

Erschienen in:

Meyer, L., & Pfeiffer, T. (2017). Vergleich von Leap Motion Hand-Interaktion mit den HTC-Vive MotionControllern in einer VR-Trainingssimulation für manuelle Arbeiten. In R. Dörner, R. Kruse, B. Mohler, & R. Weller (Eds.), *Berichte aus der Informatik. Virtuelle und Erweiterte Realität - 14. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR* (pp. 91-102). Aachen: Shaker Verlag.

Vergleich von Leap Motion Hand-Interaktion mit den HTC-Vive MotionControllern in einer VR-Trainingssimulation für manuelle Arbeiten

Leonard Meyer, Thies Pfeiffer

CITEC, Technische Fakultät, Universität Bielefeld

Inspiration 1

33615 Bielefeld

Tel.: +49 (0)521 / 106 - 12373

E-Mail: lemeyer,tpfeiffer@techfak.uni-bielefeld.de

Abstract: Dieser Artikel befasst sich mit der Frage, ob durch den Einsatz von kontaktfreiem Tracking natürlicher Handbewegungen in einem VR-Trainingsprogramm ein signifikant positiver Einfluss auf Lerneffekt und Nutzererfahrung erzielt werden kann im Vergleich zur Nutzung von Controllern. Als Evaluationsumgebung dient ein virtuelles Labor, in welchem eine medizinische Infusion vorbereitet werden soll. Als Steuerungsinterface für die virtuellen Hände dienen in Kombination mit einer HTC-Vive eine Leap Motion, sowie die nativen HTC-Vive MotionController in der Vergleichsgruppe. Die Studie ergibt, dass die Nutzung von kontaktfreiem Tracking in der VR durchaus positiv von den Versuchspersonen aufgenommen wird, jedoch nicht wesentlich positiver als die Nutzung der Controller. Bezogen auf den Lerneffekt wird kein statistisch signifikanter Unterschied unter den gegebenen Testbedingungen gefunden, allerdings ein Effizienzunterschied, welcher sich in einer signifikant schnelleren Aufgabenbewältigung der Probanden in der Leap Motion Gruppe äußert.

Keywords: VR-Training, natürliche Interaktion, Leap Motion, HTC-Vive

1 Einleitung

Der folgende Artikel diskutiert das Potential realistischer Interaktionsmöglichkeiten mit den eigenen Händen in virtuellen Trainingsprogrammen. Er knüpft an die Bachelorarbeit von Mike Kortemeier am CITEC an, welcher in einer vorangegangenen Arbeit bereits den Vorzug von VR-Trainingssimulationen mit Unterstützung von manuell ausgeführten Aktionen mittels HTC Vive-Controllern im Vergleich zu einem auf der GearVR laufenden System mit einfacher Point-and-Click Interaktion diskutierte. Basis der Untersuchungen war das von Derksen et al. [DZS⁺16] entwickelte Virtual SkillsLab. In der vorliegenden Arbeit wird ein Direktvergleich zwischen zwei Versionen eines Trainingsprogramms für die HTC-Vive gezogen. In einer von beiden ist dabei eine Interaktion mit virtuellen Handreplikationen der echten Hände (unter Nutzung einer Leap Motion) möglich. Die andere Version nutzt die nativen HTC-Vive Motion Controller zur Interaktion mit Händen in einer statischen Pose.

1.1 Motivation

Das Üben in der virtuellen Realität verspricht im Vergleich zu einfachen Lehrvideos oder textuellen Beschreibungen eine signifikant höhere Lerneffektivität. Diese These wurde bereits 2002 von Seymour et al. [SGR⁺02] geprüft. Gezeigt wurde, dass in einem medizinischen VR-Trainingsprogramm die Fehlerrate der Probanden und die benötigte Zeit für Aufgaben deutlich niedriger ausfiel, als in herkömmlichen Trainingsprogrammen. In einer Arbeit von 2016 zeigte Kortemeier [Kor16] unter anderem, dass die Absolvierung eines Trainings in der VR stark positive Rückmeldung seitens der Probanden erzeugte. Das in der Arbeit von Kortemeier genutzte Trainingsprogramm wurde unter anderem über die HTC-Vive genutzt und dient der Schulung von Auszubildenden und Studierenden im Bereich der Krankenpflege, die im Zuge ihrer Ausbildung den Ablauf einer Infusionsvorbereitung erlernen müssen. Zur Interaktion mit den Händen wurden dabei die HTC-Vive MotionController genutzt. Im Bezug auf den Lerneffekt konnte kein signifikanter - doch aber leichter - Vorteil des Einsatzes von virtuellen Trainingssimulationen für den Nutzer im Direktvergleich zu einem einfachen Lehrvideo festgestellt werden.



