HAMFU
HISTORY

INFORMATIONSTECHNIK UND ARMEE

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
im Wintersemester 1993/1994
Leitung:
Bundesamt für Übermittlungstruppen
Divisionär E. Ebert, Waffenchef der Übermittlungstruppen

Virtual Reality
Der Schritt ins nächste Jahrtausend

Referent: Dr. M. Schafroth

Diese Vorlesung wurde durch die Stiftung HAMFU digitalisiert und als
PDF Dokument für www.hamfu.ch aufbereitet.

Virtual Reality
Der Schritt ins nächste Jahrtausend

Dr. M. Schafroth

Inhalt

1. Einleitung
2. Ein Blick zurück
3. Vom Heimtrainer zu VR
4. Das Eintauchen
5. Anwendungen
6. Virtuelle Umgebungen beim amerikanischen Militär
7. Soziale Aspekte
8. Aussichten
9. Literatur

Adresse des Autors:

Gämpi 38
6043 Adligenswil

Informationstechnik und Armee
33. Folge 1993/94
20549

1. Einleitung

Seit jeher verspürt der Mensch das Verlangen, der Realität ein Schnippchen zu schlagen und sich seine eigenen Welten zu schaffen. Dies geschieht beim Träumen, beim Erzählen von Geschichten, bei der Einnahme von Drogen und endet heute bei den Attraktionen auf dem Rummelplatz, in den Universal Studios, im Disneyland oder beim Erstellen solcher Welten im Computer. Gerade das letztere hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung zugenommen, und so stösst man immer häufiger auf Begriffe wie "Virtual Reality" oder VR, "Artificial Reality", "künstliche Welten", "Cyberspace", "Virtual Environment", "High Fidelity Simulation" usw. Die Fülle der Begriffe, die meist als gleichbedeutend angesehen werden, zeigt, dass es sich hier um ein junges Gebiet handelt. Immerhin scheinen sich für die verschiedenen Bezeichnungen langsam unterschiedliche Bedeutungen abzuzeichnen wie:[1]

Environment
: Eine "Welt", die sich im Speicher des Computers befindet.

Artificial Reality
: Geht auf Myron W. Krueger zurück, und zwar auf sein Buch Artificial Reality, das Mitte der 70er-Jahre zum ersten Mal erschien. Bezeichnet alle zwei- und dreidimensionalen Bildwiedergabe-Technologien (Viewing Technologies).

Virtual Reality
: Jaron Lanier, Gründer von VPL Research, verwendete diesen Begriff im Jahre 1989 für das Bezeichnen von computererzeugten, interaktiven dreidimensionalen Umgebungen, in die eine Person eintauchen kann (Immersion).

Cyberspace
: Dieser Begriff stammt von William Gibson (Roman Neuromancer, 1984). Er dient der Bezeichnung von mehreren miteinander verbundenen Computern, Anwendern und Datenbanken. Jeder Computer ist dabei ein Fenster in einen Daten- oder Informationsraum, der als Cyberspace bezeichnet wird. Cyberspace dient auch für das Bezeichnen von verschiedenen, nicht virtuellen On-line Computerdienstleistungen.

2. Ein Blick zurück

Wie bereits erwähnt, sind virtuelle Welten keine Erfindung der modernen Zeit. Die folgende Liste zeigt einige Entdeckungen aus dem Bereich dieser Welten. Für VR besonders wichtige Erfindungen und Entdeckungen sind durch Fettschrift hervorgehoben:

Vor ca. 30'000 Jahren Höhlenzeichnungen.

13. - 12. Jahrhundert v.Chr.: Schrift

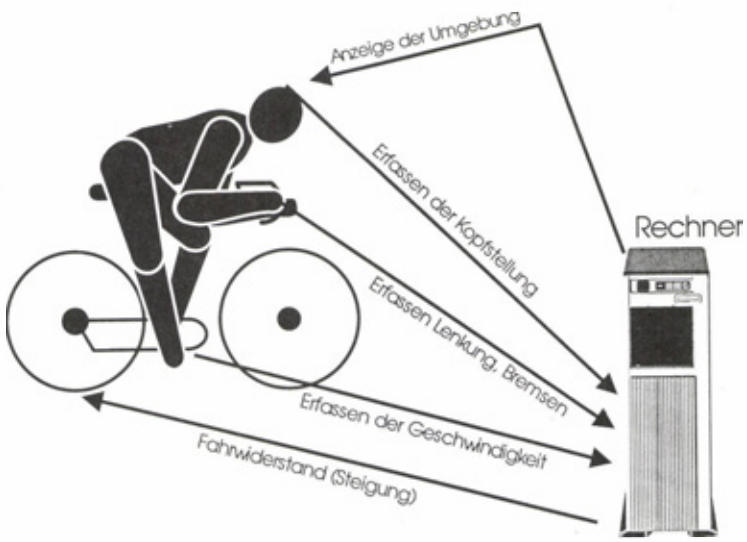
um 1400	Perspektivisches Zeichnen (Gioto)
1455	Buchdruck (J. Gutenberg)
1833	Stereoskop (Wheatstone)
ca. 1840	Fotografie (Daguerre, Niepce, Arago, Talbot, Archer)
1843	Prinzip der zeilenweisen Abtastung eines Bildes (A. Bain)
1844	Moderne Form des Stereoskopes (Sir David Brewster)
1868	Taschenkinematograph (J.B. Linnett)
1876	Elektromagnetisches Telefon (G. Bell)
1877	Phonograph (Tomas Alva Edison)
1884	Spirallochscheibe (P. Nipkow)
1895	Erste Filmprojektion (August und Louis Lumière)
1896	Film muss nicht den Gesetzen der Natur folgen (Melies)

