OP IN ION

Von der Präsenz zum Bewusstsein durch virtuelle Realität

Maria V. Sanchez-Vives und Mel Slater

Zusammenfassung | Immersive virtuelle Umgebungen können die tiefe, alltägliche Verbindung zwischen dem Ort, an dem uns unsere Sinne sagen, dass wir uns befinden, und dem Ort, an dem wir uns tatsächlich befinden und mit dem wir zusammen sind, lösen. Das Konzept der 'Präsenz' bezieht sich auf das Phänomen des Verhaltens und Fühlens, als ob wir uns in der virtuellen Welt befinden, die durch Computerbildschirme erzeugt wird. In diesem Artikel argumentieren wir, dass Präsenz es wert ist, von Neurowissenschaftlern untersucht zu werden, und dass sie das Studium von Wahrnehmung und Bewusstsein

Angenommen, Sie befinden sich an einem Ort, von dem Sie wissen, dass er fiktiv ist. Es ist kein "Ort" im physischen Sinne, sondern eine Illusion, die von einem Virtual-Reality-System erzeugt wird. Sie wissen, dass die Ereignisse, die Sie sehen, hören und fühlen, keine realen Ereignisse im physischen Sinne des Wortes sind, aber Sie denken, fühlen und verhalten sich so, als ob der Ort real wäre und als ob die Ereignisse stattfinden würden. Du siehst einen tiefen Abgrund vor dir, dein Herz rast und du hast genug Angst, um nicht näher an den Rand zu kommen. Aus kognitiver Sicht wissen Sie, dass dort nichts ist, aber Sie reagieren sowohl bewusst als auch unbewusst so, als ob es etwas gibt. Dieses Paradoxon ist die Wurzel des Konzepts der Präsenz.

Die Präsenzforschung wurde von technologisch orientierten Forschungsabteilungen initiiert (und ist weitgehend in deren Bereich geblieben) und hat in jüngerer Zeit das Interesse von Psychologen geweckt. Das Gebiet ist jedoch von den Neurowissenschaften völlig getrennt geblieben: Tatsächlich erscheint in der neurowissenschaftlichen Literatur kein einziger Hinweis auf Präsenzforschung. In diesem Artikel wollen wir diese Situation korrigieren und Überlappungsbereiche zwischen den beiden Bereichen hervorheben, insbesondere im Hinblick auf das Verständnis von Wahrnehmung und Bewusstsein.

Immersive virtuelle Umgebungen

1980 führte Minsky das Konzept der Telepräsenz ein, um die Gefühle zu beschreiben, die ein menschlicher Bediener bei der Interaktion über ein Teleoperatorsystem empfinden könnte 1.

Der Bediener sieht durch die Augen der Fernbedienung und benutzt dazu seine eigenen Gliedmaßen Manipulieren Sie seine Effektoren. Es kann sich ein Gefühl entwickeln, an einem anderen Ort zu sein, wobei der Körper der Maschine zum Körper des Menschen wird. Diese Erfahrung wurde als förderlich für eine effektive Aufgabenleistung in der Remote-Umgebung angesehen. Das Konzept der Telepräsenz wurde auch auf Erfahrungen in virtuellen Umgebungen (VEs) angewendet (FEIGE. 1). In diesem Fall befindet sich eine Person in einer Umgebung, die durch computergesteuerte Anzeigesysteme realisiert wird, und kann möglicherweise Änderungen in dieser Umgebung vornehmen. Das Gefühl, präsent zu sein, könnte sich auf die gleiche Weise entwickeln, wie Minsky es für physische Teleoperatorsysteme bemerkt hat.

Virtualisierung wurde definiert als "der Prozess, durch den ein menschlicher Betrachter einen gemusterten sensorischen Eindruck als erweitertes Objekt in einer anderen Umgebung als der, in der er physisch existiert, interpretiert". 2 Diese Definition stammt aus dem Bereich der Optik

in dem es tatsächlich ein reales Objekt gibt, das einem virtuellen Bild entspricht. In einem VE gibt es jedoch eine Virtualisierung ohne das entsprechende physische Objekt (KASTEN 1). Darüber hinaus sollte ein VE den Teilnehmer als Teil der Umgebung einbeziehen, damit Kopfbewegungen aus Sicht des Teilnehmers zu einer Bewegungsparallaxe führen und vestibuläre und andere physiologische Reaktionen, die mit Fokussierung und Objektverfolgung verbunden sind, stimuliert werden.

Typischerweise ist die visuelle Wiedergabetreue eines AVE-Displays im Vergleich zur physischen Realität gering. Selbst die fortschrittlichste Computergrafikhardware kann die Komplexität des globalen Lichttransports nicht simulieren, ohne die Echtzeitleistung erheblich zu beeinträchtigen. Darüber hinaus ist die physische Welt äußerst komplex und enthält unendlich viele Details: Stellen Sie sich vor, Sie rendern ein menschliches Gesicht mit voller Subtilität des Ausdrucks

 alle Mikromuskelbewegungen, die zur Herstellung eines Gesichtsausdrucks beitragen - und die physikalische Dynamik von Haar und Haut.

Problematisch ist auch die Erzeugung von Sound und Haptik (Touch- und Force-Feedback). Die Technologie zur Erzeugung einer sehr überzeugenden Hörleistung ist fortschrittlich a. Dies in Echtzeit in einer sich dynamisch ändernden Situation zu generieren, ist jedoch nicht möglich. Haptik ist in einem eingeschränkten Anwendungsbereich möglich, und es gibt zwei Hauptansätze. Die erste besteht darin, die Haptik auf den Endeffektor zu beschränken





Abbildung 1 | Ein Trimension ReaCTor-System. a | Diese besondere Art von CAVE-ähnlichen Systemen 76 besteht aus vier Projektionsflächen: Die vordere, linke und rechte Wand sind rückprojektierte Acrylwände, während der Boden von oben projiziert wird. Die Bildschirme sind nahtlos miteinander verbunden, um eine durchgehende Projektionsfläche bereitzustellen. Nur die Ober- und Rückseite des ReaCTor-Würfels sind keine Projektionsflächen. Dieses System wird von einem SGI Onyx 2-Computer gesteuert. b | Eine Küchenumgebung, die in den ReaCTor projiziert wird. Das Bild wird mit 90 Hz aktualisiert. Bilder des linken und rechten Auges werden dem Teilnehmer mit jeweils 45 Hz angezeigt. Der Teilnehmer trägt eine CrystalEyes-Stereo-Shutterbrille, die von Infrarotsignalen gesteuert wird, die mit der Aktualisierung deb Displays synchronisiert sind. Die Linse für das linke Auge ist nur während der Bildanzeige für das linke Auge geöffnet. Gleiches gilt für die Linse und das Display für das rechte Auge. Der Teilnehmer trägt ein Intersense IS 900-Ortungsgerät, das oben an der Brille angebracht ist. Die Kopfposition und -ausrichtung wird mit ~ 120 Hz verfolgt und diese Informationen werden mit einer Latenz von ~ 4 ms an den Computer weitergeleitet. Die Computergrafiksoftware verwendet diese Informationen, um die Bilder für das linke und rechte Auge zu berechnen und anzuzeigen. Da die Anzeige aus Sicht des verfolgten Teilnehmers erfolgt, Die Perspektive der Projektion scheint aus einem anderen Blickwinktel nicht korrekt zu sein. Der Teilnehmer hält auch ein Handverfolgungsgerät in der Hand, das seine Position und Ausrichtung auf ähnliche Weise an den Hauptcomputer weiterleitet. Dieses Gerät verfügt über Schalflächen, die zum Auslösen von Ereignissen wie der virtuellen Fortbewegung programmiert werden können. Sie können auch zur Kollisionserkennung mit virtuellen Objekten verwendet werden, sodass der Teilnehmer mit Objekten in der Szene interagieren kann.

eines Instruments, das vom menschlichen Benutzer manipuliert wird 4.5. Das Instrument wird in der VE dargestellt und der Benutzer kann fühlen, wenn diese virtuelle Darstellung kollidiert oder Reibung mit virtuellen Objekten erzeugt. Der zweite Ansatz besteht darin, den Benutzer teilweise in den Rahmen eines Exoskeletts einzupassen, das mechanisch gesteuert wird, um dem Benutzer Kräfte zu verleihen, je nachdem, wie dieser Benutzer mit Objekten in der VE interagierts Auf diese Weise kann das Gefühl des Gewichts eines Objekts vermittelt werden.

