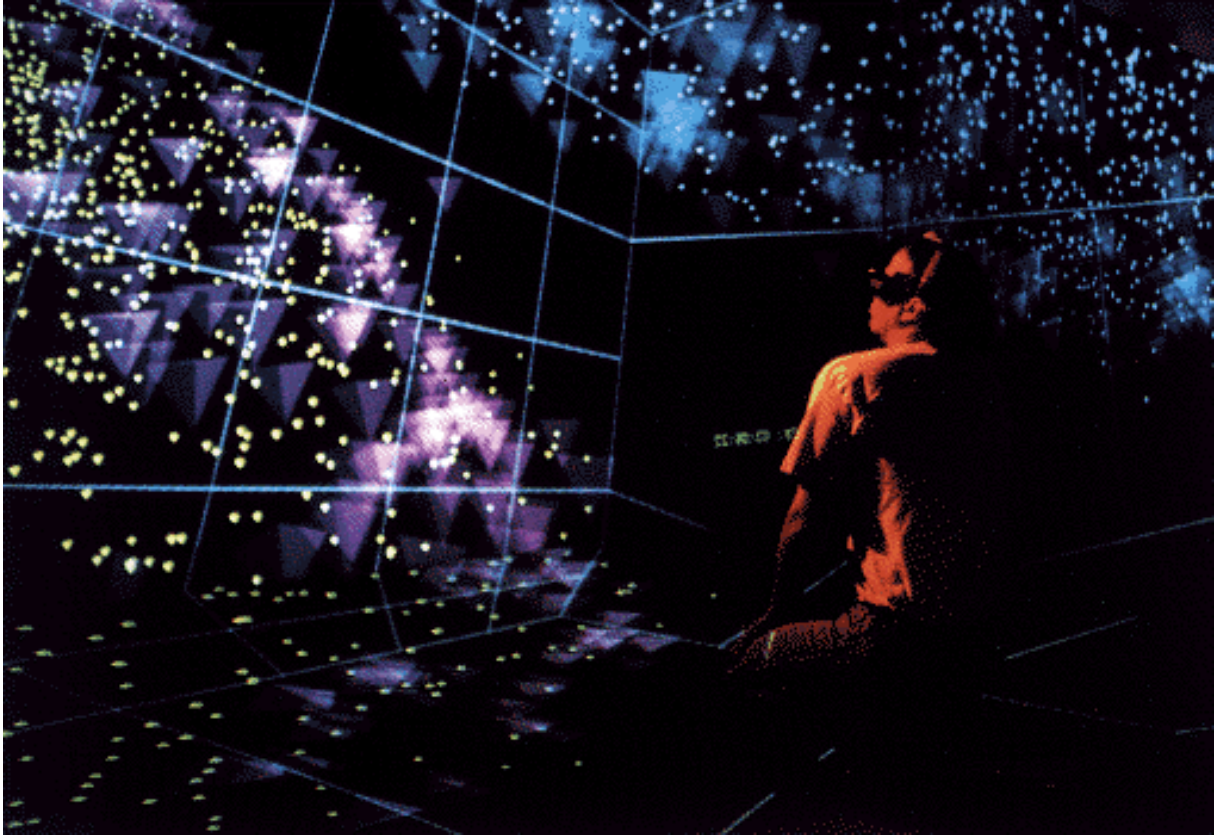


Virtual Reality



© Pyramid Systems Inc.

Sinnvolle Anwendung
oder
technische Spielerei ?

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

- 1 Virtual Reality - Eine Einführung
 - 1.1 Virtual Reality - Was ist das ?
 - 1.2 Die Täuschung der Sinne
 - 1.2.1 Sehen
 - 1.2.2 Hören
 - 1.2.3 Fühlen
 - 1.2.4 Riechen und Schmecken
 - 1.3 Die Kehrseite der Medaille
 - 1.3.1 Die Beschränktheit des Realitätserlebnisses
 - 1.3.2 Gesundheitliche Risiken

- 2 Virtual Reality - Sinnvolle Anwendungen
 - 2.1 VR und Produktgestaltung im Maschinenbau
 - 2.2 VR und Forschung
 - 2.3 VR und Training
 - 2.4 VR und Bildung
 - 2.5 VR als Hilfsmittel für Behinderte
 - 2.6 VR und spezielle medizinische Anwendungen
 - 2.7 VR und Entertainment
 - 2.8 VR und Architektur
 - 2.9 VR und öffentliche Planung
 - 2.10 VR und diverse wirtschaftliche Anwendungen

- 3 Virtual-Reality-Systeme contra PC-Komplettsysteme

- 4 Anschaffungsüberlegungen

- 5 Ausblick

- 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

Vorwort

Die folgende Dokumentation soll einen generellen Überblick über den derzeitigen Stand und die Einsatzmöglichkeiten der Virtual Reality geben, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Unfehlbarkeit zu erheben. Ein besonderer Dank gilt vor allem den folgenden Personen und Institutionen, die durch ihre schnelle und unkomplizierte Hilfsbereitschaft überhaupt erst dazu verholfen haben, daß diese Schrift innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums einigermaßen vollständig und informativ gestaltet werden konnte:

Prof. Dr. Manfred Ehlers, Leiter des Instituts für Umweltwissenschaften der Hochschule Vechta,

Dr. Jochen Schiewe, Dozent am Institut für Umweltwissenschaften der Hochschule Vechta,

Eckhard Schulz, Projektkoordinator der Forschungsgruppe "Umwelt und virtuelle Realität", Vechta,

Christian Persson, Chefredakteur der Zeitung "c't" des Verlags Heinz Heise, Hannover,

Brian V. Park, Inhaber der Flogiston Corporation, Austin,

Dr. rer. nat. Eberhard Blümel, Leiter der Abteilung für Planungs- und Visualisierungstechniken am Fraunhofer-Institut Fabrikbetrieb und -automatisierung, Magdeburg,

Dipl.-Inform. Askan Striepe vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Berlin,

Dr. Erhard Berndt, Leiter der Abteilung für Visualisierung und Produktionstechniken am Fraunhofer-Institut für Grafische Datenverarbeitung, Rostock,

Ben Delaney, Präsident der CyberEdge Information Services Inc., Sausalito,

Kicki Frisch vom Royal Institute ParallellDatorCentrum, Stockholm,

Dr. G. Tröller von der Abteilung Planung der Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH,

Chris Platzer von der StereoGraphics Corp., San Rafael,

Kornelia Schipper von der UUNET Deutschland, Dortmund,

Mike Zerkus von der CM Research, Houston,

Christine Kim und Scott Smith von der Virtual Research Systems Inc., Santa Clara,

Bill Lackner, Vizepräsident der Pyramid Systems Inc., Novi,

Kiera Reilly von der n-vision Inc., McLean,

Andreas Schöbel, Geschäftsführer der Virtual Reality Technologies GmbH, Dieburg,

den Mitarbeitern der Silicon Graphics GmbH, Hannover

und dem Electronic Visualization Laboratory an der University of Illinois, Chicago.

Insbesondere sei dafür gedankt, daß vielfältiges Bild- und Textmaterial zur Verfügung gestellt und auch zur Veröffentlichung freigegeben wurde, so daß diese Dokumentation mit entsprechenden Illustrationen versehen werden konnte. Ferner sei all denen gedankt, die nun nicht namentlich genannt wurden, aber dennoch das Erscheinen dieser Schrift möglich gemacht haben.

1 Virtual Reality - Eine Einführung

Mittlerweile kennt vermutlich jeder, der sich mit dem Umgang und den Möglichkeiten der heutigen Computergenerationen auskennt, den Begriff der Virtual Reality, der im folgenden mit VR abgekürzt wird. Dieser Begriff, für den auch synonym der Begriff "Cyberspace" benutzt wird, bezeichnet neben der Erschaffung einer Künstlicher Intelligenz (kurz: KI) eines der höchsten Ziele in der Computerentwicklung, sowohl im Hardware- als auch im Softwarebereich. Was schon in diversen Filmen und Fernsehserien wie z.B. "Operation Brainstorm" oder "Star Trek - Die nächste Generation" in vollkommener Perfektion von einer großen Personenzahl gleichzeitig nutzbar ist, steckt derzeit im Vergleich zu derartigen Filmvisionen noch in den Kinderschuhen. Allerdings besitzen die heutigen VR-Systeme diverse überzeugende Eigenschaften, die bereits eine vielfältige Nutzung ermöglichen.

Was mit diesen Systemen machbar ist, wo ihre Grenzen liegen, was sie kosten, wer sich ein solches System anschaffen sollte und wer nicht, soll im folgenden dargestellt werden. Zuvor bedarf es jedoch einiger grundlegender Erklärungen, was VR überhaupt genau ist, wie sie funktioniert und was man zur Generierung der VR benötigt. Zu diesem Zweck sollen die folgenden Abschnitte eine Einführung in die entsprechende Terminologie und Technologie darstellen.