[1] Silicon Mirage, Steve Aukstakalnis, David Blatner, Peachpit Press

1919	Oszillograph, Bildfeldzerleger (D. v. Mihaly)
1923	Tonfilm
1925	Erste praktische Fernsehvorführungen
1928	Polaroidgläser
1929	**Erster Flugsimulator**
1937	3D Film, MGM
1940	ViewMaster
1941	Fernsehsignale werden übertragen
1949	3D Film in Farbe
1951	Cinerama
1954	Cinemascope
1960	**Erster Head Mounted Device** (Morton Heilig)
1962	**Sensorama** (Morton Heilig)
1962	**Sketchpad (Ivan Sutherland)**
1963	Erste Maus (PARC, D. Engelbart)
1965	Interaktives System am Bildschirm (Ivan Sutherland)
1966	**Head Mounted Device** (Ivan Sutherland)
1968	**Beschreibung eines Helmes mit Positionsangabe** (Ivan Sutherland)
1974	**Videoplace** (Myron W. Krueger)
Mitte 70er Jahre	**Begriff Artificial Reality** (Myron W. Krueger)
1981	**Data Glove Interface (Gary Grimes)**
1982	**Data Glove** (Thomas Zimmermann)
1984	Interaktive Computergrafik - Apple Macintosh
1984	**Cyberspace (Neuromancer)**, W. Gibson
1989	**Präsentation über VR** (SIGGRAPH Boston)
1990	**Eröffnung Battletech Center** (Chicago)

3. Vom Heimtrainer zu VR

Jeder von uns kennt den Heimtrainer, auf dem man genau kontrollierbar und gefahrlos etwas für die eigene Fitness machen kann. So gut dieses Gerät auch sein mag, hat es doch einen gravierenden Nachteil: es motiviert nicht zum Trainieren. Nichts ist langweiliger als während dem Treten eine weisse Wand anzustarren und nicht vom Fleck zu kommen. Eine erste Verbesserung bringt ein Fernseher, der es erlaubt, sich während dem Training unterhalten zu lassen. Wird dann im Fernseher durch Zufall noch eine Strasse gezeigt, auf der man entlang fährt, so steigert sich automatisch das Interesse am Trainieren, und wir dürfen bereits ein erstes, einfaches Erleb-



VR mit dem Heimtrainer

nis Richtung VR verbuchen. In einem nächsten Schritt steigern wir dieses Erlebnis, indem wir uns nicht mehr auf den Zufall verlassen, sondern ganz bewusst einen geeigneten Videofilm verwenden, auf dem wir beispielsweise durch eine Stadt radeln. Bereits nach wenigen Trainingsstunden werden wir aber bemerken, dass die Videosequenzen nur selten zur "Fahr-" bzw. Tretgeschwindigkeit synchron ablaufen. Das heisst, es gilt, die Tretgeschwindigkeit mit Hilfe von Sensoren zu erfassen und damit die Geschwindigkeit der auf dem Bildschirm gezeigten Sequenzen zu steuern. Was geschieht aber, wenn ein Fussgänger die Strasse überquert? Wenn wir ihm freundlicherweise den Vortritt überlassen und bremsen, so bleibt auch er stehen; wenn wir aber mit doppelter Geschwindigkeit treten, so verdoppelt auch er seine Geschwindigkeit. Dann können wir mit dem Fahrrad jederzeit abbiegen, ohne dass das System dies vorher weiss. Schnell sieht man hier die Grenzen unserer Videoinstallation (bei der die einzelnen Sequenzen fest vorgegeben sind) und stellen fest, dass jedes Bild aufgrund von gewissen Eingabegrössen wie Tretgeschwindigkeit, Betätigen der Bremsen, Drehen des Lenkers usw. praktisch unabhängig vom vorangehenden neu aufgebaut und gezeichnet werden muss. Unsere einfache Installation erfordert auch, dass wir dauernd auf den Bildschirm starren müssen; drehen wir den Kopf, so verschwindet das Bild aus unserem Blickfeld. Hinzu kommt, dass wir stets mit dem gleichen Widerstand in die Pedale treten, ganz egal ob es bergab oder bergauf geht. Auch fehlt das Gefühl, das uns begleitet, wenn wir mit dem Fahrrad über eine geteerte Strasse radeln, über einen Feldweg hoppeln oder sogar in einen Baum fahren.

Das Beispiel Heimtrainer zeigt, dass hinter VR wesentlich mehr steckt als nur das Abspielen von vorgegebenen Bildsequenzen wie dies beim Film oder Fernsehen üblich ist. Es zeigt auch die Anforderungen, die an virtuelle Welten gestellt werden. Die drei wichtigsten sind:

3-D Darstellungen,
damit es möglichst echt wirkt.

Interaktivität,
damit der Ablauf auf die erfassten Grössen reagieren kann.

Immersion bzw. Eintauchen,
damit wir das Gefühl haben, uns in der virtuellen Welt zu befinden.

3-D-Darstellungen und Interaktivität sind uns weitgehend bekannt; was benötigen wir aber für das Eintauchen; wie können wir uns von der virtuellen Welt "absorbieren" lassen?

4. Das Eintauchen

Mit dem Eintauchen soll der Anwender das Gefühl erhalten, sich in der im Computer erzeugten virtuellen Welt zu befinden. Dazu gehört neben einem leistungsfähigen Rechner auch eine optimale Schnittstelle zwischen Mensch und Computer. Wie sieht eine solche Ein-/Ausgabe-Schnittstelle aus?