Alle oben genannten Faktoren tragen zum Eintauchen bei. was sich auf die technische Fähigkeit des Systems bezieht, eine umgebende und überzeugende Umgebung bereitzustellen, mit der der Teilnehmer interagieren kann. Wichtige Parameter für das Eintauchen sind das Ausmaß des Sichtfelds, die Anzahl der sensorischen Systeme, die das System simuliert, die Qualität des Renderns in jeder sensorischen Modalität, das Ausmaß der Verfolgung, der Realismus der angezeigten Bilder (siehe unten), die Bildrate und die Latenz (die verstrichene Zeit zwischen dem Teilnehmer, der ein Ereignis initiiert, und dem entsprechenden System). Von besonderer Bedeutung ist der Grad, in dem simulierte sensorische Daten der Propriozeption entsprechen beispielsweise wenn sich der Kopf des Teilnehmers dreht, wie schnell und wie genau das System die relevanten visuellen und akustischen Effekte darstellt. Darüber hinaus in einem System wie einem Headmounted Display (HMD) (HMD) FEIGE. 2), Wenn alle realen visuellen Eingaben entfernt werden, ist es wichtig dass die Teilnehmer aus egozentrischer Sicht ihren virtuellen Körper sehen, dessen Bewegung mit dem propriozeptiven Modell der motorischen Aktionen dieses Körpers korreliert. Dies bezieht sich auch auf das Thema Kontrolle, das es den Teilnehmern ermöglicht, Änderungen in der VE durch die Auswirkung ihrer motorischen Aktionen auf virtuelle Objekte zu bewirken. Die Kontrolle ermöglicht es ihnen daher, individuelle Ereignisse einzuleiten und einzugreifen

Der Grad des Eintauchens ist eine objektive
Eigenschaft eines Systems, die im Prinzip unabhängig von
der menschlichen Erfahrung gemessen werden kann, die
es erzeugt. Präsenz ist die menschliche Reaktion auf das
System, und die Bedeutung von Präsenz wurde auf viele
Arten formuliert.

Das Konzept der Präsenz

Ein gewisses Maß an Nützlichkeit einer VE-Anwendung ist erforderlich, da knappe Rechen-, Anzeige- und Nachverfolgungsressourcen innerhalb gegebener wirtschaftlicher und technischer Einschränkungen optimal zugewiesen werden müssen. Ein Ansatz besteht darin, einer anwendungsspezifischen Route zu folgen und Ressourcen auf der Grundlage der Aufgabenleistung zu optimieren. Wenn zum Beispiel aVE verwendet wird, um Chirurgen auszubilden, ist der Erfolg des Kompetenztransfers von der virtuellen in die reale Welt

Kasten 1 | Grundfunktionen eines Virtual-Reality-Systems

Ein Virtual-Reality-System liefert normalerweise ein Bild für das linke und das rechte Auge, um ein Stereopaar zu bilden, idealerweise mit einem aktiven Stereosystem - bei dem das Bild des linken Auges nicht zum rechten Auge gelangt und umgekehrt. Die Bilder werden in der Grafikpipeline eines Computersystems generiert und in Echtzeit aktualisiert. Der Computer verwaltet eine Datenbank, die eine bestimmte Szene beschreibt, einschließlich geometrischer, strahlender, akustischer, verhaltensbezogener und physischer Informationen. Die Bilder, die ein Teilnehmer sieht, sind Renderings der Datenbank: perspektivische Projektionen der dreidimensionalen Geometrie auf die zweidimensionalen Anzeigen mit Objekten, die gemäß Computergrafik-Beleuchtungsmodellen gefärbt sind. Das Rendering wird durch die Kopfposition und -orientierung des Teilnehmers bestimmt, die von einem Tracking-System in Echtzeit verfolgt werden müssen.

Virtuelle Objekte sind Kapselungen bestimmter Knoten in der Datenbank und der Programmierskripte, die ihr Verhalten bestimmen. Sie stellen in der Regel wichtige Aspekte der Umgebung dar. Beispielsweise können einige Geometrien und zugehörige Strahlungsinformationen einen Stuhl darstellen. Einige Objekte können passiv sein (z. B. die Wände eines Raums) und andere aktiv sein (z. B. virtuelle Personen). Daher kann der menschliche Teilnehmer mehr oder weniger stark mit Objekten in der Umgebung interagieren. Normalerweise kann mit völlig passiven Objekten, wie den Wänden eines Raums, nichts getan werden, aber ein Stuhl kann beispielsweise "aufgenommen" und an einen anderen Ort gebracht werden, und die Darstellung eines virtuellen Menschen scheint sich dessen bewusst zu sein die Teilnehmerin, sprechen Sie mit ihr oder zeigen Sie verschiedene Verhaltensweisen. Dies ist möglich, weil, Aufgrund der Head-Tracking-Daten hat das Programm, das einen virtuellen Menschen steuert, Zugriff auf die Position des Kopfes des Teilnehmers und die Richtung seiner Ausrichtung. Damit der Teilnehmer mit der Umgebung interagieren kann - beispielsweise durch Aufnehmen von Objekten - muss neben der Kopfverfolgung eine weitere Verfolgung erfolgen. In der Regel wird auch mindestens eine Hand verfolgt, häufig einfach von der Person, die das Äquivalent einer Computermaus hält - ein dreidimensionales Zeigegerät mit Tasten, an dem ein Tracker mit 6 Freiheitsgraden angebracht ist.

könnte verwendet werden, um die Wirksamkeit des VE anzuzeigen. Ein anderer Ansatz wäre, die Effektivität von VE-Anwendungen anhand der Idee der Präsenz zu messen. Dieses Konzept gilt für alle Anwendungen.

Was ist Präsenz? Die allgemeine Ansicht ist, dass Präsenz eher das Gefühl ist, in einem VE zu sein, als der Ort, an dem sich der Körper des Teilnehmers tatsächlich befindet 7-12 Allgemeines Wissen über Faktoren, die das Vorhandensein beeinflussen, kann auf viele verschiedene Szenarien angewendet werden.

Präsenz in diesem Sinne kann auf verschiedene Arten gemessen werden, und diese sind in zusammengefasst KASTEN 2.

Eine grundlegend andere Ansicht ist, dass Präsenz "...
gleichbedeutend mit erfolgreich unterstütztem Handeln in der
Umwelt ist". 13,14. Das Argument ist, dass die Realität eher durch
Handlungen als durch mentale Filter gebildet wird und dass "...
die Realität der Erfahrung eher in Bezug auf die Funktionalität als
auf die Erscheinungen definiert wird". Der Schlüssel zu diesem
Ansatz ist, dass das Gefühl, in aVE "da zu sein", auf der
Fähigkeit beruht, dort zu sein. Diese Ideen wurden in anderen
körperzentrierten Ansätzen zum Ausdruck gebracht, in denen
argumentiert wird, dass eine enge Übereinstimmung zwischen
der kinästhetischen Propriozeption und dem Strom sensorischer
Daten wesentlich ist 15,16. Wenn der visuelle Fluss beispielsweise
eine Gehbewegung anzeigt, sollte die Präsenz erhöht werden,
wenn die Körperbewegungen des Teilnehmers einem echten
Gehen entsprechen.

Experimentelle Untersuchungen der Präsenz

Welche Faktoren beeinflussen das gemeldete Vorhandensein in VEs? Es wurden mehrere experimentelle Studien zum faktoriellen Design durchgeführt, von denen die meisten den Einfluss verschiedener Anzeige- und Interaktionsstile untersuchten.

Parameter anzeigen. Die Grafik-Framerate korreliert positiv mit dem gemeldeten Vorhandensein, und die kritische minimale Framerate scheint ~ 15 Hz zu betragen 17. Dies wurde durch eine Studie bestätigt, in der Änderungen der Herzfrequenz als Ersatz für die Anwesenheit verwendet wurden, wenn die Probanden über einen virtuellen Abgrund blickten 18. das "Pit Room" -Szenario - siehe FEIGE. 3). Es wurde auch festgestellt, dass eine geringere Latenz zwischen Kopfbewegung und Aktualisierung der Anzeige mit einer erhöhten Herzfrequenz als Reaktion auf diese stressige Umgebung verbunden ist 19.

Darüber hinaus sind Kopfverfolgung, Stereopsis und geometrisches Sichtfeld mit einer höheren gemeldeten Präsenz verbunden 20-23.

Visueller Realismus. Überraschenderweise stützen die bisherigen Beweise nicht die Behauptung, dass visueller Realismus ein wichtiger Faktor für die Präsenz ist, und nur eine Studie, in der ein Fahrsimulator verwendet wurde, hat gezeigt, dass dies der Fall ist zu Eine andere Studie ergab, dass die Anzeige dynamischer Schatten in einer Umgebung im Vergleich zur Anzeige statischer Schatten oder ohne Schatten mit einer höheren gemeldeten Präsenz und Verhaltenspräsenz verbunden war.





Abbildung 2 | Am Kopf befestigter Bildschirm. a | Ein Teilnehmer, der ein Head-Mounted Display (HMD) trägt. Dies blockiert idealerweise das gesamte Umgebungslicht. Es werden zwei Bilder angezeigt, eines für das linke Auge und das andere für das rechte Auge. Kein Auge kann etwas vom Bild für das gegenüberliegende Auge sehen. Die Position und Ausrichtung des HMD wird verfolgt, und der Computer aktualisiert das Bild gemäß perspektivischen Projektionen aus der Sicht jedes Auges. b | Ein Teilnehmer in einer CAVE-ähnlichen Umgebung. Er trägt eine dreidimensionale Shutterbrille und physiologische Überwachungsgeräte, damit Echtzeit-Messwerte seiner Herzfrequenz, seiner galvanischen Hautreaktion und seiner Atmung verfügbar sind. Die Hintergrundszene zeigt eine virtuelle Party, die kürzlich in einer Studie über soziale Phobie verwendet wurde.

Dies konnte jedoch nicht direkt auf den visuellen Realismus zurückgeführt werden, und könnte mit einer überzeugenderen Darstellung der Dynamik zusammenhängen 25.