1.1 Virtual Reality - Was ist das ?

Die deutsche Übersetzung des Begriffs "Virtual Reality", der eine Wortschöpfung von Jaron Lanier, einem der Pioniere im VR-Bereich, darstellt, lautet "erdachte Wirklichkeit" bzw. "mögliche Wirklichkeit". Obwohl diese Übersetzung ein wenig paradox anmutet, so erhält man doch eine erste Aussage darüber, was VR nun eigentlich ist, und zwar, daß sie eine fiktive und eben nicht reale Welt ist. Das bedeutet, aber nun nicht, daß die VR kein fast perfektes Abbild unserer eigentlichen Realität sein kann. Ganz im Gegenteil. Viele Anwendungen versuchen gerade, die wahre Welt derart präzise zu simulieren, daß sich aus der Nutzung der VR Aussagen über die Zusammenhänge in unser Welt gewinnen lassen (siehe auch Kapitel 2).

Daß der Begriff der VR einer weiteren Einschränkung bedarf, zeigt die Tatsache, daß nach der obigen Definition jeder Kino-, Video- oder Fernsehfilm, ja sogar jeder nächtliche Traum eine VR darstellt, da wir in ihnen fiktive, aber durchaus mögliche Wirklichkeiten sehen und (mit-)erleben können. An dieser Stelle sei der Begriff "Cyberspace", der aus dem Buch "Neuromancer" von William Gibson stammt und den man mit dem Begriff "Kybernetischer Raum" übersetzen könnte, erwähnt, da er ein weiteres Charakteristikum der VR beschreibt. Denn es handelt sich bei dem Cyberspace um einen steuer- und regulierbaren Raum, in dem Informationen verarbeitet werden. Somit könnte man zusammenfassend VR als eine fiktive, aber beeinflussbare Welt beschreiben. Damit wird man aber dem Phänomen VR nicht annähernd gerecht, da sich nach dieser Definition jegliches, etwas anspruchsvollere Brettspiel (z.B. Schach, Risiko, Stratego) als eine virtuelle Welt ansehen ließe, indem man mittels seiner Phantasie das Brett zum Raum, einen Spielzug als Zeiteinheit und die Spielfiguren als diverse, handelnde Charaktere definiert.

Daher gibt es noch weitere Kriterien, die die VR charakterisieren. Vorrangiges Kriterium ist die Tatsache, daß VR mit Hilfe von Computern mit speziellen Programmen oder durch eine adäquate technische Ausrüstung generiert wird, da das Ziel der Erschaffung einer "erdachten Realität" nur durch die Verarbeitung einer Vielzahl an Informationen umzusetzen ist. Insbesondere ist dies der Fall, weil der Mensch mit Hilfe seiner Sinnesorgane in jeder Sekunde eine unvorstellbar große Menge an Reizen aufnimmt, von der er zwar nur einen Teil bewußt wahrnimmt, die aber in ihrer Gesamtheit die ihn umgebende Realität und somit seine Welt widerspiegelt und diese dadurch überhaupt erst real wirken läßt.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist in diesem Zusammenhang auch die Interaktivität, die weit über die bereits erwähnte Beeinflussbarkeit hinausgeht. Die folgende Definition soll für das allgemeine Verständnis ausreichend sein:

Interaktivität bezeichnet das Wechselspiel zwischen Informationen, zwischen Aktionen und Reaktionen, wobei die Aktionen unmittelbare Auslöser der Reaktionen sind, die Reaktionen eine Verarbeitung und Erwidern der in der Aktion enthaltenen Informationen darstellen und ihrerseits selbst Aktionen sein können.

Das bedeutet, daß der VR-Nutzer in ständiger Interaktion mit der ihn umgebenden virtuellen Welt steht, daß z.B. jede Bewegung in der VR eine entsprechende Reaktion auf seiten der VR verursacht, die wiederum als neue Situation auf den VR-Nutzer wirkt, der seinerseits unmittelbar mit einer Gegenreaktion auf diese Reaktion bzw. diesen Reiz antwortet usw. Diese Interaktivität ist z.B. bei Filmen nicht gegeben, da man bei einem Kinobesuch oder einer Fernsehsendung nur ein unbeteiligter Zuschauer ist und keine Möglichkeit hat, in das Geschehen auf der Leinwand oder dem Bildschirm einzugreifen oder es in irgendeiner Weise zu beeinflussen. Trotzdem können es gut inszenierte Filme u.U. schaffen, den Zuschauer derart zu fesseln, daß er die gespielten Gefühle der Filmdarsteller wahrnehmen und nachvollziehen kann. Das bedeutet dann, daß sich der Zuschauer zwar in einer veränderten Realität befindet, aber noch längst nicht an einer VR teilhat. Denn die Interaktion wäre erst dann gegeben, wenn die Veränderung, die sich als Reaktion auf den Film in dem Zuschauer vollzogen hat, eine entsprechende Reaktion im Film bzw. der Schauspieler zur Folge hätte. Dies ist aber natürlich unreal, was die Filmindustrie aber natürlich nicht davon abgehalten oder gerade deshalb dazu bewegt hat, diese Thematik in einen entsprechenden Film namens "The Purple Rose of Cairo" einzubinden.

Insbesondere erfolgt die Interaktivität über spezielle Schnittstellen, über die die Aktionen an den jeweiligen Interaktionspartner übermittelt werden. So werden mit Hilfe spezieller Apparaturen die Reize der VR an die Sinne des VR-Nutzers übermittelt (s. Abschnitt 1.2) und umgekehrt über die gleichen oder über zusätzliche Geräte die Aktionen des Nutzers an die VR geleitet.

Zudem folgt aus der Interaktivität und dem Versuch, durch vielzählige Reize die Stimulation aller Sinne zu gewährleisten, daß ein VR-System mindestens so "intelligent" sein muß, daß es auf Aktionen des Nutzers entsprechend schnell und folgerichtig reagiert. Daher ist eine Erschaffung von VR nur mit Hilfe von leistungsstarken Computern möglich, die sowohl über kurze Reaktionszeiten als auch über ein umfangreiches Repertoire an Reaktionen, also über eine hohe Speicherkapazität verfügen.

Zwangsläufig stellt sich nun im gleichen Atemzug die Frage, ob diverse Computerspiele als VR angesehen werden können, da sie alle bisher genannten Voraussetzungen (beeinflussbar und interaktiv, fiktiv und computergeneriert) erfüllen. Solange sie auf normalen PC mit handelsüblichen Monitoren und Boxen gespielt werden, muß diese Frage verneint werden; wenn sie aber (in Zukunft) in Verbindung mit einem VR-System genutzt werden, dann kann man sie sicherlich bejahen. Denn z.Zt. fehlt noch das Wichtigste, das ein VR-System bieten muß, und zwar die vollkommene Eingebundenheit, wie Nicholas Lavroff sie bezeichnet, welche man auch als vollkommene Ausblendung der wahren Welt beschreiben könnte. Es macht wenig Sinn, von einer Virtuellen Realität oder virtuellen Welt zu sprechen, wenn sich während einer „VR-Reise“ immer noch Reste der eigentlichen Umwelt wahrnehmen lassen, da sie sich zum einen u.U. nicht in die VR integrieren lassen und da sie zum anderen dem VR-Nutzer bewußt machen, daß er sich nur in einer künstlichen Welt innerhalb seiner realen Welt befindet.

Zusammenfassend läßt sich also festhalten:

Virtual Reality (VR) ist eine mit Hilfe der Computertechnologie, generierte und fiktive Welt, die sich dadurch auszeichnet, daß sie über bestimmte Schnittstellen vielfältige Reize an möglichst alle Sinne des VR-Nutzers vermittelt, die dieser registriert und durch bestimmte Reaktionen beantwortet, welche wiederum von der VR registriert werden und sie zu entsprechenden Gegenreaktionen veranlassen. Um die Illusion einer neuen Wirklichkeit zu vervollständigen, dürfen nur die Reize der VR und nicht die Reize der wahren Welt zu dem VR-Nutzer gelangen, so daß sich der Nutzer vollständig in VR eingebunden fühlt und die wahre Welt vergißt bzw. zumindest zeitweilig verdrängt. Ferner muß die VR schnell und folgerichtig (gemäß den in der VR festgelegten Gesetzmäßigkeiten) auf die Aktionen des Nutzers reagieren.

1.2 Die Täuschung der Sinne

Da wir Menschen die uns umgebende Umwelt allein durch unsere Sinne wahrnehmen können, - also durch das, was wir sehen, hören, riechen, schmecken

und fühlen, wobei zu dem Letzteren auch der Gleichgewichtssinn als Sonderfall gerechnet werden darf -, besteht nunmehr die Aufgabe eines VR-Systems darin, diese Sinne derart zu stimulieren, daß sich der VR-Nutzer vollkommen in die VR integriert fühlt und sie als real empfindet, obwohl er ja weiß, daß sie es nicht ist. Hieran läßt sich nun auch gut veranschaulichen, warum VR doch noch etwas mit Reality, also mit der Wirklichkeit, zu tun hat, denn durch unsere Sinne sind wir dazu gezwungen, jede Umwelt, - ob real oder virtuell -, auf die gleiche Weise zu erschließen.