4.1. Ausgabe

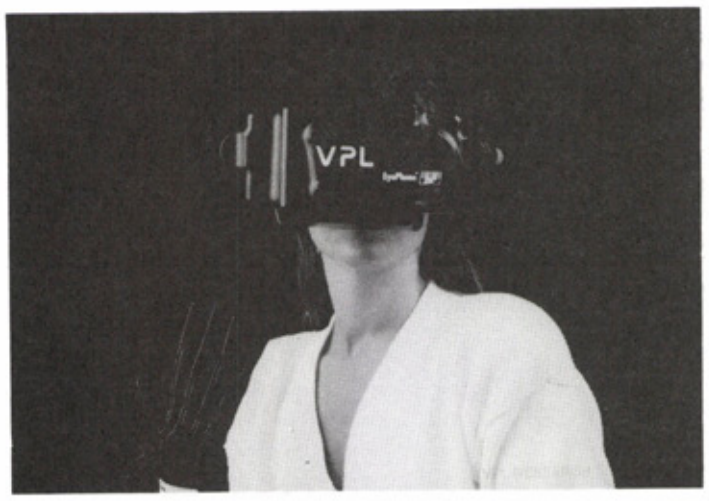
Bei der Ausgabe müssen die Sinnesorgane so getäuscht werden, dass sie nicht erkennen können, ob die Informationen aus dem Computer oder der Realität stammen. Am einfachsten lässt sich dies beim Seh- und Hörorgan, in sehr beschränktem Rahmen auch beim Tastsinn realisieren. Für das Täuschen der Sinnesorgane hat man ganz ausgeklügelte Geräte entwickelt wie:

4.1.1. Der Datensichthelm

Die abendländische Gesellschaft des 20. Jahrhunderts hat das Sehen scheinbar zum primären Sinn erhoben, was sich auch in unserer Sprache ausdrückt[2]. Inwiefern dies

[2] Mathis Brauchbar, Die Weltwoche, 4. März, 93

gerechtfertigt ist, sei dahingestellt. Tatsache ist aber, dass gerade die Augen und Ohren ein gutes "Eintauchen" ermöglichen, und dies erst noch mit einem vernünftigen technischen Aufwand.



Datensichthelm von VPL RESEARCH
(Bild: VPL Research)

Herkömmliche Bildschirme, wie wir sie vom Computer oder Fernsehen her gewohnt sind, eignen sich für ein "Eintauchen" relativ schlecht. Sie sind zu klein und vermögen unser Blickfeld nicht auszufüllen. Sie erlauben auch kein räumliches Sehen und zwingen uns, stets in die gleiche Richtung zu schauen. Man hat deshalb nach Alternativen gesucht und sie in der Form von Datensichthelmen, Stereobrillen und periskopähnlichen Geräten gefunden. Unter diesen Alternativen sind die Datensichthelme (Head-Mounted Devices - HMD) die im Augenblick populärsten Ausgabegeräte für VR. Sie beinhalten zwei Bildschirme (für das räumliche Sehen), zwei Lautsprecher (für Stereo) sowie Positionsmelder, welche die Kopfstellung und den Ort des Kopfes im Raum erfassen und an den Computer übermitteln.

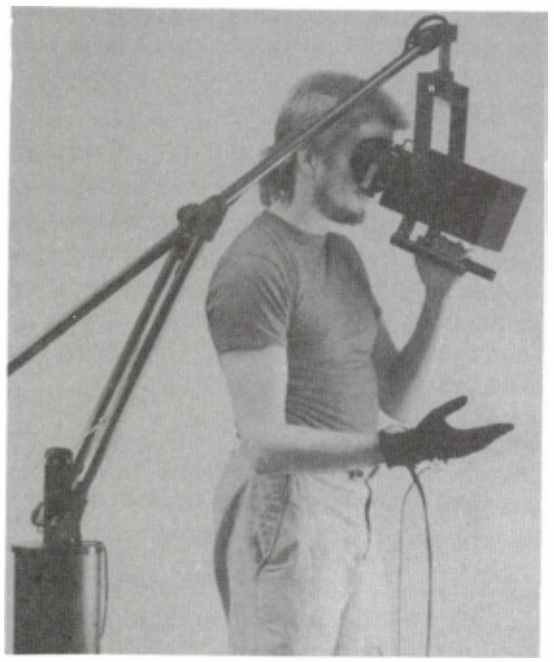
Trotz grosser Popularität sind die Datensichthelme noch nicht optimal. Sie sind schwer im Tragen und die erzeugten Bilder lassen noch an Qualität zu wünschen übrig. Zudem sind gute Datensichthelme nicht gerade billig. So kostet ein etwas günstigerer Datensichthelm mit einer Auflösung von 720 x 240 Bildpunkten etwa 7'500 Dollar. Der periskopähnliche BOOM3C mit einer Auflösung von 1280 x 900 Bildpunkten kostet sogar über 90'000 Dollar[3]. Man kann aber davon ausgehen, dass die Entwicklung nicht stehen bleiben wird und die Preise sich in naher Zukunft nach unten bewegen werden. So erwartet man in Kürze billigere Datensichthelme, unter anderem vom Spielehersteller Sega.

4.1.2. Nadeln und Skelette

Mit dem Täuschen der Augen und Ohren erzielt man schon eine recht gute Immersion. Schwieriger wird es mit den anderen Wahrnehmungsorganen, wie dem Tast- und Kraftsinn. So vermisst man beim Anfassen eines virtuellen Objektes, zum Beispiel eines Balls, den Widerstand, den dieses Objekt in der Realität der Hand entgegenbringt. In der virtuellen Welt wird man unweigerlich durch den Ball hindurchgreifen. Auch fehlt das Gefühl, wenn man mit den Fingern über einen virtuellen Pfirsich oder ein virtuelles Blatt Sandpapier streicht. Will man auch diese Sinne überlisten, so stösst man schnell an das technisch Machbare. Man versucht zwar, den Tastsinn mit Hilfe von Handschuhen mit aufblasbaren Kammern oder aktivierbaren Nadeln anzusprechen. Die Resultate sind aber noch recht bescheiden. Für das Simulieren von Kräften arbeitet man mit externen "Skeletten", die den Fingern oder Armen auf mechanischem Weg einen Widerstand vortäuschen. Auch hier stösst man aber schnell an die technischen Grenzen. Es wird wohl noch einige Zeit benötigen, bis sich neben Augen und Ohren auch die anderen Sinnesorgane ohne grossen Aufwand täuschen lassen.