In einem weiteren Experiment führte eine Gruppe von Personen eine Aufgabe in einer vereinfachten virtuellen Simulation eines realen Labors aus, das über ein HMD mit Kopfverfolgung geliefert wurde, und eine andere Gruppe von Personen führte dieselbe Aufgabe in einem realen Labor aus. Es gab keinen signifikanten Unterschied in der mittleren berichteten Anwesenheit zwischen

den beiden Gruppen 28

In einem Experiment, das den Grubenraum ausnutzte, wurde die Szene auf verschiedenen Ebenen des Realismus (Strichzeichnungen, ohne und mit Texturen und mit Fotorealismus) in einem Design zwischen Gruppen dargestellt. Obwohl alle Teilnehmer einen signifikanten Anstieg der Herzfrequenz zeigten, als sie auf den Abgrund stießen, gab es keine signifikanten Unterschiede in der Herzfrequenz oder der berichteten Präsenz zwischen den verschiedenen Rendering-Bedingungen zz.

Klang. Anekdotenberichte weisen darauf hin, dass Schall einen sehr signifikanten Einfluss auf die Präsenz hat, und eine Studie zeigte, dass räumlicher Schall mit einer höheren gemeldeten Präsenz verbunden war als entweder kein Schall oder nicht räumlicher Schall 28 Ein anderer zeigte, dass die Verwendung personenbezogener kopfbezogener Übertragungsfunktionen (HRTFs) signifikant und positiv mit der gemeldeten Präsenz und illusorischen Selbstbewegung verbunden war 28 Die HRTF ist eine Filterfunktion, die auf der Form des Kopfes und der Ohrmuschel basiert und zu einer sehr realistischen Rekonstruktion des dreidimensionalen Klangs führt. Häufig werden Allzweck-HRTFs verwendet, da das Erhalten personenbezogener HRTFs zeitaufwändig ist.

Weitere Belege für die Bedeutung der auditorischen Modalität für die Präsenz finden sich in Studien zur "inversen Präsenz" - was passiert mit der Präsenz von Menschen in der physischen Realität, wenn sie einen plötzlichen und dauerhaften Hörverlust erleben. Dies scheint einen tiefgreifenden Einfluss auf ihren Realitätssinn und ihren Realitätssinn in der realen Welt zu haben 30.31.

Haptik. Mehrere Studien haben sich auf den Einfluss des haptischen Feedbacks auf die Präsenz konzentriert. Eine Studie untersuchte den Einfluss der Haptik auf die Ko-Präsenz 32 - das Gefühl, mit einer anderen Person in aVE zusammen zu sein 33. Das Experiment wurde so konzipiert, dass Teilnehmer, die sich an entfernten Orten befanden, an denen sie sich nicht sehen oder hören konnten, dennoch die Kräfte spüren konnten, die jeder auf die Hand des anderen ausübte, indem er gemeinsam einen Ring entlang eines Drahtes in einem VE bewegte. Unabhängig von der Reihenfolge der Präsentation wurde für jeden Teilnehmer gezeigt, dass die Kombination aus visuellem und haptischem Feedback mit einer größeren gemeldeten Ko-Präsenz verbunden ist als das visuelle Feedback von Ring und Draht allein 32.

Obwohl ein allgemeines haptisches Feedback noch nicht erreichbar ist, kann es mit der sogenannten "statischen Haptik" kostengünstig simuliert werden. AVE wird über ein HMD bereitgestellt, sodass der Teilnehmer die umgebende reale Welt nicht sehen kann, und es gibt einfache Versionen von physischen Objekten (z. B. Tischplatten) in Übereinstimmung mit ihren virtuellen Gegenstücken. Wenn die Person einen (virtuellen) Tisch berührt Oben fühlen sie eine einfache Gipskartonversion davon am selben physischen Ort, wenn nicht mit den erwarteten taktilen Eigenschaften. Im Pit-Roomexperiment stand eine Gruppe von Teilnehmern auf einem kleinen Holzvorsprung in Korrespondenz mit

der Rand der Grube, so dass sich ihre Füße anfühlen würden, als wären sie rittlings auf dem Rand 18 (FEIGE. 3b).

Dieser Zustand erhöhte die Herzfrequenz signifikant im

Vergleich zu dem, der beobachtet wurde, als der Sims fehlte.

Virtuelle Körperdarstellung. Wenn ein VE über ein HMD geliefert wird, können die Teilnehmer ihren eigenen Körper nicht sehen - eine Situation, die Menschen schockieren kann. In mehreren Studien wurde die Beziehung zwischen dem Teilnehmer und seinem "virtuellen Körper" und sein Einfluss auf die Präsenz untersucht.

Eine Studie zeigte, dass die gemeldete Präsenz erhöht war, wenn der Körper durch einen vollständigen (wenn auch groben) virtuellen Körper dargestellt wurde, verglichen mit einer einfachen Darstellung durch einen dreidimensionalen Pfeilcursor 34. Wenn die Teilnehmer in dieser Studie ihren realen rechten Arm bewegen würden, würden sie sehen, wie sich ihr virtueller rechter Arm (oder der Cursor) synchron bewegt. Wenn sie jedoch ihren realen linken Arm bewegen würden, würde sich der virtuelle linke Arm nicht bewegen, da er nicht verfolgt wurde. Einige Teilnehmer fanden dies beunruhigend, und die Fragebögen zur Nachbesprechung enthielten Aussagen wie "Ich dachte, mit meinem [linken] Arm stimmt wirklich etwas nicht". Einige Personen haben große Anstrengungen unternommen, um sich an ihren virtuellen Körpern auszurichten und ihre Füße genau dort zu positionieren, wo sie ihre virtuellen Füße gesehen haben.

Körper Engagement. Wenn Teilnehmer ein HMD tragen, werden sie normalerweise mit Kabeln verbunden, die von der Rückseite des HMD zum Hauptcomputer führen. Obwohl sie stehen und sich bewegen können, ist der Bewegungsbereich mit einem herkömmlichen elektromagnetischen Tracker begrenzt. Um große Entfernungen innerhalb des VE zurückzulegen, ist daher eine andere Methode als das physische Gehen erforderlich. Die übliche Lösung besteht darin, die Bewegung per Mausklick auf einem dreidimensionalen Zeigegerät in der Hand zu aktivieren. In frühen Studien wurde festgestellt, dass viele Teilnehmer insbesondere diejenigen, die über ein hohes Maß an Präsenz berichteten - sich durch Drücken einer Taste fast nicht bewegen konnten und wiederholt versuchten, zu gehen. Um die Dissoziation zwischen Propriozeption und sensorischen Daten zu verringern, bestand ein alternativer Ansatz darin, dass die Probanden an Ort und Stelle gingen, um das Gehen zu simulieren 35. Die experimentellen Ergebnisse zeigten, dass die Teilnehmer, die sich mit dieser Methode durch die Umgebung bewegten, im Durchschnitt ein signifikant höheres Gefühl der Präsenz zeigten als diejenigen, die die Maustastenmethode verwendeten. Diese Studie wurde durch die Einbeziehung einer weiteren Versuchsgruppe erweitert, die mit einem Widearea-Tracking-System erhebliche Entfernungen zurücklegen konnte 36. Der gemeldete Mittelwert

Kasten 2 | Präsenz messen

1. It wisher hatten Sie das Gefühl, an Ort und Stelle X zu sein? Gar nicht

1 2 3 4 5 6 7 Besonders gern

2. Inwieweit gab es Zeiten während der Erfahrung, in denen X für Sie zur "Realität" wurde und Sie fast die "reale Welt" des Labors vergessen haben, in der die gesamte Erfahrung wirklich stattfand?

1 2 3 4 5 6 7 Fast die ganze Zeit

3. Wenn Sie an Ihre Erfahrungen zurückdenken, denken Sie eher an das virtuelle X. Bilder das hast du gesehen oder mehr als irgendwo, wo du warst?

Nur als Bilder

das habe ich gesehen 1 2 3 4 5 6 7 Irgendwo

dass ich besucht habe

Die Messung der Präsenz ist eine wichtige Herausforderung in der Präsenzforschung. Ein gängiger Ansatz besteht darin, die Teilnehmei zu bitten, eine Aufgabe in einer virtuellen Umgebung (VE) auszuführen und anschließend einen Fragebogen zu beantworten. Die Fragen haben Ordnungsskalen, die Antworten zwischen zwei Extremen verankern - zum Beispiel, wobei 1 "keine Präsenz" in der VE und 7 "vollständige Präsenz" bedeutet (siehe Abbildung). 17,666,690.

Fragebogenbasierte Methoden haben sich als instabil erwiesen, da vorherige Informationen die Ergebnisse verändern können 70. Es gibt auch Hinweise darauf, dass typische Fragebögen nicht zwischen der Präsenz in aVE und der physischen Realität unterscheiden können 20. Die Verwendung von Fragebögen wurde auch durch die Beobachtung in Frage gestellt, dass sie eine methodische Zirkularität nicht vermeiden können. Das Stellen von Fragen zur "Präsenz" könnte genau das Phänomen hervorrufen, das der Fragebogen messen soll 71.