Hierzu bedarf es nun entsprechender Geräte bzw. Schnittstellen, die zum einen die bereits erwähnte Eingebundenheit garantieren müssen, - die den VR-Nutzer also von allen ihn umgebenden Umwelteinflüssen abschotten -, und die zum anderen die zu übermittelnden Reize in bestmöglicher Qualität transferieren sollen. In wie weit diese geforderten Ziele bis dato realisiert worden sind und daß sich die Umsetzung dieser Ziele generell als recht schwierig gestaltet, ist das Thema der sich anschließenden Abschnitte. Daher sollen zu Beginn die derzeit vorhandenen Systeme und Geräte vorgestellt und auf deren Funktionsweise eingegangen werden. Des weiteren werden die Grenzen und die noch vorhandenen Mängel dargestellt, die dem Erlebnis VR leider einige negative Seiten verleihen. Allerdings soll an dieser Stelle nochmals betont werden, daß VR noch am Anfang ihrer Entwicklung und ihres Reifeprozesses steht und daß zukünftige Weiterentwicklungen, Innovationen und Forschungen auf entsprechende Verbesserungen hoffen lassen.

1.2.1 Sehen

Die Redewendung, daß man nur das glaubt, was man mit eigenen Augen sieht, ist besonders auf dem Gebiet der VR hundertprozentig zutreffend. Denn alles, was neu für uns ist, wird als erstes im wahrsten Sinne des Wortes in Augenschein genommen, da wir mit Hilfe unserer Augen auf schnellstem und einfachstem Wege vielfältige Informationen über den begutachteten Gegenstand erhalten, selbst wenn wir uns noch relativ weit von ihm entfernt befinden. So registrieren wir mit einem ersten flüchtigen Blick Farbe, Form und Oberflächenstruktur des Gegenstands. In Relation mit der Entfernung, die wir ebenfalls mit demselben Blick grob einschätzen

können, läßt sich ungefähr die Größe des betrachteten Objekts bestimmen. Weiterhin erkennen wir, ob das Objekt vor oder hinter einem anderen Objekt steht oder wie weit es von diesem entfernt ist. Und je näher wir dem betrachteten Gegenstand kommen, desto genauere Details und Eigenschaften können wir wahrnehmen. Ferner vermittelt uns der erste Blick ein Gefühl darüber, ob wir das, was wir sehen, als angenehm oder unangenehm empfinden und somit ablehnen oder annehmen. Daraus resultiert, daß VR vor allem im visuellen Bereich realistisch sein muß, damit auf Seiten des VR-Nutzers eine Akzeptanz und damit eine Identifikation mit der ihn umgebenden neuen Welt geschaffen werden kann.

Dies bedeutet, daß VR unserem Auge und insbesondere unserem Gehirn, welches letztendlich die von der Netzhaut aufgenommen Bilder verarbeitet und deutet, eine Reihe von Spezialeffekten bieten muß, damit wir z.B. einen Raum in VR auch als einen Raum erkennen und erleben können. So muß vor allem die Illusion der Dreidimensionalität möglichst perfekt inszeniert werden. Dazu bedient man sich im günstigsten Fall diverser einfacher Methoden der Bilddarstellung, die insbesondere für Projektionen auf zweidimensionalen Flächen, insbesondere auf den handelsüblichen Monitoren und Gemälden, häufig Anwendung finden und die auf der Grundlage der menschlichen Erfahrung aufbauen. Darunter fallen vor allem:

- a) der Einsatz von Licht und Schatten, bei dem durch die Verwendung kontinuierlicher Helligkeitsabstufungen Entfernungen (von irgendeiner Lichtquelle) vorgetäuscht werden,
- b) die Überlappung von Objekten, so daß das abgedeckte Objekt als hinter dem verdeckenden Objekt interpretiert wird,
- c) die Darstellung einer bestimmten Anzahl ein und desselben Objekts, wobei sich die Größe der einzelnen Objekte unterscheidet, wodurch über den relativen Größenunterschied eines betrachteten Objekts zu einem Vergleichsobjekt als Maß für die Entfernung empfunden wird; hierbei wird das größte Objekt als am nächsten und das kleinste Objekt als am entferntesten verstanden,
- d) der Gebrauch von Fluchtpunkten, der in der Kunst als "perspektivische Darstellung" bezeichnet wird, und schließlich
- e) die Kombination der oben dargestellten Methoden.

Im Gegensatz zu diesen Hilfsmitteln, die auch bei der einäugigen (monokularen) Betrachtung der Projektion bzw. des Bildes ihre Wirkung voll entfalten, wird für VR eine andere Art der Darstellung gewählt, die sich auf die Funktionsweise der Binokularität stützt und hierdurch einen realistischeren 3D-Eindruck zu vermitteln vermag, als die Monokularität dazu in der Lage ist.

Das Phänomen der Binokularität läßt sich nun wie folgt erklären: Wenn wir mit unseren Augen einen Gegenstand anvisieren, dann ziehen sich die Augenmuskeln (am Auge selbst und in der Linse) je nach Nähe des Objekts zusammen, wobei diese Kontraktionen bei großer Nähe des betrachteten Objekts zu dementsprechend starken Beanspruchungen der Muskel und damit gelegentlich zu Augenschmerzen führen können (vgl. Abschnitt 1.3.2). Des weiteren nimmt das rechte Auge mehr von der rechten Seite und das linke Auge mehr von der linken Seite wahr, wobei sich die Blickfelder teilweise überlagern. Unser Gehirn registriert nun die Muskelspannungen der Augen, setzt sie mit der Größe der Schnittfläche der Blickfelder in Verbindung und gewinnt daraus die gewünschte Information über die Entfernung des betrachteten Gegenstands. Durch diese Entfernungsbestimmung wird uns nun das entsprechende Gefühl der Tiefe eines Raumes vermittelt.

Aus diesem Grund macht man sich den Umstand zunutze, daß das linke und das rechte Auge zwei unterschiedliche Bilder sehen, indem man mit Hilfe von zwei Projektoren jedem Auge das von ihm zu sehende Bild zu betrachten gibt, so daß das Gehirn nach dem oben beschriebenen Verfahren diese Bilder wieder zu einem einzigen, aber räumlichen Bild zusammensetzt. Allerdings bedarf es hierzu einem weiteren Hilfsmittel, der sog. Shutter-Brille, die nach einem relativ einfachen Prinzip funktioniert: so können beispielsweise auf eine Leinwand (o.ä.) gleichzeitig die beiden Bilder projiziert werden, wobei das von dem linken Auge wahrzunehmende Bild durch ein monochromes, z.B. rotes Filterglas und das Bild für das rechte Auge durch ein ebenfalls monochromes, aber andersfarbiges, z.B. grünes Filterglas projiziert wird. Der Betrachter der Projektion trägt nun eine sog. Anaglyphen-Brille, eine Vorläuferin der heutigen Shutter-Brillen, die ihrerseits praktisch nur aus zwei Filtergläsern besteht, wobei aber das Glas vor dem rechten Auge nun rot gefärbt ist und das Glas vor dem linken Auge grünfarbig sein muß. Hierdurch erreicht man nämlich, daß durch das grüne Filterglas vor dem Auge nur der rote Anteil der

Leinwandprojektion durchgelassen wird und entsprechend durch das rote Glas nur noch der grüne Teil der Projektion wahrgenommen werden kann. Somit wird gewährleistet, daß das jeweilige Auge auch nur den Teil der Projektion sieht, den es sehen soll.

Das beschriebene Verfahren wurde erstmals mit Erfolg im Jahr 1858 angewendet und auch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts für die Produktion diverser Filme benutzt. Diese Methode funktionierte allerdings nur solange, bis der Farbfilm erfunden wurde, da die Filtergläser die ihrer Farbe entsprechenden colorierten Teile des Films ausblendeten, was natürlich nicht beabsichtigt war. Daher ging man im Jahr 1952 dazu über, statt colorierter Filtergläser polarisierte Filter für die Shutter-Brillen zu verwenden, durch die nur das entsprechend polarisierte Licht dringen konnte und die die Farben ungehindert durchließen. Nach 1954 verschwand das allgemeine Interesse an 3D-Filmen wieder und wurde, - mit Ausnahme einzelner Versuche, mit Hilfe von 3D die Einschaltquoten bestimmter Fernsehsendungen zu steigern -, erst in den 80er Jahren für die Computerindustrie wieder entdeckt, und zwar bei der Entwicklung der Datenhelme, den sog. HMDs (head mounted display = engl.: auf den Kopf gesetzter Bildschirm).

Alternativ zu den polarisierten Brillen verwenden andere Systeme, wie z.B. das Sega Master Game System, Brillen mit LCD-Blenden, die wie folgt funktionieren: auf einem Bildschirm werden abwechselnd jeweils 1/60 Sekunde lang das für das linke Auge bestimmte Bild und das für das rechte Auge bestimmte Bild dargestellt. Synchron hierzu wird die Blende im linken Brillenglas aktiviert, wenn das aktuelle Bild nur für das rechte Auge bestimmt ist und nur von diesem wahrgenommen werden soll. Entsprechend wird die Blende vor dem rechten Auge aktiviert, wenn das Bild für das linke Auge zu sehen ist. Dasselbe Verfahren wird von der Firma StereoGraphics für ihr CrystalEyes-System verwendet, das hauptsächlich im wissenschaftlichen Sektor eingesetzt wird und bei dem die Steuerung der LCD-Blenden nicht mehr ausschließlich über ein Anschlußkabel vorgenommen wird, sondern mittlerweile auch via Infrarot-Signale kontrolliert und reguliert werden kann, wodurch ein Störeffekt oder eine Behinderung durch das Anschlußkabel vermieden wird.

