

Bachelor MKI

**„Vergleich von Inverse Kinematics und Motion Tracking im Zuge
einer VR Anwendung“**

SoSe 2019

Prof. Dr. Uwe Kloos

Vergleich von Inverse Kinematics und Motion Tracking im Zuge einer VR Anwendung

vorgelegt von:

Robin Connor Schramm

7. Semester

Submitted on: 15.6.2019

Abstract

AbstractGerman

Avatare in VR Umgebungen liefern Vorteile in vielen Anwendungsgebieten wie der Spielebranche oder Kollaborativem VR in der Industrie. Diese Avatare müssen aber animiert werden, damit sich der Benutzer damit identifizieren kann. Dazu gibt es verschiedene Methoden wie Bodytracking oder Inverse Kinematics (IK). In dieser Arbeit werden die Auswirkungen der Animation eines Avatars in einer VR Anwendung hinsichtlich des Embodiments verglichen. Dabei durchlaufen zwei Gruppen ein Spiel, bei dem sie Objekten ausweichen müssen, während sie ihren Avatar in einem Spiegel vor sich sehen. Eine Gruppe benutzt dabei lediglich drei Punkte Tracing mit IK. Der Avatar der anderen Gruppe wird durch neun getrackte Punkte animiert. [Ergebnisse] [Ausblick]

AbstractEnglish

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung / Hinführung zum Thema	1
1.2	Motivation	2
1.3	Ziele	2
1.4	Vorgehensweise	3
2	Stand der Technik / Grundlagen	4
2.1	Virtuelle Realität	4
2.2	Immersion	6
2.3	Self Embodiment	7
2.4	Avatare	9
2.5	Inverse Kinematics	10
2.6	Tracking	10
3	Versuch	11
3.1	Konzeption	11
3.2	Hypothese	12
3.3	Hardware	12
3.4	Software / Anwendung	13
3.5	Probleme	14
4	Evaluation	16
4.1	Fragebögen	16
4.2	Umsetzung	16
4.3	Ergebnis	16
5	Fazit	17
5.1	Fazit	17
5.2	Zukunftsaussichten	17

Literatur

Abbildungsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Einführung / Hinführung zum Thema

Das Einst fiktionale VR...

Motivation, Kontext und Gegenstand Ziele

Der Anfangsteil enthält in jedem Fall die vielfach bearbeiteten Informationen aus der ursprünglichen Aufgabenbeschreibung (TPD.2.5): - eine Einführung in das Thema, den Kontext und Gegenstand der Arbeit, einen Überblick zum Stand der Wissenschaft und zum Problem, - eine genaue, vollständige und verständliche Beschreibung der Aufgabe, die Forschungsfragen und Ziele der Arbeit.

Motivation: Aus welchen sachlichen (nicht persönlichen!) Motiven und Gründen ist es sinnvoll und nützlich, dieses Thema zu bearbeiten?

Vorgehensweise: Welche Bearbeitungsmethoden, bei empirischen Arbeiten Beobachtungs- oder Untersuchungsmethoden werden eingesetzt? Welche Lösungsansätze werden verfolgt?

Geschichte: Wie hat sich das Thema, das Fachgebiet entwickelt? Wie ordnet sich die Arbeit in den historischen Kontext ein?

—— In dieser Arbeit geht es um animation von selbstavataren Motivation was will ich erreichen wie will ichs machen

Die Forschung im Feld self-avatar animation im zusammenhang mit embodiment ist noch recht unerforscht

1.2 Motivation

Die Motivation für diese Arbeit stammt von einem Projekt vom Fraunhofer IAO in Stuttgart. Bei dem Projekt handelt es sich um eine kollaborative VR-Umgebung. Dabei soll jeder Nutzer einen Avatar innerhalb des Virtuellen Raums steuern. Gründe dafür sind [potentiell] (verbesserte Immersion, höheres Embodiment), gesteigerte Kommunikation und Erkennen der Position der anderen. Vor allem in kollaborativen Umgebungen sind Avatare wichtig, da ohne Avatare der Standort der anderen Nutzer schlecht oder gar nicht identifiziert werden kann. Da das Programm auch potentiell für Meetings eingesetzt werden könnte, ist auch der Kommunikationsaspekt des potentiell verbesserten Embodiments relevant. Dazu später mehr. Die Animation der Avatare funktioniert aktuell über IK mit dreipunkte-tracing durch die Controller an den Händen und der HMD am Kopf. Das ist zwar mit wenig Aufwand für den Nutzer verbunden, da diese Konfiguration an Hardware heutzutage der Standard in high fidelity HMDs ist [zitat], jedoch sind die daraus schließenden Animationen noch ungenau. Da sich die getrackten Objekte alle in der Region überhalb der Hüfte befinden, müssen ein Teil der Wirbelsäule, die Hüfte und die Beine komplett anhand der Punkte oberhalb davon animiert werden. Das führt oft zu Körpern, die bei Bewegungen dem Kopf hinterher schweben. Eine Alternative / zusätzlich wären Tracker, womit die Genauigkeit der Avataranimationen verbessert werden kann. Dafür führen Tracker zu erhöhtem Entwicklungsaufwand, da sie anders als bei full body trackinganzügen zusätzlich zu anderen Technologien wie IK eingesetzt werden müssen. Zusätzlich bieten sie einen Mehraufwand beim Nutzer, da sie erst am Körper befestigt werden müssen und mit ihnen ein weiteres Gerät anfällt, dessen Akku geladen werden muss. Zusätzlich können zurzeit vergleichsweise teuer sein. (Eine VIVE mit fünf zusätzlichen Trackern kostet insgesamt doppelt so viel als ohne Tracker.)