Abbildung 1: HTC Vive mit Controllern real/VR Gegenüberstellung

Das Potential allerdings aufgrund der sehr positiven Rückmeldung sehend, stellte Kortemeier die These auf, dass die Implementierung einer realistischeren Handsteuerung zum Beispiel mit Hilfe einer Leap Motion eine interessante Optimierung der Simulation sei [Kor16]. Ob und wie sehr eine solche Implementierung sich tatsächlich positiv auf Nutzererfahrung, Usability, sowie die Lerneffektivität auswirkt, wird in diesem Artikel unter Nutzung des gleichen Trainingsprogramms behandelt.

1.2 Ziele

Für die Durchführung der Vergleichsstudie wurden zwei Varianten des Virtual SkillsLab erzeugt. Zur natürlichen Interaktion mit den Händen wird in einer Version über eine Leap Motion per Bilderkennung interagiert. Als Baseline dient die zweite Version, die weiterhin auf einer Steuerung statischer Handattrappen über die nativen HTC-Vive MotionController beruht. Näheres zum Aufbau ist in Abschnitt 3.1 beschrieben.

Auf der Basis der beiden Versionen wird der Einfluss der Handsteuerung auf das Lernverhalten analysiert. Wir erwarten, dass sich der Lerneffekt durch den Einsatz einer realistischeren Steuerung im Vergleich zur Baseline steigern soll. Darüber hinaus erfolgt eine Analyse der Nutzererfahrung im Bezug auf Zufriedenheit und Usability, sowie die Prüfung der kognitive Belastung (Cognitive Load Theory, vgl. [SVMP98]).

Zusammengefasst ergeben sich somit folgende Hypothesen:

- H1: Das Tracking realer Hände und die realistisch animierte Darstellung der Hände in der VR erhöht den Lernerfolg von Probanden im Vergleich zur Nutzung von Controllern
- H2: Die Nutzererfahrung (Usability und Zufriedenheit) ist im Vergleich zu Controllern signifikant positiver, wenn eine realistische Hand benutzt werden kann

2 Stand der Forschung/Technik

2.1 Realistische Interaktion in der VR

Ein Ziel der Arbeit mit Virtueller Realität ist die Bereitstellung effizienter Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Bei der Gewährleistung dieser Effizienz, ist die intuitive Nutzbarkeit einer virtuellen Umgebung ein zentraler Punkt.

Selektion und Manipulation von Objekten sind Interaktionsformen, welche der Mensch in der Realität überwiegend mit den Händen ausführt. Manipulation beschreibt hierbei nach Bowman [BKLJP04] die Handhabung räumlich steifer Objekte, d.h. jegliche Veränderung der Position und Orientierung, ohne die Objekte jedoch zu verformen. Neben diversen gängigen Werkzeugen zur Steuerung innerhalb von virtuellen Umgebungen, wie handelsüblichen Spielcontrollern, wurden bereits seit 1979 komplexere Steuerungsgeräte entwickelt. Eine ausschlaggebende Entwicklung sind dabei die Datenhandschuhe. Datenhandschuhe sind Eingabegeräte, die über die Gestiken der menschlichen Hände funktionieren. In der Regel werden hierbei Exo-Skelette oder tatsächliche Handschuhe aus Stoff mit eingewobenen Sensoren zur Replikation der eigenen Hände im virtuellen Raum genutzt.

2.1.1 Leap Motion

Die Leap Motion ist ein kleines USB-Gerät welches ähnlich der Kinect von Microsoft optische Sensoren und Infrarotlicht zum analysieren von Gliedmaßen benutzt [leaa]. Im Gegensatz zur Kinect, welche auf Ganzkörper-Tracking ausgelegt ist, ist die Leap Motion speziell für das Tracking der Hände entwickelt worden. So sorgt der kleinere Beobachtungsbereich der Sensoren in Kombination mit einer höheren lokalen Auflösung für die Möglichkeit, die derzeitige Position von Händen und Fingern präzise zu errechnen. Weitere Hilfsmittel, wie gesonderte Markierungen, werden dabei nicht benötigt. Im Durchschnitt erreicht die Leap Motion damit eine Präzision von 1,2 mm Abweichung zur tatsächlichen Hand/Finger Position und Krümmung [WBRF13].

Im Vergleich zu Datenhandschuhen benötigt die Leap Motion keine separaten Handschuhe. Einzig die Kamera muss entweder unterhalb der Hände auf einer separaten Oberfläche liegen oder zur VR-Interaktion am Kopf des Nutzers (meist an einem HMD) angebracht werden. In diesem Punkt liegt der große Vorteil gegenüber anderen Controllern.