---

[3] Computer Graphics World, Nov. 93



BOOM-Binocular Omni Orientation Monitor (Bild: Fakespace)

Cyberman: Maus mit fühlbarer Rückmeldung Logitech (Bild: Logitech)

4.2. Eingabe

Bei normalen Computeranwendungen kommt man mit einer Tastatur und vielleicht einer Maus aus, nicht aber bei VR. Zwar könnten wir bei unserem Heimtrainer die Tretgeschwindigkeit, einen Richtungswechsel, die jeweilige Kopfstellung oder den Befehl für das Oeffnen einer Schranke über eine Tastatur eingeben. Dieses antiquierte Eingabegerät entspricht aber kaum der Realität; schliesslich möchten wir uns ja in unserer virtuellen Welt nicht durch die Eingabe von komplizierten Instruktionen und "unnatürlichen" Bedienungselementen ablenken lassen. Man verlangt deshalb, dass diese Informationen über Sensoren oder "natürliche" Bedienungselemente (z.B. einen Steuerknüppel, der unter Umständen auch virtuell sein kann) eingegeben werden können.

4.2.1. Datenhandschuhe und Gehirnströme

Das wohl bekannteste Eingabegeräte für VR ist der Datenhandschuh (Data Glove). Mit einem solchen Handschuh lassen sich nicht nur die Position und Stellung der Hand im Raum, sondern auch die Fingerkrümmungen erfassen und an den Computer übergeben. Geht man noch einen Schritt weiter, so kann man sich ganze Datenanzüge vorstellen, die alle Positionsparameter einer Person erfassen und an den Computer weitergeben. Solche Anzüge werden bereits eingesetzt, sie sind aber unbequem zum Tragen und eignen sich deshalb nur für spezielle Zwecke. Ueberhaupt ist der Anwender nicht unbedingt darauf erpicht, sich einen speziellen Anzug, und seien es auch nur Handschuhe, überzustreifen und damit zu arbeiten. Man sucht deshalb nach weiteren Möglichkeiten, wie

Datenhandschuh: Power Glove von Mattel/Nintendo (Bild: Mattel/Nintendo)

das Arbeiten mit räumlich angeordneten Videokameras, welche die Stellung der Hand oder des Körpers erfassen und interpretieren. Weitere verheissungsvolle Eingabemöglichkeiten sind die Spracheingabe, die bereits recht weit fortgeschritten ist, sowie die direkte Uebernahme von Gehirnströmen oder Muskelbewegungen. Die beiden letztgenannten Möglichkeiten befinden sich allerdings noch im Versuchsstadium.

4.3. Damit uns beim Eintauchen nicht schlecht wird

Damit virtuelle Welten möglichst "echt" wirken, werden an ein gutes VR-System sehr hohe Anforderungen gestellt. Dies sei am Beispiel des menschlichen Auges gezeigt, das sich durch die folgenden "technischen" Merkmale auszeichnet:

- Blickwinkel: 150 x 130 Grad
- Anzahl Stäbchen und Zäpfchen an der dichtesten Stelle pro Quadratmillimeter: 200'000
- Anzahl Rezeptorzellen: 130 Millionen
- Auflösung: 8000 * 6000 Bildpunkte
- Auflösungsvermögen: 1 Arcminute
- Bildwechsel: Mindestens 25 Bilder pro Sekunde

Mit den heutigen technischen Möglichkeiten müssen wir uns mit wesentlich bescheideneren Werten begnügen. So schlägt Kalawsky[4] folgende Minimalforderungen vor:

- Blickfeld besser als 100 x 60 Grad
- Auflösung mindestens 640 x 480 Bildpunkte
- Bildwechsel über 15 - 60 Hz
- Stereo 30 Grad überlappend rechtes und linkes Feld
- Bildverzögerung: max. 60 msek.
- Verzögerung bei Positionsbestimmungen: max. 15 msek.

Ist die Zahl der Bildpunkte zu klein, so lassen sich keine Details mehr darstellen. Bei zu tiefer Bildfrequenz flackern die Bilder, und wir erhalten die bei Trickfilmen üblichen zakkigen Bewegungsabläufe. Hinzu kommen Verzögerungen, die durch das Erfassen der Eingabeparameter und das Berechnen des Bildaufbaues hervorgerufen werden. Bei zu grossen Verzögerungen reagieren die Bilder auf die Eingabe merklich zeitverzögert. Dieser Effekt ist nicht nur unangenehm, er ist offenbar auch ein Grund für die Simulationskrankheit, deren Symptome der Seekrankheit gleichen.

Berücksichtigen wir, dass moderne Workstations pro Sekunde etwa 350'000 Polygone[5] rendern[6] können, so erhalten wir bei einer Bildfrequenz von 15 Bildern pro Minute etwa 23'000 Polygone oder weniger. Mit dieser Anzahl lassen sich verständlicherweise keine realistisch aussehenden Bilder erzeugen. Mit Hilfe von technischen Tricks und optischen Täuschungen lassen sich die Bilder aber erheblich verbessern. So sieht das menschliche Auge ja nur im Zentrum scharf, gegen die Ränder hin nimmt die Auflösung ab. Zudem braucht man entfernte Objekte nicht mit der gleichen Detailtreue abzubilden wie nahe liegende Gegenstände; ein gewisser Detailverlust oder Nebeleffekt erhöht sogar das Tiefensehen. Hinzu kommt, dass man in einem Bild ja nur die Teile, die sich von Bild zu Bild verändern, neu berechnen muss. Dank diesen Tricks lassen sich bereits mit heutigen Rechenleistungen recht gute Resultate erzielen.