Verhalten kann auch zur Messung der Präsenz verwendet werden. Wenn sich Teilnehmer an aVE so verhalten, als ob sie sich in einer gleichwertigen realen Umgebung befinden, ist dies ein Zeichen der Präsenz. Beispiele sind die sich abzeichnende Antwort a. Haltungsschwankungen 72,73. Nachwirkungen 74 und die Lösung widersprüchlicher multisensorischer Hinweise 25. Diese Verhaltensmaßnahmen erfordern typischerweise die Einführung von Merkmalen in die Umgebung, die eine körperliche Reaktion hervorrufen würden (z. B. Schwanken als Reaktion auf ein sich bewegendes Gesichtsfeld oder Ducken als Reaktion auf ein Flugobjekt).

Eine Spezialisierung des Verhaltensansatzes ist die Verwendung physiologischer Maßnahmen wie Elektrokardiogrammaufzeichnungen oder galvanische Hautreaktionen. Wenn die normale physiologische Reaktion einer Person auf eine bestimmte Situation in aVE wiederholt wird, ist dies ein Zeichen der Anwesenheit. Die Verwendung physiologischer Maßnahmen als Ersatz für die Anwesenheit wurde ebenfalls versucht, obwohl dieser Ansatz bisher auf Situationen beschränkt war, in denen die physiologische Reaktion offensichtlich ist (z. B. eine Reaktion auf eine befürchtete Situation). 18 Physiologische Reaktionen in alltäglichen Situationen, z. B. in einem virtuellen Raum mit einem Tisch und einigen Stühlen, sind weniger offensichtlich.

Eine andere Methode, die zur Messung der Anwesenheit verwendet werden kann, basiert auf der Idee, Momente in der Zeit auszulösen, in denen Unterbrechungen der Anwesenheit (BIPs) auftreten 37. Ein BIP ist jedes wahrgenommene Phänomen während der VE-Exposition, das den Teilnehmer auf die reale Umgebung der Erfahrung aufmerksam macht und daher seine Präsenz in der VE unterbricht. Beispiele hierfür sind grobe Ereignisse wie Kollisionen mit dem Gerät oder subtilere Effekte wie das Betrachten eines Baums als Pixelkarte und nicht als festes Objekt. Es gibt Hinweise darauf, dass BIPs mit physiologischen Reaktionen verbunden sind 78 und weil sie möglicherweise in jeder Umgebung auftreten können, muss theVE nicht unbedingt stressig sein.

Die Präsenz war bei den "echten Wanderern" am höchsten, gefolgt von denjenigen, die mit den dreidimensionalen Maustastenpressern an Ort und Stelle gingen zeigt die geringste Präsenz. Andere Studien haben einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der Mobilisierung des gesamten Körpers und der berichteten Anwesenheit gezeigt 15.37

Therapeutische Anwendungen der Anwesenheit

Eine Anwendung von VEs, die ohne Anwesenheit nicht funktionieren können, ist ihre Nutzung

für verschiedene Formen der Psychotherapie 38-40 - insbesondere das Management von Angstzuständen. Im Rahmen eines Behandlungsprogramms kann ein Patient in eine AVE gebracht werden, die eine Situation darstellt, die seine Angst auslöst. Je größer die Ähnlichkeit der Reaktion zwischen der realen und der virtuellen Situation ist, desto größer ist die Chance, dass theVE erfolgreich als Teil des Therapieprogramms eingesetzt werden kann. In diesem Abschnitt präsentieren wir Beweise dafür, dass Patienten in VVEs anwesend sind.

Phobien. Die erste berichtete psychologische Intervention in diesem Bereich war die Anwendung von VEs bei Akrophobie (Höhenangst). In einer Pilotstudie 41. Es wurde festgestellt, dass Einzelpersonen in einem VE akrophobe Symptome zeigten und daher einen hohen Grad an Präsenz zeigten. Die Szenarien umfassten eine Aufzugsfahrt, eine Brücke und einen Blick von einem hohen Gebäude. In einer Studie, in der diese VEs für eine abgestufte Expositionstherapie verwendet wurden, wurde in einer Versuchsgruppe im Vergleich zu einer Kontrollgruppe auf einer Warteliste über einen Zeitraum von 8 Wochen eine signifikante Verringerung der Angst beobachtet 42 In einer anderen Studie wurde ein in vivo

Die Behandlungsgruppe wurde mit einer Virtual-Reality-Expositionsgruppe verglichen, und in beiden Gruppen wurden ähnliche Verbesserungen festgestellt, was darauf hinweist, dass die Virtual-Reality-Exposition gleichwertig ist *in vivo* Exposition 43 Eine weitere Studie zur Flugangst 44 ähnliche Verbesserungen zwischen einem *in vivo* Expositionsgruppe und Virtual-Reality-Gruppe sowie 6-Monats- und 1-Jahres-Follow-up-Studien zeigten, dass diese Verbesserungen beibehalten wurden 45

Arachnophobie wurde mit ähnlichen Methoden untersucht 46-46. Es wurde ein statischer Haptik-Ansatz verwendet, bei dem eine Spielzeugspinne an derselben Position wie eine virtuelle Spinne platziert wurde, damit die Teilnehmer eine Spinne fühlen und sehen konnten. In diesem Fall führte die taktile Augmentation zu besseren Behandlungsergebnissen als die visuelle Simulation allein.

Soziale Angst. Szenarien in Bezug auf Angstzustände, an denen andere Personen beteiligt sind, sind innerhalb eines VE schwieriger nachzubilden. Die Modellierung und dynamische Darstellung eines virtuellen Menschen, der gezielt mit einer realen Person interagieren kann

- Zum Beispiel durch Spracherkennung, die Erzeugung aussagekräftiger Sätze, Gesichtsausdrücke, Emotionen, Hautfarbe und -ton sowie Muskel- und Gelenkbewegungen - liegt immer noch außerhalb der Möglichkeiten von Echtzeit-Computergrafik und künstlicher Intelligenz. Überraschenderweise gibt es jedoch starke Hinweise darauf, dass Menschen auf relativ grobe virtuelle Menschen reagieren, als wären sie reale Menschen.

Wir haben eine bestimmte Art von sozialer Phobie in Betracht gezogen - die Angst vor öffentlichen Reden. Personen, von denen angenommen wurde, dass sie sich im normalen Bereich der Angst vor öffentlichen Reden befinden, wurden in einem Seminarstil einem virtuellen Publikum ausgesetzt. Das Publikum zeigte drei verschiedene Verhaltensweisen - statisch und neutral, dynamisch mit positiven Reaktionen gegenüber dem Sprecher oder dynamisch mit negativen Reaktionen gegenüber dem Sprecher 49 (KASTEN 3).

Jeder Teilnehmer erlebte nur eine dieser Bedingungen. Die statistischen Ergebnisse

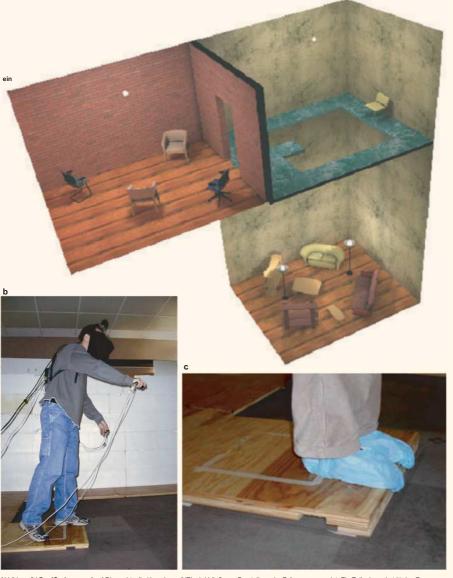


Abbildung 3 | **Der 'Grubenraum'.** a | Diese virtuelle Umgebung (VE) wird häufig zur Beurteilung der Präsenz verwendet. Ein Teilnehmer betritt den Raum ganz links, der zum Kennenlernen des VE-Systems und zum Erlernen von Verfahren wie Bewegen oder Auswählen von Objekten verwendet werden kann. Der Teilnehmer erhält dann die Aufgabe, in den nächsten Raum zu gehen, ein Objekt auszuwählen, das auf der Planke mit Blick auf die Grube zurückgelassen wurde, und es dann auf die andere Seite des Raums zu bringen. Die Reaktionen eines Teilnehmers auf die Grube werden auf verschiedene Weise quantifiziert: Verhalten durch physiologische Messungen (Herz- und Atemfrequenz oder galvanische Hautreaktion)

oder durch nachfolgende Fragebögen. In den durchgeführten Experimenten gehen fast alle Personen auf die andere Seite des Raums, indem sie sich vorsichtig um die Seiten des Raums und entlang der Kante bewegen, obwohl sie wissen, dass es dort keine Grube gibt. b, c | "Statische Haptik". Die Teilnehmer wurden durch kleine, aber echte Leisten positioniert, was den Effekt des Stehens über einer echten Grube verstärkte und die Herzfrequenz der Teilnehmer im Vergleich zu dem Fehlen der Leiste signifikant erhöhte. Bilder mit freundlicher Genehmigung des Instituts für Informatik der University of North Carolina in Chapel Hill, USA.

gaben an, dass für diejenigen, die in das positive oder statische Publikum eingetaucht waren, ihre gemeldete Angst mit ihrer üblichen Angst vor öffentlichen Reden korrelierte. Diejenigen, die das negative Publikum erlebten, zeigten jedoch ungewöhnlich starke Angstreaktionen, einschließlich Veränderungen der Körperhaltung, der Hautfarbe und des allgemeinen Verhaltens.