Wo Datenhandschuhe immer gleich präzise sind, verliert die aktuelle Version der Leap Motion nach ca. einem Meter ihre Genauigkeit, sodass bei lang ausgestreckten Armen Fehler in der Replizierung der Hände entstehen können. Hinzu kommt, dass die Leap Motion auf das zu verarbeitende Bild der Sensoren angewiesen ist. Handzustände die durch Objektverdeckung von der Leap nicht zu sehen sind (wie Verdeckung durch die andere Hand) können dementsprechend nicht oder nur angenähert analysiert werden. Ein weiterer Nachteil bezogen auf die Nutzung in der Virtuellen Realität ist das bisher noch auf ca. 135 Grad eingeschränkte Sichtfeld, welches dafür sorgt, dass, sollte ein Nutzer mit seiner VR-Brille beispielsweise nach oben schauen, die Hände aus dem virtuellen Raum ausgeblendet werden. Es kann also ausschließlich mit Objekten, welche in etwa im Sichtbereich der Augen liegen, in der VR interagiert werden [leab].

Trotz dieser Einschränkungen wurde zur Durchführung der Studie in dieser Arbeit, eine Leap Motion als Interaktionsgerät gewählt. Neben den geringen Kosten, die dabei ein ausschlaggebender Punkt waren, haben Zhang et al. [ZCP⁺17] gezeigt, dass die Nachteile einer Leap Motion einer funktionierenden gestikbasierten Steuerung nicht zwangsweise entgegen stehen.

3 Das Trainingsprogramm

3.1 Aufbau

Im für die Studie genutzten VR-Trainingsprogramm soll in einem virtuellen Labor (siehe Abbildung 2) eine medizinische Infusion vorbereitet werden. Dazu gehört es, alle notwendigen Arbeitsschritte (siehe Tabelle 1), vom Prüfen der Patientendaten (offene Kladde im Zentrum) bis hin zum Aufhängen und Beschriften der korrekten Infusion (am Ständer rechts), durchzuführen.

Über die verschiedenen Arbeitsschritte hinweg muss dabei mit diversen Objekten interagiert werden. So müssen unter anderem Flaschen und Infusionsbesteck bewegt oder zusammengeführt, sowie eine hygienische Desinfektion der Hände (links unter der Uhr) und Arbeitsoberfläche (Zentrum) durchgeführt werden. Zusätzlich zu den eigentlichen Arbeitsschritten muss mit Schubladen und Schränken interagiert werden, in denen Infusionsflaschen und Besteck liegen.

Im Programm selbst existieren zwei Hilfe-Medien. Zum einen ein simples Graphical User Interface (GUI), auf dem schnelle Hinweise und Bemerkungen wie „Etwas vergessen?“ oder „Infusionsbesteck ausgepackt“ den derzeitigen Aufgabenstand beschreiben und zum anderen eine Hinweistafel an einer Wand des Raumes, die ausführlichere Hinweise für den zu tätigenden Schritt bereitstellt.



Abbildung 2: Arbeitsbereich im VR-Labor. Die Interaktion erfolgt in Room-Scale VR mittels HTC-Vive, der komplette relevante Interaktionsbereich ist begehbar.

| | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Informationen auf Patientenmappe prüfen | 13 | Verwendungsdatum des Infusionsbestecks prüfen |
| 2 | Hände desinfizieren | 14 | Infusionsbesteck auspacken |
| 3 | Einmalhandschuhe anziehen | 15 | Rollenklemme an Schlauch schließen |
| 4 | Desinfektionstuch nehmen | 16 | Schutzkappe entfernen (Infusionsdorn) |
| 5 | Arbeitsoberfläche desinfizieren | 17 | Schutzkappe entfernen (Flasche) |
| 6 | Handschuhe/Desinfektionstuch entsorgen | 18 | Einstichdorn in Infusionsflasche einführen |
| 7 | Hände desinfizieren | 19 | Infusionsflasche aufhängen |
| 8 | Infusionsflasche nehmen | 20 | Tropfkammer füllen |
| 9 | Namen der Infusion prüfen | 21 | Rollenklemme öffnen |
| 10 | MHD/Inhalt/Unversehrtheit der Infusion prüfen | 22 | Infusionsleitung an Aufhängevorrichtung anbringen |
| 11 | Infusionsflasche auf Arbeitsfläche abstellen | 23 | Infusionsflasche mit Namensschild bekleben |
| 12 | Infusionsbesteck nehmen | | |

Tabelle 1: Arbeitsschritte des VR-Trainings

3.2 Unterschiede der Trainingsprogramme

In der Version für die Vive-Controller findet keine Simulation von physikalischem Verhalten wie Gravitation statt. Objektinteraktionen (Aufnehmen, Ablegen, ...) sind somit nur im Zusammenspiel mit festen „Trigger“-Bereichen möglich. Möchte der Nutzer beispielsweise die Infusionsflasche auf dem Tisch abstellen, so muss er die Flasche in die Arbeitsoberfläche halten, um das entsprechende Event auszulösen. Möchte der Nutzer eine Schublade öffnen, klickt er mit dem Controller in sie hinein, und eine Öffnungsanimation wird ausgeführt.

