

Aktualisieren der Ausrichtung in gro ßen virtuellen Umgebungen

unter Verwendung eines skalierten Translationsgewinns

Betsy Williams *, Gayathri Narasimham, Tim P. McNamara *, Thomas H. Carr *, John J. Rieser *, und Bobby Bodenheimer *
Vanderbilt University

Abstrakt

Das Navigieren durch gro ße virtuelle Umgebungen mit einem Head Mounted Display (HMD) ist aufgrund der räumlichen Einschränkungen des Tracking-Systems schwierig. Wir haben zwei Experimente durchgeführt, um Methoden zur Erkundung großer virtueller Räume mit einem HMD unter anderen Übersetzungsbedingungen als beim normalen Gehen zu untersuchen. In Experiment 1 wird die Fortbewegung in der virtuellen Umgebung mit zwei verschiedenen motorischen Aktionen verglichen, um das Thema zu übersetzen. Die Studie kontrastiert das Lernen der Benutzer und die Ausrichtung von zwei verschiedenen Translationsgewinnen der bipedalen Fortbewegung (nicht skaliert und um zehn skaliert) mit der Joystick-Bewegung, bei der die Rotation in beiden Fortbewegungsschnittstellen durch physisches Drehen erreicht wird. In Experiment 2 werden die Auswirkungen einer Erhöhung des Translationsgewinns der bipedalen Fortbewegung in einer virtuellen Umgebung weiter untersucht. Das räumliche Lernen und die Orientierung eines Probanden wurden unter drei Verstärkungsbedingungen bewertet, bei denen jeder physikalische Schritt: nicht skaliert, um zwei skaliert oder um zehn skaliert war (1: 1, 2: 1, 10: 1). In einer Teilstudie dieses Experiments wurde die Leistung von Personen, die Videospiele spielten, mit Personen verglichen, die dies nicht taten.

CR Kategorien: I.3.7 [Computergrafik]: Dreidimensionale Grafik und Realismus - virtuelle Realität;

Schlüsselwörter: Virtuelle Umgebungen, Head-Mounted-Display, Lokalisierung, räumliche Aktualisierung

1. Einleitung

Immersive virtuelle Umgebungen bieten Menschen die Möglichkeit, Umgebungen zu erleben, die von ihrer tatsächlichen physischen Umgebung entfernt sind. Derzeit befindet sich die Technologie für diese Erfahrung nicht auf der Warenebene. Es scheint jedoch, dass die HMD-Technologie (Head-Mounted Display) in den nächsten Jahren auf diesem Niveau sein könnte. Andere immersive virtuelle Technologien wie virtuelle Höhlen erreichen mit geringerer Wahrscheinlichkeit den Warenstatus, da sie höhere Kosten in Form von großen Bildschirmen, Projektoren und häufig einem Bewegungsgerät wie einem Laufband oder einem Fahrrad verursachen, mit dem sich ein Benutzer bewegen kann über die Umwelt. Darüber hinaus könnte die Integration eines Virtual-Reality-Systems auf Warenebene in ein Bewegungserfassungssystem auf Warenebene, wie es von Chai und Hodgins [2005] beschrieben wurde, einen enormen Einfluss auf die Verwendung virtueller Umgebungen beim Lernen haben. Training und Unterhaltung. Da das HMD das Versprechen hat, der Öffentlichkeit leicht zugänglich zu sein, liegt unser Fokus darauf, die zugrunde liegenden Einschränkungen dieser Technologie zu verstehen und damit umzugehen. Wir

Ich glaube, dass die räumlichsten Einschränkungen des HMD-Verfolgungssystems am dringendsten sind, wenn HMDs auf Warenebene verwendet werden sollen. In diesem Artikel wird das Problem der Erforschung einer virtuellen Umgebung behandelt, die größer ist als die physischen Grenzen eines Verfolgungssystems, indem der translatorische Gewinn des Gehens manipuliert wird.

Im Allgemeinen ist es ein wichtiges Problem, Methoden zu entwickeln, mit denen große virtuelle Umgebungen untersucht werden können, während die räumliche Repräsentation der Umgebung durch einen Benutzer erhalten bleibt. In diesem Artikel versuchen wir, die natürliche Fähigkeit der Menschen zu nutzen, das räumliche Bewusstsein für eine Umgebung aufrechtzuerhalten, wenn die Übersetzung durch die Umgebung durch zweibeinige Fortbewegung erfolgt. Diese Modalität ist für das HMD natürlich, da die HMD-Technologie häufig einen Headtracker verwendet, der Änderungen der Ausrichtung und Position des Kopfes des Benutzers in der physischen Umgebung misst. Die Anzeige des HMD wird anhand des 3D-Standorts des Benutzers im physischen Raum aktualisiert, sodass die Bewegung in der virtuellen Welt der Bewegung in der physischen Welt entspricht. Leider die endliche Reichweite des HMD-Tracking-Systems oder, was noch wichtiger ist, die begrenzte Menge an Platz, die ein Benutzer auf Warenebene möglicherweise einem HMD widmen muss, begrenzt die Größe des Raums, der mithilfe der Bipedal-Fortbewegung frei erkundet werden kann. Natürlich könnte die Verwendung eines Joysticks zum Übersetzen eine Lösung sein, wie einige vorgeschlagen haben (z. B. [Bowman et al. 1999]), und wir befassen uns zunächst mit der Frage, wie gut das funktioniert.

Eine Möglichkeit, den erforschten Speicherplatz zu vergrößern, besteht darin, den Translationsgewinn des Systems so zu ändern, dass ein Schritt vorwärts in der physischen Umgebung mehrere Schritte vorwärts in der virtuellen Umgebung bedeutet. Rieser et al. [1995] zeigten, dass Probanden sich neu kalibrieren können, obwohl ein bedeutender Translationsgewinn für die Erkundung großer virtueller Umgebungen über die Grenzen dessen hinausgeht, was sie gefunden haben. Wenn der Translationsgewinn skaliert wird, treten zwei Probleme auf: (1) Was ist mit Rotationen zu tun, und (2) ist die Erhöhung des Translationsgewinns eine vollständige Lösung? Pick et al. [1999] und Kuhl [2004] haben gezeigt, dass Rotationen auch skaliert und neu kalibriert werden können, aber es gibt Gründe zu der Annahme, dass eine solche Skalierung nicht wünschenswert ist. Erstens kosten Rotationen nichts an Platz, da man sich an Ort und Stelle drehen kann. Aus kognitiver Sicht Rotationen sind schwieriger zu berechnen und können leichter zu Orientierungslosigkeit führen als Übersetzungen [Presson und Montello 1994; Rieser 1989; Rieser et al. 1995]. Schließlich werden in den meisten HMD-Konfigurationen sowohl Translation als auch Rotation relativ zum Helm gemessen. Wir möchten, dass die Menschen sich auf natürliche Weise umsehen und ihre Umgebung untersuchen können. Dies könnte sich als schwierig oder verwirrend erweisen, wenn Rotationen skaliert werden.

Die zweite Frage ist interessanter. Wie hoch können wir den Translationsgewinn erhöhen? Diese Studie beschränkt sich auf den Faktor zehn, da Kopfbewegungen und andere kleine Bewegungen bei höheren Gewinnen ablenken, obwohl Filter- oder andere Verarbeitungstechniken diese Probleme lindern könnten. Es ist jedoch unvermeidlich, dass einem der physische Raum oder der Verfolgungsbereich ausgeht, unabhängig davon, wie hoch die Verstärkung skaliert ist. Offensichtlich ist also eine Methode erforderlich, um die Umgebung auf kognitiv freundliche Weise zurückzusetzen. Diese Frage wird in diesem Papier nicht behandelt, obwohl wir in der Diskussion von Abschnitt 5 darauf zurückkommen.

Das Erhöhen des Translationsgewinns beim Bipedal-Gehen ist nützlich, wenn es eine überlegene Methode zum Erkunden großer virtueller Umgebungen mit einem HMD ist. Die logische Wahl für den Vergleich mit der skalierten Verstärkungsbewegung ist die Joystick-Fortbewegung. Daher zielt Experiment 1 darauf ab, die Joystick-Navigation mit der normalen Bipedal-Fortbewegung (1: 1-Bedingung) und mit der um zehn skalierten Bipedal-Fortbewegung (die 1: 1-Bedingung) zu vergleichen

* {betsy.williams, gayathri.narasimham, t.mcnamara, tom.carr, j.rieser, bobby.bodenheimer}@vanderbilt.edu

Copyright © 2006 der Association for Computing Machinery, Inc.

