterschied im Blickwinkel beider Bilder eine dreidimensionale Ansicht ermöglicht. Als Resultat seiner Forschung entstand das Stereoskop (siehe Abbildung 9), welches dem Träger, durch das Zeigen von zwei Bildern eines Objekts, das Gefühl einer dreidimensionalen Betrachtung vermittelte. Das von ihm entdeckte Prinzip, die Stereoskopie, wird noch heute in allen VR-Brillen verwendet. Dieses Prinzip erklärt auch, wieso Menschen, die an Weitsichtigkeit leiden auch in der VR weit entfernte Objekte unscharf sehen. Die Illusion eines drei Dimensionalen Bildes wird dabei so gut aufrechterhalten, dass das Auge auch Entfernungen in der VR als real wahrnimmt. 1935 veröffentlichte der Autor Stanley G. Weinbaum eine Science-Fiction-Geschichte namens „Pygmalion's Spectacles“. In dieser Kurzgeschichte stellte er als erster das Konzept einer Brille vor, die einen durch holografische Bilder eine andere Welt erleben lässt. Als Vergleich: Ein Jahr später entwickelte Konrad Zuse den ersten programmierbaren Computer mit einem Speicher von 1'408 Bits. Ivan Sutherland veröffentlichte 1965 ein Essay mit dem Titel „The Ultimate Display“, in dem er aus einer wissenschaftlichen Perspektive die Umsetzung einer computergenerierten, virtuellen Realität mit Hilfe eines HMD beschrieb.



Abbildung 9 Stereoskop (Virtual Reality Society, 2017)

*«The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.» (Sutherland, 1965)*

Nur drei Jahre nach der Veröffentlichung von „The Ultimate Display“ entwickelte Sutherland das „Sword of Damocles“, das erste HMD, welches an einen Computer und nicht an eine Kamera

angeschlossen war. Das HMD war an der Decke des Raumes befestigt, weil das Gewicht der Apparatur nicht getragen werden konnte, was seiner Namensgebung beigetragen hat. Nachdem SEGA 1993 mit der Entwicklung ihres VR Prototypen scheiterte, veröffentlichte Nintendo 1995 mit dem Virtual Boy die erste portable Spielekonsole, die dreidimensionale Grafik versprach. Aufgrund der schlechten Grafik, fehlendem Support, wie auch der unangenehmen Handhabung wurde der Virtual Boy nach einem Jahr vom Markt genommen.

Trotz Fehlschlägen in der Vergangenheit haben Entwickler weiter an der Umsetzung einer VR-Applikation mit einem HMD gearbeitet. Während dieser Zeit konnte die Forschung im Feld der VR von Fortschritten in den Bereichen der Bildverarbeitung und Prozessorleistung profitieren. *«The rise of smartphones with high-density displays and 3D graphics capabilities has enabled a generation of lightweight and practical virtual reality devices.»* (Virtual Reality Society, 2017)

Mit der Veröffentlichung der Oculus Rift für Endkonsumenten im März 2016 wurde dann die Barriere zwischen Entwicklern und Konsumenten erstmals durchbrochen. Im April folgte dann auch die HTC Vive, die von HTC in Kooperation mit Valve entwickelt und produziert wurde. Die Vive war das erste HMD, welche die Lighthouse-Technologie zum Tracking von Headset und Controller verwendet hat. Dabei werden Boxen an entgegengesetzten Ecken des Raumes montiert, welche durch Infrarotsignale die Sensoren in den Endgeräten tracken und die Position, wie auch Rotation derer drahtlos an das System weiterleiten (vrjump.de, o. J.). Zudem war ist die Vive Teil des SteamVR-Projekts von Valve, welches eine hardwareunabhängige Plattform für die Entwicklung und Benutzung von VR-Applikationen darstellt.

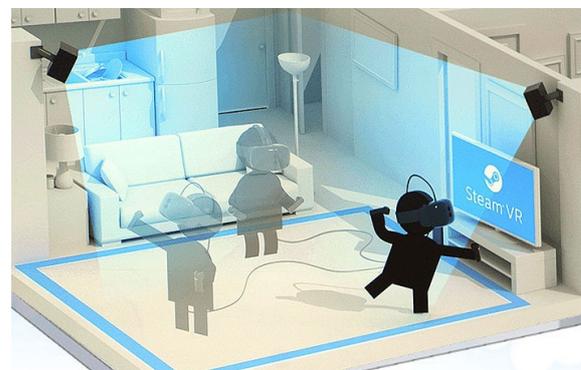


Abbildung 10 Valve Lighthouse (vrjump.de, o. J.)

Heute ist das Forschungsgebiet und der Markt VR stetig im Wandel. Dank des Hypes, den die Veröffentlichungen der ersten kommerziellen VR-Headsets ausgelöst haben werden beinahe schon täglich neue Applikationen, Hardwaresysteme oder Forschungsergebnisse veröffentlicht. Verbesserungen werden vorgenommen, um die Virtuelle Welt für eine noch breitere Nutzergruppe zugänglich zu machen und um sich von der Konkurrenz abzuheben. Die stetigen Verbesserungen scheinen ihr Ziel auch zu erreichen. Im Verlauf des Jahres 2018 wurden insgesamt 30% mehr VR-Brillen verkauft, als noch 2017 (SuperData Research Holdings, 2019). Zudem wird erwartet, dass der Markt in den nächsten Jahren noch weiterwächst und bereits 2022 mehr als fünf Mal so viele Brillen verkauft werden als noch 2017 (siehe Abbildung 12).

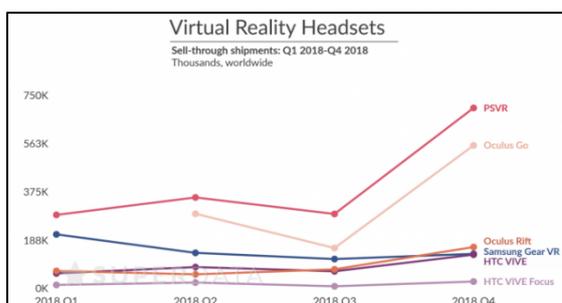


Abbildung 11 Verkaufte VR Headsets 2018  
(SuperData Research Holdings, 2019)

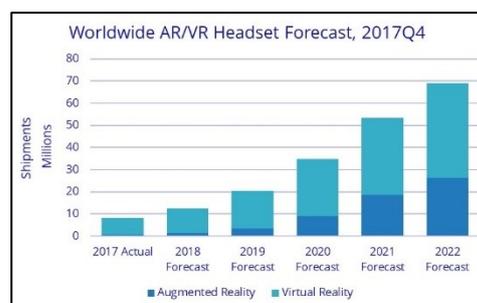


Abbildung 12 Vorhersage Absatz AR/VR Headsets  
(IDC Corporate USA, 2018)

#### 4.2.2. Teleportation

Eine der grossen Herausforderungen in der Entwicklung von VR-Applikationen besteht in der Fortbewegung im virtuellen Raum. Obwohl beinahe unendlich grosse Welten in der VR erzeugt werden können, sind die Methoden, mit denen diese Welten erkundet werden können, beschränkt. *«Locomotion is considered as one of the most important interaction components of virtual reality (VR) experiences, since it is a very common and crucial task for moving in 3D virtual environments.»*(Bozgeyikli, Raji, Katkooi, & Dubey, 2016) Auch wenn eine perfekte Art der Fortbewegung nicht das Hauptziel der meisten Applikationen darstellt, trägt sie stark zu der Gesamtwahrnehmung bei, da in irgend einer Form beinahe immer der Nutzer durch die virtuelle Welt geführt werden muss. Es gibt eine weite Bandbreite von verschiedenen Locomotion Ansätzen, welche sich durch im Typ der Interaktion, der Bewegungsart und in der Grösse des Interaktionsfeldes innerhalb der VR unterscheiden (siehe Abbildung 13).