Ein weiteres Problem, daß sich bei der räumlichen Darstellung von Objekten ergibt, ist die sog. Bewegungsparallaxe, die Ursache dafür ist, daß sich Objekte, die sich nahe vor unseren Augen befinden, stärker verschieben als entferntere Gegenstände, wenn wir unseren Kopf bewegen. Daher werden in die neuen Visualisierungssysteme Head-Tracking-Vorrichtungen integriert, die mittels Ultraschallsensoren die relative Lage des Kopfes des VR-Nutzers im Raum durch Triangulation bestimmen, indem drei räumlich unterschiedlich angeordnete Sensoren jeweils separat die Richtung desselben Signals registrieren und die relative Lage dessen mit Hilfe des Schnittpunkts der ermittelten Richtungsgraden errechnen. Allerdings werden hiermit nur die Veränderungen der Kopfposition festgestellt, so daß bei der Bewegung des Kopfes nach oben mehr von der Oberfläche der virtuellen Objekte dargestellt wird und bei Bewegungen zur Seite dementsprechend mehr von deren Seiten.

Des Weiteren muß aber auch auf die Augenbewegungen eingegangen werden, da sie unmittelbar darüber Auskunft geben, welche Objekte wir ansehen und focussieren. Daher wird eine Eye-Tracking-Vorrichtung unerlässlich, um die Illusion einer realen Welt zu perfektionieren. Zu diesem Zweck wird daher bei der sog. Cornea-Reflex-Methode das Auge mit schwachem, nicht wahrnehmbarem Infrarot-Licht beleuchtet und dabei der Pupillenmittelpunkt als auch der Reflexpunkt auf der Hornhaut mit einer Infrarot-Meßkamera festgestellt, aus denen sich dann die Blickrichtung ermitteln läßt.

1.2.2 Hören

Im Gegensatz zum Sehen ist die Täuschung des Gehörs im allgemeinen einfacher zu realisieren, da das Ohr wesentlich passiver ist als das Auge. So lassen sich Entfernungen fast ausschließlich durch die Lautstärke der Töne simulieren: je lauter ein Ton ist, desto näher erscheint er uns, und entsprechend entfernter scheint uns ein leiser Ton zu sein. Auf ähnliche Weise bestimmen wir die Richtung eines Tones, denn empfindet unser rechtes und unser linkes Ohr ihn als gleich laut, so definieren wir ihn als direkt vor bzw. hinter uns. Erscheint er jedoch für unser rechtes Ohr lauter, so empfinden wir, daß sich die Tonquelle (mehr) auf der rechten Seite

befinden muß. Daher bedient man sich bei den VR-Systemen eines normalen Lautsprechersystems. Bei der Verwendung von Kopfhörern muß aber wie bei der Verwendung der VR-Brillen auch auf die jeweilige Kopfposition des VR-Nutzers Rücksicht genommen werden, um die aus den Kopfbewegungen resultierenden Veränderungen der Töne realistisch umsetzen zu können. Daher wird dann auch im Audiobereich des VR-Systems eine Head-Tracking-Vorrichtung unabdingbar.

1.2.3 Fühlen

Neben dem Sehen und dem Hören nehmen wir unsere Realität zudem noch durch das wahr, was wir fühlen. Dazu gehört zum einen natürlich unser Tastsinn, mit dem wir die Beschaffenheit von Objekten erspüren können. Zum anderen zählt hierzu auch unser Lagesinn, der uns eine Information darüber gibt, welche Position unser Kopf im Raum gerade einnimmt, und uns somit indirekt etwas über unsere Körperhaltung verrät. Während der Lagesinn bis dato einzig durch eine entsprechende Änderung der Kopfhaltung stimuliert werden kann, also ein Gefühl des Auf-dem-Kopf-Stehens in der VR auch nur durch ein tatsächliches Auf-dem-Kopf-Stehen in der wahren Welt erzielt werden kann, läßt sich dem Tastsinn teilweise mit Hilfe speziell entwickelter Schnittstellen eine andere Realität, also eine VR vortäuschen. Da sich allerdings der Tastsinn über den gesamten Körper, genauer gesagt, über die gesamten Nervenzellen in der Haut verteilt, ist es quasi unmöglich, eine vollständige Stimulation des Tastsinns zu generieren. Um zu zeigen, warum dies so ist, begrenzen wir den Tastsinn auf den Bereich, der derzeit am stärksten in der VR integriert ist: auf den Bereich der Hand.

Die Hand stellt wohl im Komplex des Tastsinns den wichtigsten Bereich dar, da wir mit ihr bewußt die Eigenschaften verschiedener Objekte analysieren, während durch andere Bereiche aufgrund von permanenter Stimulation solche Eigenschaften nur unbewußt aufgenommen werden oder aufgrund von fehlender Sensibilität bzw. Erfahrungen nicht alle Eigenschaften des Objekts erkannt werden können. So spüren wir z.B. nur noch unbewußt die Kleidung auf unserer Haut, solange wir uns sie nicht bewußt machen. Oder wir können nicht unterscheiden, ob wir z.B. barfuß über ein Stück Papier oder ein Stück Pappe laufen. Hingegen sind wir mit unsere Händen seit

unserer Kindheit damit beschäftigt, Objekte anzufassen, zu berühren, kennenzulernen und vor allem zu begreifen. In Verbindung mit diesem Begreifen können wir gleichzeitig mit einem Griff auch etwas über die Größe, die Temperatur, die Form, interne Festigkeit und die Schwere eines Objekts sagen. Hierbei spielt natürlich das Gefühl eine wichtige Rolle, wie stark unsere Muskeln in unseren Armen bzw. in unserem gesamten Körper angespannt sind, was uns die eigentliche Information über das Objektgewicht bzw. dessen Festigkeit vermittelt. Man erkennt, daß sich allein durch die Simulation einer einzigen Hand eine Vielzahl an Informationen ergeben, die von einem VR-System erkannt und verarbeitet werden müssen. Daher beläßt man es bei der Stimulation des Tastsinns im allgemeinen bei der Konzipierung eines einzelnen Datenhandschuhs, anstatt sich der Entwicklung eines gesamten Datenanzugs zu widmen, da dies wohl ein praktisch unmögliches Unternehmen darstellt.

Der Datenhandschuh besitzt nun seinerseits an den Fingerspitzen bestimmte Taststimulatoren, die entweder durch schwache elektrische Impulse oder durch elektrisch verformbare Metallplättchen die Nervenzellen in den Fingern reizen und somit eine Berührung simulieren. Ferner besitzen hochwertige Ausführungen Glasfaserkabel, die sich an den Fingern entlang ziehen und durch die die Krümmung der Fingergelenke festgestellt werden kann, indem durch die Glasfaserkabel Licht mit einer bestimmten Helligkeit geschickt wird. Da die Kabel an den Gelenken eingekerbt sind und so bei Beugung der Gelenke mehr Licht verloren geht als bei ausgestreckten Fingern, läßt sich anhand der am anderen Ende ankommenden Helligkeit des Lichts die Beugung der Gelenke und damit die Krümmung der Finger ermitteln. Alternativ verwendet man bei einer anderen Art von Datenhandschuhen ein mechanisches Exoskelett, das die Streckung und Beugung der Fingerglieder durch eine Kombination von Magneten und Sensoren registriert und an den Computer weiterleitet. Die so ermittelte Handstellung wird dann in die VR übertragen, so daß der VR-Nutzer seine Hand in der wirklichen Position vor sich sieht und damit wiederum die VR als realer empfindet. Dazu ist es natürlich wieder unabdingbar, daß mittels der bereits beschriebenen Tracking-Verfahren die Lage der Hand im Raum und damit im Verhältnis zum VR-Nutzer ermittelt wird.

Da nun die Hand meist als einziger Körperteil des Nutzers in der VR dargestellt wird, ist sie wichtigster Bezugspunkt für den VR-Nutzer und wird gleichermaßen als Ein- und als Ausgabegerät genutzt, weshalb der Datenhandschuh neben den Datenhelmen die wichtigste Schnittstelle in der VR darstellt.

1.2.4 Riechen und Schmecken

Obwohl das Riechen in der VR im Vergleich zum Sehen, Hören und Fühlen nur eine Nebenrolle spielt, ist es doch für die Vervollkommnung einer VR-Welt unverzichtbar.

Einem Bericht in der April-Ausgabe der Zeitschrift "Computer-Anzeiger" zufolge hat die UUNET Deutschland, einer der führenden Internet-Anbieter, die Testphase einen neuartigen Duftkanals erfolgreich beenden können. Hierbei konnten Duftdaten, die in HTML-Dokumente eingebunden wurden, durch einen sog. Smell-Synthesizer, der mit speziellen Duftkartuschen ausgestattet ist und welcher auf der diesjährigen CeBIT-Messe vorgestellt wurde, in die zu generierenden Düfte umgewandelt werden. Entweder scheint es sich bei dieser Meldung um einen Aprilscherz gehandelt zu haben, oder die UUNET Deutschland hielt meine Anfrage für die eines spionierenden Konkurrenten, da die Existenz eines solchen Smell-Synthesizers seitens der UUNET verneint wurde. Trotzdem könnte es in nicht allzu ferner Zukunft möglich sein, ein solches Verfahren zu entwickeln und in VR-Systeme zu integrieren, um deren Attraktivität und Realitätsgehalt zu erhöhen.