Die realitätsnäheren Eingabemöglichkeiten mit der Leap Motion legen es nahe, die Objekte im virtuellen Raum physikalisch logisch agieren zu lassen. So besitzen in der Version für die Leap Motion Objekte in eingeschränktem Rahmen Kollisionsabfragen und Gravitationsregeln und lassen sich frei bewegen. Der immersive Eindruck des Nutzers soll sich auf diese Weise erhöhen und ihm ein Gefühl größerer Interaktionsfreiheit geben. Manipulierbare Gegenstände können demnach durch korrekt berechnetes physikalisches Verhalten auf den Boden, die Arbeitsfläche und in Schränke oder Schubladen gestellt bzw. fallen gelassen werden. Kollisionen untereinander oder mit anderen Möbeln wurden nicht implementiert, da

diese zu ungewollten Reaktionen beim Interagieren führen können, was wiederum eine hohe kognitive Belastung zur Folge haben könnte [SVMP98]. Ebenso wie eine realitätsnahe Handhabung von Gegenständen, ist auch das Öffnen oder Schließen von Schränken und Türen realitätsnah durch das Greifen der zugehörigen Griffe oder durch Anstoßen möglich.

3.3 Nutzung der Leap Motion zur Interaktion in der VR

Da es unmöglich ist, ohne haptisches Feedback und das Wahrnehmen von Gewicht eine wirklich realistische Steuerung (vor allem Selektion) mit den Händen zu realisieren, wurde ein Kompromiss eingegangen. Die Handgesten "Greifen" (Bilden einer Faust) sowie "Pinching" (Bilden einer Pinzette mit Daumen und Zeigefinger) dienen für die Leap Motion Steuerung als abstrahierte Form der eigentlichen Handbewegungen, die pro Interaktionsschritt nötig wären. Dabei gilt: größere Gegenstände werden durch "Greifen" selektiert bzw. manipuliert und kleinere durch "Pinching".

3.4 Umgang mit den Einschränkungen der Leap Motion

Die technischen Einschränkungen machen es erforderlich, die Handsteuerung in der VR einzuschränken. Um ein ungewolltes Fallenlassen von Gegenständen, welches durch einen falsch getrackten Handzustand ausgelöst werden kann, in den wichtigsten Fällen zu unterbinden, wurden präzisere Verhaltensregeln festgelegt. Werden Objekte, auf denen per blickbasierter Interaktion Informationen geprüft werden müssen, vom Nutzer gegriffen, so können diese nicht losgelassen werden, bis alle nötigen Informationen geprüft wurden. Zudem werden auf den Boden fallende Objekte automatisch auf die Arbeitsfläche teleportiert.

3.5 Leap Motion Übungsraum

Um potentielle Nutzer an die größten Problemfaktoren der Leap Motion (falsches Tracking, eingeschränkter Interaktionsbereich) zu gewöhnen, existiert ein kurzer Übungsraum (Aufenthalt ca 2-3 min) unabhängig des Trainingsprogramms. In diesem Raum durchläuft der Nutzer zwei Phasen. In der ersten sollen einige größere Gegenstände auf bestimmte Felder gestellt, sowie kleinere Gegenstände durch „Pinching“ (siehe 3.3) bewegt werden. In der zweiten Phase werden durch das Bewegen der Hände (unter textueller Anleitung) die Grenzen des Leap Motion Wirkungs- bzw. Trackingbereichs kennengelernt.

4 Durchführung der Studie

Vor Beginn der Studie mussten die Probanden beider Testgruppen unter Vorlage von 24 unterschiedlichen Arbeitsschritten (entsprechend des Ablaufs im Trainingsprogramm) die ihrer Meinung nach richtige Reihenfolge einer medizinischen Infusionsvorbereitung aufschreiben. Dabei wurde erwähnt, dass theoretisch ein Schritt mehrfach vorkommen kann (real 25 Schritte, zwei mal „Hände desinfizieren“).

Die Leap Motion Gruppe durfte anschließend für 2-3 Minuten den VR Übungsraum betreten, um sich an das Leap Motion spezifische Verhalten zu gewöhnen. Der Übungsraum galt ausschließlich dem Gewöhnen an die Fehlerrate und die Trackingbereichs-Begrenzung der Leap und wurde nicht auf ähnliche Weise in der nativen Vive-Controller Gruppe durchgeführt, da hier Probleme dieser oder anderer technischer Art in der Regel nicht auftreten.