---

4 1991 - VR International 92, Proceedings of 2nd annual conference

5 Die Bilder werden meist mit Hilfe von Polygonzügen erstellt

6 Fotorealistische Bildberechnung, versehen der Polygone mit einer Struktur (Material, Farbe) unter Berücksichtigung der vorhandenen Lichtquellen

5. Anwendungen

Für VR existieren zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten wie:

5.1. Simulationen

Im militärischen (siehe Kapitel 6) und zivilen Bereich werden Simulationen immer wichtiger. So beispielsweise beim Ausbilden von zukünftigen Piloten, die in Flugsimulatoren auch Situationen trainieren können, die sich in der Realität aus Sicherheitsgründen nicht durchführen lassen. Doch nicht nur Piloten, auch angehende Aerzte und Lokomotiv- oder Tramführer können ihre ersten Sporen im Simulator abverdienen. Dass die für Simulationen notwendige Soft- und Hardware nicht immer teuer sein muss, zeigt das Flugsimulatorprogramm von Microsoft, das nur etwa Fr. 200.-- kostet und auf 386er und 486er PCs eingesetzt werden kann. Selbstverständlich kosten "professionellere" und aufwendigere Simulatoren einiges mehr.

5.2. Datenvisualisierung

Trotz Computer, Vernetzung usw. wird unser Umfeld nicht einfacher. Man versucht deshalb, die Datenflut mit Hilfe von VR in den Griff zu kriegen. So soll sich der Analyst dank VR im "Datendschungel" frei bewegen und damit Zusammenhänge usw. besser aufdecken können. In einem Fall wird beispielsweise versucht, mit VR die Art, Oertlichkeit und den Schweregrad von Verletzungen, die Soldaten während des Vietnamkrieges erlitten, zu analysieren[7].

5.3. Medizin

VR bereichert nicht nur das Medizinstudium, es kann zukünftig auch die Diagnose und Behandlung von Krankheiten erleichtern. So kann man sich durchaus vorstellen, dass der Patient mit Hilfe von Computer-Tomographie-Daten "durchsichtig" gemacht wird und der Arzt den Patienten anhand dessen "Glasmodelles" behandeln kann. Mit Hilfe von VR können aber auch komplizierte Operationen geplant und durchgeführt werden. Mit Hilfe eines speziellen Roboters wurden erste einfache Operationen sogar über Distanzen hinweg ausgeführt, ohne dass der Chirurg beim Patienten anwesend war. Dies erspart Reisekosten, Reisezeit und ermöglicht Operationen auch an Orten, wo ein Chirurg nicht unmittelbar anwesend sein kann (z.B. in einem Raumschiff oder Kampfgebiet). Durchaus denkbar ist - wenn auch in weiter Ferne - dass kleine Sonden in den Körper gebracht werden (z.B. in den Blutkreislauf) und der Chirurg oder Arzt wie in einem Unterseeboot die Umgebung inspizieren kann.

Auch in der Therapie, bei gymnastischen Uebungen beispielsweise (siehe Heimtrainer), lässt sich VR einsetzen, und sei es nur, um die meist eintönigen Uebungen dem Patienten schmackhafter zu machen.

5.4. Architektur

In der Architektur zeichnen sich für VR zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten ab, angefangen beim Einrichten einer Küche oder eines Zimmers bis hin zum Planen eines Gebäudes oder sogar einer ganzen Stadt. So kann der zukünftige Eigentümer eines Einfamilienhauses sein Haus bereits in der Planungsphase durchgehen und allfällige Unzulänglichkeiten rechtzeitig feststellen und beheben lassen.

5.5. Fernsteuerung

Mit Hilfe von VR lassen sich Fahrzeuge oder Maschinen fernsteuern, so dass der Mensch sich in Gefahrenzonen oder beim Testen nicht unnötigen Gefahren aussetzen muss. Denkbar ist auch, dass der Mensch andere Planeten durch einen Roboter hindurch erforschen kann, ohne selber auf dem Planeten physisch anwesend zu sein. Allerdings darf dabei nicht vergessen werden, dass Informationen nur mit Lichtgeschwin-

[7] Cyberspace Representation of Vietnam War Trauma, Joseph V. Henderson, Beyond the Vision, Meckler

digkeit hin- und hergeschickt werden können und dass damit der Fernsteuerung über grössere Distanzen hinweg gewisse Grenzen gesetzt sind. Bei ferngesteuerten Operationen können sich die damit verbundenen Verzögerungen schon bei kurzen Distanzen verhängnisvoll auswirken.

5.6. Telepresence

Geschäftsreisen oder auch nur der Weg zum Arbeitsplatz sind eine mehr oder weniger grosse Zeitverschwendung, kosten Nerven und stellen für die Umwelt eine grosse Belastung dar. Dank VR und entsprechend leistungsstarken Kommunikationsmöglichkeiten könnte man virtuelle Sitzungszimmer oder Büros einrichten, in denen man sich treffen und arbeiten kann. Ja, die sonst übliche samstägliche Einkaufstour liesse sich auf das "Wohnzimmer" beschränken. Die ausgewählten Artikel würden dann via VR ausgewählt und automatisch zugestellt. Ob man allerdings auch seine Ferien auf diese Art und Weise verbringen möchte, sei jedermann freigestellt.

5.7. Unterhaltung

Unterhaltungssektor (Konsumsektor) und VR profitieren stark voneinander, denn die durch den Unterhaltungssektor ermöglichte Massenproduktion ermöglicht niedrigere Produktionskosten und das Entwickeln von noch leistungsfähigerer Hard- und Software.

Zahlreiche "Spielsalons" wie das im Sommer 1990 in Chicago eröffnete Battletech Center zeigen, wie gut VR im Unterhaltungsbereich ankommt. Weitere ähnliche Centren sind Dactyl Nightmars (an über 250 Orten) und das Cybergate, das in Kürze eröffnet wird[8]. Auch die Universal Studios oder Disneyland präsentieren künstliche Welten, wobei hier allerdings stark mit traditionellen und aufwendigen Kulissen gearbeitet wird.