Die Kommentare der Teilnehmer an

Nachbesprechungsinterviews (KASTEN 3) waren noch interessanter als die statistischen Ergebnisse. Diese Kommentare mögen angesichts der "Feindseligkeit" des negativen Publikums nicht besonders überraschend erscheinen, aber es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass die Situation vollständig virtuell war. Diese Ergebnisse veranschaulichen die Kraft der virtuellen Realität, eine Präsenzreaktion hervorzurufen.

Paranoide Ideen. Paranoide Ideen sind gekennzeichnet durch Misstrauen und den Glauben, dass man verfolgt, verfolgt oder verfolgt wird. In einem Experiment wurde getestet, ob die Bandbreite paranoider Gedanken, die typischerweise in einer normalen Bevölkerung (mit Ausnahme von Menschen mit Psychose) vorhanden sind, innerhalb eines VE reproduziert werden kann 50.51.52 Die Teilnehmer, deren Grad an Paranoia im Voraus beurteilt worden war, wurden gebeten, eine virtuelle Bibliothek zu erkunden (KASTEN 4). Die virtuellen Charaktere in der Bibliothek wurden so programmiert, dass sie die Teilnehmer betrachten und Mimik machen, während sie eine neutrale Haltung ihnen gegenüber beibehalten. Die statistische Analyse eines nachfolgenden Fragebogens ergab, dass in der virtuellen Realität paranoide Gedanken in Korrelation mit dem Angebot der Teilnehmer ausgelöst wurden.

Obwohl in diesen Umgebungen kein Ton zu hören war, gaben einige Teilnehmer an, Kommentare zu hören, die offensichtlich illusorisch waren. Es ist bemerkenswert, dass die Menschen so stark auf die virtuellen Charaktere reagierten, obwohl sie alle objektiv wussten, dass niemand wirklich da war.

Posttraumatische Belastungsstörung. Eine posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) kann auftreten, wenn eine Person lebensbedrohlichen katastrophalen Ereignissen ausgesetzt ist. Menschen mit PTBS haben Schwierigkeiten, sich auf ein normales Leben einzulassen, und haben wiederkehrende Rückblenden. Schlafstörungen und eine Vielzahl anderer schwächender Symptome. Die Gruppe, die am häufigsten in Bezug auf die Virtual-Reality-Therapie untersucht wurde, sind VietnamWar-Veteranen. Es wurden zwei Hauptszenarien entwickelt - ein Hubschrauberflug über feindliches Gelände und eine Lichtung im Dschungel, auf der Hubschrauber landen könnten. Die Desensibilisierungsbehandlung der Veteranen führte zu einer signifikanten Verbesserung ihrer Symptome 53,54. Eine kürzlich durchgeführte Virtual-Reality-Studie mit einem Überlebenden des Terroranschlags vom 11. September 2001 führte ebenfalls zu erheblichen Verbesserungen, obwohl dies langfristig nicht der Fall war

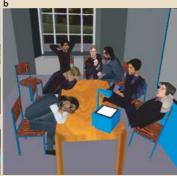
wurde gemeldet 55.

Schmerzablenkung. Die Präsenz in einem VE beinhaltet den Transport des Bewusstseins eines Teilnehmers an einen anderen Ort als den, an dem sich der physische Körper tatsächlich befindet. Eine potenziell wirksame Anwendung dieses Prozesses ist die Schmerzablenkung

- Wenn der Körper eine Situation erlebt, die eine schmerzhafte inphysische Realität wäre, sich die Person jedoch in einer virtuellen Realität präsent fühlt, sollte sie weniger Schmerzen wahrnehmen. Mehrere experimentelle Studien haben vorläufige Beweise geliefert, um diese Idee zu stützen 56-67. Eine typische Strategie besteht darin, Menschen eine Situation zu präsentieren, die der Art der Schmerzen, die sie erleben, widerspricht. Wenn sie beispielsweise wegen Verbrennungen behandelt werden, können sie in eine Umgebung gebracht werden

Kasten 3 | Eine virtuelle Umgebung, die ein Seminarpublikum repräsentiert





Panel ein zeigt ein positives Publikum und Panel b zeigt ein negatives Publikum. Die Charaktere sehen nicht realistisch menschlich aus, abe ihr Verhalten wurde anhand von Beobachtungen aus realen Treffen modelliert, obwohl sie sowohl positiv als auch negativ stark übertrieben sind. Die Teilnehmer werden gebeten, kurze Vorträge vor einem virtuellen Publikum zu halten, das eine positive, negative oder neutrale Haltung gegenüber dem Sprecher haben könnte. Eine Reaktion auf das virtuelle Publikum, die der Reaktion ähnelt, die dieselbe Person auf ein reales Publikum haben würde, weist auf ein hohes Niveau hin Präsenz in der virtuellen Umgebung. Die unten gezeigten Zeugnisse veranschaulichen, dass die Reaktionen der Teilnehmer auf die virtuellen Charaktere über alle rationalen Überlegungen hinausgingen, und die bei diesen Teilnehmern gemessenen physiologischen Reaktionen zeigten, dass die Menschen ähnlich reagierten, wie sie es in einer realen Umgebung tun würden.

Reaktionen auf das positive Publikum

"Es war klar, dass das Publikum wirklich positiv und interessiert an dem war, was ich sagte, und es gab Ihnen das Gefühl, ihnen zu sagen. was Sie wissen."

"Ich habe mich großartig gefühlt. Endlich unterbrach mich niemand. Als Frau unterbrechen dich die Leute immer wieder in Gesprächen...
Aber hier hatte ich das Gefühl, dass die Leute da waren, um Band zuzuhören. "

"Sie starrten mich an. Sie haben dich bedingungslos geliebt, du kannst alles sagen, du musstest nicht arbeiten. "

Reaktionen auf das negative Publikum

"Es fühlte sich wirklich schlecht an. Ich konnte sie nicht einfach ignorieren. Ich musste mit ihnen sprechen und ihnen sagen, sie sollen sich aufsetzen und aufpassen. Besonders der Mann links, der den Kopf in die Hände legte; Ich musste ihn bitten, sich aufzusetzen und zuzuhören... Ich trat in eine negative Rückkopplungsschleife ein, in der ich schlechte Antworten vom Publikum erhielt und meine Leistung noch schlechter wurde... Ich habe wirklich schlechte Leistungen erbracht und das passiert normalerweise nicht. "

"Ich war verärgert, wirklich geworfen. Ich habe meinen Gedankengang total verloren. Sie sahen mich nicht an und ich wusste nicht, was ich tun sollte. Soll ich nochmal anfangen Ich war sehr frustriert. Ich hatte das Gefühl, keine Verbindung zu ihnen zu haben. Sie sahen mich nicht an. Ich habe nur vergessen, wovon ich gesprochen habe. "

das zeigt Schnee und Eis und hat die Aufgabe, Schneebälle zu werfen 58. Obwohl eine der bisher durchgeführten Studien methodisch wasserdicht war, deuten die Beweise auf die Idee hin, dass der "Transport des Bewusstseins an einen anderen Ort" stark genug ist, um Schmerzempfindungen zu verringern.

Neurowissenschaften und Präsenzforschung

Wir glauben, dass die VE-Technologie ein hervorragendes Werkzeug für die neurowissenschaftliche Forschung darstellt. Es ermöglicht die Schaffung sensorischer Umgebungen, die nahezu identisch repliziert werden können und unter der vollen Kontrolle des Experimentators stehen, einschließlich der Erstellung von Szenarien und Bedingungen, die zu teuer oder gefährlich sind oder in der physischen Realität sogar unmöglich zu erstellen sind. Es unterstützt auch leicht die Schaffung von "magischen" Szenarien - zum Beispiel die Dissoziation von sensorischen Modalitäten von

Was wir jedoch wirklich hervorheben möchten, sind die konzeptuellen Wechselwirkungen zwischen den scheinbar weit entfernten Bereichen der Präsenz und der neurowissenschaftlichen Forschung, und wir beginnen mit der Betrachtung der Wahrnehmung.

Präsenz und Wahrnehmung. Ein unerwartetes Ergebnis von Virtual-Reality-Studien ist, dass der Realismus des Displays für die Präsenz weitaus weniger wichtig zu sein scheint als andere Parameter wie Head Tracking, Framerate, Sound und Interaktionsmethoden. Dieses Ergebnis hat zum Konzept der "minimalen Hinweise" geführt - den minimalen Elementen, die ein VE enthalten muss, um Präsenz zu induzieren 50 Wie viel können wir die "Realität" vereinfachen?

in aVE und trotzdem Präsenz bei einem Teilnehmer induzieren? Wie viele sensorische Modalitäten müssen stimuliert werden, und welche minimale multisensorische Stimulation funktioniert am besten für jede Aufgabe? Für jeden Neurowissenschaftler, der die Wahrnehmung studiert,

Es scheint offensichtlich, dass solche Fragen zu den Wurzeln der Mechanismen der sensorischen Wahrnehmung gehen: Was sind die Bausteine unserer wahrgenommenen Welt? Welcher Anteil unserer Wahrnehmung wird von der Außenwelt bestimmt und welcher Anteil wird von unserem inneren Zustand bestimmt? Die Tatsache, dass minimale Hinweise ausreichen, um Präsenz zu induzieren, impliziert, dass das Fehlen eines gewissen Grads an sensorischer Information nicht ablenkt und wahrscheinlich durch kortikale Verarbeitung ausgefüllt wird 800.01.