Ob die Integration von Düften allerdings seitens der Entwickler als sinnvoll erachtet wird, dürfte noch zu klären sein, da VR, so wie sie heutzutage Anwendung findet, sicherlich nur einen geringen Wert auf die Vervollkommnung des Realitätsanspruchs durch das Hinzufügen der Komponente "Geruch" legt. Allerdings könnte die Einbindung aller Sinne für bestimmte Zwecke (i.e. Unterhaltungsindustrie etc.) recht vielversprechend sein, was aber noch in späteren Kapiteln genauer dargestellt werden soll.

Im Gegensatz zum Geruch, der noch als wichtiges Element der Realität akzeptiert werden kann, bleibt zum Geschmackssinn zu sagen, daß er unmittelbar mit dem Verzehr von substantiellen Speisen und Getränken in Verbindung gesetzt werden kann und daher immer ein Teil der realen Sinneserfahrungen bleiben wird. Die einzige Methode, wie er sich in eine VR einbinden ließe, wäre die Möglichkeit, die in einem realen Raum vorhandenen Genußmittel visuell in die VR zu transferieren, so daß diese eine Verknüpfung von realer und virtueller Welt bildeten und somit (eventuell) das VR-Erlebnis hinsichtlich des Realitätserlebnisses steigern bzw. perfektionieren könnten.

1.3 Die Kehrseite der Medaille

Da nun die Täuschung der Sinne, wie oben beschrieben, mit einer Menge technischer Hilfsmittel von statten gehen muß, ergeben sich hieraus auch vielzählige negative Konsequenzen, die das VR-Erlebnis schmälern bzw. verderben können. Dazu zählen u.a. natürlich auch die relativ hohen Kosten für ein VR-System (vgl. Kapitel 3). Im Mittelpunkt der folgenden Abschnitte sollen die Nachteile stehen, die unmittelbar aus der (Be-)Nutzung der technischen Geräte resultieren. Sofern Verbesserungen oder Alternativen vorhanden sind, sollen diese dargestellt und erläutert werden.

1.3.1 Die Beschränktheit des Realitätserlebnisses

Wie schon zu Beginn dieser Dokumentation dargelegt wurde, entsendet die Umwelt des Menschen eine immense Anzahl an Reizen und Informationen an den Menschen, die dieser aufgrund seiner beschränkten Anzahl von Sinnesorganen und aufgrund seiner geringen geistigen Kapazität nur zu einem Bruchteil auf- und wahrnehmen kann. So wird die Menge an Information, die unsere Sinnesorgane in einer Sekunde erreichen, auf mehr als eine Million bit geschätzt, von denen nur ungefähr 15 - 20 bit/s in unser Bewußtsein gelangen (vgl. MIRIAM & SCHARF, S. 239). Das bedeutet nun aber nicht, daß das Realitätserlebnis einer VR allein mit dieser geringen Informationsmenge abgedeckt werden kann. Vielmehr spielen

diverse unbewußte Informationen eine wichtige Rolle, die das Realitätserlebnis vervollständigen. Im folgenden soll nun dargestellt werden, welche Defizite noch zu beseitigen sind, um ein VR-Erlebnis wirklich real werden zu lassen.

Das größte und im wahrsten Sinne des Wortes gravierendste Problem ist derzeit noch die Konstruktion der Datenbrillen bzw. der -helme. Für all die VR-Nutzer, die im wirklichen Leben bereits eine Brille tragen, dürfte das Gefühl des Tragens der Datenbrille wohl keine große Umstellung sein bzw. das Tragen würde unbewußt wahrgenommen werden, da man sich bereits im normalen Leben daran gewöhnt hätte. Hingegen dürfte vielen Nichtbrillenträgern das Gefühl des Tragens relativ deutlich bewußt werden, da der unbekannte Druck auf Nase und Ohren doch zu Beginn als neu und damit intensiv erfahren wird.

Das eigentliche Problem der Shutter-Brillen ist nun in erster Linie nicht ihr Gewicht, da sie i.d.R. ca. 100 Gramm schwer sind, sondern das Problem der Eingebundenheit, da sie in Verbindung mit einem Bildschirm, auf dem die virtuelle Welt projiziert wird, nur insoweit gewährleistet ist, sofern der Blick bzw. das Blickfeld des VR-Nutzers auf den Bildschirm beschränkt bleibt. Ein einziger abschweifender Blick abseits dieses Schirms holt den Nutzer jedoch sofort, - ebenfalls im wahrsten Sinne des Wortes -, auf den Boden der Realität zurück.

Daher ist ein sinnvoller VR-Einsatz der Shutter-Brillen nur in Zusammenhang mit den CAVE- oder den VR-CUBE-Systemen gewährleistet. So besteht das CAVE-Virtual-Reality-System des Electronic Visualization Laboratory der University of Illinois in Chicago aus einem vierseitigen Raum, dessen Wände, die die Seiten-, Front- und Fußbodenansicht des Betrachters darstellen sollen, mit Hilfe spezieller Projektoren mit stereoskopischen Bildern angestrahlt werden. Der Betrachter trägt eine LCD-Shutter-Brille des Crystal-Eyes-Systems der Firma StereoGraphics und sieht damit die virtuellen Bilder. Da allerdings ein Blick nach oben oder nach hinten wiederum die Grenzen des CAVE-Systems überschreiten würde, sind mittlerweile CAVEs mit fünf Wänden entwickelt worden, die auch einen Blick nach oben gestatten. Ein solches System steht z.B. seit Oktober 1997 im Fraunhofer-Institut in Darmstadt und wurde von der Firma TAN Projektionstechnologie installiert, die auch das weltweit erste sechsseitige VR-CUBE-System am Royal Institute

ParallelDatorCentrum in Stockholm errichtete, das als Non-plus-ultra der derzeitigen VR-Technik angesehen werden darf, da dem Betrachter hier eine 360°-Drehung sowohl in horizontaler als auch vertikaler Ebene erlaubt wird, ohne die VR-Szene zu verlassen.

Da nun aber der VR-Nutzer in einem sechsseitigen CAVE- oder CUBE-System real "gefangen" ist, ergibt sich hier insbesondere das Problem der Bewegung, da jegliche Bewegung in irgendeine Richtung spätestens an der entsprechenden Wand zu einem abrupten Ende gelangt. Daher muß sich der Nutzer in der VR mit Hilfe eines speziell konstruierten Eingabegeräts, einer sog. 3D-Mouse, "fortbewegen" bzw. seine Perspektive verändern, was wiederum ein kleines Manko dieser VR-Konstruktion ist.

Um dieses Bewegungsproblem zu lösen, bedürfte es allerdings eines mobilen Untergrundes, der sich den entsprechenden Aktionen des VR-Nutzers anpassen könnte. Dies bedeutete aber, daß ein Laufband (oder eine Lauffläche) entwickelt werden müßte, das (oder die) sich in alle Richtungen bewegen ließe, was aber die Kosten für ein VR-System übermäßig in die Höhe treiben dürfte. Ferner sind die meisten Anwendungen von VR nicht auf Fortbewegung ausgelegt, sondern vielmehr auf die Veränderung der Perspektive durch relativ geringfügige Verlagerungen der Kopf- und Körperposition. Das Problem der beschränkten Fortbewegung ist aber allen VR-Systemen gemein, weshalb die Verwendung der 3D-Mouse sowohl heute als auch in Zukunft wohl als die einfachste und kostengünstigste Methode zur Bewegungssimulation angesehen werden darf. Daher soll nicht weiter auf dieses Problem eingegangen werden, sondern die Alternative zu den Shutter-Brillen, die HMDs, behandelt werden.

Obwohl die Datenhelme den VR-Nutzer fast vollkommen in die VR einbinden, da sie die äußeren, die realen visuellen Reize abschirmen und sich in Einklang mit den Kopf- und Körperbewegungen befinden, besitzen sie den Nachteil, daß das Gefühl des Tragens der HMDs um ein Vielfaches stärker ist als das Tragen der Shutter-Brillen, da die modernen Datenhelme immer noch Gewichte von knapp einem Kilogramm aufweisen, wie z.B. die Modelle V8 (1,038 kg) und V6 (0,821 kg) der Firma Virtual Research Systems. Diese Belastung des Kopfes vermittelt dem VR-

Nutzer durchweg die Information, daß er das HMD real trägt, was das Gefühl der maximalen Eingebundenheit stören würde, es sei denn, daß der VR-Nutzer in der VR ebenfalls ein gleich schweres Objekt auf dem Kopf trüge, was z.B. durch die Simulation des Tragens eines (Sturz-)Helms erreicht werden könnte.