1.3 Ziele

Aus den oben genannten Gründen möchte ich herausfinden, ob eine bessere Animation eines Avatars in VR einen Unterschied für den Benutzer in Sachen Embodiment, Immersion und Performance machen und wenn ja in welchem Ausmaß. Zusätzlich möchte ich herausfinden, wie groß der Mehraufwand ist, sechs Tracker zu verwenden, jeweils im Bereich der Anwendung als auch für

den Nutzer vor und während der Nutzung des Programms. Am Ende möchte ich eine Empfehlung geben, in welchen Anwendungsgebieten die Nutzung von Trackern die Nutzung von IK vorzuziehen wäre und umgekehrt, wann die Nutzung von IK Trackern vorzuziehen wäre.

1.4 Vorgehensweise

Dazu gehe ich erst auf die Grundlagen ein. Zuerst biete ich einen Überblick, wie die Wissenschaft Virtuelle Realität (VR), Immersion, Embodiment und Avatare definiert. Danach gehe ich auf die Grundlagen des IK und Trackings ein. Im nächsten Kapitel beschreibe ich die Konzeption, Idee, Ziele und Umsetzung meines Versuchs. Danach gehe ich auf Probleme und Herausforderungen ein, die Während der Entwicklung und Durchführung aufgetreten sind. In Kapitel 4 Erkläre ich, welche Fragebögen ich ausgewählt habe, wie diese Ausgewertet wurden und zu welchem Ergebnis ich kam. Zum Schluss Gebe ich mein Fazit zu dem Versuch und zeige meine Zukunftsaussichten für das Thema.

2 Stand der Technik / Grundlagen

2.1 Virtuelle Realität

Boas definiert in seiner Arbeit [1] Virtuelle Realität (VR) als ein Feld der Computerwissenschaften mit dem Ziel, immersive virtuelle Welten zu erschaffen und dem Benutzer die Möglichkeit geben, mit dieser Welt zu interagieren. Da die Reale Welt hauptsächlich von unseren Sinnen und den Konsequenzen unseres Handelns wahrgenommen wird, entsteht durch die Simulation dieser Phänomene eine Virtuelle Umgebung (VU). Dazu muss für einen oder mehrere unserer Sinne ein alternativer Stimulus präsentiert werden. Zusätzlich müssen die Bewegungen und Aktionen des Benutzers in Betracht gezogen werden und die VU muss entsprechend darauf reagieren. Ein einfaches Beispiel dafür wäre das Aufheben und Werfen eines Virtuellen Objekts.

Durch die alternativen Stimuli und die Reaktion der VU auf die Aktionen des Benutzers entstehen zwei grundsätzliche Anforderungen an das System im Zusammenhang mit dem Benutzer. (Zum einen die Eingabe in die Sinne des Benutzers, zum anderen die Ausgabe des Nutzers, welche vom System erkannt werden muss.) Holloway [2] hat in seinem Paper im Jahr 1995 eine Tabelle, die für jeden menschlichen Sinn eine Methode der Stimulation beschreibt. Darin beschreibt er nicht nur die klassischen fünf Sinne des Menschen Hören, Schmecken, Riechen, Sehen und Tasten sondern auch kinesthetic, proprioceptive, vestibular. Eine weitere Tabelle stellt verschiedene Geräte vor, die die Bewegungen und Aktionen des Benutzers erfassen können. Zu den Aktionen gehören Kopfbewegungen, Bewegungen des Körpers und Gliedmaßen, Fingerbewegungen, Ausrichtung der Augen, Sprache und Ausübung von Kräften. Aktuelle Verbraucher basierte VR-Brillen fokussieren/beschränken sich in der Regel auf den Seh- und Hörsinn (Audiovisuell?), da es sich herausgestellt hat, dass diese Sinne am einfachsten permanent virtualisiert werden können. (Siehe Bildschirme, Kopfhörer) [2]

Aus diesen Gründen ist der klassische und am meisten verfügbare Weg VR zu erleben ein Head-Mounted Display (HMD), ein Gerät welches um den Kopf geschnallt wird und komplett die Augen verdeckt. HMDs haben in der Regel stereoskopische Bildschirme um 3D Welten in einem großen Blickfeld darzustellen. Jeder Bildschirm befindet sich jeweils genau vor einem Auge. Das ermöglicht die künstliche Stimulation der visuellen Wahrnehmung. Viele HMD haben die