Die Erlaubnis, digitale oder gedruckte Kopien eines Teils oder des gesamten Werks für den persönlichen Gebrauch oder den Unterricht zu erstellen, wird kostenlos erteilt, sofern keine Kopien zum kommerziellen Vorteil angefertigt oder verteilt werden und die Kopien diesen Hinweis und das vollständige Zitat auf der ersten Seite tragen. Urheberrechte für Komponenten dieser Arbeit, die anderen als ACM gehören, müssen anerkannt werden. Das Abstrahieren mit Kredit ist erlaubt. Um etwas anderes zu kopieren, erneut zu veröffentlichen, auf Servern zu veröffentlichen oder auf Listen weiterzugeben, ist eine vorherige Genehmigung und / oder eine Gebühr erforderlich. Fordern Sie Berechtigungen bei Permissions Dept, ACM Inc., per Fax +1 (212) 869-0481 oder per E-Mail an

permissions@acm.org.

APGV 2006, Boston, Massachusetts, 28. bis 29. Juli 2006. © 2006
ACM 1-59593-429-4 / 06/0007 5,00 USD

10: 1 Bedingung). Virtuelle Rotationen entsprechen der physischen Rotation sowohl unter Joystick- als auch unter physischen Fortbewegungsbedingungen. Im 1: 1-Fortbewegungszustand ist die Position der Probanden in der virtuellen Welt auf die physischen Grenzen des HMD-Verfolgungssystems beschränkt, während im 10: 1-Zustand die Probanden weit außerhalb dieser Grenzen erforschen konnten. Die räumliche Ausrichtung der Probanden unter physischer Fortbewegung und Joystick-Fortbewegung wurde verglichen, indem sie Zielobjekte mit geschlossenen Augen im Raum lokalisierten und ihren Fehler und ihre Reaktionsverzögerung aufzeichneten. Unsere Hypothese, dass sich die Teilnehmer mit bipedaler Fortbewegung in einer virtuellen Umgebung gut orientieren würden, basiert auf Arbeiten, die über die Vorteile der Bewegung in Bezug auf die räumliche Orientierung unter normalen Übersetzungsbedingungen veröffentlicht wurden [Easton und Sholl 1995; Farrell und Robertson 1998; Mai 1996; Presson und Montello 1994; Rieser 1989; Wraga et al. 2000; Wraga 2003; Williams et al. 2006]. Darüber hinaus gibt die bipedale Fortbewegung dem Subjekt propriozeptive Hinweise, die eine genauere Entfernungsschätzung und Richtungsschätzung ermöglichen, wie von Loomis et al. [1992].

In Experiment 2 wird das räumliche Lernen und die Aktualisierung der Ausrichtung weiter untersucht, wenn der Translationsgewinn der bipedalen Fortbewegung skaliert wird. Insbesondere werden die folgenden drei Übersetzungsbedingungen innerhalb von Probanden verglichen: Translationsgewinn, skaliert um eins (1: 1), Translationsgewinn, skaliert um zwei (2: 1) und Translationsgewinn, skaliert um zehn (10: 1). Unter den Bedingungen 2: 1 und 10: 1 dürfen Benutzer virtuell über die physischen Grenzen des Verfolgungssystems hinausgehen. Unter allen drei Bedingungen wird die räumliche Ausrichtung der Probanden getestet, indem sie sich mit geschlossenen Augen den Zielen im Raum zuwenden. Ihre Antwortlatenzen und Drehfehler wurden aufgezeichnet. Unter allen drei Bedingungen entsprach die physische Rotation der Probanden der gleichen Rotation im virtuellen Raum. Ein Problem, das bei unserem Framework zu beachten ist, ist, dass die Menschen in der Lage sein müssen, sich innerhalb der 10 bis 15 Minuten, die für die Durchführung dieses Teils des Experiments erforderlich sind, an die Erhöhung dieser Gewinne anzupassen. Es kann jedoch länger dauern. Als Teilstudie haben wir untersucht, ob Personen, die Videospiele spielen, bei denen hohe optische Flussraten die Norm sind, eine bessere Leistung erbringen als Personen, die keine Videospiele spielen.

Dieses Papier ist wie folgt aufgebaut. In Abschnitt 2 werden verwandte Arbeiten erörtert und die vorliegende Arbeit in einen Kontext gestellt. Die Forschung in diesem Artikel bestand aus zwei Hauptexperimenten. Das erste Experiment wird beschrieben und seine Ergebnisse in Abschnitt 3 angegeben; Die zweite ist beschrieben und die Ergebnisse sind in Abschnitt 4 aufgeführt. Wir bewerten die Auswirkungen dieser Experimente in Abschnitt 5.

2. Hintergrund

Fr ühere Forschungen haben verschiedene Techniken zum Navigieren in einer großen virtuellen Umgebung untersucht. Mit haptischen Geräten wie einem Joystick oder einer Tastatur können Benutzer große Umgebungen virtuell erkunden [Ruddle et al. 1999; Bowman et al. 1999; Waller et al. 1998; Darken und Sibert 1996], aber Studien haben gezeigt, dass die Verwendung einer physischen bipedalen Fortbewegung anstelle von haptischen Geräten eine signifikant bessere räumliche Orientierung bewirkt [Chance et al. 1998; Ruddle und Lessels 2006; Lathrop und Kaiser 2002]. Templeman et al. [1999] und Slater et al. [1995] lassen die Teilnehmer „an Ort und Stelle gehen“, um sich durch große virtuelle Umgebungen zu bewegen, aber dieser Technik fehlen die gleichen propriozeptiven Hinweise für das Gehen. Eine andere Methode zum Navigieren in einer großen virtuellen Umgebung besteht darin, die Rotation so zu manipulieren, dass die Fortbewegung des Subjekts innerhalb der Grenzen des Verfolgungssystems liegt [Razzaque et al. 2001; Nitzsche et al. 2004]. Dieses Verfahren erfordert einen großen Verfolgungsbereich, damit die Rotationsmanipulation nicht wahrnehmbar ist, und ist keine vollständige Lösung, da leicht eine Situation auftreten kann, in der die physikalischen Grenzen des Verfolgungssystems erreicht werden. Virtuelles Fliegen [Usoh et al. 1999] und Teleportieren sind andere Möglichkeiten, große virtuelle Umgebungen zu erkunden, und ist keine vollständige Lösung, da leicht eine Situation eintreten kann, in der die physikalischen Grenzen des Verfolgungssystems erreicht werden. Virtuelles Fliegen [Usoh et al. 1999] und Teleportieren sind andere Möglichkeiten, große virtuelle Umgebungen zu erkunden, und ist keine vollständige Lösung, da leicht eine Situation eintreten kann, in der die physikalischen Grenzen des Verfolgungssystems erreicht werden.

zurück. Bei anderen Systemen handelt es sich um Höhlen mit großem Bildschirm und Fortbewegungseingabe, z. B. ein Fahrrad oder ein Laufband. Höhlenbasierte Systeme sind teuer und enthalten meist nur drei virtuelle Wände. Laufbandsysteme sind schwierig und teuer zu konstruieren, mit genügend Freiheitsgraden, um eine freie Erkundung zu ermöglichen.

In unserer Studie haben wir uns entschieden, den Translationsgewinn der physischen Übersetzung zu skalieren, da Rieser et al. [1995] und Mohler et al. [2006] haben gezeigt, dass Menschen sich schnell auf eine neue Zuordnung zwischen ihrer eigenen physischen Übersetzung und visuellen Eingaben neu kalibrieren können und dass diese Neukalibrierung keinen Einfluss auf die Wahrnehmung von Rotationsbewegungen hatte. Der Skalierungsfaktor des Translationsgewinns in diesen Rekalibrierungsstudien war jedoch signifikant kleiner als der in diesem Artikel vorgeschlagene. Kuhl [2004] und Pick et al. [1999] haben gezeigt, dass Menschen auch Rotationen neu kalibrieren können. Ein zwingender Grund, Übersetzungen anstelle von Rotationen zu manipulieren, besteht darin, dass Untersuchungen zeigen, dass physikalische Richtungsänderungen bei der Entwicklung räumlichen Wissens wichtiger sind als physikalische Übersetzungen [Preson und Montello 1994; Rieser 1989; Rieser et al. 1995]. Indem wir die Translation skalieren und die Rotation in Ruhe lassen, entkoppeln wir Rotation und Translation, und keine Forschung hat untersucht, was passiert, wenn Menschen Wege gehen, die die physische Rotationsbewegung mit skaliertem translatorischer Fortbewegung kombinieren. Riecke und Bühlhoff [2004] stellten jedoch fest, dass Menschen eine gewisse Trennung zwischen visuellen und vestibulären Hinweisen aufweisen.