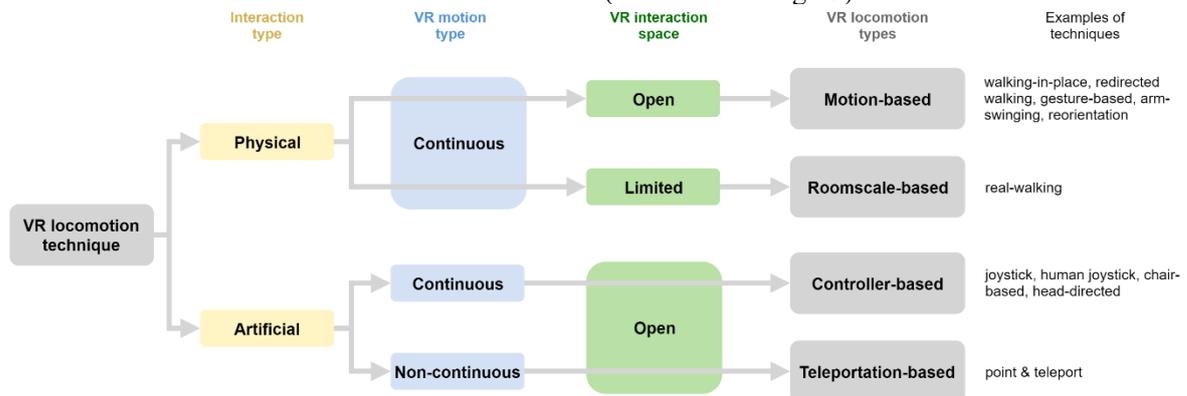


Abbildung 13 VR Locomotion Techniken (Boletsis, 2017)

Eine oft verwendete Methode der Locomotion ist die Teleportation oder auch Point & Teleport. Diese erlaubt es dem Nutzer sich innerhalb eines bestimmten Bereichs oder zwischen vordefinierten Punkten beinahe augenblicklich von Punkt A zu seinem gewählten Zielort zu transportieren. Auf Grund seiner einfachen Point and Click Steuerung wird er sehr schnell verstanden und die Effiziente Fortbewegung führt bei Nutzern zu einer guten User Experience, wenn es darum geht sich im Rahmen einer Aufgabe an vordefinierte Standorte zu bewegen (Boletsis, 2017). Zudem verzichtet sie auf jegliche Art der natürlichen Bewegung und führt darum nur bei einem sehr kleinen Teil der Nutzer zu Motion Sickness (Korgel, 2017).

Der Teleport hat auch im Vergleich mit anderen Locomotion Ansätzen einige Vorteile. Gegenüber der Steuerung mit einem Joystick führt der Teleport ein höheres Mass an Vergnügen hervor. Zudem ist er beim Ablaufen von Zielen effizienter, da Nutzer dazu tendieren bei der Rotation am Zielpunkt den Joystick weiter zu benutzen und somit eine Kurve laufen (siehe Abbildung 14 a und b). Gegenüber eines Walk-in-Place Ansatzes zur Bewegung benötigt die Teleportation keine ständige Bewegung des Nutzers was bei längerem Gebrauch zu Ermüdung führen kann. Zudem werden in Umgebungen mit Hindernissen weniger Kollisionen mit einer Fortbewegung via Teleport hervorgerufen, als mit den anderen beiden Methoden. (Bozgeyikli et al., 2016). Im Vergleich zu Real-Walking-Ansätzen sind Vorteile im Interaktionsbereich zu finden. Durch den eingeschränkten Raum, in dem das HMD getrackt werden kann, sind die Bewegungen demzufolge auch in der VR auf einen vergleichbaren Raum begrenzt. Durch das Einsetzen von multidirektionalen Laufbändern (VR omnidirectional Treadmills) kann diese Begrenzung zwar aufgehoben werden, jedoch ist dies mit hohen Anschaffungskosten verbunden. Des Weiteren kann Teleportation auch im Sitzen angewendet werden und benötigt keine Interaktion des Nutzers, bis auf die Auswahl des Ziels, was sie auch für eingeschränkte Nutzer leicht anwendbar macht.

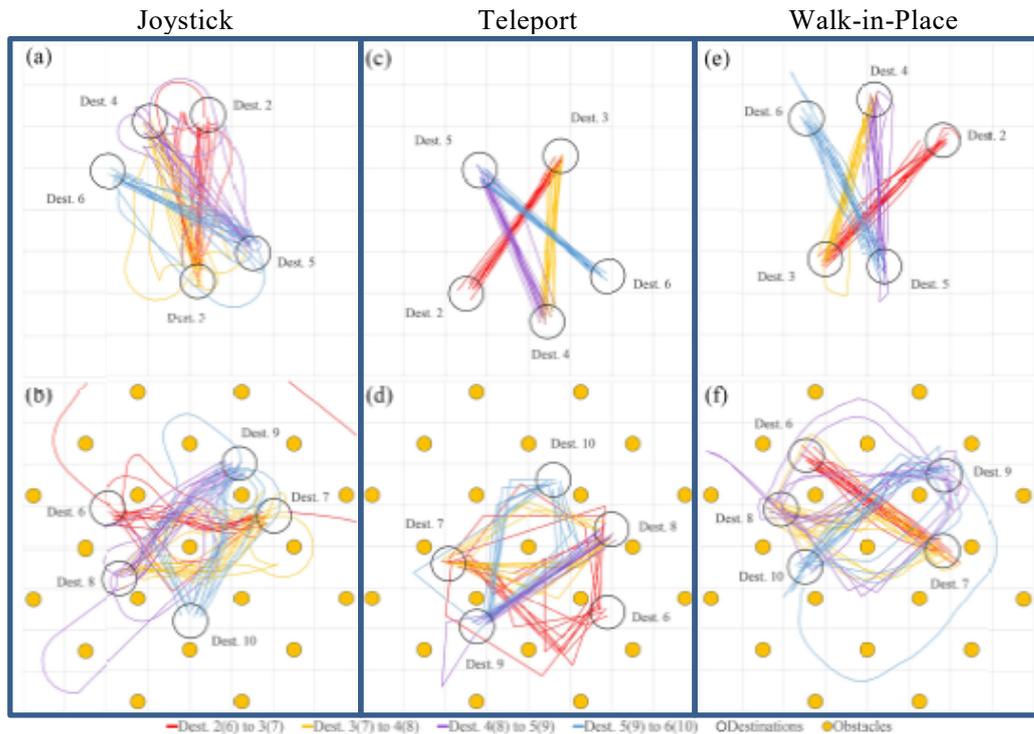


Abbildung 14 Vergleich zurückgelegter Strecken Joystick/Teleport/Walk-in-Place (Bozgeyikli et al., 2016)

Die Teleportation bringt auch einige Nachteile mit sich, die das Spielerlebnis erheblich beeinflussen können. So werden auf Grund der sofortigen Teleportation an den Zielort werden die Orientierung und die Wahrnehmung der Nutzer sehr stark beansprucht, dies tritt besonders bei schnell aufeinander folgenden Ports auf. «*Teleportation made my eyes very weary because it was blinking all the time*» (Boletsis & Cedergren, 2019). Zudem passt die sofortige Teleportation nicht in eine grosse Bandbreite von Szenarien. Die Implementation eines Teleports in eine unpassende Umgebung, wie in eine realistische Umgebungssimulation, stört den Gesamteindruck und führt somit zu einer weniger intensiven Immersion. Der Spielfluss kann auch durch den Teleport beeinflusst werden, da man während der Dauer des Teleports, aus dem Spiel gerissen wird.

### 4.3. Identifizierte Teleportationsmethoden

Auf Grund seiner tiefen Immersionsrate im Vergleich mit anderen Locomotion-Methoden wurden verschiedene Teleportationsmethoden entwickelt, um die Fortbewegung mittels eines Point & Klick Teleports in anderen Szenarien als Science-Fiction immersiver zu gestalten. Die identifizierten Methoden unterscheiden sich entweder in der Findung des Zielpunktes (Navigation) oder in der Bewegung zum gewählten Zielpunkt. Die Unterschiede sollen das Spielerlebnis verbessern, wie auch die Bewegung für den Nutzer nachvollziehbarer/natürlicher machen.

#### Navigationmethoden:

- **Throw Object Teleport:** Wie der Name bereits andeutet wird bei dieser Methode ein Projektil geworfen, welches den Zielpunkt für die Bewegung definiert. Sie kann durch die Implementierung von Physik können diese Projektile beispielsweise von Wänden abprallen oder auf erhöhte Ebenen geworfen werden, was verschiedenste Möglichkeiten zur Fortbewegung eröffnet.
- **Teleportation Points:** Fest definierte Punkte auf der Karte, an die man sich bewegen kann. Die Auswahl dieser Punkte kann beispielsweise in Form einer Liste, auf einer Minimap oder durch direktes interagieren mit den Punkten geschehen. Der Blickwinkel beim Start des Teleport wird am Zielpunkt übernommen.
- **Host to Host Teleport:** Hierbei bewegt man sich zwischen verschiedenen Wirtskörpern (Hosts). Diese Hosts sind Bewegliche Teleportationspunkte, die verschiedene Attribute besitzen können. Im Science-Fiction-Shooter "Damaged Core" können beispielsweise Roboter gehackt und somit übernommen werden, dabei können je nach Art des Roboters verschiedene Aktionen ausgeführt werden (Kameradrohne, Kampfeinheit usw.). Dabei wird auch der Blickwinkel des Hosts übernommen.
- **Teleportation Preview Kamera:** Nach einer Vorauswahl des Ziels wird ein Bild der Sichtweise am Ziel angezeigt. Danach kann bestimmt werden, ob man sich dort hin teleportieren soll. Falls sich nicht an den ausgewählten Zielort teleportiert werden soll, kann einfach ein neuer Zielpunkt definiert werden.