Möglichkeit, die Distanz zwischen den Beiden Bildschirmen an die Distanz zwischen den Augen verschiedener Benutzer anzupassen. Für die wirkliche dreidimensionale Illusion werden in der Software zwei Kameras, eine für jedes Auge, eingebunden und entsprechend platziert. Die Simulation der Auditiven Wahrnehmung kommt ebenfalls oft zum Einsatz. Da HMDs in der Regel an einen Computer angeschlossen werden müssen und diese grundsätzlich die Kapazitäten für ein Lautsprechersystem besitzen, ist es der Standard, dass VR Anwendungen mithilfe der Lautsprecher Geräusche und Musik verwenden. Alternativ ist die Verwendung von Kopfhörern möglich, da diese im Gegensatz zu Lautsprechern nur die Geräusche der VU zulassen und alle "realen" Geräusche unterdrücken. Feedback für den Tactstinn beschränkt sich bei den meisten Anwendungen auf Vibration der Controller. [Zitat, beispiel] Dieser krasse handschuh kann force feedback, berührung und hitze/kälte

Von den von Holloway gelisteten Aktionen die erfasst werden sollen, sind mittlerweile alle mehr oder weniger möglich zu erfassen. Durch Gyroskope und Beschleunigungssensoren erkennt das Headset die Ausrichtung des Kopfes und kann entsprechend die Kameras in der Anwendung rotieren. Bei manchen Ausführungen wird auch die Position des Headsets und/oder anderen Trackern durch Kameras erfasst. Dadurch kann sich der Benutzer durch Bewegungen im echten Raum im virtuellen Raum bewegen. [1] [2] Bei der HTC Vive beträgt die maximale Raumgröße beispielsweise 6m x 6m. ? Aktuelle VR Kits wie die HTC Vive 2019 oder die Oculus Rift 2019 werden standardmäßig neben dem HMD mit Controllern ausgeliefert. Diese besitzen ebenfalls Tracker, mit denen ihre Position im Raum identifiziert werden kann. Der Nutzer kann mit den Controllern eine Reihe von Interaktionen Nutzen wie Aufheben und Werfen von Objekten bis zu komplexen Aufgaben wie das spannen und abfeuern eines Bogens. Verbraucherorientierte HMD Modelle in höheren Preisklassen (1000€+) bieten auch die Möglichkeit zu Erfassung der Augenbewegungen. Dazu sind innerhalb des HMD Kameras angebracht, die die Rotation der Augen erfassen. Jedoch müssen Anwendungen dies auch unterstützen. [Zitat, beispiel] Spracherkennung ist ebenfalls ein gut erforschtes Thema und es gibt bereits eine Anzahl an Spielen und Anwendungen die auf Sprachsteuerung basieren, wird aber nicht ausschließlich mit VR in Verbindung gebracht. [zizat, beispiel] Krasser Handschuh kann ebenfalls finger movement und force exerted messen.

Nicht nur in der Unterhaltungsbranche, sondern auch immer mehr in der Industrie. [3] *Anwendungsbeispiele*.

2.2 Immersion

Slater [4] [5] definiert Immersion objektiv als die Technologischen Kapazitäten eines Systems. Je mehr verschiedene Sinne ein System durch virtuelle Reize stimulieren und je genauer die Erfassung der Aktionen des Benutzers und deren Übertragung in die VU ist, desto 'immersiver' ist das System. Dadurch kann laut Slater Immersion objektiv bewertet und theoretisch gemessen werden und hat nichts damit zu tun, wie verschiedene Menschen Immersion wahrnehmen. Trotzdem kann jeder das selbe Immersive System unterschiedlich Wahrnehmen und unterschiedliche Reaktionen darauf haben. Slater nennt diese Menschliche Reaktion auf Immersion 'Presence' (Präsenz, Anwesenheit) und betont in seinen Arbeiten die starke Abgrenzung von Immersion und Presence. Als Analogie verwendet er Farben. (Immersion ist Analog zur Verteilung von Wellenlängen, die alle Farben abgeben, was objektiv gemessen und beschrieben werden kann. Jeder Mensch nimmt aber Farben unterschiedlich wahr und hat verschiedene emotionale Reaktionen auf jede Farbe als andere Menschen. Also ist das Konzept der Präsenz analog zur Wahrnehmung von Farben.). Presence beschreibt also die Beziehung zwischen einem selbst und der Umgebung. Bowman und McMahan [6] gehen bei der Definition von Slater einen Schritt weiter und fokussieren sich bei der Messung von Immersion am Grad der Visuellen Immersion, auch wenn sie nur ein Teil der gesamten Immersion eines Systems ist. Dabei hebt er die rendering Software sowie die Bildschirmtechnologie vor. Seine wichtigsten Faktoren für Visuelle Immersion beinhalten beispielsweise die Auflösung und Größe eines Bildschirms, field of View sowie die Frame Rate. Ein potentieller Vorteil eines höheren Grades an Immersion ist das Räumliche Bewusstsein. In der realen sowie der virtuellen Welt nehmen wir dauerhaft eine dreidimensionale Umgebung wahr, obwohl unsere Augen nur zweidimensionale Bilder aufnehmen. Das liegt daran, dass unser Gehirn stark darauf Optimiert ist, eine dreidimensionale Umgebung mithilfe von Stereopsis, Bewegungsparallaxe, Perspektive und Okklusion zu rekonstruieren. Immersive VR liefert künstliche Stimuli für all diese Tricks, die unser Gehirn verwendet. Stereopsis, also Stereoskopisches Sehen wird durch die beiden Bildschirme in den HMDs ermöglicht (+ Kameras in Software). Unter Bewegungsparallaxe können sogar in zweidimensionalen Anwendungen z.B. durch Parallax-Scrolling simuliert werden. Dabei handelt es sich um den Optischen Effekt, wenn verschiedene Objekte unterschiedlich weit voneinander entfernt sind, und der Beobachter sich horizontal dazu bewegt. In dreidimensionalen virtuellen Welten ist dieser Effekt bereits gegeben. Okklusion, also der Effekt, wenn näher gelgene Objekte