Unsere Methode zur Beurteilung der Genauigkeit des räumlichen Wissens einer Person besteht darin, ihre Fehler und Latenzen bei Aufgaben zu messen, bei denen sie aufgefordert wird, sich einem Objekt zuzuwenden, dessen Standort sie zuvor gelernt haben. Bei diesen Arten von Experimenten hängen die Reaktionsverzögerungen und -fehler mit dem Unterschied zwischen der tatsächlichen Blickrichtung und der Richtung zusammen, die für die Ausrichtung auf das Ziel erforderlich ist, eine Variable, die als Disparität bezeichnet wird [Mai 2004]. Für unsere Zwecke wird Disparität als Winkeldifferenz definiert, wenn Sie sich einem bestimmten Ziel zuwenden, relativ zur tatsächlichen Position im physischen oder virtuellen Raum. Daher ist die winkelkorrekte Antwort, wenn Sie aufgefordert werden, einem Zielobjekt von einem bestimmten Ort aus zu begegnen, die Disparität. In den folgenden Experimenten werden wir die Auswirkungen von Disparitäten bewerten.

3 Experiment 1: Joystick versus Gehen Übersetzungen

Das erste Experiment vergleicht Bewegungsschnittstellen, die von zwei verschiedenen motorischen Aktionen abhängen, um die Perspektive des Subjekts im virtuellen Raum zu übersetzen, wobei die bipedale Fortbewegung in einer Bedingung der Joystick-Manipulation in der anderen gegenübergestellt wird. Die Ergebnisse der Studie verglichen Lernen und Orientierung unter körperlicher Rotation in Kombination mit Joy-Stick-Translation mit körperlicher Rotation in Kombination mit Gehen unter den Bedingungen 1: 1 und 10: 1. Um die Orientierung der Probanden zu testen, wurden die Probanden gebeten, sich die Position von sieben Objekten im Raum zu merken, sich dann (mit Joystick oder Gehen) zu einem neuen Beobachtungspunkt zu bewegen und anzuzeigen, sich den Zielen aus dem Gedächtnis ohne Sicht zuzuwenden.

3.1 Methode

3.1.1 Teilnehmer

An dem Experiment nahmen 16 Probanden teil, zwölf Studenten der Vanderbilt University und vier nicht-studentische Erwachsene. Die Probanden waren mit dem Experiment und den virtuellen Umgebungen nicht vertraut. Die Probanden erhielten eine Entschädigung für ihre Teilnahme. Die Probanden hatten keine Möglichkeit, große virtuelle Umgebungen zu betreten.

3.1.2 Materialien

Die virtuelle Welt wurde durch ein kopfmontiertes Vollfarb-Stereo-Display von Virtual Research Systems V8 mit einer Auflösung von 640 x 480 pro Auge und einem Sichtfeld von 60 betrachtet. Die Bildrate von 60 Hz. Das HMD wiegt ca. 1 kg. Ein InterSense IS-900-Tracker wurde verwendet, um die Rotationsbewegungen des Teilnehmers um alle drei Achsen zu aktualisieren. Die Position wurde mit zwei optischen Tracking-Kameras mit einer Genauigkeit von <0,5 cm über 3 x 3 x 3 m Volumen und einer Aktualisierungsrate von 60 Hz aktualisiert. Der in diesem Experiment verwendete Joystick war der Logitech Attack 3.

Die Größe des physischen Raums, in dem die Experimente durchgeführt wurden, betrug ungefähr 5 x 6 m, und innerhalb des Raums betrug die Grenze des Videopositionsverfolgungssystems ungefähr 5 x 5 m. Die Größe des 1: 1-Raums entsprach den physikalischen Grenzen des Verfolgungssystems. Die Größe des 10: 1-Raums war zehnmal so groß wie die des 1: 1-Raums, so dass eine Skalierungsverstärkung um zehn die Erkundung des gesamten 10: 1-Raums ermöglichte. Somit war der 1: 1-Raum 5 m x 5 m groß und der 10: 1-Raum 50 m x 50 m groß. Die beiden Umgebungen sind in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. In jeder Umgebung wurden die Probanden gebeten, sich die Position von sieben Objekten zu merken, die sich durch eine zufällig ausgewählte Farbe unterscheiden (rot, gelb, orange, grün, blau, lila, pink, braun, weiß, grau, schwarz). Die Ziele in den Umgebungen 1: 1 und 10: 1 waren Zylinder (0,1 x 0,1 x 1,7 m) und Tabellen (1,1 x 0,7 x 1,2 m), beziehungsweise. Diese sieben Zielobjekte wurden in einer bestimmten Konfiguration angeordnet, so dass die Konfiguration unter den Bedingungen 1: 1 und 10: 1 nur im Maßstab (1 bzw. 10) und durch eine Drehung um die Mittelachse variierte. Auf diese Weise wurden die sieben Objekte in den beiden Umgebungen ähnlich angeordnet, so dass die Winkel zwischen den Zielobjekten erhalten blieben. Es wurden auch andere Objekte in unterschiedlichen Ausrichtungen in die Räume aufgenommen, um dem Subjekt ein Gefühl für die Größe und den Maßstab der Umgebung zu geben. Der 1: 1-Raum enthielt sechs Poster, zwei Bücherregale, zwei Tische, zwei Stühle, Türen und einen Computer. Im 10: 1-Raum befanden sich 14 Poster, ein Kühlschrank, ein Fischtank, drei Sofabereiche, zwei Bücherregale, eine Gruppe von sechs Stühlen, ein Computertisch, ein Computer, Türen, eine Gruppe von Spielautomaten und ein Billardtisch. Diese sieben Zielobjekte wurden in einer bestimmten Konfiguration angeordnet, so dass die Konfiguration unter den Bedingungen 1: 1 und 10: 1 nur im Maßstab (1 bzw. 10) und durch eine Drehung um die Mittelachse variierte. Auf diese Weise wurden die sieben Objekte in den beiden Umgebungen ähnlich angeordnet, so dass die Winkel zwischen den Zielobjekten erhalten blieben. Es wurden auch andere Objekte in unterschiedlichen Ausrichtungen in die Räume aufgenommen, um dem Subjekt ein Gefühl für die Größe und den Maßstab der Umgebung zu geben. Der 1: 1-Raum enthielt sechs Poster, zwei Bücherregale, zwei Tische, zwei Stühle, Türen und einen Computer. Im 10: 1-Raum befanden sich 14 Poster, ein Kühlschrank, ein Fischtank, drei Sofabereiche, zwei Bücherregale, eine Gruppe von sechs Stühlen, ein Computertisch, ein Computer, Türen, eine Gruppe von Spielautomaten und ein Billardtisch.



Abbildung 1: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung der 1: 1-Bedingung, die sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 verwendet wurde. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenen Farbzylinder, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind (siehe die Farbtabelle).

3.1.3 Vorgehensweise

Die eine Hälfte der Probanden führte das Experiment im 1: 1-Umfeld durch, die andere Hälfte im 10: 1-Umfeld. In beiden Umgebungen

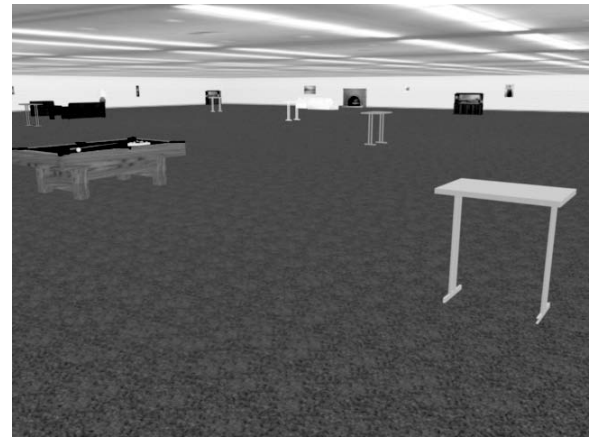


Abbildung 2: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung der 10: 1-Bedingung, die sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 verwendet wurde. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenen Farbtabelle, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind (siehe Farbtabelle).