#### Bewegungsmethoden:

- **Instant Teleport:** Die Transportation zwischen Start und Ziel geschieht sofort. Durch die Auslösung des Instant Teleports wird der Nutzer umgehend an den Zielort transportiert ohne eine Zwischensequenz, wie einen Black Screen.
- **Blink Teleport:** Bei dem Blink Teleport geschieht die Transportation, ähnlich wie beim Instant Teleport auch umgehend nach der Auswahl des Ziels, jedoch wird eine sehr kurzer Blackscreen eingeblendet der an ein Blinzeln erinnern soll.
- **Dash Teleport:** Nach der Auswahl des Ziels bewegt sich der Spieler in einer schnellen Vorwärtsbewegung auf das Ziel zu. Der Dash kann durch einen künstlich erzeugten Tunnelblick ergänzt werden, um die Gefahr von Motion Sickness zu verringern. Der Tunnelblick wird dabei durch Designelemente am Rand des Bildschirms erzeugt, welche den Fokus des Nutzers auf das Ziel lenken und nicht auf die sich bewegende Umgebung.
- **Avatar Teleport:** Durch die Projektion eines Avatars, der sich auf das ausgewählte Ziel zubewegt, wird der Weg simuliert. Nachdem der Avatar das Ziel erreicht hat wird man in einem Instant Teleport dorthin transportiert. Durch diese Mechanik soll das Erreichen des Ziels verständlicher dargestellt werden.
- **Redirected Teleportation:** Eine Kombination zwischen Realer Fortbewegung zu Fuss und einer Teleportation. Die Locomotion wird hierbei durch das Ablaufen des Trackingbereichs ausgeführt. Sobald der Nutzer an die Grenze dieses Bereichs gelangt, kann ein Portal erzeugt werden, das seitlich von einem erscheint. Als Zielbereich des Portals wird die aktuelle Position gewählt, inklusive der aktuellen Ausrichtung. Durch die Drehung und das Passieren des Portals bleibt zwar die Position in der VR die gleiche, jedoch kann durch die Drehung in der realen Welt wieder weiter am Rand des Trackingbereichs entlanggelaufen werden (Bumble, 2016; Carbotte, 2018).

#### **4.4. Analyse Teleportationsmethoden**

Die Analyse bestehender Teleports wurde anhand der zehn Heuristiken nach Nielsen durchgeführt. Die ausgewählten Teleportationsmethoden wurden anhand ihrer Verbreitung in der Praxis oder auf Grund einer speziellen Mechanik ausgewählt, die die Methode von anderen abhebt. Die Bewertung der Heuristiken wurden anhand persönlicher Eindrücke der Autorenschaft erstellt.

Anwendungsbeispiele aus der Praxis wurden als Grundlage dafür verwendet, da jede Methode auf unterschiedliche Arten implementiert werden kann und diese Implementierungsunterschiede einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Usability haben. Für die Evaluation wurden positive, wie negative Aspekte der Teleportationsmethoden auf die einzelnen Heuristiken verteilt und ihnen eine Gewichtung zugeordnet. Die Gewichtung reicht von 1-5 wobei 1 beinahe keine und 5 grosse Auswirkungen auf die Nutzerwahrnehmung hat. Aus Kostentechnischen, wie auch zeitlichen Gründen wurden der Dash, wie auch der Avatar Teleport nur mit anhand von Videomaterial analysiert.

Die drei dafür ausgewählten Teleporte waren:

- Blink Teleport
- Dash Teleport
- Avatar Teleport

Die Tabellen, auf denen die Punkte vorgenommen wurden, sind im Anhang unter 02\_Heuristische Untersuchungen zu finden.

#### 4.4.1. Blink Teleport

##### Anwendungsbeispiel: The Lab – SteamVR Teleport

The Lab ist eine Zusammenstellung verschiedener Experimente, die Valve durchgeführt hat. In den verschiedenen betretbaren Leveln kann man verschiedene Eindrücke der Möglichkeiten von VR sammeln. Im als Karte aufgebauten Levelauswahlmenü und im Hauptteil Leveln kann man sich mittels einer Art des Blink Teleports fortbewegen, dem SteamVR Teleport. Das Levelauswahlmenü ist im Stil eines futuristischen Labors gestaltet, was die Auswahl dieser Art des Teleports unterstützt. Die Level und kleinere Aktionen können an verschiedenen Teilen des Labors erlebt und durch den Teleport erreicht werden.

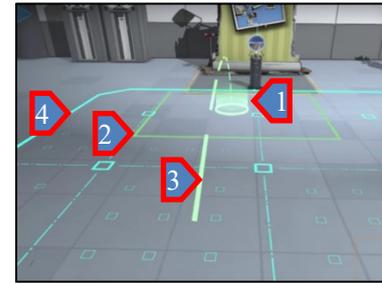


Abbildung 15 The Lab SteamVR Teleport  
(Frusetta, 2019)

Die Navigation wird durch das Drücken eines Buttons ausgelöst, welche aus vier Designelementen besteht. Einem Kreis, der die Zielposition des Nutzers anzeigt (siehe Abbildung 15, 1), einem Viereck, das den Trackingbereich aus der realen Welt in der VR abbilden soll (siehe Abbildung 15, 2) und einem animierten Bogen aus einzelnen Strichen, der auf den Zielort zeigt, um den Weg und die Entfernung besser zu veranschaulichen (siehe Abbildung 15, 3). Als letztes Designelement wird eine Teleporting-Area angezeigt, welche einem die maximale Reichweite der Bewegung anzeigt (siehe Abbildung 15, 4). Diese Elemente bleiben so lange angezeigt, bis der Button losgelassen wird und man sich somit an die letzte Position des Kreises teleportiert. Während des eigentlichen Teleports wird dem Nutzer ein Blackscreen angezeigt.

##### Resultate heuristische Analyse:

Bei der Analyse des Blink Teleports wurde klar, dass seine Stärken in seiner einfach zu begreifenden Steuerung und der akkuraten Navigation liegen. Zudem kann die Navigation, wenn einmal begriffen oder wenn Präzision zu vernachlässigen ist, durch das Antippen des Buttons beinahe übersprungen werden. Die simple Steuerung erlaubt es, dass die Teleportation nicht im Spiel in der Dokumentation aufgeführt werden muss. Für den Fall, dass trotzdem Probleme oder Unklarheiten auftauchen sollten stehen Foren zur Befragung zur Verfügung, was jedoch einen umständlichen Medienbruch von VR zu Desktop nach sich zieht.

Durch die Wahl, den Teleport beim Loslassen des Buttons auszulösen ergab sich das Problem, dass die Navigation nicht abgebrochen werden kann, ohne einen ungültigen Zielpunkt auszuwählen. Durch das ruhige Spielerlebnis in The Lab wird ein Unterbruch im Spielfluss durch den Blackscreen weniger stark gewichtet. Auch wenn der Sensorbereich nicht gleich erkannt wird, stört dieser bei der unwissenden Verwendung kaum, wie die Autorenschaft aus eigener Erfahrung berichten kann (Pirmin Jakob Schuler, 2019b).

#### 4.4.2. Dash Teleport

##### Anwendungsbeispiel: Raw Data

Raw Data ist ein Science-Fiction First Person Shooter. Die Geschichte spielt in einem Turm im Jahr 2271 und das Ziel besteht darin, die verschiedenen Stockwerke im Turm zu durchschreiten, während eine Armee aus Robotern probiert den Spieler daran zu hindern. Das Spiel beinhaltet einen Player vs. Player-, wie auch einen Singleplayer Modus. Dabei kann im Singleplayer Modus die Locomotion auf einen Dash eingestellt werden. In diesem Modus wird sich mit verschiedenen Waffen ausgerüstet ein Weg durch eine Horde von Robotergegnern gekämpft.

Durch das Drücken eines Buttons wird der Navigationsbereich angezeigt und durch das Loslassen wird der Dash ausgelöst. Im Navigationsbereich werden die Zielposition (siehe Abbildung 16, 1), ein flacher Zielbogen (siehe Abbildung 16, 2) und der Trackingbereich um den Nutzer herum (siehe Abbildung 16, 3) angezeigt. Bei Bestätigung des Ziels, durch Loslassen des Buttons, wird der Nutzer in einer schnellen, beinahe abrupten Vorwärtsbewegung zum Ziel transportiert. Dabei verschwinden die Zielposition, wie auch der Zielbogen, der Trackingbereich bleibt jedoch bis das Ziel erreicht wurde sichtbar. Das Gefühl der Geschwindigkeit und Natürlichkeit der Bewegung wird durch bei der Bewegung angezeigte Designelemente (siehe Abbildung 17, 4) noch verstärkt (jacksepticeye, 2017; Spoiler Alert, 2017; Survios, 2017).