weiter Entfernte Objekte verdecken, sowie Perspektive sind in den meisten normalen 3D Anwendungen ebenfalls bereits gegeben und sind nicht VR spezifisch. Das verstärkte Räumliche Bewusstsein wiederum, kann zu größerer Effektivität in Anwendungen wie Wissenschaftlicher Visualisierung, Design Reviews und Virtuellen Prototypen von 3D Objekten dienen.

Another potential benefit of immersion relates to a decrease in information clutter. We are all familiar with computer desktops littered with overlapping icons, windows, controls, and notifications. Some researchers are trying to address this problem with virtual desktops, or, better yet, multiple physical monitors. In VR, we experience an analogous problem when we add information to our virtual worlds and visualizations—text, numbers, glyphs, and such clutter the 3D scene. With a higher level of immersion, however, we might be able to decrease this clutter and increase the environment’s comprehensibility. Specifically, increased FOV, FOR, and display resolution could have this effect. These and other potential benefits of immersion—such as increased peripheral awareness or increased useful information bandwidth—have largely gone untested until now. Demonstrating these benefits could open the door for many other viable applications of immersive VR.

2.3 Self Embodiment

Embodiment kann als Verkörperung übersetzt werden. Damit ist gemeint, dass dem Benutzer ein angemessenes/passendes Selbstbild zugewiesen/bereitgestellt wird um ihn für sich selbst und, in kollaborativen Situationen, für andere zu repräsentieren. [Dafür werden Avatare eingesetzt] Die Relevanz/Wichtigkeit des Embodiments ist Analog zur Relevanz des eigenen Körpers in Alltäglichen Situationen. Unsere Körper liefern unserer Umgebung umgehend Informationen, wie unsere Anwesenheit, Aktivitäten, Aufmerksamkeit, Verfügbarkeit, Stimmung, Standort, Fähigkeiten und viele andere Faktoren. Der Körper kann durch Gesten und Körpersprache indirekt kommunizieren. Durch Zeichensprache ist sogar eine direkte Kommunikations alternative zur Sprache möglich. [7]

Eine Konzeptualisierung des Embodiments ist, dass eine Gemeinsamkeit aller Menschen ist, dass all unsere Erfahrungen Grundlegend vom Bewusstsein/der Bewusstheit eines Körpers beeinflusst ist. Unsere Erlebnisse sind Grundlegend davon beeinflusst, dass wir unseres Körpers bewusst sind, egal ob der Körper

physisch vorhanden ist oder nicht [8]. Kiltner et al. [9] geben an, dass das Ausnutzen von immersivem VR die Frage aufwirft/neu formuliert, ob es möglich ist, die selben Sinneseindrücke/Empfindungen für einen virtuellen Körper in einer immersiven VU wie zu dem biologischen Körper zu fühlen und wenn ja, in welchem Ausmaß. Sie lassen sich dabei von Forschung inspirieren, die sich mit Embodiment von künstlichen Körperteilen/Prothesen auseinandersetzt, indem diese Konzepte zu kompletten künstlichen Körpern erweitern. Zusammenfassend besagt ihre Definition von Embodiment, dass ein Objekt Embodied ist, also verkörpert wird, wenn manche Eigenschaften des Objekts subjektiv wie die Eigenschaften des eigenen biologischen Körpers behandelt werden und so das Gefühl, einen Körper zu besitzen, bei der Person auslöst. Weiter definieren Kiltner et al., dass das Gefühl Embodiments sich in drei Unterelemente aufteilen lässt. Erstens, das Gefühl, den eigenen Standort zu kennen (self-location). Dies grenzt sich von der Erfahrung von 'Presence' davon ab, dass die self-location nicht die Position innerhalb eines Raums beschreibt, sondern in welchem Körper man sich befindet. Zweitens, das Gefühl der Entscheidungsfreiheit (agency). Agency verweist auf das Gefühl, motorische Kontrolle über den eigenen Körper zu haben. Das Gefühl ist beispielsweise gegeben, wenn man seinen eigenen Arm bewegen kann wann und wie man das möchte. Ein Gegenbeispiel, bei dem die Agency gestört wird, ist das unintentionale Schütteln der Hände bei Parkinson Patienten. Das Dritte Unterelement ist body ownership (das Gefühl, einen eigenen Körper zu besitzen), was die Selbstzuschreibung eines Körpers beschreibt. Es hat einen besitzergreifenden Charakter und impliziert, dass der Körper die Quelle der gefühlten Empfindungen ist. Beispiel bitte

Messbarkeit - Embodiment ist nicht ja/nein sondern eine kontinuierliche Skala vielleicht noch wie die einzelnen Sachen gemessen werden können [9]