Top-down-Einflüsse auf die Wahrnehmung können auch untersucht werden, indem Teilnehmern, die VEs eingeben, bestimmte Aufgaben oder vorherige Informationen gegeben und anschließend bestimmt werden, wie ihre Wahrnehmung beeinflusst wurde. Diese Studien können von der Wahrnehmung einfacher Reize bis zur Wahrnehmung sozialer Situationen unter Verwendung virtueller Charaktere reichen. Die von den Teilnehmern empfangenen tatsächlichen Reize können rekonstruiert (einschließlich visueller Szenen mit Blickverfolgung) und mit den wahrgenommenen Reizen verglichen werden. Es könnte argumentiert werden, dass die Neurowissenschaften und die Präsenzforschung beim Studium der Wahrnehmung ähnliche Fragen von verschiedenen Ausgangspunkten aus stellen und die virtuelle Realität ein einzigartiges Werkzeug zur Beantwortung dieser Fragen darstellt.

Die Möglichkeit, Reize zu dissoziieren, die in der realen Welt immer untrennbar miteinander verbunden sind, eröffnet viele Möglichkeiten für das Studium der Wahrnehmung und insbesondere der Selbstwahrnehmung. Die Tatsache, dass sich Individuen in Umgebungen präsent fühlen, in denen ihr eigener Körper durch eine bizarre Form dargestellt wird, impliziert dies Dieser 'neue' Körper wurde irgendwie verinnerlicht. Zukünftige Studien in ves darüber, wie wir uns auf unseren virtuellen Körper beziehen, auf die Reize, die er empfängt oder wie ein virtueller Körper verinnerlicht wird, könnten von großer Bedeutung sein, um zu verstehen, wie die innere Repräsentation des Körpers im Gehirn erzeugt wird. Indem wir unterschiedliche Informationsströme stören, die physiologisch miteinander verbunden sind (visuell, motorisch und propriozeptiv), können wir ihre individuellen Beiträge zu den Mechanismen der Selbstwahrnehmung und motorischen Kontrolle kennenlernen. In der echten Welt, 62. Individuen passen sich schnell an solche Störungen an und lernen, unter den neuen Bedingungen zu arbeiten. Die zeitliche Dynamik dieser Anpassung, die die Plastizität des Systems widerspiegelt, könnte ebenfalls gemessen werden.

VEs bieten auch ein nützliches Werkzeug zur Untersuchung der Gehirnaktivierung während der räumlichen Navigation 63,64. und im weiteren Sinne einen Rahmen bieten, in dem die Faktoren (auditive, visuelle und vestibuläre Hinweise) analysiert werden können, die erforderlich sind

Kasten 4 | Eine virtuelle Umgebung, die eine Bibliothek darstellt





Die Bilder zeigen zwei verschiedene Ansichten einer virtuellen Bibliothek. In dieser Umgebung wurden Studien zur Paranoia durchgeführt. Die Teilnehmer wurden gebeten, durch die Bibliothek zu gehen und anschließend über ihre Erfahrungen zu berichten Virtuelle Charaktere in der Bibliothek sahen die Teilnehmer gelegentlich an und änderten ihre Mimik, z. B. Lächeln oder andere emotional neutrale Ausdrücke. Während der Studie wurde kein Ton abgegeben.

Im Folgenden zitieren wir einige der Bemerkungen der Teilnehmer während postexperimenteller Interviews, die das Gefühl der Präsenz in der virtuellen Umgebung und ihre Reaktionen auf diese visuell unrealistischen virtuellen Charaktere veranschaulichen:

"Die beiden Leute auf der linken Seite mochten sie nicht sehr - nun, ich weiß es nicht, vielleicht weil ich das Gefühl hatte, beobachtet zu werden, als ich den Raum betrat, und dann fingen sie an, über mich zu reden. Die anderen Leute waren neutraler und einladender als der Tvo mit dem Bart. "

"Irgendwann war es wirklich realer als ich erwartet hatte. Irgendwann versuchte ich, um einen Tisch herum zu navigieren und fand mich fast wieder. als ich mich bei der Person entschuldigte. die dort saß. Ich hatte das Gefühl. dass sie sich darüber ärgern... "

"Es war wirklich komisch, weil sie alle definitiv auf etwas aus waren und alle versuchten, nervös zu machen. Es war klar, dass sie es mit Tomockme versuchten, sie sahen mich immer wieder an und als ich zurückblickte, waren sie ähm ... Der Typ mit dem Anzug war wirklich komisch, weil er immer wieder lächelte und es ziemlich unheimlich war. "

ein Raumgefühl erzeugen. InVEs kann die Navigation von der mit der Fortbewegung verbundenen Propriozeption getrennt werden und falsche visuell-propriozeptive Hinweise hervorrufen, wodurch ein Werkzeug bereitgestellt wird, mit dem die Rolle visueller oder propriozeptiver Eingaben bei der Erzeugung interner räumlicher Darstellungen bestimmt werden kann.

Präsenz und Bewusstsein. Das Phänomen der Präsenz basiert auf dem Transport des Bewusstseins in eine alternative, virtuelle Realität, so dass Präsenz in gewissem Sinne Bewusstsein in dieser virtuellen Realität ist. Die Tatsache, dass verschiedene Schichten (Außenwelt, Selbstdarstellung und sogar ein Teil des erweiterten Selbst) in einem VE auf stark kontrollierte Weise verändert werden können, bedeutet, dass die virtuelle Realität genutzt werden kann, um die Grundlagen des Bewusstseins wissenschaftlich zu analysieren. Laut Damamasio "tritt Bewusstsein auf

wenn wir automatisch das Gefühl erzeugen können, dass ein bestimmter Reiz in einer persönlichen Perspektive wahrgenommen wird; das Gefühl, dass der Reiz dem Organismus gehört, der an der Wahrnehmung beteiligt ist; und nicht zuletzt das Gefühl, dass der Organismus auf den Reiz einwirken kann (oder dies nicht tut) ". 65. Alle diese Kriterien können erfüllt werden, wenn eine Person in aVE eingetaucht ist und viele Aspekte experimentell manipuliert werden können.

Das Eintauchen in aVE kann das Bewusstsein einer Person in dem Sinne verändern, dass sie auf den virtuellen Ort und auf Ereignisse innerhalb dieses Ortes reagiert, ihren Körper an diesem Ort fühlt und sogar ihr Körperbesitz in "ihren" Körper verwandelt, in dem sie sehen diese Stelle. Dieser Prozess kann beobachtbare Auswirkungen auf den realen Körper der Person in Bezug auf bewusstes und gewolltes Verhalten (z. B. die Entscheidung, um eine Grube herumzulaufen, anstatt darüber zu fliegen) und unbewusstes Verhalten wie Änderungen der Herzfrequenz, der Atmung und des Körpers haben Hautleitfähigkeit. Präsenz tritt auf, wenn echte sensorische Daten erfolgreich durch computergenerierte sensorische Daten ersetzt werden und wenn Menschen normale motorische Aktionen ausführen können, um Aufgaben auszuführen und ein gewisses Maß an Kontrolle über ihre Umgebung auszuüben. Mit "erfolgreich", wemean, dass die Person auf die virtuellen Reize reagiert, als ob sie real wären. Antworten sollten auf ieder Ebene berücksichtigt werden, von unbewussten physiologischen Verhaltensweisen durch automatische Reaktionen und von bewussten Willensverhalten bis hin zur kognitiven Verarbeitung - einschließlich der Berichterstattung über das Gefühl, dort zu sein. Interessanterweise kann dies trotz des absoluten Wissens jedes Teilnehmers geschehen, dass theVE gefälscht ist. Das Bewusstsein wird sich jedoch nicht verwandeln, z

Beispielsweise liegt die Bildrate unter einem bestimmten Niveau oder wenn das Sichtfeld zu eng ist, obwohl dies möglicherweise der Fall ist, wenn diese (und andere strukturelle Faktoren) geeignete Einstellungen haben, unabhängig vom Realismus des in der VE angezeigten Inhalts. In dieser Situation verhalten sich die Menschen an dem Ort und in der Situation, die von der VE dargestellt werden, als wären sie sich bewusst, obwohl sie sich auf einer höheren kognitiven Ebene bewusst sind, dass die Situation nicht real ist und dass der Ort nicht wirklich da ist.