Abbildung 16 Raw Data Navigation (jacksepticeye, 2017)

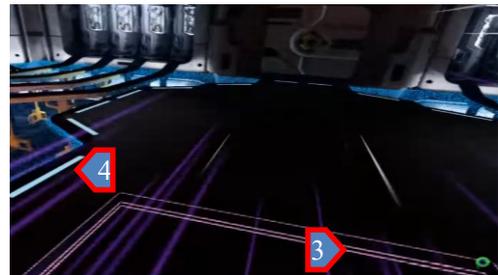


Abbildung 17 Raw Data Bewegung (jacksepticeye, 2017)

##### Resultate heuristische Analyse:

Die Analyse des Dash Teleports hat gezeigt, dass auch wenn der Weg durch das System, nach Erfassung des Ziels, vorgegeben ist, dass auf Grund der kurzen Reisezeit und der Nachvollziehbarkeit, wie man sich dort hinbewegt, das Gefühl von Kontrolle sehr hoch ist. Auch wenn die Art der Navigation ähnlich ist, wie die die in The Lab verwendet wird, hat man durch den flachen, erst gegen Ende gekrümmten Strahl das Gefühl, sich schneller an einen Ort hin bewegen zu können als bei dem stärker, gleichmässig gekrümmten Strahl. Das durch die Designelemente (siehe Abbildung 17, 4) hervorgerufene Gefühl der Natürlichkeit der Bewegung ist bei grösseren Distanzen vermehrt festzustellen, jedoch stören diese in kleineren Teleports durch die kurze Reisezeit mehr, als dass sie den Nutzer unterstützen. Das gewisse Mass an Hektik, dass der Teleport durch sein ruckartiges Bewegungsmuster, in die Fortbewegung bringt, wird nicht nur während Actionsequenzen wahrgenommen. Dieser Umstand führt dazu, dass Spieler nur während des Stehens eine gewisse Ruhephase. Die Zielhilfe durch Definierte Teleport Punkte an Storyrelevanten Punkten kann ausserhalb, wie auch innerhalb einer Actionsequenz den Nutzer leiten. Wenn der Punkt jedoch mitten in einem Raum steht, kann es schnell passieren, dass man in der Hektik des Gefechts an diesem Punkt landet, obwohl daran vorbei navigiert werden wollte. Obwohl die Navigation ein sehr präzise Auswahl des Zielortes zulässt, wird diese aus zeitlichen Gründen beinahe nie gemacht. Durch die von Nutzern selbst kurz gestaltete Navigationszeit, wie auch das fehlende Feedback bei der Zielauswahl auf kleinen Hindernissen auf der Karte, wird eine vermehrte Kollision mit diesen festgestellt (Pirmin Jakob Schuler, 2019c).

#### 4.4.3. Avatar Teleport

##### Anwendungsbeispiel: From Other Suns

Die Geschichte des letzten Anwendungsbeispiels spielt grösstenteils auf einer Raumstation, die der Spieler versucht zu reparieren, während diverse Feinde in versuchen davon abzubringen. Das Erkundungs- und Shooter-Spiel From Other Suns bietet dem Spieler dabei eine Auswahl an auswählbaren Locomotionmethoden. So kann sich der Nutzer per Joystick oder im Komfortmodus mit einem Avatar Teleport durch die Spielwelt bewegen.



Abbildung 18 From Other Suns Avatar (TommyT999, 2018)

Nach dem Start des eines neuen Spiels oder beim Tot im Spiel erhält der Nutzer Zugriff auf die Sicherheitskameras an Bord der Station. In dieser Ansicht kann er einen der Charaktere auf der Station auswählen und spielen. Die Charaktere werden zu Anfang des Spiels zufällig generiert und können nicht selbst gestaltet werden.

Der Nutzer startet die Navigation des Avatar Teleports durch das Bewegen des Joysticks. Der Avatar (siehe Abbildung 18, 1) wird auf der entsprechenden Seite des Spielers dargestellt, auf die er den Joystick bewegt hat. Anschliessend kann der generierte Avatar durch weiteres Bedienen des Joysticks an die gewünschte Position navigiert werden. Der Teleport wird ausgeführt, sobald der Joystick losgelassen wird. Beim Teleport wird man ohne Zwischensequenz an den letzten Standort des Avatars transportiert. Die Blickrichtung bleibt die gleiche, wie vor dem Teleport, nur der Standort wechselt. Somit hat die Ausrichtung des Avatars keine Auswirkung auf den Nutzer (Carbotte, 2017; Gunfire Games LLC, 2017; TommyT999, 2018).

##### Resultate heuristische Analyse:

Der Hauptgrund, wieso der Avatar Teleport als Teleportationsmethode in Betracht gezogen werden sollte, ist sicherlich das geringe Auftreten von Motion Sickness. Durch den Wechsel zwischen dem ausführen von Aktionen in der 1.Person-Perspektive und der Navigation in der 3.Person-Perspektive kann von beiden profitiert werden. Durch die nähere Betrachtungsweise der 1.Person-Perspektive kann die Ausführung von stationären Aufgaben verbessert werden und durch den besseren Überblick einer Fortbewegung in der 3.Person-Perspektive kann dieses Potential voll ausgeschöpft werden. Das ständige Wechseln zwischen den Perspektiven macht das Gesamtergebnis jedoch inkonsistent und wirkt zu Anfang befremdlich, auch wenn sich Nutzer mit der Zeit daran gewöhnen. Zudem kann der Perspektivenwechsel zu Verwirrung in Actionsequenzen führen. So ist es schnell möglich aus dem Verlangen heraus den Schüssen des Gegners ausweichen zu wollen, den Joystick zu betätigen, welches einen jedoch nicht die erwartete Distanz einbringt und durch den Perspektivenwechsel wird die ohnehin schon hektische Situation noch schlimmer. Das Navigationsinterface ist auf Grund nur eines Designelements, dem Avatar, weniger komplex als andere Methoden und kann trotzdem die Zielposition im Raum gut darstellen. Andererseits ist die Steuerung zwar schon durch verschiedene Spiele ausserhalb der VR bekannt, kann jedoch nicht ohne die Hilfe eines Tutorials dem Nutzer nahegelegt werden. Die Autorenschaft sieht zudem die Möglichkeit, dass mit einer grösserer Identifizierung mit dem Avatar, zum Beispiel durch Übereinstimmungen zwischen dem Aussehen des Avatars und dem des Nutzers, eine grössere Immersion erreicht werden könnte. Durch die beschränkte Charakterauswahl kann eine solche Identifizierung jedoch nicht stattfinden (Pirmin Jakob Schuler, 2019a).

#### **4.5. Zwischenfazit**

Bei allen untersuchten Arten der Teleportation wird bis zu einem gewissen Grad versucht, durch eine Abbildung der Wirklichkeit die Verständlichkeit des Fortbewegungssystems zu erhöhen. Zudem sind alle möglichst simpel bei der Anwendung und setzen in Verwendung in der Praxis stärker auf die Fehlervermeidung (meist durch vorhergehendes Feedback) als auf deren Auflösung. Zur Hilfestellung konnte bei allen dreien keine Aussage gemacht werden, da beim Testen beziehungsweise der Videorecherche, auf Grund des hohen Masses an Fehlervermeidung, keine offensichtlichen Fehler ausgemacht werden konnten. Bezüglich der Dokumentation wurde festgestellt, dass bei intuitiveren Arten des Teleports, wie dem Dash oder dem Blink Teleport, die Fortbewegung nicht direkt in Tutorials behandelt, man sich jedoch für den Abschluss des Tutorials teleportieren muss (Beispiel Raw Data), oder gar nicht für den Abschluss der Tutorials verwendet werden muss (Beispiel The Lab). Dabei wird darauf vertraut, dass der Nutzer selbst darauf schliessen kann, wie man sich fortbewegt und dies in ersten Levels sich selbst beibringt.

## 5. Ideen und Konzepte

Um die erarbeiteten Ergebnisse aus der Literaturrecherche zu bestätigen oder gegebenenfalls zu widerlegen wurde geplant Nutzertests mit einem eigens zusammengestellten Prototypen durchzuführen. Als Vorbereitung dieses Vorgehens mussten einige Überlegungen bezüglich des Aufbaus des Nutzertests, wie auch deren Aufgabestellung und Ziele.

### 5.1. Ziele

Als Ziele der Nutzertests wurden folgende Punkte gesetzt:

- Erkenntnisgewinn über die Usability der getesteten Teleports in einer Umgebung, die zeitlichen Druck simuliert.
- Befragung von Nutzern mit einer gewissen technischen Affinität zu möglichen Einsatzmöglichkeiten von Teleport innerhalb, wie auch ausserhalb der Spieleindustrie.
- Erkenntnisgewinn über die Navigation von Teleports auf verschiedenen Untergründen.
- Gewinnung eines Einblickes in die technische Umsetzung und Implementierung von verschiedenen Arten von Teleport.

### 5.2. Aufgabenstellung

Als Aufgabenstellung wurde ein Parcours definiert, auf dem der Nutzer an vier Zwischenzielen vorbei an einen Zielort gelangen muss. Dem Nutzer wurde hierbei gesagt, dass die Zeit gemessen wird, die er für den Versuch benötigt. Durch den so simulierten Zeitdruck sollte erreicht werden, dass die Dauer der Nutzertests besser geplant werden konnte und um eine allfällige Analyse der Zeiten durchzuführen.