Fortan liefen die Studien analog zueinander ab. Alle Probanden führten das jeweilige VR-Trainingsprogramm ihrer Testgruppe durch, in welchem jeder eine vollständige Infusionsvorbereitung selbst durchführte. Zu Beginn des Programms erhielt jeder Proband eine Einweisung, in der die Funktion der Hinweistafel erläutert und auf das anfängliche Prüfen der Patientenmappe hingewiesen wurde. Das Prüfen der relevanten Informationen auf der Patientenmappe wurde unter Anleitung des Versuchsleiters ausgeführt, um nicht VR-spezifische Probleme, die die Ausführungsdauer des Probanden verfälschen könnten, zu umgehen.

Nach Abschluss des Programms bearbeiteten die Probanden die gleiche Sortieraufgabe wie zu Anfang der Studie. Auf diese Weise sollte der Lernerfolg gemessen werden. Abschließend füllten alle Teilnehmer einen UEQ Fragebogen zur Messung der Nutzererfahrung aus.

4.1 Leap Motion (realistische Hände)

Die Evaluation wurde mit 9 Personen durchgeführt, davon konnten 7 (4 m/3 w) für die Messung des Lerneffekts verwendet werden, da eine Testperson bereits Vorerfahrungen beim Vorbereiten einer Infusion und eine weitere bereits Erfahrung mit der Nutzung einer Leap Motion hatte. Das Durchschnittsalter der Probanden war 24 Jahre. Beim ersten Lösen der Aufgabe (Schritte zur Infusionsvorbereitung sortieren) benötigten die Probanden im Schnitt 10:22 min und konnten 6,85/25 (24,7%) Schritte in der richtigen Reihenfolge legen.

Im Leap Motion Übungsraum viel auf, dass nur eine Person auf Anhieb den kleinen Gegenstand per „Pinching“ (Formen einer Zange zwischen Daumen und Zeigefinger) aufnahm. Die übrigen Teilnehmer versuchten diesen wie die größeren Blöcke mit einer einfachen Greifbewegung zu fassen (oft ebenfalls möglich, da dies eine „Pinching“ Bewegung beinhaltet). Die Teilnehmer wurden anschließend auf die Funktion hingewiesen.

Das VR-Trainingsprogramm wurde in durchschnittlich 11:05 Minuten vollzogen.

Beim Arbeitsschritt „Trübung/Flockung der Infusionslösung prüfen“ musste auf die Rückseite der Infusionsflasche geschaut werden. Dabei stellte sich das Handling mit den virtuellen Händen als schwierig heraus. Beim Drehen der Hände, wenn sie zu Fäusten geballt waren (entspricht „Greifen“), kam es zu Tracking-Problemen, infolge derer das Objekt mehrfach von einer Hand in die andere gewechselt werden musste. Weitere Interaktionsunverständlichkeiten - auch hinsichtlich des „Pinching“-Events - tauchten nicht auf.

Nach dem Abschluss des Programms benötigten die Versuchspersonen bei der wiederholten Sortieraufgabe im Schnitt 4:40 min und lösten die Aufgabe somit 56,07% schneller. Dabei wurden im Schnitt 19,57/25 (78,29%) Arbeitsschritte in die richtige Reihenfolge gebracht. Die Probanden erzielten demnach eine um 50,89% bessere Leistung nach dem Training.

4.2 Native Vive (Nutzung der HTC-Vive MotionController)

Die Evaluation wurde mit 7 (5 m/2 w) Personen durchgeführt, davon konnten alle für die Messung des Lerneffekts verwendet werden. Das Durchschnittsalter der Probanden war 23 Jahre. Beim ersten Lösen der Aufgabe (Schritte zur Infusionsvorbereitung sortieren) benötigten die Probanden im Schnitt 8:35 min und konnten 4,81/25 (19,25%) Schritte in der richtigen Reihenfolge legen.

Das VR-Trainingsprogramm wurde anschließend in durchschnittlich 12:22 Minuten vollzogen. Einige Testpersonen hatten teilweise Probleme, die geforderte Positionierung der Vive-Controller nachzuvollziehen. Auffällig war, dass viele Probanden Schubladen und Schränke mit real typischen Bewegungen schließen wollten, was in dieser Version keinen Einfluss auf den Zustand der Schubladen hat. Zudem war die korrekte Handhabung des im Raum vorhandenen Desinfektionsmittelspenders mit den Vive-Controllern 4 Personen nicht auf Anhieb einleuchtend.

Nach dem Abschluss des Programms benötigten die Versuchspersonen bei der wiederholten Sortieraufgabe im Schnitt 6:14 min und lösten die Aufgabe somit 27,27% schneller. Dabei wurden im Schnitt 16,14/25 (64,57%) Arbeitsschritte in die richtige Reihenfolge gebracht. Die Probanden waren demnach um 45,15% besser im Lösen der Aufgabe.

4.3 Vergleich der Gruppen

4.3.1 Lerneffekt

Der erste Gruppenvergleich gilt der Verbesserung bei der Sortieraufgabe von Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2. Hierbei liegt die Leap Motion Testgruppe zwar mit +50,89% Verbesserung im Ergebnis vor der Native-Vive Gruppe (+45,15%), jedoch zeigt ein T-Test, dass diese Differenz statistisch nicht signifikant ist.