Eine Strategie, die bei der experimentellen Untersuchung des Bewusstseins angewendet wurde, konzentrierte sich auf die Verarbeitung von Informationen durch das Gehirn ohne bewusstes Bewusstsein. Dies gilt für zwei Situationen: Erstens, wenn die Bewusstlosigkeit das Ergebnis eines pathologischen Zustands ist 66 und zweitens, wenn Subiekte unbewusst unterschwellige sensorische Informationen verarbeiten und darauf reagieren 67. Aus der Sicht der Präsenz, wie sie im vorherigen Absatz angegeben wurde, wäre die Ergänzung der Präsenz ein Versagen der Menschen in aVE, auf Ereignisse zu reagieren, als ob sie real wären. Natürlich gibt es eine unendliche Anzahl von Möglichkeiten, wie Menschen möglicherweise nicht auf virtuelle Ereignisse reagieren, als ob sie real wären. Wenn das besondere Versagen, zu antworten, darin besteht, "nichts" zu tun, ist dies "nichts zu tun" gleichbedeutend damit, nicht bewusst zu sein? Wann bedeutet Präsenz Bewusstsein und Bewusstsein bedeutet Präsenz? Dies sind interessante Wege, die noch erkundet werden

Schlussfolgerungen

Wir argumentieren, dass die Präsenzforschung über den Bereich der Informatik und anderer technologisch orientierter Disziplinen hinaus geöffnet und zu einem Hauptbestandteil der Neurowissenschaften werden sollte. Natürlich kann und wird die virtuelle Realität als Werkzeug für neurowissenschaftliche Studien verwendet, und viele dieser Studien, die sich auf Wahrnehmung, Wegfindung, Selbstdarstellung und Selbstgefühl beziehen, werden auch zum Verständnis der Präsenz beitragen. Aber - und das ist unser Hauptpunkt - die virtuelle Realität ist nicht nur ein Werkzeug für die Neurowissenschaften, sondern die damit verbundene Präsenzerfahrung ist auch ein eigenständiges Untersuchungsobjekt. Darüber hinaus ist dieses Konzept der Präsenz dem Bewusstsein hinreichend ähnlich, so dass es dazu beitragen könnte, die Forschung in diesem Bereich

Maria V. Sanchez-Vives ist am Instituto de Neurociencias de Alicante der Universidad Miguel Hernandez-CSIC, Spanien.

Mel Slater ist am Institut für Informatik des University College London in der Gower Street.

LondonWC1E 6BT, Großbritannien

Korrespondenz mit M.S. E-Mail: m.slater@cs.ucl.ac.uk

doi: 1038 / nrn1651

- 1. Minsky, M. Telepräsenz. Omni 45-52 (Juni 1980). Ellis, SR Natur und
- Ursprung virtueller Umgebungen: ein bibliographischer Aufsatz. Comput. Syst. Eng. 2, 321–347 (1991).
- Blauert, J., Lehnert, H., Sahrhage, J. & Strauss, H. Ein interaktiver Generator f
 ür virtuelle Umgebungen f
 ür die psychoakustische Forschung. I: Architektur und Implementierung. Acustica 86, 94–102 (2000).
- Salisbury, JK & Srinivasan, MA Phantombasierte haptische Interaktion mit virtuellen Objekten. IEEE Comput. Graph. Appl. 17, 6–10 (1997).
- Lin, M. & Salisbury, K. Haptisches Rendering jenseits des visuellen Rechnens. IEEE Comput. Graph. Appl. 24, 22–23 (2004). Laycock, SD & Day, AM Neueste
- Entwicklungen und Anwendungen von haptischen Geräten. Comput. Graph.
 Forum
- 22, 117-132 (2003).
- Draper, JV, Kaber, DB und Usher, JM Telepresence Summen. Faktoren 40, 354–375 (1998).
- Held, RM & Durlach, NI Telepresence. PresenceTeleoper. Virtuelle Umgebung. 1, 109–112 (1992). Sheridan, TB Überlegungen zu Telepräsenz
- 9. und virtueller Präsenz. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 1, 120–126
- Ellis, SR Präsenz des Geistes: eine Reaktion auf Thomas Sheridans 'weitere Überlegungen zur Psychophysik der Präsenz'. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 5, 247–259 (1996).
- Sheridan, TB Weitere Überlegungen zur Psychophysik der Präsenz. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 5, 241–246 (1996).
- Slater, M. & Wilbur, S. Ein Framework für immersive virtuelle Umgebungen (FIVE): Spekulationen über die Rolle der Präsenz in virtuellen Umgebungen. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung.
 6. 602, 246 (1907).
- Zahorik, P. & Jenison, RL Präsenz als In-der-Welt. Präsenz-Teleoper.
 Virtuelle Umgebung. 7, 78–89 (1998). Flach, JM & Holden, JG Die Realität
- 14. der Erfahrung: Gibsons Weg. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 7,
 - 90-95 (1998).
- Slater, M., Steed, A., McCarthy, J. & Maringelli, F. Der Einfluss der K\u00f6rperbewegung auf die subjektive Pr\u00e4senz in virtuellen Umgebungen. Summen Faktoren 40, 469–477 (1998). Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H.
- 16. Die Erfahrung der Präsenz: faktoranalytische Einsichten.
- Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 10, 266–281 (2001). Barfield, W. & Hendrix,
 17. C. Die Auswirkung der Aktualisierungsrate auf das Gefühl der Präsenz in virtuellen
- Umgebungen. Virtuelle Realität. 1, 3–16 (1995).
- Meehan, M., Insko, B., Whitton, M. & Brooks, FP Physiologische Messungen der Präsenz in stressigen virtuellen Umgebungen. ACM Trans. Graph. 21, 645-652 (2002). Meehan, M., Razzaque, S., Whitton, MC & Brooks, FP Jr. Auswirkung
- der Latenz auf die Präsenz in stressigen virtuellen Umgebungen. Verfahren der IEEE Virtual Reality 2003 141–148 (2003).
- 20. Hendrix, C. & Barfield, W. Präsenz in virtuellen Umgebungen als Funktion visueller Anzeigeparameter.
- Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 5, 274–289 (1996). Barfield, W., Baird, KM 21. & Bjorneseth, ABI. Präsenz in virtuellen Umgebungen in Abhängigkeit vom Typ des Eingabegeräts und der Aktualisierungsrate der Anzeige. Anzeigen 19, 91–98 (1999). Barfield. W., Hendrix, C. & Bystrom, KE Auswirkungen von Stereossis und
- Head Tracking auf die Leistung mithilfe von Displays f
 ür virtuelle
 Desktopumgebungen. Pr
 äsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 8, 237–240 (1999).
- Ijsselsteijn, W., de Ridder, H., Freeman, J., Avons, SE & Bouwhuis, D.
 Auswirkungen der stereoskopischen Darstellung, Bildbewegung und
 Bildschirmgröße auf subjektive und objektive bestätigende Präsenzmaße. Präsenz-TelkSper. Pertaub, DP, Slater, M. & Barker, C. Ein Experiment zur Angst vor öffentlichen Virtuelle Urrgebrung, 10, 298–311 (2001).

 Reden als Reaktion auf drei verschiedene Arten von virtuellem Publikum. Präs
- Welch, RB, Blackmon, TT, Liu, A., Mellers, BA & Stark, LW Die Auswirkungen des Bildrealismus, der Verzögerung des visuellen Feedbacks und der Interaktivität der Beobachter und des subjektiven Gefühls der Präsenz. Präsenz-Teleaper. Virtuelle Umgebung. 5, 263–273 (1996).
- Slater, M., Usoh, M. & Chrysanthou, Y. in Ausgewählte Artikel der EurographicsWorkshops on Virtual Environments '95 8–21 (Springer, Barcelona, Spanien, 1995).
- Usoh, M., Catena, E., Arman, S. & Slater, M. Verwenden von Präsenzfragebögen in der Realität. *Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung.* 9, 497–503 (2000).
- Zimmons, P. & Panter, A. Der Einfluss der Renderqualität auf Präsenz und Aufgabenleistung in einer virtuellen Umgebung.
 Proc. IEEE Virtual Real. 2003 293–294 (2003).
- Hendrix, C. & Barfield, W. Das Gefühl der Präsenz in auditorischen virtuellen Umgebungen. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 5, 290–301 (1996).
- A. Väljamäe, P. Larsson, D. Västfjäll & M. Kleiner in 7. Internationale Konferenz über Präsenz: Proceedings of Presence 2004 141–147 (Valencia. Spanien. 2004).
- 30. Gilkey, RH & Weisenberger, JM Das Gefühl der Präsenz

- für den plötzlich ohrenbetäubten Erwachsenen: Auswirkungen auf virtuelle Umgebungen. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 4, 357–363 (1995).
- Murray, CD, Arnold, P. & Thornton, B. Anwesenheit bei induziertem
 Hörverlust: Auswirkungen auf immersive virtuelle Umgebungen. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 9, 137–148 (2000).
- Basdogan, C., Ho, C.-H., Srinivasan, MA & Slater, M. Eine experimentelle Studie zur Rolle der Berührung in gemeinsam genutzten virtuellen Umgebungen. ACM Trans. Comput. Hum. Interagieren. 7, 443–460 (2000).
- Durlach, N. & Slater, M. Präsenz in gemeinsam genutzten virtuellen Umgebungen und virtueller Zweisamkeit. PresenceTeleoper. Virtuelle Umgebung. 9, 214–217 (2000).
- Slater, M. & Usoh, M. Repräsentationssysteme, Wahrnehmungsposition und Präsenz in virtuellen Umgebungen. Presence Teleoper. Virtuelle Umgebung. 2, 221–234 61. (1994).
- Slater, M., Usoh, M. & Steed, A. Schritte unternehmen: Der Einfluss einer Gehtechnik auf die Präsenz in der virtuellen Realität. ACM Trans. Comput.-Hum. Interagieren. 2, 201–219 (1995). Usoh, M. et al. im Vorträge
- der 26. Jahreskonferenz über Computergrafik und interaktive Techniken 359–364 63.
 (ACM, Addison-Wesley, Massachusetts, USA, 1999).
- Slater, M. & Steed, A. Ein virtueller Präsenzzähler.
 Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 9, 413–434 (2000). Glantz, K.,