Es gab zwei Fortbewegungsbedingungen: physisches Bipedal-Gehen und Joystick-Translation. In beiden Umgebungen drehten die Probanden ihre Position durch Drehen zu Fuß. Die Übersetzung erfolgte zu Fuß oder mit dem Joystick. Der physische Gehzustand der 1: 1-Umgebung beinhaltete regelmäßiges Gehen, während das Gehen in der 10: 1-Umgebung einen skalierten Translationsgewinn von zehn beinhaltete. Der Translationsgewinn wurde als die Rate des Translationsflusses in der virtuellen Umgebung definiert, die auf eine bestimmte Menge an motorischer Aktivität abgebildet wurde. Die motorischen Aktionen des Gehens haben eine natürliche Metrik, und im 1: 1-Gehzustand wurde die Geometrie des Systems so angeordnet, dass jeder zurückgelegte Meter Entfernung auf den Übersetzungswert eines Meters in der virtuellen Umgebung abgebildet wird. Im 10: 1-Zustand

Im Joystick-Zustand verwendeten die Teilnehmer eine physische Rotation und bewegten sich durch Joystick-Übersetzungen in Blickrichtung. Die Verwendung eines Joysticks hat keine natürliche Metrik. Das heißt, ein bestimmter Winkel des Joysticks wird nicht auf einen entsprechenden Übersetzungsbetrag abgebildet. Um einen einigermaßen natürlich wirkenden Fortbewegungsmodus zu schaffen, haben wir uns überlegt, dass das Drücken des Joysticks bis zu seiner äußersten Ausdehnung auf eine schnelle, aber relativ komfortable Gehgeschwindigkeit abgebildet werden sollte. In der 1: 1-Umgebung betrug die maximale Joystick-Übersetzungsrate die des normalen Gehens 1 m / s, während die Übersetzungsrate der 10: 1-Umgebung 10 m / s betrug. Die Probanden konnten mit dem Joystick langsamer fahren, genauso wie die Probanden unter den Bedingungen der Lokalisierung langsamer als normal laufen könnten. Eine Hälfte der Probanden erledigte zuerst die physische Gehaufgabe, die andere Hälfte zuerst die Joystickaufgabe. Die Verfahren wurden den Probanden sorgfältig erklärt, bevor sie die virtuelle Umgebung sahen. Sobald der Experimentator und der Proband sich einig waren, dass der Proband die Aufgabe verstanden hatte, sahen die Probanden das Layout der virtuellen Umgebung von der Mitte des virtuellen Raums aus. Die Probanden wurden angewiesen, die Positionen der sieben Zielobjekte zu lernen, ohne sich von dieser zentralen Position zu bewegen.

Das räumliche Wissen der Teilnehmer wurde an sechs verschiedenen Orten getestet. Eine gegebene Testposition und -orientierung wurde dem Probanden durch das Auftreten roter und gelber Kugeln in der Umgebung angezeigt. Die Probanden wurden angewiesen, sich auf der roten Kugel fortzubewegen, sich darunter zu positionieren und sich der gelben Kugel zuzuwenden, die auch ihre Sicht auf den Raum verdeckte. An jedem Ort absolvierte der Proband vier Versuche, indem er sich vier verschiedenen Zielobjekten im Raum zuwandte und 24 Versuche pro Bedingung durchführte. Insbesondere Themen

	Mittel (Std. Fehler)			
	1: 1		10: 1	
	Gehen	Joystick	Gehen	Joystick
Drehfehler (°)	19,47 (1,52)	25,27 (2,26)	26,36 (2,53)	39,50 (3,06)
Latenz (en)	3,93 (0,18)	3,72 (0,19)	4,31 (0,14)	4,78 (0,25)

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardfehler des Mittelwerts für Drehfehler und Latenz in den Joystick- und Gehbedingungen von Experiment 1.

wurden angewiesen, „die Augen zu schließen und sich dem zuzuwenden $\langle \text{Zielname} \rangle$. Nach jedem Versuch wurden die Probanden angewiesen, sich in ihre Ausgangsposition zurückzudrehen, die der gelben Kugel zugewandt war. Um die Winkel der korrekten Antworten über Bedingungen hinweg zu vergleichen, wurden für jede Bedingung dieselben Versuche verwendet. Der Testort und die Zielorte waren unter beiden Bedingungen analog, und die Zielfarben variierten zufällig in den Umgebungen. Die Versuche wurden so konzipiert, dass die Disparität gleichmäßig im Bereich von 20 verteilt war - 180°. Sobald das Subjekt einen Testort (die rote Kugel) erreicht hatte, durfte es die Zielobjekte nicht mehr betrachten, da die Objekte unsichtbar gemacht wurden. Sie wurden jedoch ermutigt, sich nach Abschluss jeder Testposition neu zu orientieren.

Um den Schwierigkeitsgrad der Aktualisierung der Ausrichtung in Bezug auf Objekte in der virtuellen Umgebung zu bewerten, wurden Latenzen und Fehler aufgezeichnet. Die Latenzen wurden ab dem Zeitpunkt der Identifizierung des Ziels gemessen, bis die Probanden angaben, ihre Drehbewegung abgeschlossen zu haben und dem Ziel zugewandt zu sein. Fehler ohne Vorzeichen wurden als absoluter Wert der Differenz in der anfänglichen Blickrichtung (in Richtung der gelben Kugel) abzüglich der korrekten Blickrichtung gemessen. Die Probanden zeigten dem Experimentator an, dass sie dem Ziel durch mündliche Anweisung zugewandt waren, und der Experimentator zeichnete ihre Zeit und ihre Rotationsposition auf. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr aufgezeichnet, und die Drehposition wurde mit dem InterSense-Tracker aufgezeichnet. Die Probanden wurden ermutigt, so schnell wie möglich zu reagieren und dabei die Genauigkeit beizubehalten.

3.2 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die mittleren Wendefehler und Latenzen der Probanden nach Bewegungsbedingungen in den beiden virtuellen Umgebungen. Eine visuelle Darstellung der Fortbewegungsfehler ist in Abbildung 3 dargestellt. Fehler und Latenz waren signifikant korreliert. $r = .18$, $p < .001$. Daher nahmen die Fehler mit zunehmender Antwortzeit zu. Der mittlere Drehfehler als Funktion der Disparität ist in Abbildung 4 dargestellt. Die mittlere Reaktionszeit als Funktion der Disparität ist in Abbildung 5 dargestellt. Beachten Sie, dass die Disparität eine kontinuierliche Variable ist und Werte zwischen 20 und 180 aufweist, die durch die Geometrie des Versuchsaufbaus bestimmt werden. Nach der Praxis vom Mai [2004] haben wir die Unterschiede jedoch auf die engsten 36 gruppiert. Menge.

Zu den unabhängigen Variablen gehörten Fortbewegung (Gehen statt Manipulieren eines Joysticks), Translationsgewinn (1: 1 gegenüber 10: 1; zwischen Subjekten) und Disparität (fünf Kategorien mit jeweils 36 Grad bzw. zentriert um 18°, 54°, 90°, 126°, und 162°). Eine Analyse der Varianz des Fehlers unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Fortbewegung und des Translationsgewinns ergab signifikante Haupteffekte und Wechselwirkungen. Die Fortbewegung war bedeutend, $F(1,13) = 5,8$, $p < .05$. Menschen haben weniger Fehler gemacht, wenn sie die virtuelle Umgebung physisch erkundet haben als mit dem Joystick. Die Translationsverstärkungsbedingung war ein wesentlicher Faktor, $F(1,13) = 9,8$, $p < .01$. Die Teilnehmer waren beim 1: 1-Gewinn genauer als beim 10: 1-Gewinn. Schließlich war die Ungleichheit nicht signifikant, $F = 2,0$, $p = .1$. Die Teilnehmer waren nicht von der Winkeldisparität betroffen, wie in Abbildung 4 gezeigt. Die Zwei-Wege-Wechselwirkungen waren nicht signifikant, aber die Drei-Wege-Wechselwirkung (von Fortbewegung x Translationsgewinn x Disparität) näherte sich

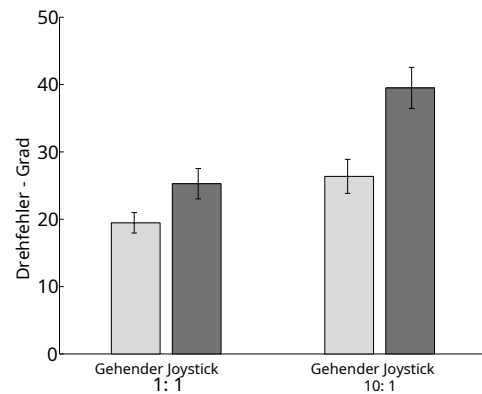


Abbildung 3: Mittlerer Drehfehler für die Bedingungen 1: 1-Gehen, 1: 1-Joystick, 10: 1-Gehen und 10: 1-Joystick von Experiment 1. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an. Wie in Abschnitt beschrieben 3.2 hat die Verstärkung einen signifikanten Einfluss auf den Drehfehler.

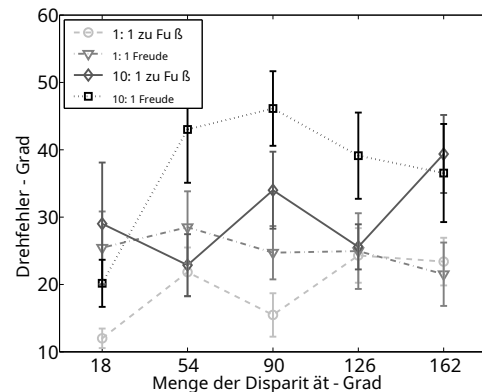


Abbildung 4: Mittlerer Drehfehler als Funktion der Disparität bei den Bedingungen 1: 1-Gehen, 1: 1-Joystick, 10: 1-Gehen und 10: 1-Joystick von Experiment 1. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an.