### 5.3. Prototyp

Für die Umsetzung der Nutzertests wurde zuerst geplant die drei analysierten Teleportationsmethoden mit einem möglichst kleinen Unterschied in der Navigation zu implementieren, um vertiefte Erkenntnisse über die Fortbewegung an sich zu gewinnen. Dieser Ansatz wurde in der Realisierung jedoch auf Grund von Problemen bei der Umsetzung, wie auch dem möglichen zusätzlichen Erkenntnisgewinn über die verschiedenen Navigationsformen verworfen.

Als Umgebungen wurden drei verschiedene Karten gewählt, wobei eine der drei Karten als Testumgebung für die Eingewöhnung der Nutzer an die verschiedenen Teleportationen dienen sollte. Die anderen zwei Karten wurden als ein Hügel, die die Teleportation über offene Flächen simulieren soll, und ein Labyrinth, welches die Teleportation durch engere Räume darstellen sollte.

Es wurde sich dafür entschieden, dass jede Karte, mit Ausnahme der Testumgebung, mit jeder Art des Teleports getestet werden sollte aber nur eine Teleportationsmethode pro Durchlauf freigeschaltet wird. Diese Massnahme wurde getroffen, um mögliche Verfälschungen durch den unbeabsichtigten Gebrauch der anderen Methoden vorzubeugen. Die Verteilung der Buttons auf die beiden Controller wurde so angelegt, dass nicht aus Versehen auf den falschen Button gedrückt wird.



Abbildung 19 V1.0 Hügel



Abbildung 20 V1.0 Labyrinth

#### **5.4. Fragebogen & Ablauf Nutzertest**

Der Fragebogen wurde teils anhand der Heuristiken und teils aus Aspekten der Nutzerbefragung bei Spieltests erstellt (Wetzel, 2018). Das Ausfüllen des Fragebogens während der Befragung wird durch die Autorenschaft stichwortartig durchgeführt und im Anschluss an den Nutzertest aus dem Kontext hinaus in Sätzen ausformuliert

Zu Beginn des Nutzertest wird eine kurze Befragung der Testpersonen zu ihren bisherigen Erfahrungen mit VR durchgeführt, dabei sollen auch allfällige Anwendungsfälle für VR ausserhalb der Spieleindustrie erfragt werden.

Nach der Vorbefragung wird ihnen das Headset angelegt und sie können ihre ersten Erfahrungen mit den drei Teleports auf der Testumgebung sammeln. Als Einführung wird ihnen lediglich die Tastaturbelegung gezeigt. Anschliessend sollen sie alle Eindrücke, die sie wahrnehmen mündlich wiedergeben, was von der Autorenschaft auf dem Fragebogen festgehalten wird. Diese Methode wurde gewählt, um vorzubeugen, dass Ereignisse durch später im Test Erlebtes beeinflusst wird.

Nach einer kurzen Eingewöhnungszeit wird der Tester nach seinen positiven und negativen Eindrücken befragt, sowie Verbesserungsvorschläge auf Seiten der Nutzer eingeholt.

Nach Abschluss der Testumgebung werden sie in eine zufällig ausgewählte Kombination zwischen Teleportmethode und Karte eingeführt. Bei der Einführung wird kurz die Aufgabe erklärt. Nach dem Start des Tests soll der Tester wieder alle Eindrücke aufzählen, wie bereits in der Testumgebung. Nach Abschluss des Parcours werden Fragen bezüglich der Usability wie auch der Navigation gestellt, welche der Tester auf einer Skala von 1-5 einstufen soll. Zudem soll mit einer Abfrage des Befindens abgeklärt werden, ob der Tester Anzeichen von Motion Sickness oder an Ermüdungserscheinungen leidet. Abschliessend soll der Tester Stärken, wie auch Schwächen des Teleports auflisten und allfällige Verbesserungen vorschlagen. Während der Beantwortung der Fragen kann sich der Tester weiterhin in der Testumgebung bewegen, um seine Eindrücke aufzufrischen. Danach durchlaufen sie die restlichen Kombinationen aus Teleportationsmethode und Karten, bei welchen die Fragen gleich aufgebaut sind.

Nachdem alle Szenarien durchlaufen wurden, wird dem Tester das Headset wieder abgenommen und eine Endbefragung wird durchgeführt. Dabei soll die bevorzugte Teleportationsmethode für jede Karte, wie auch ein allgemeiner Favorit benannt werden. Durch eine Schlussfrage zu Verbesserungsvorschlägen und Problemen der einzelnen Methoden soll der Tester in Hinblick auf die anderen Anwendungsfälle noch einmal die herausragendsten erläutern. Als letzte Frage wurde sich für eine Abklärung der Auswirkungen des Nutzertests entschieden

Der erarbeitete Fragebogen, wie auch die ausgefüllten Exemplare sind im Anhang unter 04\_Nutzertests einsehbar.

## 6. Realisierung

In der Realisierung werden die Umsetzung des Prototypen, wie auch die Auswertung der Nutzerstudie behandelt.

### 6.1. Prototyp

Die Umsetzung des Prototypen wurde in fünf Iterationen durchgeführt, wobei der Prototyp mit jeder Iteration zusätzliche Funktionalitäten erhielt. In den folgenden Unterkapiteln werden die in jeder Iteration hinzugefügten Funktionalitäten, wie auch das Vorgehen bei deren Implementierung erläutert. Für die Implementierung des Blink Teleports wurde hierfür das SteamVR Asset von Valve benutzt und für das Animieren und das Darstellen des Avatars das Cyborg Character Asset von Hadron Studio. Die in diesem Abschnitt verwendeten Bilder des Unity Prototypen sind zudem im Anhang ersichtlich unter: 03\_Prototyp\Fotos Prototyp.

#### 6.1.1. Leveldesign und dessen Umsetzung

Beim Leveldesign erhielt der Prototyp seine drei Levels, inklusive Collidern. Nachdem klar war, was die Themen der Levels sein sollten, wurden Low-Fi-Prototypen angefertigt, die im Kopf durchlaufen werden konnten (siehe Abbildung 19 & Abbildung 20). Nach einigen imaginären Durchläufen wurde sich für eine Anpassung des Labyrinths V1.0 entschieden, da Nutzer vielleicht durch die frei bestimmbare Richtung am Anfang verwirrt werden könnten. Somit wurde ein Ansatz mit weniger Entscheidungen versucht (Abbildung 21), welcher dann zusammen mit dem Hügel und einer einfachen Testumgebung auch in Unity umgesetzt wurde (siehe Abbildung 22, Abbildung 23 & Abbildung 24).

Die Wände im Labyrinth, wie auch in den anderen zwei Umgebungen wurden mit einfachen Boxen zurechtgezogen und auf einer Platte angeordnet. Anschliessend wurden sie mit Box-Collidern ausgestattet, welche etwas grösser sind, als das Objekt, um spätere Logikfehler beim Anvisieren der Wände zu vermeiden. Beim Hügel wurde aus einem Terrain ein Hügel geformt und mit einem Terrain-Collider versehen. Zudem wurden die Ziele auf den Karten verteilt. Diese sind einfache Würfel, ohne Collider, damit man nicht zu stark durch sie bei der Navigation beeinträchtigt wird. Als Kamera wurde auf allen Karten das SteamVR Player Prefab verwendet.

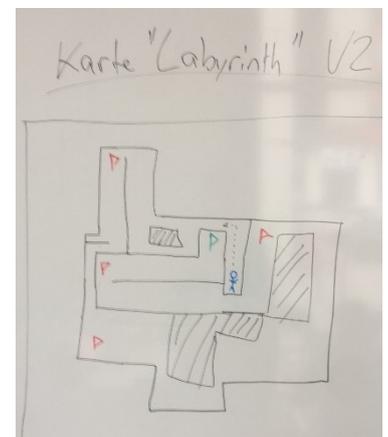


Abbildung 21 V2.0 Labyrinth

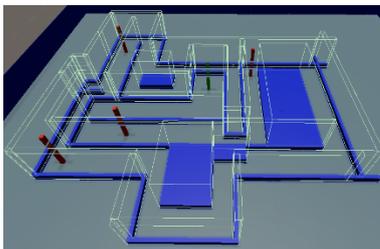


Abbildung 22 Karte Labyrinth



Abbildung 23 Karte Hügel



Abbildung 24 Karte Testing

#### 6.1.2. Implementierung des SteamVR Teleports

Wie sich herausstellte, war die Implementation des SteamVR Teleports schnell erledigt. Nach dem Download des SteamVR Paketes aus dem Unity Asset Store, konnte das Player und das Teleporting Prefab, zusammen mit einer Teleporting-Area in die Karten integriert werden (VR with Andrew, 2019).

### 6.1.3. Implementierung des Dash Teleports

Für die Implementierung des Dash Teleports mussten Anpassungen am Inputsystem vorgenommen werden. Durch das SteamVR Plugin konnte somit den Buttons verschiedene Befehle zugeteilt werden (siehe Abbildung 25), die dann vom DashController.cs/DashControllerTerrain.cs Script abgefragt wurden (VR with Andrew, 2019).