The type of task completed in the SVE may also affect the performance elicited by different level of embodiments. Competitive or cooperative tasks are likely to show a greater difference on variables such as physiological response, aggression, or perceptions of the avatar. [10]

Embodiment in Social Media [11]

Überleitung zu Avatare

2.4 Avatare

Avatare sind Digitale Repräsentationen von uns selbst. Ihre Darstellung variiert stark abhängig vom Kontext in dem sie eingesetzt werden. Sie reichen von einfachen Zeichnungen oder Bildern, die den Benutzer darstellen, wie es in manchmal in Social Media zu Kommunikation eingesetzt wird, bis zu detailreichen, komplett ausgearbeiteten 3D Modellen, welche perfekt auf die jeweilige Person zugeschnitten sind welche in High-End Simulationen zu finden sind. Eine wichtige Eigenschaft für Avatare neben der Darstellung ist die Kontrolle, die der Nutzer über den Avatar hat. Die Kontrolle reicht wie die Darstellung von komplett passiv und uninteraktiv wie bei Bildern bis zu dynamischen und komplett kontrollierbaren Avataren wie es oft in Computerspielen zu sehen ist. Je höher die Kontrolle über den Avatar ist, desto höher ist die Immersion und somit auch das mögliche Embodiment, welches der Nutzer erleben kann. Vor allem die Kategorie der Agency von Embodiment ist davon betroffen, da eine Aktion des Nutzers bei hoher kontrollierbarkeit durch direkte Verknüpfung mit dem Avatar eine Aktion des Avatars auslöst. [12]

Liste warum Avatare geil sind?

Obwohl Avatare eine höhere Immersion bieten, setzen relativ wenige HMD-basierte VR-Systeme Avatare ein, die den kompletten Körper repräsentieren. [?] cons?

Damit die Benutzer den anderen Benutzern nicht als leere Hülle angezeigt werden, kommen Avatare zum Einsatz. Diese Helfen sich gegenseitig zu identifizieren und steigern zugleich das Embodiment des Nutzers selbst.

Wichtig ist dabei wie die Körper dargestellt werden, sowohl beim eigenen Avatar als auch bei den von den anderen Mitbenutzern. Bei keinem Avatar kommt kein Embodiment zustande, andere können nur durch ihre Interaktion mit der Umgebung Identifiziert werden. Der Standard(Zitation) ist mittlerweile mindestens das HMD und die Controller + optional Hände zu sehen. [7] Soll ich hier alle Schritte der Avatare aufzählen? Es gibt verschiedene Stufen, wie Avatare dargestellt werden können. - Bei der Minimalsten Lösung wird kein Avatar dargestellt. Gar Kein Avatar, die Controller werden angezeigt, damit der Spieler sich im Raum orientieren kann. - Nur Hände die die Controller halten. Hilft schon ein bisschen bei der Immersion. z.B. bei den Test Steam VR Anwendungen - nur Arme. Gibts sowas? Bestimmt hilfreich bei onbody interfaces - Kompletter Körper in Dummyform, einheitliche Textur. In dieser Arbeit verwende

ich diese Variante, da ich mich auf die Auswirkungen der Avataranimationen fokussieren möchte. [Bild von meinem Dummy] - Körper mit eigenen Maßen, Körpergröße passt. Z.B. wie beim MPI. - Komplette Texturierung, möglich auch mit echten Klamotten -> 3D Scanner

2.5 Inverse Kinematics

2.6 Tracking

3 Versuch

In dem Versuch soll getestet werden, ob der Nutzen von Trackern die Performance und das Embodiment eines Nutzers gegenüber einer Inverse-Kinematik Lösung für selbst Avatare erhöht. Es wurden zwei Gruppen getestet, die miteinander verglichen werden. Eine Gruppe durchläuft das Experiment mit einem durch IK animierten Avatar. Der Avatar der anderen Gruppe wird mithilfe von sechs zusätzlichen Trackern durch die Bewegungen der Testperson animiert.

3.1 Konzeption

Alle Entscheidungen im Versuchsaufbau basieren darauf, den Fokus auf die Animation des Avatars zu legen. Alles andere, was zu unterschiedlichen Reaktionen hinsichtlich des Embodiments führen könnte, wurde weggelassen. So befindet man sich in einem abstrakten, größtenteils leeren Raum. Die einzige eingesetzte Textur ist die auf dem Boden, da so in den Tests die Entfernung zu den Objekten besser bestimmt werden konnte. Vorallem die bewusste Entscheidung, dem Avatar keine Kleidung zu geben und ihn als Holzpuppe darzustellen. Verschiedene Personen könnten sich mit den Klamotten mehr oder weniger identifizieren und so könnte der Fokus von den Animationen abgelenkt werden, vorallem da der Avatar eine Zentrale Rolle im Versuch spielt. Es wird kein Ton eingesetzt, da Ton ebenfalls den Fokus vom Visuellen ablenken könnte und somit die Ergebnisse verfälschen könnte. Sehr früh im Design des Versuchs kam die Idee eines Spiegels. Der Spiegel löst dabei zwei Probleme. Zum einen löst er das Problems der Wahrnehmung des Avatars. Um den Avatar und die Animationen sehen zu können, muss der Nutzer in der Regel nach unten schauen. Um einen Überblick über das Geschehen zu haben muss man aber nach vorne schauen, vorallem bei der Idee des Ausweichspiels. Durch den Spiegel kann der Spieler durchgehend seinen Avatar sehen während er sich auf die Gegenstände und auf die Aufgabe konzentrieren kann. Zum anderen hilft der Spiegel bei der Einschätzung von Entfernungen der Objekte und ermöglicht das sehen von Objekten die sich hinter anderen Objekten befinden.