Selbst in den eigenen vier Wänden werden wir bald in den Genuss von VR kommen. So stellte SEGA diesen Herbst ein erstes Virtual Reality-Equipment für den Hausgebrauch vor, das allerdings noch etwa $ 5000 kosten soll. Auch Nintendo und 3DO haben entsprechende Geräte angekündigt.

5.8. Computerverstärkte Umgebung

Mit Hilfe von VR können die menschlichen Fähigkeiten verstärkt werden. So kann dem Menschen beispielsweise die Möglichkeit verschafft werden, selbst im Dunkeln sehen zu können.

5.9. Rechtswesen

Bereits existieren in den USA Firmen, die Gerichtsfälle (Fahrzeugunfälle, Kriminalfälle usw.) mit Hilfe von VR im Computer nachvollziehen. Die Richter können damit die zu beurteilenden Fälle besser verstehen und interpretieren, als dies mit herkömmlichen Methoden möglich ist.

5.10. Computerkunst

Die Kunst beschränkte sich bislang auf 2D-Bilder (beim Malen) oder statische 3D-Figuren (Skulpturen). Mit VR öffnet sich den Künstlern die Möglichkeit, dreidimensionale, interaktive und eintauchende Kunstwerke zu schaffen; Möglichkeiten, die ganz neue künstlerische Dimensionen öffnen.

6. Virtuelle Umgebungen beim amerikanischen Militär[9]

Beim amerikanischen Militär reicht der Einsatz von VR in die späteren 30er Jahre zurück, auf den Fluginstrumenten-Trainer Link.

---

[8] Time, Nov 1, 1993
[9] Computer, IEEE, Feb 1993, Michael Moshell, Institute for Simulation and Training, University of Central Florida

6.1. *Flugsimulatoren*

Flugsimulatoren gehören zu den ersten VR-Anwendungen. Sie ermöglichen das Trainieren von Landeanflügen, Verhalten in Gefahrensituationen und Luftkämpfen. Neben der Sicherheit sprechen aber auch andere Gründe wie fehlende Räumlichkeiten, Lärmemissionen, Schonung der Umwelt, Geheimhaltung usw. für solche Simulatoren. Alleine aufgrund des Sicherheitsrisikos lassen sich die mit solchen Simulatoren verbundenen immensen Kosten schnell rechtfertigen.

Nach und nach bediente man sich der Simulationstechniken auch für das Konstruieren von neuen Waffen, das Entwerfen und Ueberprüfen von neuen Taktiken und das Analysieren und Besprechen von Missionen.

Die ersten Flugsimulatoren arbeiteten noch mit Kameras, die über Landschaftsmodelle geführt wurden. In den 70er Jahren wurden diese Modelle mehr und mehr durch die Elektronik ersetzt. Heute arbeiten nur noch wenige Simulatoren mit Modellandschaften und Kameras.

Viele Simulatoren beschränken sich auf das Simulieren von Bildern und Tönen, d.h. auf die visuellen und akustischen Effekte. Diese lassen sich mit der heutigen Technologie relativ einfach beherrschen. Wesentlich schwieriger, wenn nicht gar unmöglich, wird es, wenn man auch die anderen Sinnesorgane wie den Tastsinn, den Sinn für die Beschleunigung usw., überlisten will. So versucht man beispielsweise, die Beschleunigung mit Hilfe von speziellen Anzügen, die an den entsprechenden Stellen aufgeblasen werden und damit Druckgefühle erzeugen können, zu simulieren. In vielen Fällen erreicht man damit aber kaum die gewünschten Ergebnisse und so bleibt oft nichts anderes übrig, als mit komplizierten und teuren mechanischen Einrichtungen zu arbeiten. Ein anderes Problem ist die "Simulationskrankheit", die stark der Seekrankheit ähnelt. Sie wird durch Verzögerungen und andere Nebeneffekte ausgelöst und taucht besonders beim Tragen von Datensichthelmen auf.

6.2. *Datensichthelme.*

Ein Grossteil der Entwicklungsbemühungen wurde in das Entwickeln von Datensichthelmen investiert. Mit ihnen erhoffte man sich ein vereinfachtes Ueberwachen der Kontrollinstrumente und Bedienen der Geschütze. So sollte der Pilot mit den Augen einfach das Ziel anvisieren können, wobei das Geschütz aufgrund der Helmbewegung automatisch in die richtige Stellung gebracht werden sollte. Da der Pilot gleichzeitig die Umgebung beobachten muss, arbeiten diese Datensichthelme mit halbdurchlässigen Spiegeln, mit denen die benötigten Informationen über das Hintergrundbild überlagert werden.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist, dem Kämpfenden die Möglichkeit zu geben, die Kampfszene nicht nur von seinem, sondern auch von einem anderen Standort aus zu sehen (beispielsweise aus der Luft).

6.3. *Gruppenausbildung*

Bis 1984 dienten Simulatoren primär der Ausbildung von Einzelpersonen oder ganzen Besatzungen im Bereich der Aviatik, gelegentlich aber auch für die Ausbildung in Raumfahrzeugen, Panzern und Geschützen. Die Kontrolle über die Simulation übernahm entsprechend geschultes Personal, das die Auszubildenden vor immer neue Situationen stellte. Wie wichtig solche Simulationen sind, zeigt sich beim Space Shuttle Programm der NASA. Für jede Stunde Flugzeit benötigen die Astronauten hundert bis tausend und mehr Stunden im Simulator.