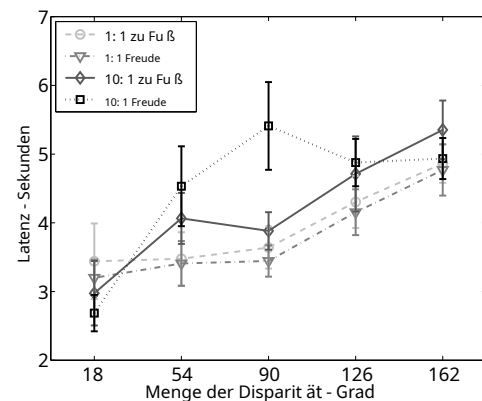


Abbildung 5: Latenz als Funktion der Disparität bei den experimentellen Bedingungen 1: 1-Gehen, 1: 1-Joystick, 10: 1-Gehen und 10: 1-Joystick 1. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an.

Bedeutung, $F(4,52) = 2,2, p = .08$.

Die Analyse der Varianz der Latenz auf die Auswirkungen von Fortbewegung, Translationsgewinn und Disparität ergab ebenfalls mehrere interessante Effekte. Die Fortbewegung war nicht signifikant - die Teilnehmer waren in keiner Art der Fortbewegung, beim Gehen oder mit dem Joystick schneller. Der Übersetzungsgewinn hatte auch keinen Haupteffekt, $F(1,13) = 0,1, p = .9$. Die Teilnehmer waren in keiner Gewinnbedingung schneller - in der 1: 1- oder 10: 1-Umgebung. Es gab einen Haupteffekt der Ungleichheit, $F(4,52) = 3,2, p < .05$. Die Antwortzeiten der Teilnehmer wurden durch die Winkelunterschiede beeinflusst. Keine Zwei-Wege-Wechselwirkungen waren signifikant, aber die Drei-Wege-Wechselwirkung (Disparität \times Fortbewegung \times Translationsgewinn) war von großer Bedeutung, $F(4,52) = 6,5, p < .001$.

Um die Kompromisse zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit zu überprüfen, haben wir separate Analysen der Kovarianz durchgeführt, um die Auswirkung einer Variablen auf die andere zu untersuchen. Die Analyse der Kovarianz auf Fehler mit Latenz als Kovariate und denselben unabhängigen Variablen wie die ANOVA ergab einen Haupteffekt der Kovariate, $F(1,759) = 18,6, p < .001$. Es gab signifikante Haupteffekte der Fortbewegung und des Translationsgewinns, $F(1,759) > 8,0, p < .01$. Keine Wechselwirkungen waren signifikant.

Die ANCOVA zur Latenz mit Drehfehler als Kovariate und die gleichen unabhängigen Variablen wie die ANOVA zeigten einen Haupteffekt der Kovariate, $F(1,759) = 18,6, p < .001$. Überraschenderweise gab es einen signifikanten Effekt des Translationsgewinns, $F(1,759) = 8,8, p < .01$ und eine bedeutende Drei-Wege-Interaktion, $F(1,759) = 26,8, p < .001$.

4 Experiment 2: Auswirkungen der Translation

Fachwissen gewinnen und fachlich

Im zweiten Experiment war es unser Ziel zu bewerten, wie gut die Probanden das räumliche Bewusstsein aufrechterhalten können, wenn der Übersetzungsgewinn in der virtuellen Umgebung im Verhältnis zur Übersetzung in der physischen Umgebung variiert. Insbesondere haben wir das räumliche Wissen eines Probanden in jeder der drei Translationsgewinnbedingungen getestet: 1: 1, 2: 1 und 10: 1. Um festzustellen, ob die Erfahrung mit schnellem visuellem Fluss von Bedeutung ist, wurden die Ergebnisse von sechs Personen, die regelmäßige Videospiele spielen, mit sechs Personen verglichen, die nicht an einer Teilstudie teilgenommen haben. Ähnlich wie beim ersten Experiment wurde die Benutzerorientierung getestet, indem die Probanden die Position von sieben Zielobjekten im Raum auswendig lernten und sie mit geschlossenen Augen aus verschiedenen Positionen im Raum identifizierten.

4.1 Methode

4.1.1 Teilnehmer

Achtzehn Probanden, dreizehn Absolventen und Studenten der Vanderbilt University und fünf nicht-studentische Erwachsene, nahmen am dem Experiment teil. Die Probanden waren mit dem Experiment und den virtuellen Umgebungen nicht vertraut. Die Probanden erhielten eine Entschädigung für ihre Teilnahme.

4.1.2 Materialien

Das in Experiment 1 verwendete HMD und der Tracker wurden in Experiment 2 erneut verwendet. Die virtuellen 1: 1- und 10: 1-Umgebungen von Experiment 1, wie in den 1 und 2 gezeigt, wurden auch in diesem Experiment verwendet. Zusätzlich wurde eine virtuelle 2: 1-Umgebung speziell für die 2: 1-Verstärkungsbedingung erstellt. Der 2: 1-Raum war 10 x 10 m groß, doppelt so groß wie der 1: 1-Raum und ist in Abbildung 6 dargestellt. In allen drei Umgebungen wurden die Probanden gebeten, sich den Ort zu merken



Abbildung 6: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung des 2: 1-Zustands. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenfarbigen Stühle, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind. Die 1: 1- und 10: 1-Umgebungen von Experiment 2 sind in den 1 bzw. 2 gezeigt (siehe Farbtabelle).

von sieben Objekten, die sich durch eine zufällig ausgewählte Farbe unterscheiden (rot, gelb, orange, grün, blau, lila, pink, braun, weiß, grau, schwarz). Ähnlich wie in den Umgebungen 1: 1 und 10: 1 waren die Zielobjekte in der Umgebung 2: 1 Stühle (0,8 x 0,6 x 1,2 m). Die Positionen dieser sieben Zielobjekte waren unter den Bedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 ähnlich, variierten nur im Maßstab (1, 2, 10) und durch eine Drehung um die Mittelachse. Daher waren die Winkel zwischen den Zielobjekten für jede der drei Bedingungen äquivalent. Der 2: 1-Raum enthielt Gegenstände, die dem Benutzer einen Eindruck von Skalierbarkeit vermitteln sollten: 12 Poster, zwei Bücherregale, Türen und einen Computer.

4.1.3 Vorgehensweise

Jeder der 18 Teilnehmer erkundete jede der Umgebungen unter drei verschiedenen Verstärkungsbedingungen: 1: 1, 2: 1 und 10: 1. Unter allen drei Bedingungen stimmte die Rotation in der virtuellen Umgebung mit der Rotation in der physischen Umgebung überein. Unter den Bedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 wurde die Translationsverstärkung des Trackers um eins, um zwei und um zehn skaliert. Da es sechs Ordnungen der drei Verstärkungsbedingungen gab, wurden drei Probanden in jeder Reihenfolge in einer ausgeglichenen Weise getestet. Das experimentelle Verfahren wurde den Probanden vollständig erklärt, bevor die virtuellen Umgebungen gesehen wurden. Während der Lernphase wurden die Probanden gebeten, die Positionen der sieben farbigen Zielobjekte zu lernen, während sie sich frei in der virtuellen Umgebung bewegen konnten. Nach ungefähr drei Minuten des Studiums Der Experimentator testete das Subjekt, indem er es zu verschiedenen Zielen laufen ließ, die Augen schloss und auf zufällig ausgewählte Ziele zeigte. Dieses Test- und Lernverfahren wurde wiederholt, bis sich der Proband sicher fühlte, dass die Konfiguration gelernt worden war und der Experimentator zustimmte.

Der Versuchsaufbau war ähnlich wie bei Versuch 1, es wurden jedoch nur fünf Testpositionen verwendet, und der Teilnehmer lokalisierte drei Ziele von jeder Testposition für insgesamt 15 Versuche. Die Position und Ausrichtung des Subjekts für eine gegebene Testposition wurde durch die gelben und roten Kugeln ähnlich wie in Experiment 1 gesteuert. Das Subjekt durfte die Zielobjekte im Raum nicht betrachten, wenn es sich unter der roten Kugel befand. Der Testort und die Zielorte für jede Bedingung waren analog und die Zielfarben variierten je nach Umgebung. Wie Experiment 1 wurden auch diese Versuche so konzipiert, dass die Disparität gleichmäßig verteilt war

	Mittel (Std. Fehler)		
	1: 1	2: 1	10: 1
Drehfehler (°)	24,22 (1,95)	28,27 (2,07)	28,29 (2,20)
Latenz (en)	3,64 (0,16)	3,95 (0,15)	4,18 (0,17)

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardfehler des Mittelwerts f für Drehfehler und Latenz unter den Bedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 von Experiment 2.

der Bereich von 20 ° bis 180 °.