3.2 Hypothese

Die Immersion des Systems mit den Trackern ist nach meiner Definition der Immersion messbar höher. Das liegt daran, dass die Tracker dem Benutzer mehr Kontrolle über den Avatar geben. Statt drei Kontrollierbaren Punkten im Aufbau ohne Tracker liefert der Aufbau mit Trackern neun Kontrollierbare Punkte und virtualisiert somit mehr Reize des Gehirns. Aufgrund der erhöhten Immersion mit Trackern vermute ich, dass das Embodiment durchschnittlich ebenfalls erhöht wird, da Embodiment eine Reaktion auf Immersion ist. Vorallem der Bereich Agency von Embodiment wird in dem Experiment angesprochen, daher wird vermutlich der Größte Teil der Unterschiede zwischen den Gruppen durch den Unterschied in Agency haben. Die Performanz sollte sich im Schnitt ebenfalls erhöhen, da die Tracker mehr Kontrolle der Beine erlauben und sich die meisten Objekte auf dem Boden befinden. Ein bekanntes Problem von VRIK mit drei Punkte tracing ist zusätzlich das verzögerte hinterherschweben des Körpers hinter dem Kopf, was Ausweichen schwieriger macht. Die Gefühlte erreichte Leistung bleibt ähnelt sich vermutlich stark, da sich die Gruppen nicht bewusst sind, dass die andere Gruppe existiert.

3.3 Hardware

Bei dem Versuch kommt die HTC Vive als HMD zum Einsatz [Modell] [Bild]. Das Headset dient dem Avatar als Ankerpunkt für die ingame Kamera. Diese ist ein wenig unter den Augen des Avatars gelegen, da so die Animation durch IK besser funktionierte. Die Vive benötigt zwei höher gelegene Kameras, welche in dem Raum an einem Gerüst festgemacht sind. Mithilfe eines Tablets und der App *Osram Lightify* können die Kameras aus der Entfernung ein und ausgeschaltet werden. Die Kameras sind für das Tracking im Raum zuständig und decken in meinem Fall ungefähr drei Meter mal fünf Meter ab. Dieses Gebiet wird in SteamVR kalibriert und dient im Spiel als begehbare Gebiet für den Spieler. [[Computer auf dem das Game läuft]]. Dazu kommen zwei VIVE-Controller, deren Position ebenfalls von den Kameras erfasst werden. In jeder Hand wird ein Controller gehalten, daher steuert die Position der Controller die Position der Hände in der Anwendung. Der Aufbau beider Versuchsgruppen ist bis zu diesem Punkt genau gleich. Bei Versuchsgruppe zwei werden zusätzlich zu dem oben genannten sechs (weil 6 verfügbar) VIVE Tracker verwendet

[[Bild]]. Die Konfiguration, wo die sechs Tracker angebracht werden können, variiert stark. Theoretisch gesehen können die Tracker an jeglichem Objekt oder überall am Körper festgemacht werden. Das verwendete Avatarrig von VRIK besteht aus [[ca. 30]] verschiedenen Knochen ausgenommen der Finger und Zehenknochen. Standardmäßig vorgesehene Targets für Tracker gibt es in VRIK 10. Da die HMD und die Controller bereits drei davon abdecken, konnten die möglichen Tracking Ziele auf sieben begrenzt werden. Da alle Konfigurationen, die einen Tracker an der Hüfte beinhalteten, Probleme verursachten, konnte die optimale Konfiguration für sechs Tracker festgelegt werden. [[vllt. ne Quelle wo sagt dass 6 Tracker gut sind]]. Die durch Gruppe zwei getrackten Körperteile sind also der Kopf durch die HMD, die Hände durch die Controller sowie jeweils beide Ellbogen, Knie und Füße mithilfe der Tracker. Die Tracker werden mithilfe von 1/4 Zoll Kamerasastativschrauben an beidseitigen Klettbandern befestigt, welche leicht am Körper angebracht werden können. Da neben der Position auch die Rotation der Tracker relevant ist, wurden die Tracker in den Versuchen immer mit der Seite des Lichtpunkts nach unten gedreht. [[Bild von Trackerrig]] Trotz der Tracker kommt bei Gruppe zwei IK zum Einsatz, da Knochen des Rigs wie die Hüfte, die Wirbelsäule oder die Schultern nicht getrackt werden und sich so natürlicher bewegt.