Vergleicht man nur den zweiten Durchlauf der Sortieraufgabe, fällt der Unterschied mit 13,27% mehr korrekten Schrittreihenfolgen bei der Leap Motion Gruppe stärker ins Gewicht, reicht allerdings nicht für eine statistische Signifikanz. Die Hypothese H1 konnte daher nicht bestätigt werden.

Auffällig ist der durch einen T-Test ermittelte signifikante Unterschied der zeitlichen Verbesserung zwischen den beiden Gruppen im Bezug auf die Sortieraufgabe. Mit 56% zeitlicher Verbesserung liegt die Leap Motion damit deutlich vor der Native-Vive Gruppe.

Das Trainingsprogramm selbst wurde von der Leap Motion Gruppe im Schnitt 1:16 Minuten (10,8%) und somit signifikant schneller durchlaufen als von der Native-Vive Testgruppe (12:22 Native-Vive / 11:06 Leap Motion).

4.3.2 Nutzererfahrung

Der Vergleich der ausgewerteten Fragebögen ist in Abbildung 5 dargestellt. Nach den Autoren des UEQ [LHS08] gilt die +/- 2 Marke als sehr schwer zu erreichen und steht somit für

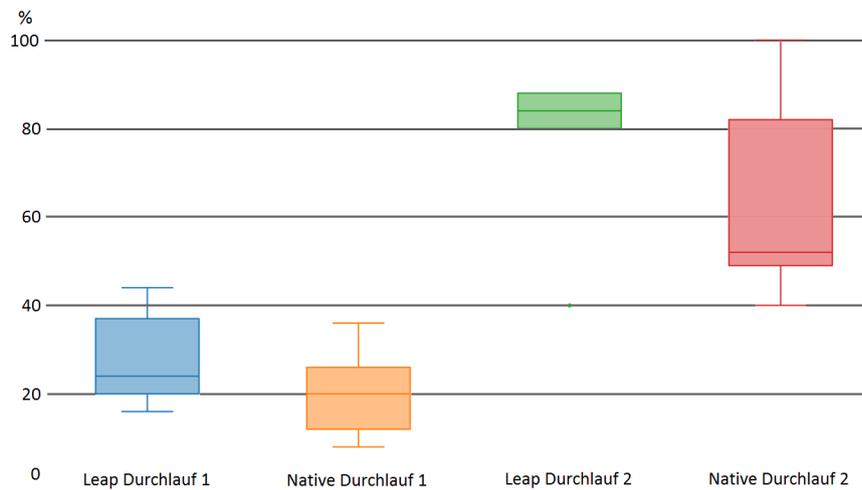


Abbildung 3: Korrekte Antworten beim Lösen der Sortieraufgabe in Prozent

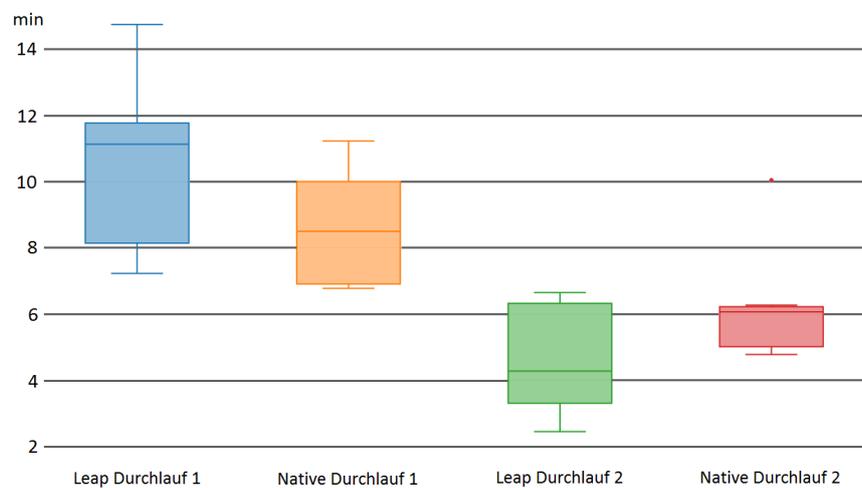


Abbildung 4: Benötigte Zeit beim Lösen der Sortieraufgabe

ein überaus gutes bzw. schlechtes Ergebnis. Nach den errechneten Werten haben beide Programmversionen eine gute bis sehr gute Wertung erhalten, wobei die Leap Motion Version in den Punkten Attraktivität, Stimulation und Originalität noch vor der Native-Vive liegt. Aufgrund der hohen Standardabweichung zeigt allerdings keine der Metriken eine signifikante Differenz zwischen den Werten, wie ein T-Test zeigt.