Abbildung 25 Input Control

Beim Drücken des Buttons wird ein Raycast von der rechten Hand des Nutzers ausgesendet, der die die Position der Kollision zurückliefert. Liegt der Kollisionspunkt innerhalb des definierten maximalen Teleportradius, so wird die Position des Player Prefabs mit der in der Dash Bewegung (Vector3 Lerp Funktion) an zu dem Kollisionspunkt bewegt. Dabei wurde zwischen dem Teleport auf ebenem, wie auf unebenem Untergrund unterschieden. Dies wurde auf Grund von Tests beschlossen, die herausfanden, dass durch die Funktion, wie sie beschrieben wurde Wände bestiegen werden konnten. Darum wird im Labyrinth nach der Erfassung des Kollisionspunkts dessen Y-Achse auf 0.001 gesetzt, um den Spieler am Boden zu halten. Durch dieses Fixieren der Y-Achse kann auf Ebenen auch in die Luft gezielt werden, um die Maximaldistanz in diese Richtung zurückzulegen. Da diese Herangehensweise auf einem Terrain mit unregelmässigen Y-Werten nicht funktioniert aber dafür keine Wände bestiegen werden können wurde diese Funktion deshalb dort ausgelassen.

### 6.1.4. Implementierung des Avatar Teleports

Die Zuordnung des Buttons wurde bereits in der letzten Phase vorgenommen. Beim drücken des Buttons wird, wie bereits beim Dash auch ein Raycast ausgelöst, der den Kollisionspunkt zurückliefert. Sobald ein Kollisionspunkt mit Betätigung des Buttons ermittelt wird, wird der Avatar am aktuellen Standort des Spielers aktiv gesetzt, in Richtung Ziel ausgerichtet und Move() ausgelöst. Move() bewegt den Avatar dorthin, wo der letzte Kollisionspunkt getrackt wurde, bis die Position vom Avatar mit der des Kollisionspunktes übereinstimmt, dann wird der Spieler an diese Position teleportiert (transform.position) und der Avatar wieder deaktiviert. Die Lauf Bewegung des Avatars wird dabei durch eine in Dauerschleife laufende Animation erreicht.

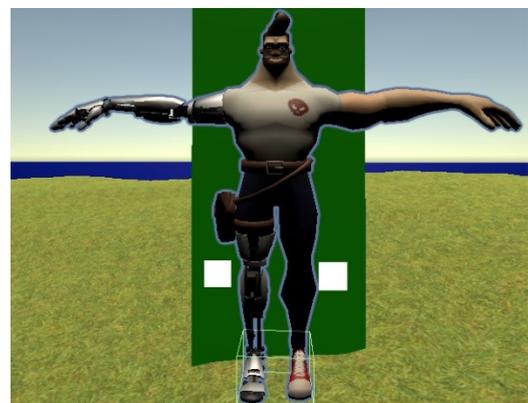


Abbildung 26 Cyborg Avatar

### 6.1.5. Zusammenführung in Testumgebung

In einem letzten Schritt wurden alle Teleports gemeinsam in die Testumgebung integriert. Und aufeinander abgestimmt. Zudem wurde die Ordnerstruktur der einzelnen Karten neu strukturiert, um die Übersicht zu verbessern. Zudem kann auch eine Mehrheit der geforderten Verbesserungen auf die Heuristiken nach Nielsen aufteilen. So wurde oftmals das bessere Anzeigen des Zielorts oder eine Anzeige die zwischen erreichbaren und nicht erreichbaren Zielen unterscheidet als Verbesserungsvorschlag für den Laserpointer gebracht, was klar auf die Feedback-Heuristik zuzuordnen ist.

### 6.2. Auswertung Nutzerstudie

Für die Auswertung der Nutzerstudie wurde anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse, durch das Kodieren von Antworten (siehe Abbildung 27). Allgemein wurde festgestellt, dass sich bei den Kommentaren der Nutzer eine Mehrheit auf die Navigation bezogen hat und nicht auf die Bewegung.

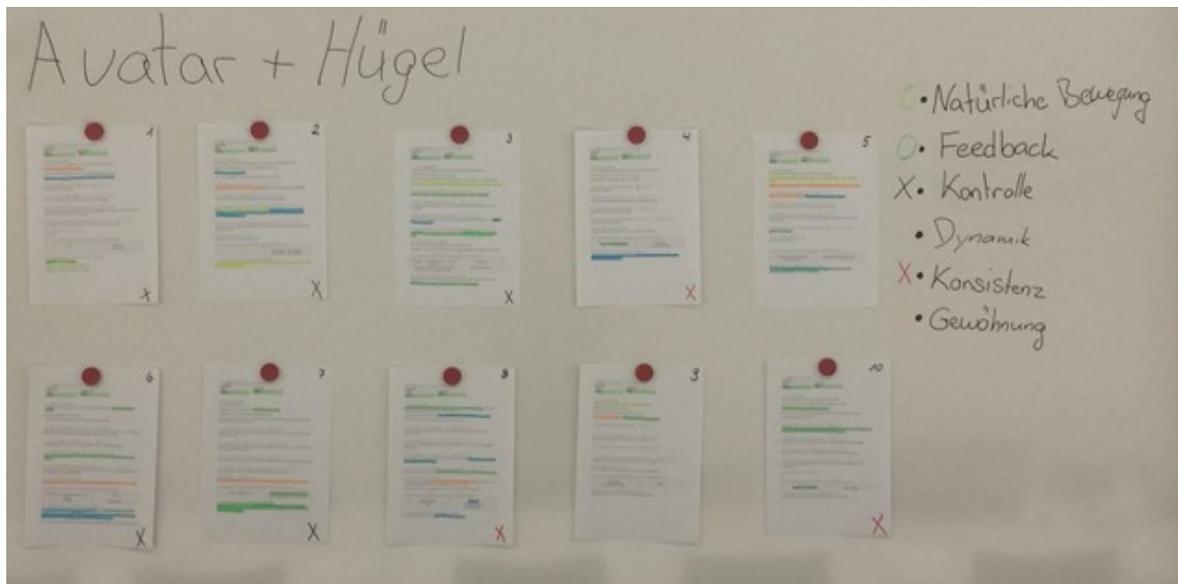


Abbildung 27 Qualitative Inhaltsanalyse am Beispiel Avatar + Hügel

Die durch eine die qualitative Inhaltsanalyse identifizierten Gruppen liessen auf Bedürfnisse der Nutzer schliessen. Zu beachten ist, dass diese Bedürfnisse in einem Umfeld unter simuliertem Zeitdruck geschehen sind.

- Kontrolle: Möglichkeit zur Beeinflussung des Teleports, auch nach der Aktivierung. Dieser Punkt wurde vermehrt beim Avatar und SteamVR Teleport aufgeführt. So wollten Nutzer entweder den Avatar die ganze Zeit kontrollieren und in 3.Person ihm hinterher oder seine Geschwindigkeit anpassen. In Kombination mit dem SteamVR Teleport wurden hingegen eine mögliche Anpassung des Blickwinkels integriert werden. Bei allen wurde jedoch eine Funktion des Abbruchs des Teleports von mindestens einem der Nutzer gewünscht. Testperson 6 beschrieb diesen Wunsch folgendermassen: «Möglichkeit Teleport abbrechen oder sich direkt zur aktuellen Position vom Avatar zu teleportieren»
- Dynamik: Geschwindigkeit & Reichweite aufeinander oder auf die Karte angepasst. Das Verlangen nach Dynamik entstand am meisten auf dem Hügel, was durch die kleine Reichweite der Teleports im Vergleich zur Grösse der Karte hervorgerufen wurde. Durch die Lange Zeit von Start zu Ziel wurde der Avatar Teleport mehr auf den Aspekt der dynamischen Geschwindigkeitsanpassung bei grösseren Distanzen angesprochen als die als schnell wahrgenommenen Methoden.

- Customizability: Möglichkeit zur De-/Aktivierung von Komponenten, wie Visuellen Effekten oder Orientierungshilfen. Beispiele hierfür sind das Ausschalten der Sounds und des Blackscreen beim SteamVR Teleport. Nutzer, die anfällig auf audio-visuelle Reize reagierten beschrieben ihn deshalb zwar als effizient wurden aber mehr von den beiden reizärmeren Teleports angesprochen.
- Wohlbefinden > Usability: Vermeidung von Motion Sickness zu Lasten der Usability wird bevorzugt. Das Beispiel von Tester 1 zeigt, dass er den Dash im Labyrinth gegenüber dem SteamVR Teleport bevorzugt, obwohl er in den Usability Fragen schlechter abgeschnitten hat. Dies wurde aufgrund des Wohlbefindens und der Natürlichkeit der Bewegung
- Natürlichkeit > Effizienz: Ein nachvollziehbares Bewegungsmuster wird zu Lasten der Effizienz bevorzugt. Hauptsächlich bemängelter Punkt beim Dash war die Hektik, die durch die statische Beschleunigung ausgelöst wurde. Um diesen Umstand zu verbessern haben 6 der 10 Tester den Vorschlag gemacht, die Geschwindigkeit langsamer zu beginnen und langsamer zu beenden, was zwar die Effizienz der Bewegung verringert, dies sei aber verkraftbar.
- Effizienz > Immersion: Elemente, welche die Immersion verbessern, können für höhere Effizienz vernachlässigt werden. Bei dieser Gruppe von Nutzern wurde das Erreichen des gesetzten Ziels als wichtigstes eingestuft. Auch wenn sie gemerkt haben, dass ihnen bei einem zu schnellen Gebrauch des Dashes oder des SteamVR Teleports schlecht wird, haben sie, um das Ziel so schnell wie möglich zu erreichen, trotzdem weitergemacht.