Als Teilstudie haben wir die Ergebnisse mit sechs Spielern und sechs Nichtspielern verglichen. Wir definieren Spieler als Personen, die selbst angeben, dass sie fünf oder mehr Stunden Videospiele pro Woche spielen. Nicht-Spieler waren Personen, die berichten, dass sie derzeit keine Videospiele spielen und noch nie Videospiele aus der ersten Person gespielt haben. Für dieses Experiment gab es sechs mögliche Bestellungen. Wenn wir unseren ursprünglichen Themenpool aufteilen, um diese Ordnungen auszugleichen, waren für einen Vergleich von sechs Spielern gegenüber sechs Nichtspielern drei Spielerzellen leer. Wir haben drei zusätzliche Spieler angeworben, um sie zu füllen. Wenn bei der Auswahl von sechs Spielern aus jeder Zelle und sechs Nichtspielern aus jeder Zelle mehr als ein Subjekt in einer bestimmten Reihenfolge die Spieler- oder Nichtspieleranforderungen erfüllte, wurde das Subjekt aus dieser Zelle zufällig ausgewählt.

4.2 Ergebnisse

Die unabhängigen Variablen waren der Translationsgewinn (drei Stufen, nämlich 1: 1, 2: 1 und 10: 1), die Disparität (fünf Stufen, gruppiert wie in Experiment 1) und die Fachkompetenz (Spieler gegen Nichtspieler). Abhängige Variablen in diesem Experiment waren die Fehler und Verzögerungen beim Drehen, um sich den Zielen zu stellen. Das Ausmaß der Rotation variierte bei wiederholten Versuchen innerhalb des Probanden und variierte bis zu 180 °.

Tabelle 2 zeigt den mittleren Drehfehler und die Latenzen als Funktionen der Translationsverstärkung. Abbildung 7 zeigt eine visuelle Darstellung des Drehfehlers. Der Wendefehler wurde als vorzeichenloser Fehler definiert, dh als vorzeichenlose Differenz zwischen den tatsächlichen Zielentfernungen und den beobachteten Entfernungen. Fehler und Latenz waren signifikant korreliert, $r = .18$, $p < .001$. Somit nahmen die Fehler zu, wenn die Antwortzeit bei den Versuchen zunahm.

Fig. 8 zeigt die durchschnittlichen Drehfehler als Funktion der Disparität und des Translationsgewinns. Ebenso sind die durchschnittlichen Latenzen als Funktion der Disparität und des Translationsgewinns in Abbildung 9 dargestellt. Die Analyse der Varianz bei Fehlern mit wiederholten Messungen des Translationsgewinns und der Disparität ergab keinen Haupteffekt des Gewinns $F < 1$, $p = .63$, aber ein signifikanter Effekt der Disparität, $F(4,68) = 9,2$, $p < .001$. Die Teilnehmer zeigten unter den drei Bedingungen für die Translationsverstärkung eine gleich gute Leistung, aber die Winkeldisparität wirkte sich auf ihre Genauigkeit aus. Die Analyse der Varianz der Latenz mit wiederholten Messungen der Verstärkung und der Disparität zeigte einen nominellen Effekt der Verstärkung wie zuvor mit Fehler. $F = 2,1$, $p = .14$; Disparität war signifikant, $F(4,68) = 8,7$, $p < .001$. Änderungen des Translationsgewinns hatten keinen Einfluss auf die Antwortzeiten, aber die Winkelunterschiede wirkten sich auf die Latenzen der Teilnehmer aus.

Bei Spielern und Nichtspielern ergab eine Varianzanalyse für Drehfehler mit wiederholten Messungen von Gewinn und Disparität keinen Haupteffekt des Gewinns, sondern einen signifikanten Effekt der Disparität. $F(4,40) = 5,1$, $p < .01$. Die Wechselwirkung zwischen Gewinn und Disparität näherte sich der Signifikanz, $F(8,80) = 1,8$, $p = .08$. Die Genauigkeit der Teilnehmer wurde durch die Winkeldisparität beeinflusst, aber diese Effekte waren unter verschiedenen Verstärkungsbedingungen unterschiedlich. Es gab keine Auswirkung der Erfahrung (dh Spieler oder Nichtspieler). Die Erfahrung mit Computerspielen ermöglichte es den Teilnehmern daher nicht, in den verschiedenen Gewinnumgebungen oder unter verschiedenen Winkeln der Ungleichheit genauer zu sein. Die Varianzanalyse für die Latenz mit wiederholten Messungen von Verstärkung und Disparität zeigte keine Auswirkungen der Verstärkung, eine Hauptwirkung der Disparität. $F(4,40) =$

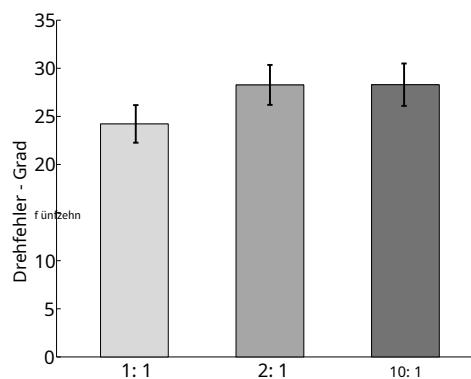


Abbildung 7: Mittlerer Drehfehler für die skalierten Übersetzungsverstärkungsbedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 in Experiment 2. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an. Wie in Abschnitt 4.2 erläutert, zeigen Drehfehler keinen signifikanten Haupteffekt.

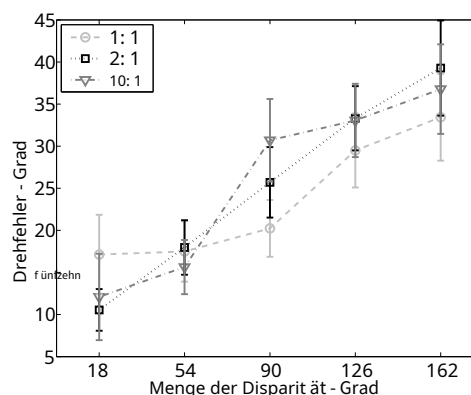


Abbildung 8: Mittlerer Drehfehler als Funktion der Disparität unter den Bedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 von Experiment 2. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an.

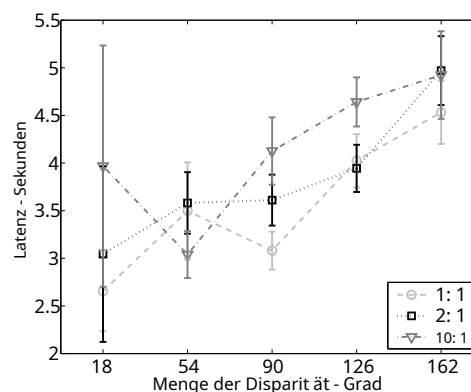


Abbildung 9: Latenz als Funktion der Disparität unter den Bedingungen 1: 1, 2: 1 und 10: 1 von Experiment 2. Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an.

10.4, $p < .01$, aber keine Auswirkung der Erfahrung. Es gab keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen beiden unabhängigen Variablen und der Erfahrung. Während sich die Winkelunterschiede auf die Reaktionszeiten der Teilnehmer auswirkten, half es den Probanden nicht, schneller zu reagieren, wenn sie ein Spieler waren.

5. Diskussion

In diesem Dokument wird das Thema behandelt, wie Systeme entwickelt werden können, mit denen die Präzision und Leichtigkeit optimiert werden kann, mit der Personen die motorische Erkundung großer virtueller Umgebungen innerhalb kleinerer physischer Räume, in denen sich ein HMD befindet, durchführen können. Wenn sich die HMD-Technologie verbreiten soll, ist ein solches Problem wichtig, da viele potenzielle Benutzer keine großen Bereiche für die Verwendung eines HMD haben.

Menschen erkunden virtuelle und physische Räume, indem sie ihre Perspektiven drehen und übersetzen, während sie die Umgebung untersuchen. Die Forschung zeigt, dass räumliches Lernen und Orientierung gut sind, wenn Menschen eine virtuelle Umgebung erkunden, indem sie sich physisch drehen, um sich zu drehen und zu gehen, um ihre Perspektiven zu übersetzen [Williams et al. 2006]. Obwohl es kein Problem gibt, sich zu drehen, indem man sich in einem kleinen physischen Raum physisch dreht, um einen großen virtuellen Raum zu erkunden, gibt es ein Problem beim Übersetzen. Dieses Problem tritt auf, wenn versucht wird, lange Strecken, die durch den virtuellen Raum zurückgelegt wurden, in einen kleinen physischen Raum zu passen.