[Bild von Labor] [Bild von jemanden mit Trackern]

3.4 Software / Anwendung

Wie genau funktioniert das Game? [Bild vom Game] Der Spieler/Proband befindet sich in einem quadratischem Raum ohne Decke. Die komplette Wand vor dem Spieler besteht aus einem virtuellen Spiegel. Die Fläche des Raumes ist ungefähr doppelt so groß als das begehbbare Gebiet des Spielers. SteamVR zeigt automatisch ein rotes Netz dort an, wo das begehbbare Gebiet aufhört, damit der Spieler nicht gegen Sachen außerhalb seiner freien Fläche stößt. Zusätzlich erstellte ich zusätzlich gelbe Indikatoren für das Gebiet auf dem Boden, da das Netz von SteamVR nicht in dem Spiegel angezeigt wird. Auf dem Spiegel befindet sich eine Punkteanzeige. Wenn die Anwendung gestartet wird, befinden sich vor dem Spieler ein Tutorial und eine Fläche zum Starten des Spiels. Das Tutorial zeigt einen roten Quader, welcher die Objekte zum Ausweichen darstellt, in Nachfolgendem *Hazards* genannt. Darauf ist eine 1", da dem Spieler für das Berühren eines roten Quaders ein Punkt abgezogen wird. Daneben befindet sich eine grüne Kugel mit der Aufschrift "+2" was die

Objekte darstellt, die der Spieler einsammeln soll um pro Stück zwei Punkte zu bekommen. Die grünen Kugel werden im Nachfolgenden *Collectibles* genannt. Das Startfeld muss berührt werden damit der Durchlauf des Spiels beginnt. Die komplette Anwendung verzichtet auf Tasteneingaben des Benutzers, alle benötigten Eingaben passieren durch Berührung des Avatars mit den Objekten. Sobald das Spiel gestartet wurde, bewegen sich von vorne aus dem Spiegel die Hazards und Collectibles in einem bestimmten Intervall und bewegen sich durch das begehbare Gebiet bis sie wieder aus der Rückwand verschwinden. Die Position der einzelnen Objekte wird vor dem Spiel zufällig innerhalb einer Range festgelegt. Zusätzlich können alle Objekte mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 Prozent in der Luft schwebend statt auf dem Boden erscheinen. Dies soll den Spieler anregen, sich in gewissen Situationen zu ducken um einem Hazard auszuweichen oder seine Hände zu bewegen um ein Collectible, welche über einem Hazard schwebt, einzusammeln. Während der gesamten Zeit wird dem Spieler seine Punktzahl angezeigt. Nachdem 40 Hazards und 20 Collectibles erschienen sind, ist das Spiel vorbei. Somit ist die höchste zu erreichende Punktzahl 40 und die niedrigste zu erreichende Punktzahl -40. Neben der gesamten Punktzahl werden bei Spielende die jeweils getroffenen Hazards und Collectibles angezeigt. Sobald das Spiel beginnt, wird der Avatar ausgehend von der Position der HMD in alle Richtungen skaliert. Das wirkt der unterschiedlichen Körpergröße bei verschiedenen Personen entgegen, da der Avatar bei kleineren Personen gebeugt steht oder bei größeren Personen den Boden nicht berührt.

Die Anwendung wurde mithilfe von Unity 2018.3.11f erstellt. Unity ist eine Engine um Computerspiele zu entwickeln. Unity bietet über den *Assetstore* die Möglichkeit, Programme von Drittanbietern leicht in die eigene Anwendung zu integrieren. Die wichtigsten eingesetzten Assets für die Anwendung waren *FinalIK* von rootmotion [13] sowie SteamVR von Valve. FinalIK bietet vorgefertigte IK-Lösungen für eine Reihe an Anwendungsarten. Das im Experiment benutzte IK-Rig stammt von dem FinalIK Anwendungsbeispiel VRIK. [[bild von VRIK]]. Abbildung X zeigt die Standardkonfiguration der Knochen von VRIK. SteamVR bietet Grundfunktionalitäten für die HTC VIVE wie das Kamerarig und die Position der Controller. Die Textur für den Boden stammt ebenfalls aus SteamVR.

3.5 Probleme

Die größte Herausforderung während des Entwickeln als auch während des Versuchs war die große Anzahl an eingesetzter Hardware. Oft wurden schein-

bar ohne Grund entweder die Tracker oder die Controller nicht erkannt oder konnten sich nicht mit SteamVR verbinden. Dies führte beim Versuch bei wenigen Testpersonen zu verminderter Immersion, da sie z.B. trotz Tracker ihren Ellbogen nicht bewegen konnten. Eine weitere Herausforderung war die Zuweisung der Tracker in Unity. Die SteamVR Anwendung besitzt kein benutzbares System, wie die Tracker konsistent dem gleichen Körperteil zugewiesen werden können. Letztendlich konnte ich im Code selbst die Zuweisung mithilfe der Herstellungsnummer der Tracker lösen. Das Festmachen der Tracker am Körper bereitete ebenfalls viele Sorgen. Die Vive Tracker werden standardmäßig ohne Bänder zum Befestigen geliefert. Desweiteren gibt es keine offiziellen Bänder von Vive selbst. Meine Lösung beinhaltete beidseitiges Klettband mit Löchern für die von den Trackern benötigten Schrauben. Diese sind aber schwierig am Körper zu befestigen wenn sie nicht rutschen sollen und sind anfällig dafür, dass die Tracker während der Anwendung rotieren.