Abhilfe schafft hier nun der sog. Personal-LCD-Monitor Glasstron PLM-S700 der Firma Sony, der über integrierte Kopfhörer verfügt und dessen Gewicht von nur 120 Gramm ungefähr dem Gewicht der Shutter-Brillen entspricht. Mit einer Auflösung von 832 x 624 Pixeln pro Auge ist es leistungsfähiger als die HMDs V6 und V8 der amerikanischen Firma Virtual Research Systems Inc. und sogar teilweise leistungsfähiger als die Produkte der amerikanischen Firma n-vision Inc., die mit Auflösungen zwischen 640 x 480 und 1280 x 1024 Pixeln pro Auge aufwarten können. Allerdings hat das Sony-System den Nachteil, daß es zum einen über ein wesentlich kleineres Blickfeld verfügt und zum anderen nicht vollkommen von den äußeren Einflüssen abgeschirmt ist, weshalb ein eventuell störender Lichteinfall hingenommen und akzeptiert werden muß. Jedoch dürfte die hohe Bequemlichkeit, die das Ergebnis des minimalen Gewichts und der daraus resultierenden geringeren Kopfbelastung ist, das beschränkte Sichterlebnis, das laut Herstellerangaben aber immer noch den Eindruck vermittelt, als schaue man aus einer Entfernung von 1,2 Meter auf einen 75 cm großen Bildschirm, relativieren.

Dasselbe Problem, das auf das Gewicht der diversen Schnittstellengeräte zurückzuführen ist, ergibt sich auch durch das Tragen von Kopfhörern, die ebenfalls durch den Druck an Kopf und Ohren dafür verantwortlichen sind, daß der Nutzer sich ihrer bewußt ist. Zumeist sind sie zwar schon in die HMDs integriert, weshalb zu dem Gewicht der Datenhelme zumeist kein zusätzliches Gewicht hinzukommt, allerdings ist die Apparatur immer noch zu massiv, um einfach durch den VR-Nutzer ignoriert zu werden.

Im Gegensatz zum HMD und zu den Kopfhörern läßt sich der Datenhandschuh wesentlich einfacher vom VR-Nutzer akzeptieren und in die VR integrieren, da er in der VR das Abbild der realen Hand darstellt und somit auch an der realen Hand gespürt werden darf. Das Problem der Datenhandschuhe (und auch ein weiteres der

HMDs) ist das zugehörige Kabel für den Datentransfer, das sich bei entsprechend ungünstigen Bewegungen als Störfaktor herausstellen kann.

Um nun diese Störfaktoren zu eliminieren oder zumindest zu verringern, hat sich die amerikanische Flogiston Corporation unter der Leitung von Firmenchef Brian V. Park für ein völlig anderes Konzept für ein VR-System entschieden. Durch ein Projekt, das von der NASA inspiriert wurde, um ein virtuelles Trainingssystem für Astronauten zu entwickeln, entstand u.a. das Flodome (dome = engl: Kuppel), das aus einem Projektionsschirm in Form einer Halbkugel besteht, auf der die Bilder mit Hilfe einer speziellen Linse, dem sog. Fish-Eye, im Weitwinkel-Verfahren dargestellt werden. Hierbei befindet sich der Betrachter mit seinem Gesicht direkt vor dem Mittelpunkt des Flodomes, da sich dort das Bild am schärfsten beobachten läßt. Die Verzerrungen am Rande der Halbkugel, die zudem zur Unschärfe des Bildes in diesen Bereichen führen, sind durchaus beabsichtigt, da wir mit unseren Augen auf die gleiche Weise sehen: im Blickzentrum sind die Bilder scharf und werden zu den Blickfeldrändern hin undeutlich und verschwommen. Allerdings nehmen wir diese Regionen noch wahr, weshalb die Detailgenauigkeit der jeweiligen Bildabschnitte an den Rändern des Flodomes nicht so wichtig ist wie deren Vorhandensein, da diese das visuelle Erlebnis vervollkommen und realistischer wirken lassen. Laut Aussagen der Flogiston Corporation kann der Betrachter seinen Kopf und seine Augen innerhalb des Flodomes ohne Einschränkungen bewegen, ohne das Gefühl der VR zu verlieren.

Der unwiderlegbare Vorteil des Flodomes zu den Shutter-Brillen und den HMDs ist natürlich, daß das Sichterlebnis ohne jeglichen Kontakt von statten geht, was seitens des Betrachters als besonders bequem empfunden werden dürfte. Allerdings hat diese Projektionsmethode auch den Nachteil, daß, - wie auch bei den vier- bzw. fünfseitigen CAVE- und CUBE-Systemen -, ein Blick nach hinten das VR-Erlebnis abrupt beendet. Ferner können sich andere störende visuelle Reize wie z.B. in das Flodome einfallendes Licht wesentlich gravierender auswirken als bei den Shutter-Brillen oder den Datenhelmen. Aus diesem Grund stellt die Flostation der Flogiston Corporation eine Weiterentwicklung dieses Flodomes dar und ist als das eigentliche VR-System für den Trainingseinsatz konzipiert worden. Die Flostation setzt sich aus dem Flodome und dem sog. Flochair zusammen, wobei der Flochair eine besonders

nennenswerte Konstruktion darstellt. Hierbei handelt es sich um ein Mittelding zwischen einem Sessel und einer Liege, der, - laut Angaben des Entwicklers und der NASA -, die natürliche Haltung des Körpers in der Schwerelosigkeit nachempfinden soll, in welcher sich die Muskeln des Körpers in maximaler Entspannung befinden. Daher dient der Flochair, der eine Entwicklungszeit von über 17 (!) Jahren für sich beanspruchen kann und zu aus einer Fiberglas-Konstruktion besteht, insbesondere zu Entspannungsübungen und wird auch für die Durchführung von Yoga-Übungen empfohlen, da man sich in ihm mehrere Stunden aufhalten kann, ohne Muskel- oder Rückenschmerzen zu verzeichnen. Genau aus diesem Grund wird er zur Durchführung von Trainingssimulationen für Astronauten als besonders geeignet angesehen, da sich die Astronauten ebenfalls über einen längeren Zeitraum in der Schwerelosigkeit befinden und in ihr arbeiten müssen. Der Flochair vermittelt dem Trainierenden nun eben diesen geforderten Zustand, in dem er seinen Körper nur minimal spürt, da er nur geringfügig belastet wird. Im Gegensatz dazu spürt jeder VR-Nutzer, der sich sitzend oder stehend in einem anderen VR-System befindet zumindest sein eigenes Körpergewicht, das einen entsprechend hohen Druck auf das Gesäß oder auf die Fußsohlen ausübt. Hinzukommen noch der Druck auf die Wirbelsäule, welcher sich bei krummen Sitzen oder längerem Stehen aufbaut. Und, wie bereits gesagt, können solche Empfindungen aus der Realität das VR-Erlebnis insbesondere dann stark beeinträchtigen, wenn diese Empfindungen nicht in die VR integriert werden können. Umgekehrt besitzt die Flostation, bei der nun am Kopfende des Flochairs das Flo dome angebracht ist und die optional zusätzlich über Vibrationsmechanismen verfügen kann, ihrerseits das Problem, daß ein VR-Nutzerr, dem in der VR das Gefühl vermittelt werden soll, daß er steht oder sitzt, entsprechend an der Fußsohle oder dem Gesäß mit einem Reiz konfrontiert werden müßte, sofern in der VR-Welt eine diesbezügliche Gravitation vorausgesetzt würde.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß alle bis dato konzipierten VR-Systeme in Bezug auf das Kriterium "Reality" noch als verbesserungsfähig anzusehen sind, was natürlich keineswegs eine Kritik an den Konstrukteuren und Entwicklern darstellen soll, sondern vielmehr darauf hoffen läßt, welche technischen Raffinessen sich in (naher) Zukunft noch auf diesem Sektor ergeben werden. Zudem sollte man nicht vergessen, daß die VR-Systeme die Ansprüche und Anforderungen, die man ihnen stellt, bereits in hohem Maße erfüllen, so daß die Forderung nach einer

hundertprozentigen Abbildung der Realität zeitweilig als irrelevant und überflüssig oder sogar als in höchstem Maße unerwünscht angesehen wird.

1.3.2 Gesundheitliche Risiken

Läßt sich noch über die Notwendigkeit oder den Grad der Umsetzung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten unserer realen Welt beliebig streiten, so ist hingegen der Aspekt der mit der Nutzung eines VR-Systems in Verbindung stehenden gesundheitlichen Risiken für alle Systeme gleichermaßen von Bedeutung. Hierbei spielen sowohl die Nebeneffekte aus der Benutzung bestimmter Hardware als auch die aus der Dauer der VR-Nutzung resultierenden Krankheitserscheinungen eine entscheidende Rolle. So sind insbesondere verschiedene Untersuchungen seitens der amerikanischen Streitkräfte durch das U.S. Army Research Institute in Alexandria (Virginia) durchgeführt worden, da VR-Systeme zur Simulation von sog. ICS (Individual Combat Simulations = engl.: Individuelle Kampfsimulationen bzw. Einzelkampfsimulationen) genutzt werden können, um den Soldaten besondere Kampftaktiken, insbesondere im Nahkampf, zu vermitteln.