Die Ausbildung für moderne Kampfeinsätze und Kriegsführung benötigt aber weitaus mehr als das Ausbilden von Individuen oder ganzen Besatzungen. Die DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) entwickelte deshalb Simnet, bei dem über ein Netzwerk Echtzeitsimulationen durchgeführt werden können. Das Netzwerk umfasst

über hundert Simulatoren für M1-Panzer, Helikopter, reguläre Flugzeuge usw. Beim Trainieren können die Auszubildenden mit anderen "Spielern", die als Freund oder Feind auftreten, kommunizieren. Simnet ist eine wichtige Komponente der Ausbildung und wird beispielsweise bei Fort Knox, Kentucky und in einigen europäischen Zentren eingesetzt. Die Qualität der Simulationen ist zwar noch recht unrealistisch und erinnert an die heutigen Videospiele; trotzdem haben sich solche Simulationen ausgezeichnet bewährt.

6.4. Besprechen von Kampfhandlungen und das Entwickeln von neuen Taktiken.

Nach dem Golfkrieg wurde eine Panzerschlacht, die an einem mit "73 Easting" bezeichneten Ort stattfand, gründlich analysiert und anhand von Sprechfunkaufzeichnungen, zurückgelegten Wegstrecken, Fotografien und Interviews nachvollzogen. Die entsprechenden Daten wurden in Simnet abgespeichert und können nun von Interessenten eingesehen werden. Simnet und die Demonstration von "73 Easting" veranlassten, dass alle zukünftigen Simulationen nunmehr zum DIS-Protokoll (Distributed Interactive Simulation) kompatibel sein müssen.

Im Dezember 1992 wurden 27 Millionen Dollar für einen ersten Kontrakt für das Anschaffen des CCTT-Systems (Close Combat Tactical Training) bewilligt. Dieses System soll bis zum Endausbau zwischen 400 Millionen und einer Milliarde Dollar kosten und als Ergänzung zu Simnet virtuelle Welten bis zu einer Grösse von 100'000 Quadratkilometern erzeugen, die dann mit interaktiven Personen "bevölkert" werden können. Einige mögen zwar der Meinung sein, dass Simnet und CCTT keine echten virtuellen Welten sind, denn die meisten Teilnehmer arbeiten ohne Datensichthelme und viele Details, mit Ausnahme der Fahrzeuge, sind nicht interaktiv. So beschränkt sich die Auflösung der in den Panzern verwendeten Bildschirme auf nur 320 x 128 Bildpunkte[10] und eine Bildfrequenz von 15 Bilder pro Sekunde. Zudem rendert der Bildgenerator über acht Kanäle nur maximal 1000 Polygone pro Bild. Ferner kann der Gruppenführer nicht, wie dies in der Realität üblich ist, aus dem Panzer hinausschauen. Auch fehlt die Möglichkeit, dass sich die "Panzer" bewegen lassen. Immerhin können mit entsprechenden Tieftonlautsprechern Vibrationen und Geräusche erzeugt werden, die das Gefühl vermitteln, sich in einem echten Panzer zu befinden. Trotz diesen Unzulänglichkeiten erzielt man eine recht hohe Immersion.

6.5. Die Zukunft

Beim Projekt "73 Easting" wurden die in der Realität erfassten Informationen entsprechend ausgewertet. In Fort Ruckter, Alabama, entwickelt die Armee nunmehr Methoden, mit deren Hilfe nach einem Flugunfall die "Black-Box" visuell ausgewertet werden kann. Die Untersuchungsorgane sollen damit die Möglichkeit erhalten, den Unfallvorgang von innerhalb und ausserhalb des Cockpits nachzuvollziehen.

In den späten 80er Jahren verfolgte US General P. Gorman die Idee "SuperTroop", bei der die menschlichen Fähigkeiten mit Hilfe entsprechender Ausrüstung erhöht bzw. verstärkt und wichtige Organe geschützt werden sollten. So sollten mit einem Helm die Augen vor Laserstrahlen und herumfliegenden Splittern geschützt werden. Gleichzeitig sollte der Helm über Infrarotsensoren auch ein Sehen bei Nacht ermöglichen.

7. Soziale Aspekte

VR geht es nicht viel besser als anderen Erfindungen: Wie beim Erfinden des Buchdrucks (die Augen werden beim Lesen geschädigt), der Eisenbahn (die Geschwindigkeit macht krank) und des Fernsehens (Fernsehen macht dumm) wittern "Pessimisten" auch bei VR grosse Gefahren. Oft wird VR sogar als neue Droge bezeichnet. Im Gegensatz zu einer Droge wirkt sich aber VR nicht auf den chemischen Haushalt des Körpers aus. Befürchtet wird auch, dass man sich nicht mehr von VR trennen und sich

[10] Virtual Reality World, Sommer 93

dann in der Realität nicht mehr zurechtfinden kann. In Wirklichkeit werden wir aber die Realität nie auch nur annähernd im Computer erzeugen können. Wie bei den Robotern, der künstlichen Intelligenz oder den Expertensystemen wird man auch bei VR feststellen müssen, dass die Realität eben doch sehr viel interessanter und vielseitiger ist, als man gemeinhin annimmt[11]. Natürlich werden bei gewissen Menschen Suchtsymptome auftauchen; auf diese trifft man aber auch beim Fussball, Bingo, Fernsehen oder sogar beim Lesen. Jaron Lanier weist darauf hin, dass Simulationen mit Fehlern behaftet sein könnten und damit falsche Ergebnisse liefern könnten. Auch könnte die Gefahr bestehen, dass simulierte Geschütze durch echte ersetzt werden, ohne dass der Auszubildende davon Kenntnis hat. Diese Gefahrenpotentiale existieren aber auch ohne VR.

Ich meine, es liegt schlussendlich in den Händen von uns Menschen, welchen Nutzen wir aus VR ziehen werden.