 Durlach, NI, Barnett, RC & Aviles, WA Virtuelle Realität (VR) für die v. Psychotherapie: vom physischen zum sozialen Umfeld. Psychotherapie 33,
- Rizzo, A. & Buckwalter, JG Sonderausgabe: Virtual-Reality-Anwendungen in der Neuropsychologie: Einführung der Gastredakteure. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 10,
- Krijn, M., Emmelkamp, PMG, Olafsson, RP und Biemond, R.
 Virtual-Reality-Expositionstherapie bei Angststörungen: eine Übersicht. Clin. Psychol. Rev. 24, 259–281 (2004).
- 41. Hodges, LF et al. Virtuelle Umgebungen zur Behandlung der Höhenangst. Computer
- 28, 27–34 (1995). Rothbaum, BO et al. Wirksamkeit der computergenerierten
 (Virtual-Reality) abgestuften Exposition bei der Behandlung von Akrophobie. Am. J. Psychiatrie 152, 626–628 (1995).
- Emmelkamp, PMG et al. Virtual-Reality-Behandlung versus Belichtung in vivo: eine vergleichende Bewertung bei Akrophobie.
 Behav. Res. Ther. 40, 509–516 (2002).
- Rothbaum, BO, Hodges, L., Smith, S., Lee, JH & Price, L. Eine kontrollierte Studie zur Virtual-Reality-Expositionstherapie aus Angst vor dem Fliegen. J. Consult. Clin. Psychol. 68, 1020–1026 (2000).
- Rothbaum, BO, Hodges, L., Anderson, PL, Price, L. & Smith, S. Zwölfmonattjees Follow-up der virtuellen Realität und Standard-Expositionstherapien aus Angst vor dem Fliegen. J. Consult. Clin. Psychol. 70, 428-432 (2002).
- Carlin, AS, Hoffman, HG und Weghorst, S. Virtuelle Realität und taktile Erweiterung bei der Behandlung von Spinnenphobie: ein Fallbericht. Behav. Res. Ther. 35, 153–158 (1997).
- Hoffman, HG, Garcia-Palacios, A., Carlin, A., Furness, TA & Botelia-Arbona, C. Schritistellen, die heilen: Kopplung von realen und virtuellen Objekten zur Behandlung von Spinnenphobie.
 Int. J. Hum. Comp. Interagieren. 16, 283–300 (2003). Garcia-Palacios, A.,
- Hoffman, H., Carlin, A., Furness, TA & Botella, C. Virtuelle Realität bei der Behandlung von Spinnenphobie: eine kontrollierte Studie. Behav. Res. Ther. 40, 983–993 75. (2002).
- Reden als Reaktion and frei verschiedene Arten von virtuellen Publikum. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 11, 68–78 (2002). Freeman, D. et al. Kann die virtuelle Realität genutzt werden, um Verfolgungsgedanken zu untersuchen? J. Nerv. Ment. Dis. 191, 509–514 50. (2003).
- 51. Freeman, D. et al. Die Psychologie der Verfolgungsidee II: eine experimentelle Studie zur virtuellen Realität. J. Nerv. Ment. Dis. ((In der Presse). Freeman, D. et al. Die Psychologie der Verfolgungsidee I: eine Fragebogenstudie. J. Nerv.
 - Ment. Dis. ((In der Presse). Rothbaum, BO et al. Virtual-Reality-Expositionstherapie für PTBS-Vietnam-Veteranen: eine Fallstudie. J. Trauma. Stress
 - **12**, 263–271 (1999).
- Rothbaum, BO, Hodges, LF, Ready, D., Graap, K. & Alarcon, RD Virtual-Reality-Expositionstherapie für Vietnam-Veteranen mit posttraumatischer Belastungsstörung. J. Clin. Psychiatrie 62, 617–622
- Difede, J. & Hoffman, HG Virtual-Reality-Expositionstherapie für die posttraumatische Belastungsstörung des World Trade Centers: ein Fallbericht. Cyberps Behav. 5, 529–535 (2002).
- 56. Hoffman, HG, Patterson, DR & Carrougher, GJ Verwendung

- der virtuellen Realität zur zusätzlichen Behandlung von Verbrennungsschmerzen be Erwachsenen während der Physiotherapie: eine kontrollierte Studie. *Clin. J. Pain* **16**, 244–250 (2000)
- J. Gershon, E. Zimand, M. Pickering, BO Rothbaum
 & Hodges, L. Eine Pilot- und Machbarkeitstudie zur virtuellen Realität als Ablenkung für krebskranke Kinder. Marmelade. Acad. Kind Adolesc. Psychiatrie 43, 1243–1249 (2004). Hoffman, HG et al. Modulation der mit thermischen Schmerzen verbundenen
 Gehinnaktivität mit virtueller Realität. Evidenz aus filkT.
 - Neuroreport 15, 1245–1248 (2004). Slater, M. Präsenz und der sechste Sinn. Presence Teleoper.

 Virtuelle Umgebung. 11, 435–439 (2002). Ramachandran, VS & Gregory, RL

 Wahrnehmungsfüllendes Auffüllen von künstlich induzierten Skotomen im
- menschlichen Sehen. Natur

350, 699–702 (1991).

De Weerd, P., Desimone, R. & Ungerleider, LG Perceptual Fill-In: eine parametrische Studie. *Vision Res.* **38**, 2721–2734 (1998).

Sober, SJ & Sabes, PN Multisensorische Integration während der Motorplanung. J. Neurosci 23, 6982-6992 (2003). Hartley, T., Maguire, EA, Spires, HJ & Burgess, N. Die abgenutzle Route und der weniger befahrene Pfad: unterschiedliche neuronale Grundlagen der Routenwerfolgung und Weglindung beim Menschen.

Neuron 37, 877-888 (2003)

- Shelton, AL. & Gabrieli, JD Neuronale Korrelate der Kodierung des Raums aus Routen- und Vermessungsperspektiven.
 J. Neurosci. 22, 2711–2717 (2002). Damasio, AR
- Untersuchung der Biologie des Bewusstseins. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 353, 1879–1882 (1998).
- Laureys, S., Owen, AM & Schiff, ND Gehirnfunktion bei Koma, vegetativem Zustand und verwandten Störungen. *Lancet Neurol.* 3, 537–546 (2004).
- Watanabe, T., Nanez, JE & Sasaki, Y. Wahrnehmungslernen ohne Wahrnehmung. Natur 413, 844–848 (2001).
- Slater, M. & Usoh, M. Präsenz in immersiven virtuellen Umgebungen. IEEE Virtual Real. Annu. Intl Symp. 90–96 (1993).
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E. & Davidoff, J. Ein Crossmedia-Präsenzfragebogen: das ITC-Inventar der Präsenz. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 10, 282–297 (2001).
- Freeman, J., Avons, SE, Pearson, DE &
 Usselsteijn, WA Auswirkungen sensorischer Informationen und früherer Erfahrungen auf direkte suhliektive Reuserhungen der Präsenz
- Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 8, 1–13 (1999). Slater, M. Wie bunt
 71. war dein Tag? Warum Fragebögen die Präsenz in virtuellen Umgebungen nicht bewerten können. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 13,

484–493 (2004).

- J. Prothero, D. Parker, T. Furness & M. Wells in Tagungsband zur experimentellen Analyse und Messung des Situationsbewusstseins 359–366 (Embry-Riddle Aeronautical Univ., Datona Beach, Florida, USA, 1995).
- Freeman, J., Avons, SE, Meddis, R., Pearson, DE & IJsselsteijn, WA Verwender von Verhaltensrealismus zur Abschätzung der Präsenz: eine Studie über die Nützlichkeit von Haltungsreaktionen auf Bewegungsstimuli. Präsenz-Teleoper. Virtuelle Umgebung. 9, 149–164 (2000).
- Welch, RB in Vorträge der Siebten Internationalen Konferenz über Mensch-Computer-Interaktion - Band 1 Vol. 1273–276 (Elsevier Science, 1997). Slater, M., Brogni, A. &
 Steed, A. in Der 6. jährliche internationale Workshop zu Präsenz-Online-Präsenzverfahren http://www.presence-research.org/

p2003.html> (2003).

Cruz-Neira, C., Sandin, DJ und DeFanti, TA
Surroundscreen-Projektions-basierte virtuelle Realität: Design und
Implementierung der CAVE. Proc. 20. Annu. Conf. Comput. Graph.
Interacieren. Technik. 135-142 (ACM. AddisonWeslev. Massachusetts.

USA, 1993). Janksagung

Dieses Papier stammt aus der Forschung im Projekt PRESENCIA der Information Society Technologies / Future and Emerging Technologies der Europäischen Union. Wir möchten dem ScientificOfficer L. Anania für ihre Unterstützung und Ermutigung danken.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären keine konkurrierenden finanziellen Interessen.



WEITERE INFORMATIONEN

№Sanchez-Vives Homepage: http://in.umh.es/?page=grupos&idgrupo=18 Slater Homepage: http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/m.slater/ Der Zugriff auf dieses Feld für interaktive Links ist online kostenios.