5 Diskussion

5.1 Auswertung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass das Interagieren über virtuelle Handreplikationen in der VR von den Nutzern positiv angenommen wurde. Während der Evaluation beklagte sich kein Proband über umständliche Steuerung oder zeigte andere Anzeichen von Überforderung

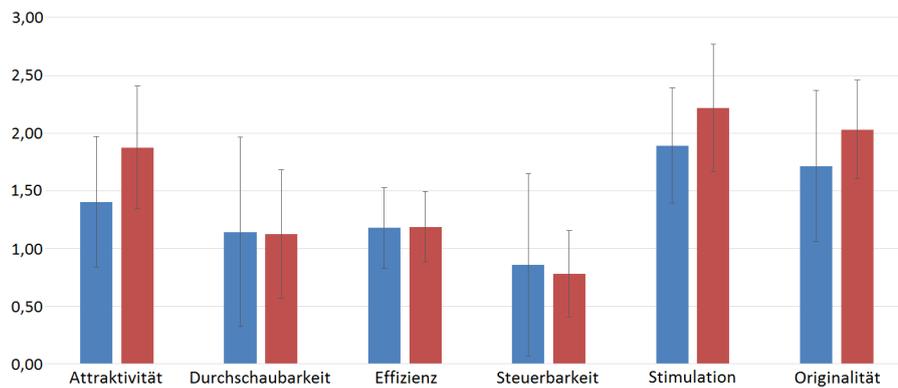


Abbildung 5: Vergleich UEQ Auswertung der Testgruppen „Leap Motion“ [rot] und „Native Vive“ [blau])

bzw. kognitiver Überlastung. Lediglich das erzwungene aber notwendige Festhalten der zu prüfenden Objekte an einer Hand, solange diese nicht vollständig untersucht wurden, sorgte im ersten Moment für Verwirrung.

Im Leap Motion Übungsraum musste erst darauf hingewiesen werden, dass sehr kleine Objekte auch zwischen Daumen und Zeigefinger genommen werden können. Dies scheint ein Zeichen dafür, dass trotz korrekt replizierter Hände, diese zunächst eher als externe Controller angesehen wurden. Die Probanden schienen nicht zu erwarten, dass sie (zumindest in den meisten Fällen) auf realistische Art und Weise in der Welt interagieren können. Nach dem anfänglichen Hinweis auf die Interaktionsmöglichkeiten traten diese Art Probleme auch später im Trainingsprogramm nicht mehr auf.

Im Vergleich zur Native Vive Gruppe konnte mit der Leap Motion Version kein signifikant besserer Lernerfolg gemessen werden, wenngleich auch die abschließende Fehlerrate geringer war als die der Native Vive Gruppe. Direkten Einfluss scheint die Wahl der Controller für die Hände somit nicht auf den Lernerfolg zu haben. Denkbar wäre dagegen auch, dass die aufgetretenen technischen Probleme der Leap Motion die Probanden ausschlaggebend kognitiv belastet hatten, wodurch der mit natürlicher Hand-Interaktion zu erreichende höhere Lernerfolg wiederum verringert worden wäre.

Die im Vergleich zum ersten Durchlauf auffällige und signifikant höhere Beschleunigung des Sortierprozesses nach der Absolvierung des VR-Trainingsprogramms, ist ein Indiz für höhere Selbstsicherheit bzw. bessere Erinnerung der Probanden der Leap Motion Gruppe an den Trainingsablauf. Unterstützend ist dabei das signifikant schnellere Absolvieren des Trainings in selbiger. Ein Interpretationsansatz wäre, dass trotz mancher Leap Motion Einschränkungen die MotionController der HTC-Vive den Nutzer mehr belasten und vom eigentlichen Ablauf ablenken. Eine alternative Erklärung wäre, dass das Gefühl, die Infusion tatsächlich selbst auszuführen, mit Benutzung der eigenen Hände noch ein großes Stück ansteigt, was eine bessere Erinnerung erklären könnte. In beiden Fällen würden die realistischen Hände ein erhebliches Maß zur Effizienz des Programms beitragen.

Im Vergleich zur Native Vive Gruppe nutzten die Probanden der Leap Motion Gruppe den Desinfektionsmittelpender immer auf Anhieb korrekt, ebenso wie Türen und Schränke mit Selbstverständlichkeit gehandhabt wurden. Hier zeigt sich am deutlichsten die intuitive Bedienbarkeit mit den virtuellen Händen und das Potential einer solchen Steuerung. Dass in der Native Vive Gruppe zudem wiederholt versucht wurde, Schubladen und Schränke durch Zudrücken zu schließen, spricht ebenfalls für die virtuellen Hände.