Die beiden hier beschriebenen Experimente untersuchten zwei verschiedene Lösungen für das Problem der Erforschung eines großen virtuellen Raums in einer kleinen physischen Umgebung. Angesichts der Beweise, dass das Gehen die Aktualisierung der räumlichen Orientierung in Bezug auf physische Umgebungen erleichtert [Presson und Montello 1994; Rieser 1989; Wraga et al. 2000] und virtuelle Umgebungen [Williams et al. 2006] untersuchten wir zwei alternative Methoden, die sich in der Höhe des physischen Gehens unterschieden. Beide Methoden umfassten das physische Drehen, um sich von einem einzigen Ort aus umzusehen und die eigene Perspektive zu drehen. In der Joy-Stick-Übersetzungsbedingung verwendeten die Probanden einen Joystick, um ihre Position durch die virtuelle Umgebung zu verschieben, und drehten sich physisch, um ihre Rotation zu steuern. So, Um eine virtuelle Umgebung zu erkunden, würden sie sich umdrehen und sich ihrem Ziel stellen und dann den Joystick verwenden, um in diese zu übersetzen. Die Vorteile des Joystick-Zustands bestehen darin, dass er physische Bewegungen für die Rotationen umfasst, da diese leicht in die kleinsten Räume passen, und Joystick-Übersetzungen, die auch in die kleinsten Räume passen. Unter der Übersetzungsbedingung "Gehen" drehten sich die Menschen physisch, um sich zu drehen, und gingen, um ihre Perspektive zu übersetzen.

Die Ergebnisse von Experiment 1 zeigen zwei Dinge über die Fortbewegungsschnittstelle. Erstens zeigt es, dass die Joystick-Übersetzungsbedingung gültig ist und zu einigermaßen genauen und schnellen Beurteilungen führte. Die Fehler im Joystick-Zustand betrugen durchschnittlich 25,27° im 1:1-Zustand und 39,50° im 10:1 Zustand, der viel besser ist als der 90° zufällig erwartete Fehler. Und die Latenzen unterschieden sich nicht zuverlässig von den Latenzen im Zustand der Gehübersetzung. Zweitens zeigte sich, dass die Gehübersetzungsbedingung im Vergleich zur Joystickbedingung einen Mehrwert bietet.

Der Gewinn, die Geschwindigkeit, mit der eine bestimmte Aktion mit dem Joystick oder Gehen die Perspektive des Subjekts durch die virtuelle Umgebung übersetzen würde, wurde ebenfalls manipuliert. In Experiment 1 wurden die Zuwächse von 1:1 und 10:1 unter zwei verschiedenen Bedingungen zwischen Probanden manipuliert, und in Experiment 2 wurden die Zuwächse (1:1, 2:1, 10:1) über die wiederholten Versuche hinweg manipuliert, die von jedem Probanden erlebt wurden. Die Auswirkungen der Verstärkung variierten zwischen den beiden Experimenten etwas. In Experiment 1 hatte die Verstärkung einen signifikanten Einfluss auf die Fehler, jedoch nicht auf die Latenzen. In Experiment 2 hatte die Verstärkung keinen signifikanten Haupteffekt auf Fehler oder Latenzen. Wir schließen daraus, dass das Variieren des Gewinns eine praktikable Technik ist, um die Geherkundung von großen zu ermöglichen

virtuelle Umgebungen innerhalb kleiner physischer Umgebungen. Wir vermuten zwei Gründe für das Ergebnis, dass die Verstärkung einen statistisch signifikanten Effekt auf die Fehler in Experiment 1 ausübte, jedoch nicht in Experiment 2. Eine Hypothese ist einfach, dass sie die Fehlervarianz widerspiegelt. Eine andere Hypothese ist, dass der Unterschied Unterschiede im Design der beiden Experimente widerspiegelt. In Experiment 1 wurden die Gewinne zwischen den Gruppen getestet, und in Experiment 2 wurden sie innerhalb der Probanden getestet. Die höheren Fehler in der 1:1-Verstärkungsbedingung von Experiment 2 im Vergleich zu Experiment 1 können auf die zusätzliche Erfahrung der Probanden mit den höheren Verstärkungsbedingungen in Experiment 2 zurückzuführen sein. Diese Diskrepanz wird jedoch durch zukünftige Arbeiten behoben, beide zusammen zeigen dies. Das Manipulieren der Verstärkung ist eine nützliche Methode, um große virtuelle Umgebungen in kleinere physische Umgebungen zu integrieren.

Die Disparität, dh der Unterschied in der Blickrichtung des Probanden zu Beginn eines Versuchs und der richtigen Blickrichtung, übte sehr rechtmäßige lineare Auswirkungen auf die Latenzen in Experiment 1 und Experiment 2 aus (dies hatte keinen signifikanten Einfluss auf Fehler). Dieses Ergebnis ist aus mehreren Perspektiven sinnvoll. Zum Beispiel ist es konsistent damit, dass es länger dauert, größere Änderungen in der Winkelrichtung zu bestimmen, und es ist konsistent damit, dass es länger dauert, um größere Winkelgrade zu drehen, um dem Ziel zugewandt zu sein.

Die Spieler im Vergleich zu Nicht-Spielern in Experiment 2 unterschieden sich in ihrer allgemeinen Erfahrung mit einigen Merkmalen unserer Lern- und Testsituation, obwohl sie sich in der Erfahrung mit den spezifischen Merkmalen unseres Systems nicht unterschieden. Betrachten Sie zwei Möglichkeiten, wie das Üben mit Videospielen von Bedeutung sein könnte. Erstens hätte die Erfahrung der Spieler mit Spielen aus der ersten Person ihre Sensibilität für die Rotationen und Übersetzungen in der Perspektive verbessern können, die in virtuellen Umgebungen wiedergegeben wurden. Zweitens üben Spieler das Steuern der Fortbewegungsschnittstellen im Kontext ihrer Spiele, Schnittstellen, bei denen normalerweise ein Joystick oder eine Konsole manipuliert wird. Unsere empirischen Ergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Spieler und Nicht-Spieler weder hinsichtlich der Latenzen noch hinsichtlich der Fehler signifikant unterschieden. Es ist bekannt, dass das Üben mit Spielen für die erste Person die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Leistung erheblich erleichtert. Im Gegensatz zu Lathrop und Kaiser [2005] weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass die diesen Vorteilen zugrunde liegenden Fähigkeiten nicht von den Joystick- / Konsolenschnittstellen und den virtuellen Umgebungen mit kleinem Bildschirm, die normalerweise von den Spielen bereitgestellt werden, auf das immersive HMD / Walking-System übertragen werden, das wir im Experiment bewertet haben 2.

Die Implikationen für diese Ergebnisse bei der Entwicklung künstlicher Lernsysteme, die aus HMD-Anzeigen, Verfolgungssystemen und Gehschnittstellen bestehen, sind wie folgt. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass die Verwendung von Bipedal Walking als Fortbewegungsschnittstelle im Vergleich zur Verwendung eines Joysticks einen Mehrwert bietet. Darüber hinaus zeigen sie, dass die Manipulation des Gewinns eine praktikable Methode ist, um Menschen bei der Erkundung großer virtueller Umgebungen auf engstem Raum zu unterstützen. Wir gehen jedoch davon aus, dass es Grenzen gibt, wie weit man den Gewinn skalieren kann - wir haben allgemein vergleichbare Ergebnisse für Gewinne zwischen 1:1 und 10:1 gefunden, aber um ein Schlachtfeld oder eine Stadt zu erkunden, müsste man viel größere Gewinne verwenden oder man müsste eine zusätzliche Strategie anwenden. Unsere aktuelle Forschung konzentriert sich auf eine solche zusätzliche Strategie: Subjekte zurücksetzen, wenn sie gehen und das Ende ihres physischen Raums erreichen. Wir arbeiten daran, verschiedene Methoden zu entwickeln, damit die Person, wenn sie sich den physischen Wänden nähert, durch ein Signal alarmiert wird und dann ihre Position im physischen Raum ändert, während ihre Perspektive relativ zur virtuellen Umgebung beibehalten wird. Wir glauben, dass die in diesem Artikel vorgestellte Technik und eine Technik zum „Zurücksetzen“ der Position einer Person eine überzeugende Schnittstelle für den Einsatz von Technologie der virtuellen Umgebung in kleinen physischen Räumen darstellen würden. Ein Vorteil der Walk-in-Place-Methode von Slater et al. [1995] ermöglicht es Benutzern, große Umgebungen ohne zusätzliche Eingriffe zu erkunden. Zukünftige Arbeiten sollten daher ihre Methode mit unserer skalierten Translationsverstärkungstechnik vergleichen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Gutachtern für ihre aufschlussreichen und konstruktiven Kommentare. Wir danken weiterhin Kyle Lininger und Joe Andrews für Hilfe und Rat. Dieses Material basiert auf Arbeiten, die von der National Science Foundation unter Grant IIS-0237621 und von einem Vanderbilt Discovery Grant unterstützt werden. Alle in diesem Material geäußerten Meinungen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen oder Empfehlungen sind die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Sponsoren wider.