4 Evaluation

4.1 Fragebögen

Demographische Fragen vorher embodiment bogen [14] nasa tlx [15]

4.2 Umsetzung

4.3 Ergebnis

5 Fazit

5.1 Fazit

Fazit

5.2 Zukunftsaussichten

Literatur

- [1] Yuri Antonio Gonçalves Vilas Boas. Overview of Virtual Reality Technologies. 2012.
- [2] Richard Holloway and A. Lastra. Virtual environments: A survey of the technology. *SIGGRAPH'95 Course*, 8(September):1–40, 1995.
- [3] Eric D. Ragan, Ajith Sowndararajan, Regis Kopper, and Douga Bowman. The effects of higher levels of immersion on procedure memorization performance and implications for educational virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 19(6):527–543, 2010.
- [4] Mel Slater. A note on presence. *Presence Connect*, 3(January):1–5, 2003.
- [5] Mel Slater. Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(5):560–565, 2002.
- [6] Doug A. Bowman and Ryan P. McMahan. Virtual reality: How much immersion is enough? *Computer*, 40(7):36–43, 2007.
- [7] Steve Benford, John Bowers, Lennart E. Fahlén, Chris Greenhalgh, and Dave Snowden. User embodiment in collaborative virtual environments. pages 242–249, 2010.
- [8] Jason Tham, Ann Hill Duin, Laura Gee, Nathan Ernst, Bilal Abdelqader, and Megan McGrath. Understanding Virtual Reality: Presence, Embodiment, and Professional Practice. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 61(2):178–195, 2018.
- [9] Konstantina Kilteni, Raphaela Groten, and Mel Slater. The Sense Of Embodiment in VR. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 21(4):373–387, 2012.
- [10] Ye Pan and Anthony Steed. The impact of self-avatars on trust and collaboration in shared virtual environments. *PLOS ONE*, 12(12):1–20, 2017.

- [11] Raz Schwartz and William Steptoe. The Immersive VR Self: Performance, Embodiment and Presence in Immersive Virtual Reality Environments. *A Networked Self and Human Augmentics, Artificial Intelligence, Sentience*, pages 108–116, 2018.
- [12] Frank Biocca. Connected to My Avatar: Effects of avatar embodiments on user cognitions, behaviors, and self construal. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8531 LNCS:421–429, 2014.
- [13] rootmotion. Rootmotion - vrik, 2019. [Online; accessed 5-May-2019].
- [14] Mar Gonzalez-Franco and Tabitha C. Peck. Avatar Embodiment. Towards a Standardized Questionnaire. *Frontiers in Robotics and AI*, 5(June):1–9, 2018.
- [15] Sandra G. Hart and Lowell E. Staveland. Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. In Peter A. Hancock and Najmedin Meshkati, editors, *Human Mental Workload*, volume 52 of *Advances in Psychology*, pages 139 – 183. North-Holland, 1988.

Erklärung zur Abgabe einer Prüfungsleistung

Ich versichere, dass ich

- den „Leitfaden für gute wissenschaftliche Praxis im Studiengang MKI“¹ kenne und achte,
- die von mir eingereichten Dokumente und Artefakte selbständig ohne Hilfe Dritter verfasst habe,
- alle benutzten Quellen und Hilfsmittel - dazu zählen auch sinngemäß übernommene Inhalte, leicht veränderte Inhalte sowie übersetzte Inhalte - in Quellenverzeichnissen, Fußnoten oder direkt bei Zitaten angegeben habe,
- alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate von Textstücken, Tabellen, Grafiken, Fotos, Quellcode usw. aus fremden Quellen als solche gekennzeichnet und mit seitengenaue Quellenverweisen versehen habe,
- die von mir eingereichten Dokumente und Artefakte noch nicht in dieser oder ähnlicher Form in einem anderen Kurs vorgelegt worden sind und ich
- alle nicht als Zitat gekennzeichneten Inhalte selbst erstellt habe.

Mir ist bekannt, dass unmarkierte und unbelegte Zitate und Paraphrasen Plagiate sind und nicht als handwerkliche Fehler, sondern als eine Form vorsätzlicher Täuschung der Prüfer gelten, da fremde Gedanken als eigene Gedanken vorgetäuscht werden mit dem Ziel der Erschleichung einer besseren Leistungsbewertung.

Mir ist bekannt, dass Plagiarismus

- die Standards guter wissenschaftlicher Praxis,
- den Leitfaden für gute wissenschaftliche Praxis im Studiengang MKI,
- die Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule Reutlingen (§10 Täuschung und Ordnungsverstoß) sowie
- das Landeshochschulgesetz von Baden-Württemberg (§3 Wissenschaftliche Redlichkeit Abs. 5, §62 Exmatrikulation Abs. 3)

missachtet und seine

studienrechtlichen Folgen vom Nichtbestehen bis zur Exmatrikulation

reichen.

Nachname: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

abgegeben zur Lehrveranstaltung: _____

für das Semester: _____

Datum, Ort: _____

Unterschrift: _____

¹ <https://bscwserv.reutlingen-university.de/bscw/bscw.cgi/d2871027/GWP.pdf>