Bezugnehmend auf einen Report dieses Forschungsinstituts (Technical Report Nr. 1027, Mai 1995) wurden bei einigen Testpersonen während der Nutzung eines VR-Systems diverse Symptome festgestellt, darunter Übelkeit, Kopfschmerzen und Desorientierung. Bei einem allgemeinen Test, bei dem 80 Zivilisten, 20 Militärs und 50 Feuerwehrmänner für 20 Minuten eine VR mit verschiedenen Räumen, in denen sich diverse Objekte zur Interaktion befanden, erkunden konnten, wurde festgestellt, daß sich mehr als 60% der VR-Nutzer nach Beendigung der VR-Reise unwohl bzw. unbehaglich fühlten. Diese Empfindungen lassen sich u.U. auf die ungewohnte Umgebung zurückführen, die auf neue Art wahrgenommen werden muß, so daß man diese Symptome eventuell als gewöhnungsbedürftig einstufen könnte. Wesentlich konkreterer Natur hingegen sind die Symptome, die direkt auf die Nutzung bestimmter VR-Apparaturen zurückgeführt werden können.

Als gravierendstes Problem sind dabei die nachteiligen Auswirkungen auf die Sehorgane zu nennen, da neben den primären Augenschmerzen nachfolgende

Symptome wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Sehstörungen auftreten können. Dies gilt vor allem bei der Benutzung der Datenhelme, da britische Forscher festgestellt haben, daß das Tragen eines HMDs über einen Zeitraum von nur zehn Minuten die gleichen negativen Effekte haben kann wie die achtstündige Betrachtung eines Kathodenstrahl-Bildschirms.

Obwohl diese Studie der britischen Forscher zwar bereits aus dem Jahr 1993 stammt und daher von wesentlichen Verbesserungen der HMDs ausgegangen werden darf, bleibt immer noch zu bedenken, daß es noch verschiedene low-cost HMDs auf dem Markt geben dürfte, die Auslöser für solche Krankheitssymptome sein könnten. Dies ist insbesondere bei der Entwicklung von Spielekonsolen mit Datenhelmen von besonderer Bedeutung, da diese zumeist von Jugendlichen unter 16 Jahren genutzt werden, wobei die Gruppe der Jugendlichen, die jünger als 12 Jahre sind, aufgrund ihrer noch nicht voll ausgebildeten binokularen Sehkraft (STONE, 1993) besonders anfällig für derartige Symptome sind (REASON & BRAND, 1975).

Darüber hinaus ist zu erwähnen, daß es bei den Datenhelmen vorkommen kann, daß sich die Displays zu nah vor den Augen des Nutzers befinden bzw. daß die Bilder derart projiziert werden, daß die Augen diese nicht entspannt betrachten können, sondern zu sehr focussieren müssen, um die Bilder scharf zu sehen. Dies führt unweigerlich dazu, daß Ermüdungserscheinungen der Sehorgane wesentlich schneller und häufiger auftreten können oder daß bei längeren Nutzungen sogar mit dauernden Sehschäden bzw. -störungen gerechnet werden muß.

Ferner bleibt zu bedenken, daß die bereits erwähnten Methoden zum Head- bzw. Eye-Tracking ebenfalls bei langdauernden Anwendungen als nicht unproblematisch angesehen werden dürften, da die kontinuierliche Ultraschall-Bestrahlung während des schon beschriebenen Head-Tracking-Verfahrens möglicherweise ebenfalls zu Kopfschmerzen durch die permanente, aber unbewußte Belastung des Ohres führen könnte. Des weiteren ist die ständige Abtastung der Netzhaut mittels infraroter Strahlung zum Zwecke des Eye-Tracking-Verfahrens vermutlich gleichermaßen als unbewußte Dauerbelastung anzusehen, die zu Augen- und damit zu Kopfschmerzen

führen könnte, was allerdings noch durch eine entsprechende wissenschaftliche Untersuchung zu verifizieren bzw. zu widerlegen ist.

Abschließend bleibt zu sagen, daß das HMD wohl die einzige VR-Komponente ist, die Auslöser für ernste und langwierige Krankheiten sein kann, da hier aufgrund ihrer Konstruktion diverse Mängel auftreten können. So ist eine schlechte Auflösung der im HMD sichtbaren Bilder, deren Flackern oder Flimmern aufgrund einer zu niedrigen Übertragungsfrequenz, ein zu geringer Abstand zwischen Augen und Projektionsflächen, ein schlechter Kontrast oder eine zu geringe Schärfe der Bilder unbedingt zu vermeiden, um Störungen der Sehorgane vorzubeugen. Welche Symptome durch die Nutzung von Shutter-Brillen ausgelöst werden und inwieweit diese für Sehstörungen verantwortlich gemacht werden können, muß ebenfalls noch durch entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen geklärt werden.

2 Virtual Reality - Sinnvolle Anwendungen

Im Mittelpunkt der folgenden Abschnitte steht die Frage, zu welchen Zwecken die derzeit existierenden VR-Systeme genutzt werden (können) und welche weiteren Einsatzmöglichkeiten denkbar sind. Hauptsächlich wird jedoch auf eine Auswahl bereits etablierter Applikationen eingegangen, da sie die vielfältige Verwendbarkeit der Systeme schon in ausreichendem Maße demonstrieren.

2.1 VR und Produktgestaltung im Maschinenbau

Derzeit erfreut sich VR einer regen Beliebtheit in dem relativ großen Gebiet der Simulation und Modellierung. So werden bei einem der größten amerikanischen Autoproduzenten, der Ford Motor Company, als auch bei den großen deutschen Firmen, wie z.B. bei der BMW AG und der Daimler-Benz AG, die Möglichkeiten der VR hauptsächlich dazu genutzt, um das sog. Computer Aided Engineering (CAE), den computergestützten Maschinenbau zu betreiben. Insbesondere gehört zu diesem Aufgabengebiet die Simulation von Crash- und Windkanal-Tests, wobei die Kosten für die Herstellung und Entwicklung der Prototypen wesentlich verringert

werden können, indem geringfügige Änderungen der Struktur der Karosserie nicht erst durch die Entwicklung eines separaten und korrigierten Testmodells hinsichtlich ihrer Auswirkungen überprüft werden müssen, sondern durch die bereits gesammelten Daten mit Hilfe von approximativen Berechnungen im Computer ermittelt werden können. Neben dieser Kosteneinsparung ergibt sich zudem eine Verkürzung der Entwicklungszeit, weshalb ein neues Fahrzeugmodell wesentlich früher auf den Markt gebracht werden kann. Dies bedeutet eine zusätzliche Kostenersparnis, da die Handlungskosten, vor allem die Löhne, die während der Entwicklungszeit anfallen, minimiert werden können. Zudem birgt die Möglichkeit, Testfahrzeuge in einer kürzeren Zeit auf Fehler in der Konstruktion zu überprüfen, den Vorteil, solche Fehler, die erst nach der Auslieferung der ersten Fahrzeuge festgestellt wurden, nachträglich schnell zu beheben und somit weitere Kosten zu sparen, indem man eine unnötige Fehlproduktion vermeidet.

Ähnlich verhält es sich mit kurzfristig auftretenden Marktänderungen, durch die sich das Kaufverhalten der Nachfrager z.B. aufgrund einer neuen Gesetzesregelung oder einer technologischen Neuentwicklung derart modifiziert, daß die bisher produzierten Fahrzeuge nicht mehr den Ansprüchen der Käufer genügen. In diesem Falle ermöglicht es die VR-Technik, die relevanten Veränderungen relativ schnell umzusetzen und zu simulieren und hierdurch die Konsequenzen bzw. Abweichungen beim Crash-Verhalten oder bei den allgemeinen Fahrfunktionen abzuschätzen. Somit könnte die Produktion dementsprechend zügig umgestellt und angepaßt werden, so daß nur ein relativ geringer Anteil an Fehlprodukten erzeugt würde bzw. die Produktion nur für eine kurze Zeit gestoppt werden müßte.

In diesem Zusammenhang sei hier eine Weiterentwicklung der VR erwähnt, die bei den Volkswagen- und den BMW-Werken angewendet wird: die sog. Augmented Reality (AR), die "erweiterte Realität". Bei diesem Verfahren werden reale Gegenstände mit virtuellen Gegenständen und entsprechende Informationen überlagert. Dies geschieht, indem der VR-Nutzer durch eine AR-Brille schaut, durch die er ein reales Objekt sieht, wobei aber gleichzeitig computergenerierte Bilder und Informationen auf das Innenglas gespiegelt werden, die sich passend über das betrachtete Objekt legen. Auf diese Weise wird z.B. bei den BMW-Werken den Monteuren durch Pfeile angezeigt, wie sie in eine reale Tür das zugehörige Schloß einzubauen haben. Somit wird ein relativ komplizierter Einbauvorgang durch die

entsprechende Computerunterstützung wesentlich vereinfacht, so daß sich Fehler vermeiden lassen und sich zudem noch Zeit einsparen läßt. Diese Methode dürfte sich in Zukunft noch zu einer sehr interessanten Anwendung im Ausbildungsbereich der KFZ-Branche entpuppen, da so den Lehrlingen komplizierte Reparaturvorgänge schnell und auch vielfach wiederholbar vermittelt werden könnten, ohne daß sie von einem entsprechenden Meister betreut werden müßten, so daß jener weniger unproduktive Zeiten zu verzeichnen hätte. Über die weiteren zukünftigen Möglichkeiten der VR gibt aber noch Kapitel 5 ausführlicher Auskunft.