## 7. Diskussion

In der Diskussion werden die Ergebnisse aus Literaturrecherche, Analyse der Teleportationsmethoden und der Nutzertests zusammengefasst und erläutert. Anschliessend werden zu jeder Teleportationsmethode

### 7.1. Allgemeine Erkenntnisse

Die erlangten Erkenntnisse aus der Literaturrecherche, wie auch den Usertests werfen eine Reihe von Fragen auf. Designer und Entwickler von VR-Applikationen müssen sich diese Fragen stellen im Hinblick auf die Gestaltung der Teleportationsmethode:

- Welche Funktionalitäten des Teleports sollen vom Nutzer beeinflusst werden können?
- Sind noch andere Fortbewegungsmethoden geplant?
- Bestimmt das Leveldesign die Fortbewegungsmethode oder bestimmt die Fortbewegungsmethode das Leveldesign?
- Was ist die Aufgabe des Nutzers, in der er sich teleportieren muss?
- Wie ist die Umgebung beschaffen? Bestehen Höhenunterschiede?
- Wie kombinieren wir Navigations- und Bewegungsmethode miteinander
- Sind Orientierungspunkte vorhanden?
- Wie gross sind die Distanzen, die zurückgelegt werden, insgesamt und pro Teleport?
- In was für zeitlichen Abständen wird der Teleport verwendet?
- Was ist die Story des Spiels?
- Wird ein durchgehender Spielfluss durch verlangt?
- Welche Art von Tracking besitzt mein Publikum? (3DoF, 6DoF)

Anhand der Literaturrecherche wurde herausgefunden, dass die zehn Heuristiken nach Jakob Nielsen und Usability eine hohe Übereinstimmung mit den Bedürfnissen in der VR haben. Zudem werden die Aspekte der Usability vermehrt auf die Navigation des Teleports bezogen, als auf die Bewegung selbst.

## 7.2. SteamVR Teleport

### Vorteile:

- Einfache Implementierung und Anpassung dank Verfügbarkeit auf Unity Asset Store.
- Intuitive und klar definierte Navigation.
- Schnelle Bewegungsform, kann Gefühl von übernatürlicher Mobilität hervorführen.
- Tiefe Rate von Motion Sickness.

### Nachteile:

- Spielfluss wird unterbrochen.
- Keine klare Lösung für eine Abbruchfunktion vorhanden.
- Führt wenig Immersion hervor.

### Speziell zu beachten:

- Schnelles Anwenden kann Übelkeit durch viele aufeinander folgende Blackscreens auslösen.
- Nicht in jedem Szenario Logische Art der Fortbewegung.

### Geeignete Anwendungsfälle:

- The Lab: Science-Fiction-Umfeld, in der man mit grösseren zeitlichen abständen innerhalb einer Raumdistanz fortbewegen kann.
- Navigation auf unebenem Untergrund mit genügend Orientierungspunkten.

## 7.3. Dash Teleport

### Vorteile:

- Orientierungsgefühl dank ständiger Sicht auf das Umfeld.
- Kontrollgefühl sehr gross, Nachvollziehbaren Bewegungsmustern.

### Nachteile:

- Anfälligkeit für Motion Sickness.
- Sehr hektische Art der Fortbewegung.

### Speziell zu beachten:

- Sehr hektische Art der Bewegung, dabei wird Navigation nicht so wichtig gewichtet, da die Bewegung selbst schon gut nachvollziehbar ist.

### Anwendungsfälle:

- Als sekundäre Form der Locomotion, z.B. für Ausweichen in Kampfsituationen.
- Raw Data: Spieletitel mit reinen Actionelementen, die durch die Hektik verstärkt werden.

## 7.4. Avatar Teleport

### Vorteile:

- Vermeidung von Locomotion.
- Hohes Mass der Immersion durch das natürliche Bewegungsmuster.
- Kontrolle, man Behält zu jeder Zeit die Kontrolle über den Avatar.

### Nachteile:

- Sehr langsam und gewöhnungsbedürftig.
- Perspektivenwechsel fühlt sich durch fehlende Konsistenz komisch an.

### Speziell zu beachten:

- Nicht als Point & Teleport Funktion einführen. Durch ständige Kontrolle des Avatars kann Kontrollgefühl verbessert werden und die Nutzer müssen nicht warten, bis der Avatar am Ziel ankommt.

### Anwendungsfälle:

- From Other Suns: Die Erkundung und die Erfüllung von verschiedenen Tasks funktioniert sehr gut. Nicht aber für den Shooter Aspekt des Spiels.

## **8. Fazit**

Die Aspekte der Usability auf eine einzelne Funktion innerhalb einer Applikation zu beleuchten ist eine Herausforderung, da eine Vielzahl an Möglichkeiten besteht diese zu implementieren. Auf Grundlage von Beispielen wurde deshalb in den Heuristiken versucht ein festes Bild zur Bewertung zu schaffen. Zudem wurde eine Teils komplett andere Implementationsform in den Nutzertest auch analysiert, was gezeigt hat, dass nicht nur die Teleportationsmethode als Kombination zwischen Navigation und Bewegung, sondern dass auch deren Implementation ein wichtiger Aspekt darstellt, der bei der Auswahl des Teleports berücksichtigt werden muss. Mit einer grossen Menge an Anpassbaren Aspekten eines Teleports kann somit auch ein breites Spektrum an Szenarien abgedeckt werden.

## **9. Ausblick**

In einem nächsten Schritt könnten aus den mit den gewonnen Daten aus den Nutzertests noch weitere qualitative Analysen durchgeführt werden, um ein Dokument zur Identifikation der idealen Teleportationsmethode zu erstellen.

Der Fokus der Arbeit bezog sich auf die Analyse der Usability von Teleportation in der VR. Aus zeitlichen Gründen und um das Feedback auf den Teleport zu konzentrieren konnte der Prototyp nur von einer kleinen Nutzergruppe getestet werden, welche schon Erfahrungen im Feld der VR gesammelt hat. Eine grössere Testgruppe würde es ermöglichen die Erkenntnisse besser zu gewichten, was zu einer Verbesserung oder auch Anpassung der Auswahlkriterien führen könnte. Eine Überarbeitung des Prototyps und eine Ausweitung der Testgruppe auf Nutzer, welche noch keine Berührungspunkte mit der VR hatten, würde ein noch weiteres Spektrum an Erkenntnissen liefern. Diese Erkenntnisse würden sich auch auf Punkte wie Motion Sickness (Übelkeit auf Grund von Bewegung im Virtuellen Raum) in der VR beziehen oder auf die gezielte Verwendung von Designelementen, welche das Erlebnis beeinflussen könnten.

Mit einem alternativen Ansatz könnten die erhaltenen Erkenntnisse durch eine zweite Reihe von Nutzertests mit einer anderen Art von Aufgabenstellung überprüft werden. Dieser Tests könnten die Aussagekraft der gesammelten Daten verstärken oder allenfalls in Frage stellen.

## 10. Reflexion

Die Analyse von Usability-Aspekten rein auf den Teleport zu begrenzen war eine grosse Herausforderung. Bereits in der Literaturrecherche stellte sich heraus, dass das Thema Teleport, wenn dann nur am Rande behandelt wird.

Die Erarbeitung eines Prototyps stellte sich aufgrund mangelhafter Erfahrung im Umgang mit Unity als sehr langwieriger Prozess heraus. Die fehlende Praxis in der Programmierung mit C# und die sich stark im Wandel befindliche Struktur von Unity und SteamVR erforderten eine lange Einarbeitung. Auch wenn meistens Lösungen für Probleme gefunden wurden, waren diese oft mit langwierigen Recherchen verbunden, welche in Retrospektive fast immer durch mehr Grundwissen hinfällig geworden wären.

Durch die Nutzertests konnten zwar viele nützliche Erkenntnisse durch die Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse gewonnen werden aber der Wichtigkeitsgrad einzelner Erkenntnisse konnte leider nicht genau bestimmt werden. Leider konnte, wegen eines unterschätzten zeitlichen Aufwands dieser Analyse, wie auch dem Ausschreiben der Informationen des Fragebogens, weniger tief in die gewonnenen Daten eingegangen werden. Des Weiteren wurde der Fokus der Nutzer stärker von der Aufgabe beeinflusst als gedacht. So haben sie sich auf Punkte fokussiert, die sie bei der Erfüllung der Aufgabe unterstützt hätten. Diesen Fokus zu lösen, um weitere Informationen zu bekommen konnte nur schwer erreicht werden. Zudem wurde der Vergleich von drei Teleportationsmethoden in zwei verschiedenen Umfeldern sehr anstrengend für die Testpersonen, welche nicht an längeres Tragen einer VR-Brille gewöhnt waren.