Verweise

- B. OWMAN, PAPA AVIS, ET, H. ODGES, LF, UND B. ADRE, AN 1999. Beibehaltung der räumlichen Orientierung während der Reise in einer immersiven virtuellen Umgebung. *Pr äsenz* 8, 6, 618 –631.
- B. ROCKMOLE, JR, UND W. ANG, RF 2003. Perspektivenwechsel innerhalb und zwischen Umgebungen. *Erkenntnis* 87, B59 - B67.
- C. HAI, J., UND H. ODGINS, JK 2005. Leistungsanimation aus niedrigdimensionalen Steuersignalen. Im *SIGGRAPH 05*, fünfzehn-22.
- C. HANCE, SS, G. TANTE, F., B. EALL, AC, UND L. OOMIS, JM 1998. Der Fortbewegungsmodus beeinflusst die Aktualisierung von Objekten, die während der Reise angetroffen werden: Der Beitrag von vestibulären und propriozeptiven Eingaben zur Pfadintegration. *Pr äsenz* 7, 2, 168 –178.
- D. ARKEN, R., UND S. IBERT, J. 1996. Navigieren in großen virtuellen Welten. *Die Int. J. of Human-Computer Interaction* 8, 1, 49 –72.
- E. ASTON, RD, UND S. HOLL, MJ 1995. Objekt-Array-Struktur, Referenzrahmen und Abrufen von räumlichem Wissen. *J. Exp. Psych.* 21, 483 –500.
- F. ARRELL, MJ, UND R. OBERTSON, IH 1998. Mentale Rotation und die automatische Aktualisierung der räumlichen Beziehungen zwischen Körper und Zentrum. *J. Exp. Psych: Learn., Mem., Cog.* 24, 993 –1005.
- K. UHL, SA 2004. Neukalibrierung der Rotationsbewegung in immersiven virtuellen Umgebungen. Im *APGV 2004*, 23 –26.
- L. ATHROP, WB, UND K. AISER, MK 2002. Wahrgenommene Orientierung in physischen und virtuellen Umgebungen: Änderungen der wahrgenommenen Orientierung als Funktion der verfügbaren idiothetischen Informationen. *Pr äsenz* 11, 1, 19 –32.
- L. ATHROP, WB, UND K. AISER, MK 2005. Erwerb räumlichen Wissens auf einfachen und komplexen Wegen mit immersiven und nicht immersiven Schnittstellen. *Pr äsenz* 17, 3, 249 –263.
- L. OOMIS, JM, D. EIN S. ILVA, JA, F. UJITA, N., UND F. UKUSIMA, SS 1992. Visuelle Raumwahrnehmung und visuell gerichtetes Handeln. *J. Exp. Psych: Hum. Perc. Perf.* 18, 4, 906 –921.
- M. AY, M. 1996. Denken außerhalb des Körpers: Ein Vorteil für die räumliche Aktualisierung während der imaginären gegenüber der physischen Selbstrotation. *Psychologische Beitrage* 38, 418 –434.
- M. AY, M. 2004. Imaginale Perspektivenwechsel in erinnerten Umgebungen: Transformation versus Interferenzkonten. *Zahn. Psych.* 48, 163 –206.
- M. OHLER, B., T. HOMPSON, WB, C. REEM- R. EGEHR, SCH, W. ILLEMSEN, P., P. ICK, H., UND R. IESER, JJ 2006. Kalibrierung der Fortbewegung aufgrund visueller Bewegung in einer virtuellen Umgebung auf Laufbandbasis. *ACM Trans. zur angewandten Wahrnehmung*. Erscheinen.
- N. ITZSCHE, N., H. ANEBECK, U., UND S. CHMIDT, G. 2004. Mo-Komprimierung für telepräsentantes Gehen in großen Zielumgebungen. *Pr äsenz* 13, 1, 44 –60.
- P. ICK, HL, R. IESER, JJ, W. AGNER, D., UND G. EIN RING, AE 1999. Die Neukalibrierung der Rotationsbewegung. *J. Exp. Psych: Hum. Perc. Perf.* 25, 5, 1179 –1188.
- P. RESSON, CC, UND M. ONTELLO, DR 1994. Aktualisierung nach rotatorischen und translatorischen Körperbewegungen: Koordinatenstruktur des perspektivischen Raums. *Wahrnehmung* 23, 1447 –1455.
- R. AZZAQUE, S., K. OHN, Z., UND W. HITTON, MC 2001. Umgeleitetes Gehen. *Eurographics Kurzpr äsentation*.
- R. IECKE, SEIN, UND B. Ü LTHOFF, HH 2004. Räumliche Aktualisierung in realen und virtuellen Umgebungen: Beitrag und Interaktion von visuellen und vestibulären Hinweisen. Im *APGV 2004*, 9 –17.
- R. IESER, JJ, P. ICK, HL, A. SHMEAD, DA, UND G. EIN RING, AE 1995. Die Kalibrierung der menschlichen Fortbewegung und Modelle der wahrnehmungsmotorischen Organisation. *J. Exp. Psych: Hum. Perc.* 21, 480 –497.
- R. IESER, JJ 1989. Zugang zu Kenntnissen der räumlichen Struktur an neuartigen Beobachtungspunkten. *J. Exp. Psych. fünfzehn*, 6, 1157 –1165.
- R. UDDLE, RA, UND L. ESSELS, S. 2006. Für eine effiziente Navigationssuche benötigen Menschen volle körperliche Bewegung, aber keine reichhaltige visuelle Szene. *Psych. Wissenschaft*. Erscheinen.
- R. UDDLE, RA, P. AYNE, SJ, UND J. EINSEN, DM 1999. Navigation in großen virtuellen Umgebungen: Welche Unterschiede treten zwischen am Helm montierten und Desktop-Displays auf? *Pr äsenz* 8, 2, 157 –168.
- S. SPÄTER, M., U. SOH, M., UND S. TEED, A. 1995. Schritte unternehmen: Der Einfluss einer Gehtechnik auf die Präsenz in der virtuellen Realität. *ACM Trans. zur menschlichen Interaktion* 2, 3, 201 –219.
- T. EMPELMAN, JN, D. ENBROOK, PS, UND S. IBERT, LE 1999. Virtuelle Fortbewegung: Gehen Sie an Ort und Stelle durch virtuelle Umgebungen. *Pr äsenz* 8, 6, 598 –617.
- U. SOH, M., A. RTHUR, K., W. HITTON, MC, B. ASTOS, R., S. TEED, WIE SPÄTER, M., UND B. DÄCHER, FP 1999. Gehen> Gehen an Ort und Stelle> Fliegen in virtuellen Umgebungen. Im *SIGGRAPH 99*, 359 –364.
- W. ALLER, D., H. UNT, E., UND K. NAPP, D. 1998. Der Transfer von räumlichem Wissen im Training in virtuellen Umgebungen. *Pr äsenz* 7, 2, 129 –143.
- W. ILLIAMS, B., N. ARASIMHAM, G., W. ESTERMAN, C., R. IESER, J., UND B. ODENHEIMER, B. 2006. Funktionale Ähnlichkeiten in räumlichen Darstellungen zwischen realen und virtuellen Umgebungen. *Trans. zur angewandten Wahrnehmung*. Erscheinen.
- W. RAGA, M., C. REEM, SCH, UND P. ROFFITT, DR 2000. Aktualisieren von Anzeigen nach imaginären Objekt- und Betrachterrotationen. *J. Exp. Psych: Learn., Mem., Cog.* 26, 151 –168.
- W. RAGA, M. 2003. Denken außerhalb des Körpers: Ein Vorteil für die räumliche Aktualisierung während der imaginären gegenüber der physischen Selbstrotation. *J. Exp. Psych: Learn., Mem., Cog.* 29, 993 –1005.

Aktualisieren der Ausrichtung in gro ßen virtuellen Umgebungen

unter Verwendung eines skalierten Translationsgewinns

Betsy Williams, Gayathri Narasimham, Tim P. McNamara, Thomas H. Carr, John J. Rieser und Bobby Bodenheimer
Vanderbilt University



Abbildung 1: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung der 1: 1-Bedingung, die sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 verwendet wurde. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenen Farbzylinder, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind.



Abbildung 2: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung der 10: 1-Bedingung, die sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 verwendet wurde. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenen Farbtischen, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind.



Abbildung 6: Diese Abbildung zeigt die virtuelle Umgebung der 2: 1-Bedingung. Die Zielobjekte in diesem Experiment waren die verschiedenfarbigen Stühle, von denen einige in diesem Bild zu sehen sind. Die 1: 1- und 10: 1-Umgebungen von Experiment 2 sind in den 1 bzw. 2 gezeigt.