8. Aussichten

Erinnern wir uns an die Zeit, als Begriffe wie Roboter und Elektronengehirne (ja Gehirne) auftauchten; später gesellten sich die künstliche Intelligenz und Expertensysteme dazu. Was ist von all dem übrig geblieben? Die Roboter haben sich anders entwickelt, und noch immer fehlt der Roboter für den Haushalt. Die Elektronengehirne haben sich als kühle, schnelle Rechner entpuppt, die zwar genau vorgegebene Operationen mit unheimlicher Geschwindigkeit durchführen können, aber noch immer auf den Menschen angewiesen sind. Auch um die künstliche Intelligenz und die Expertensysteme ist es ruhig geworden. Wird sich bei VR ähnliches wiederholen, kommt auch hier nach der Euphorie der Frust?

Kaum; VR steckt zwar noch in den Kinderschuhen, und die heutige Technologie ergibt nur unbefriedigende Resultate. Im Gegensatz zur künstlichen Intelligenz und den Expertensystemen versucht man bei VR aber nicht, komplexe menschliche Vorgänge - deren Abläufe noch weitgehend unerforscht sind - mit dem Computer zu imitieren. Ganz im Gegenteil, bei VR arbeitet man weitgehend mit bereits bekannten Verfahren, und die weitere Entwicklung hängt im wesentlichen von der Leistungsfähigkeit zukünftiger Hard- und Software ab, nicht aber von neuen Methoden. Erfreulicherweise darf aber bei der Hardware damit gerechnet werden, dass sich die Technologie in naher Zukunft weiterhin so rasant entwickeln wird wie bis anhin. Laut Mike Evans[12] dürfen wir damit rechnen, in fünf Jahren nur noch von Gigastations zu sprechen mit einem Gigabyte Hauptspeicher, einem Gigaflop Rechenleistung und einer Zeichnungsgeschwindigkeit von einem Gigapixel pro Sekunde; alles ausgezeichnete Voraussetzungen für VR. Carl Machover[13] meint sogar, dass die Wachstumschance für Virtual Reality die früheren Schätzungen übertreffen und der Markt für VR dieses Jahr bei etwa 145 Millionen Dollar liegen wird. In vier Jahren, d.h. bis 1997, dürfte der Markt für VR auf eine Milliarde Mark anwachsen. Ein anderer Bericht von 4th Wave. Inc. rechnet zwar mit "nur" etwa 500 Millionen Dollar. Rechnet man damit, dass die Wahrheit wahrscheinlich zwischen diesen beiden Schätzungen liegen wird, so kommt man immer noch auf beachtliche 750 Millionen Dollar.

9. Literatur

9.1. Bücher

Aukstakalnis Steven and Blatner David, Silicon Mirage: the Art and Science of Virtual Reality, Peachpit Press, 1992

Earnshaw R.A., Gigante M.A., Jones H., Virtual Reality Systems, Academic Press, 1993, ISBN 0-12-227748-1

11 John Perry Barlow, Jaron Lanier
12 Mike Evans, Cambashi Limited, Jarestagung SCGA, 1993
13 virtual reality report, Sept 93

Hamit Francis, Virtual Reality and the Exploration of Cyberspace, Sams Publishing, 1993, ISBN 0-672-30361-2

Hayward Tom, Adventures in Virtual Reality, Que Corporation, 1993, ISBN 1-56529-208-1

Helsel Sandra K., Roth Judith Paris, Virtual Reality, theory, practice and promise, Meckler, 1991,ISBN 0-88736-728-3

Jacobson Linda, Garage Virtual Reality, Sams Publishing, 1994, ISBN 0-672-30270-5

Krueger Myron W., Artificial Reality II, Addison-Wesley, 1990, ISBN 0-201-52260-8

Larijani L. Casey, The Virtual Reality Primer, McGraw-Hill Series, 1993, ISBN 0-07-036416-8

Lavroff Nicholas, Faszination virtueller Welten, te-wi, 1992, ISBN 3-89362-705-7

Lavroff Nicholas, Virtual Reality Playhouse, Waite Group Press, 1992, ISBN 1-878739-19-0

McLellan Hilary, Virtual Reality, A Selected Bibliography, Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, NJ, April 1992, ISBN 0-87778-246-6

Meckler, Virtual Reality, Proceedings of Virtual Reality '91, San Francisco, Meckler, ISBN 0-88736-837-9

Meckler, Virtual Reality International, 92, Proceedings of the 2nd Annual Conference on Virtual Reality International, London, Meckler, ISBN 0-88736-853-0

Pimentel Ken and Teixeira Kevin, Virtual Reality Through the New Looking Glass, Intel/Windcrest, McGraw-Hill, 1993

Rheingold Howard, Virtuelle Welten, Rowohlt, April 1992, ISBN 3 498 05731 6

Rheingold Howard, Virtual Reality, Touchstone, 1992, ISBN 0-671-77897-8

Stampe Dave, Roehl Bernie and Eagon John, Virtual Reality Creations, Waite Groupe Press, 1993, ISBN 1-878739-39-5

Thalmann Nadia Magnenat and Thalmann Daniel, Virtual Worlds and Multimedia, Wiley, 1993, ISBN 0-471-93972-2

Thomson Jeremy, Virtual Reality, An International Directory of Research Projects, Meckler, 1993, ISBN 0-88736-862-X

Waffender M., Cyberspace, Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten, rororo, 1991, ISBN 3-499-18185-1

Wexelblat Alan, Virtual Reality Applications & Explorations, Academic Press, 1993, ISBN 0-12-745045-9

9.2. *Zeitschriften*

CyberEdge Journal, Cyber Edge Journal, Sausalito, CA, ISSN 1061-3099

PCVR Magazine, PCVR Magazine, Stoughton, WI

Virtual Reality News, Hamilton, MI

virtual reality report, Meckler, London, ISSN 1052-6242

Virtual Reality World, Meckler, London, ISSN 1060-9547

VR Virtual Realities, HighText Verlag München