Aus zeitlichen Gründen konnte die Analyse der Nutzertests nicht im gewollten Mass ausgeführt werden. Wodurch das geplante Dokument zur Identifikation der am besten passenden Teleportationsmethode nicht erstellt werden konnte.

## 11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vorgehensmodell.....	7
Abbildung 2 Qualitative Inhaltsanalyse.....	8
Abbildung 3 Usability als Teil der Systemakzeptanz (Nielsen, 1994) .....	9
Abbildung 4 Konvertierungsrate (CV) (Waterstrat, 2018) .....	10
Abbildung 5 Heuristiken nach Jakob Nielsen (Designsensor AG, 2017) .....	11
Abbildung 6 Untersuchte Reviews (Wang, Cheng, & Guo, 2019) .....	13
Abbildung 7 Zuordnung Reviews (Wang et al., 2019) .....	13
Abbildung 8 Dimensionen der Freiheit (immersiv, 2018) .....	14
Abbildung 9 Stereoskop (Virtual Reality Society, 2017) .....	14
Abbildung 10 Valve Lighthouse (vrjump.de, o. J.) .....	15
Abbildung 11 Verkaufte VR Headsets 2018 (SuperData Research Holdings, 2019) .....	15
Abbildung 12 Vorhersage Absatz AR/VR Headsets (IDC Corporate USA, 2018) .....	15
Abbildung 13 VR Locomotion Techniken (Boletsis, 2017).....	16
Abbildung 14 Vergleich zurückgelegter Strecken Joystick/Teleport/Walk-in-Place (Bozgeyikli et al., 2016).....	17
Abbildung 15 The Lab SteamVR Teleport (Frusetta, 2019).....	20
Abbildung 16 Raw Data Navigation (jacksepticeye, 2017) .....	21
Abbildung 17 Raw Data Bewegung (jacksepticeye, 2017).....	21
Abbildung 18 From Other Suns Avatar (TommyT999, 2018) .....	22
Abbildung 19 V1.0 Hügel.....	24
Abbildung 20 V1.0 Labyrinth .....	24
Abbildung 21 V2.0 Labyrinth .....	26
Abbildung 22 Karte Labyrinth .....	26
Abbildung 23 Karte Hügel.....	26
Abbildung 24 Karte Testing.....	26
Abbildung 25 Input Control.....	27
Abbildung 26 Cyborg Avatar .....	27
Abbildung 27 Qualitative Inhaltsanalyse am Beispiel Avatar + Hügel .....	28

## 12. Literaturverzeichnis

- Alan Craig, William R. Sherman, & Jeffrey D. Will. (2009). *Developing Virtual Reality Applications*.
- Boletsis, C. (2017). *The New Era of Virtual Reality Locomotion: A Systematic Literature Review of Techniques and a Proposed Typology*.
- Boletsis, C., & Cedergren, J. E. (2019). VR Locomotion in the New Era of Virtual Reality: An Empirical Comparison of Prevalent Techniques [Research article].  
<https://doi.org/10.1155/2019/7420781>
- Bozgeyikli, E., Raij, A., Katkooori, S., & Dubey, R. (2016). *Point & Teleport Locomotion Technique for Virtual Reality* (S. 12). Abgerufen von <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2968105>
- Bumble. (2016). *Locomotion in VR: Overview of different locomotion methods on HTC Vive*. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=p0YxzgQG2-E>
- Carbotte, K. (2017, November 13). «From Other Suns» Takes Oculus Rift Owners To Space (Hands On). Abgerufen 7. Juni 2019, von Tom's Hardware website:  
<https://www.tomshardware.com/news/from-other-suns-hands-on,35909.html>
- Carbotte, K. (2018, März 10). Do the Locomotion: The 19 Ways You Walk and Run in VR Games. Abgerufen 6. Juni 2019, von Tom's Hardware website:  
<https://www.tomshardware.com/picturestory/807-virtual-reality-games-locomotion-methods.html>
- Designsensor AG. (2017, Juli 11). Design Methode Heuristische Evaluation. Abgerufen 4. Juni 2019, von User Interface Design website: <https://userinterfacedesign.ch/design-methode-heuristische-evaluation/>
- Frusetta, J. (2019, Januar 31). How I avoid Cheating. Abgerufen 6. Juni 2019, von Don't Get Hit in the Face website: <https://www.dontgethitintheface.com/cheating/>
- Gunfire Games LLC. (2017, November 14). From Other Suns. Abgerufen 7. Juni 2019, von Oculus website: <https://www.oculus.com/experiences/rift/1226573594029268/>

- IDC Corporate USA. (2018, März 19). Demand for Augmented Reality/Virtual Reality Headsets Expected to Rebound in 2018, Says IDC. Abgerufen 4. Juni 2019, von IDC: The premier global market intelligence company website:  
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43639318>
- immersiv. (2018, Juli 13). Ce inseamna 3DoF sau 6DoF? Abgerufen 5. Juni 2019, von Immersiv website: <https://www.immersiv.ro/ce-inseamna-3dof-sau-6dof/>
- jacksepticeye. (2017). (5) *THE FUTURE IS CRAZY | Raw Data (HTC Vive Virtual Reality)* - *YouTube*. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=WiZ6V4EvWiQ>
- Korgel, D. (2017). *Virtual Reality-Spiele entwickeln mit Unity 3D*. Hanser Fachbuch.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering* (Impr.). Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (2008, Januar 22). Usability ROI Declining, But Still Strong. Abgerufen 5. Juni 2019, von Nielsen Norman Group website: <https://www.nngroup.com/articles/usability-roi-declining-but-still-strong/>
- Pirmin Jakob Schuler. (2019a). *Heuristische\_Analyse\_Avatar\_Teleport*. Abgerufen von Anhang\02\_Heuristische Untersuchungen\Heuristische\_Analyse\_Avatar\_Teleport
- Pirmin Jakob Schuler. (2019b). *Heuristische\_Analyse\_Blink\_Teleport*. Abgerufen von Anhang\02\_Heuristische Untersuchungen\Heuristische\_Analyse\_Blink\_Teleport
- Pirmin Jakob Schuler. (2019c). *Heuristische\_Analyse\_Dash\_Teleport*. Abgerufen von Anhang\02\_Heuristische Untersuchungen\Heuristische\_Analyse\_Dash\_Teleport
- Spoiler Alert. (2017). *Basic Orientation - From Other Suns*. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=Z8Zt2Q3yJGI>
- SuperData Research Holdings. (2019, Januar 24). SuperData Research | Games data and market research » Oculus expected to sell 1.3M Quest units in 2019; XR revenue reached \$6.6B in 2018 and is projected to increase 442% by 2022. Abgerufen 4. Juni 2019, von <https://www.superdataresearch.com/xrupdate/>
- Survios. (2017, Oktober 7). Raw Data bei Steam. Abgerufen 7. Juni 2019, von Steam website: [https://store.steampowered.com/app/436320/Raw\\_Data/](https://store.steampowered.com/app/436320/Raw_Data/)

- Sutherland, I. E. (1965). *The Ultimate Display*. 2.
- TommyT999. (2018). *I JUST TELEPORTED - From Other Suns (Oculus Rift VR + Touch Gameplay)*. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=K2Q-cFInxxQ>
- Uhr, M. (2019). *Modul Usability HSLU*. Gehalten auf der Rotkreuz. Rotkreuz.
- Virtual Reality Society. (2017). History Of Virtual Reality. Abgerufen 4. Juni 2019, von Virtual Reality Society website: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- VR with Andrew. (2019). *[01] [Unity] Vive Teleport for SteamVR 2.0*. Abgerufen von <https://www.youtube.com/watch?v=-T09oRMDuG8>
- vrjump.de. (o. J.). Lighthouse von VALVE erklärt – HTC Vive – VR JUMP. Abgerufen 5. Juni 2019, von <http://vrjump.de/lighthouse-erklaert>
- Wang, W., Cheng, J., & Guo, J. L. C. (2019). Usability of Virtual Reality Application Through the Lens of the User Community: A Case Study. *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '19*, 1–6.  
<https://doi.org/10.1145/3290607.3312816>
- Waterstrat, F. (2018, März 15). Der ROI von Usability-Testing - Warum sich Investitionen in UX lohnen. Abgerufen 5. Juni 2019, von Rapidusertests Blog website: <https://rapidusertests.com/blog/testing-tipps/roi-usability-zeit-und-geld-sparen/>
- Wetzel, R. (2018). *Modul Game Development HSLU*. Gehalten auf der Rotkreuz. Rotkreuz.