Würde die Replikation der Hände über die Leap Motion dauerhaft fehlerfrei funktionieren, könnte die intuitive Bedienbarkeit noch ein weites Stück besser funktionieren, da dann Kompromisslösungen wie das erzwungene Festhalten von Gegenständen in der Hand nicht mehr nötig wären. So könnte auch die Flexibilität des Programms weiter gesteigert werden und der Nutzer sich noch freier in seinen Interaktionsentscheidungen fühlen, was möglicherweise Nutzererfahrung und Effizienz steigern würde.

Ähnlich dem Lernerfolg, ist auch die gemessene Nutzererfahrung der Leap Motion zwar positiver aber ohne Signifikanz. Hierbei muss allerdings erwähnt sein, dass beide Versionen von fast allen Testnutzern als sehr neuartig, wenn nicht aufregend empfunden wurden, so dass vermutlich die separate Bewertung der beiden Programme eher allgemein und ohne kritischen Blick auf die Vor/Nachteile der Leap Motion relativ zu den MotionControllern zu betrachten ist. Eine Vergleichsstudie, in der Probanden jeweils beide Versionen des Programms durchlaufen, könnte Unterschiede deutlicher darstellen.

5.2 Fazit

Die durchgeführte Studie hat gezeigt, dass die Nutzung einer natürlichen Handsteuerung in der VR (auch trotz der Leap Motion spezifischen Probleme) eine echte Alternative zur Nutzung von Controllern darstellt.

Die Hypothesen H1 und H2 konnten nicht im Sinne einer statistisch signifikanten Aussage bestätigt werden, wenngleich die virtuellen Hände der Leap Motion durchweg positiv bewertet wurden. Allerdings wurde in der Leap Motion Gruppe eine signifikant höhere Geschwindigkeit beim Lösen der Sortieraufgabe im zweiten Durchlauf festgestellt, wobei die Fehlerquote vergleichbar mit der der native Vive Gruppe war.

Die größte Schwäche der Leap Motion ist die in der aktuellen Version noch vorhandene Fehleranfälligkeit und Eingeschränktheit im Interaktionsraum. Die Vorteile der Leap Motion, speziell das kontaktlose Steuern, kommen hingegen in der virtuellen Realität nur bedingt zum Tragen. Die Hypothesen H1 und H2 sollten aus diesem Grund und auf Basis der Studienergebnisse nicht aufgegeben werden. Vielmehr sollte zum einen, wie bereits in 5.1 erläutert, eine Studie mit Direktvergleich beider Versionen für jeden Probanden durchgeführt, sowie die Nutzergruppe vergrößert werden. Zum anderen wäre eine Nutzung von Datenhandschuhen als bessere Alternative zur Leap Motion denkbar.

Literatur

- [BKLJP04] Doug Bowman, Ernst Kruijff, Joseph J LaViola Jr, and Ivan P Poupyrev. *3D User Interfaces: Theory and Practice, CourseSmart eTextbook*. Addison-Wesley, 2004.
- [DZS⁺16] Melanie Derksen, Le Zhang, Marc Schäfer, Dimitri Schröder, and Thies Pfeiffer. Virtuelles Training in der Krankenpflege: Erste Erfahrungen mit Ultra-mobilen Head-Mounted-Displays. In Thies Pfeiffer, Julia Fröhlich, and Rolf Kruse, editors, *Virtuelle und Erweiterte Realität - 13. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR*, pages 137–144. Shaker Verlag, 2016.
- [Kor16] Mike Kortemeier. Optimierung eines Virtual Reality Trainingsprogramms und Portierung für die HTC Vive und Google Cardboard, Bachelorarbeit an der Universität Bielefeld, 2016.
- [leaa] Leap Motion API Documentation. https://developer.leapmotion.com/documentation/csharp/devguide/Leap_Overview.html. Zugriff: 13.07.2017.
- [leab] Leap Motion VR Developer Mount. <http://blog.leapmotion.com/12-faqs-vr-developer-mount/>. Zugriff: 12.07.2017.
- [LHS08] Bettina Laugwitz, Theo Held, and Martin Schrepp. *Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire*, pages 63–76. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [SGR⁺02] Neal E Seymour, Anthony G Gallagher, Sanziana A Roman, Michael K O'brien, Vipin K Bansal, Dana K Andersen, and Richard M Satava. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of surgery*, 236(4):458, 2002.
- [SVMP98] John Sweller, Jeroen JG Van Merriënboer, and Fred GWC Paas. Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3):251–296, 1998.
- [WBRF13] Frank Weichert, Daniel Bachmann, Bartholomäus Rudak, and Denis Fisseler. Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller. *Sensors*, 13(5):6380–6393, 2013.
- [ZCP⁺17] Fan Zhang, Shaowei Chu, Ruifang Pan, Naye Ji, and Lian Xi. Double hand-gesture interaction for walk-through in vr environment. In *Computer and Information Science (ICIS), 2017 IEEE/ACIS 16th International Conference on*, pages 539–544. IEEE, 2017.