2.2 VR und Forschung

Als eine weitere sinnvolle Anwendung von VR sei auch die Pathfinder-Mission der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA angegeben, bei der die Kameratechnik der Pathfinder-Sonde, die am 4. Juli 1997 auf dem Mars landete, von der amerikanischen Firma StereoGraphics entwickelt wurde, die sich auch für die Entwicklung der in Kapitel 1.2.1 vorgestellten LCD-Shutter-Brille "CrystalEyes" verantwortlich zeichnet.

Mit Hilfe der speziellen Kameras, die stereoskopische Bilder von der Marsoberfläche zur Erde sandte, welche auf einem speziellen Bildschirm, ebenfalls aus dem Hause StereoGraphics, dargestellt wurden, ließ sich die Landung verfolgen und gegebenenfalls korrigieren. Ferner konnte das Sojourner-Modul, das ferngesteuerte Erkundungsfahrzeug an Bord der Sonde, sicher über die steinige und staubige Planetenoberfläche dirigiert werden, da sich aus den übermittelten Bildern ein räumliches Modell der Umgebung des Fahrzeugs ableiten ließ, indem man die Größe und die Entfernung von Objekten errechnete sowie die Morphologie der Oberfläche vermutlich aus dem Verhältnis von Licht und Schatten an Geländekanten abschätze. Aus den so gesammelten Daten ließe sich nun eine komplette VR-Szene erstellen, mittels derer die Wissenschaftler selbst die Marsoberfläche erkunden könnten, und durch diesen gesamtheitlichen Eindruck weitere Aussagen über den Mars gewinnen, insbesondere über seine frühere Gestalt, über das Ausmaß der atmosphärischen Einflüsse (z.B. Winderosion, i.e. Verwehungen und Zerstörung von

Gestein durch Winde) sowie über mögliche zukünftige Veränderungen der Oberfläche.

2.3 VR und Training

Eine weitere Anwendung von VR-Systemen durch die NASA war die Vorbereitung der Hubble Space Telescope Repair and Servicing Mission (STS-61), bei der das Hubble-Teleskop, das auf der Erde fehlerhaft konstruiert und so im All in Betrieb genommen wurde und deshalb nur unscharfe Bilder machte, eine "Brille" bekommen sollte. Da dem Personal der Ingenieurteams und der Flugkontrolle nur beschränkte Trainingsmöglichkeiten zur Verfügung standen und sie den Astronauten bei deren komplexen Arbeiten im Weltall beratend zur Seite stehen mußten, entschloß man sich dazu, die voraussichtlichen Reparaturarbeiten, die im geöffneten Laderaum des Space Shuttles vorgenommen werden sollten, mit Hilfe eines VR-Systems zu simulieren und zu trainieren, um die Koordination effektiv abzustimmen.

Die Tatsache, daß das Personal der Flugkontrolle, - insgesamt 105 Personen, die in über 200 Simulationsstunden innerhalb von nur drei Monaten trainiert werden konnten bzw. mußten -, seinen Lernerfolg und seine Motivation zum Lernen in dem VR-System als sehr hoch einstufte, spricht deutlich für die Anwendung und den Einsatz von VR-Systemen in komplexen Trainingsprogrammen.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von VR-Systemen speziell für das Training des Personals einer Flugkontrolle ist der seit dem Jahr 1994 betriebene österreichische Tower-Simulator der Austro Control GmbH namens AUSTRAS, was vermutlich eine Kurzform für Austrian Air Traffic Simulator darstellt und der von der ATS Aerospace in Montreal, Kanada, produziert wurde.

Auch die militärischen Organisationen haben den Nutzen und die Effektivität der VR-Systeme für Trainingszwecke seit langem erkannt. Nicht umsonst versucht die U.S. Army und die U.S. Navy, einen sog. CCTT (Close-Combat-Tactical-Trainer = engl.: Nahkampf-Taktiktrainer) zu entwickeln, um die kämpferischen Fähigkeiten der Truppen zu verbessern und um die relativ geringen Überlebenschancen versprengter

Soldaten, insbesondere notgelandeter Piloten, so zu verbessern, daß sie sich bis zu ihrer Rettung hinter den feindlichen Linien behaupten können.

Ebenfalls in die Kategorie der zu Trainingszwecken genutzten VR-Systeme fallen die bereits etablierten Fahr- und Flugsimulatoren, wobei diese im Vergleich zu den schon beschriebenen Systemen (CAVE, CUBE, Flostation etc.) ebenso wie auch das AUSTRAS-System nur zu einem einzigen und festgelegten Zweck eingesetzt werden können, während eine vielfältige Nutzung bei den relativ hohen Kosten eines Systems doch wünschenswert wäre.

Jedoch läßt sich ein VR-System nicht nur nach seiner Vielseitigkeit beurteilen, sondern es ist auch darauf achten, ob es die gewünschten Anforderungen und insbesondere die Voraussetzungen für die Lösung problemorientierter Aufgabenstellungen erfüllt. Daher wird bei den Fahr- und Flugsimulatoren, wie auch bei allen anderen speziellen Simulatoren, mehr Wert auf die Umsetzung des Realitätsanspruchs gelegt als auf die Multifunktionalität des Systems. Unabhängig davon, welchen Ansprüchen das Trainingssystem genügen soll, sind allen Simulatoren folgende gravierende Vorteile gemeinsam: zum einen sind sie im Vergleich zu den herkömmlichen Trainingsmethoden kostengünstiger, da die Kosten für den Betrieb des simulierten Geräts (i.e. Wartung, Treibstoffe, Reparaturen von möglichen Trainingsunfällen etc.) von vornherein entfallen und sich das Trainingssystem unabhängig von der Tageszeit nutzen läßt, so daß z.B. ein Flugtraining in der Nacht ermöglicht wird, was bei einem echten Trainingsflug nicht ohne entsprechende Nachtsichtgeräte und zusätzliche Erfahrungen (i.e. besonderes Training) des Lernenden möglich wäre. Daraus resultiert eine hohe und eventuell sogar maximale Nutzungsfrequenz des Simulators, so daß sich die aufgewendeten Kosten für die Errichtung des Systems schneller amortisieren als sie es z.B. bei der Anschaffung eines entsprechenden Trainingsflugzeugs täten.

Der zweite gravierende Vorteil ist der allgemeine Sicherheitsfaktor, der daraus resultiert, daß während der Übung keine Gefährdung von Mensch und Material besteht. Ein weiterer Aspekt dieser Sicherheit ist die Möglichkeit, im Simulator Extremsituationen zu trainieren, was die jeweilige Ausbildung zum einen komplettiert und zum anderen in einer entsprechenden realen Gefahrensituation eventuell dazu

führt, daß ein Fehlverhalten seitens des Ausgebildeten verhindert werden kann und somit ein zukünftiger Schaden von Mensch und Maschinen ab initio abgewendet wird. Dies gilt insbesondere für extreme Flugsituationen, wie z.B. bei Nebel, wo ein Fehler des Flugzeugführers über das Leben der sich an Bord befindlichen Passagiere entscheiden kann. Durch ein entsprechendes Simulationsprogramm ließe sich so die psychische und physische Kondition der Piloten in spe testen und zumindest diejenigen vorab aussortieren, denen schon bei einer simulierten Extremsituation bereits entsprechend gravierende Fehler unterliefen und die somit in einer realen Notfallsituation einen weitaus höheren Risikofaktor darstellten als diejenigen, die im Simulator die Nerven behielten.

Natürlich stellt die erfolgreiche Absolvierung einer solchen Trainingseinheit im Simulator noch keine Garantie dafür dar, daß der Pilot auch wirklich in Notfallsituationen sicher und überlegt handelt, da er sich in einem solchen Fall der Gefahr, ums Leben zu kommen, tatsächlich ausgesetzt sieht. Allerdings läßt sich durch das intensive Training solcher Situationen der potentielle Streßfaktor minimieren, der sich in derartigen Gefahrensituationen meist darin äußert, daß der Mensch nicht rational handelt, sondern eher instinktiv und unbewußt, was als die eigentliche Ursache für derart schwerwiegende Fehler anzusehen ist.

2.4 VR und Bildung

Generell läßt sich VR dazu nutzen, um Inhalte des Bildungswesens sinnvoll und vor allem interessant zu vermitteln. So könnte man die derzeitigen VR-Systeme vermutlich sehr effektiv in Schulen einsetzen, um die zeitweise verringerte Aufmerksamkeit der Schüler zu stimulieren. Es wäre z.B. vorstellbar, daß sich der Lehrstoff der Schulbücher in multimediale Informationen umsetzen läßt, so daß sich die Schüler eher dazu animiert fühlen, schwierige, uninteressante oder "trockene" Themengebiete freiwillig anzugehen, sich mit ihnen auseinanderzusetzen und zu erlernen. Mit solchen und ähnlichen Fragestellungen beschäftigt sich das Virtual Reality and Education Laboratory der East Carolina University in Greenville, North Carolina. In ihrer Schriftenreihe "VR in the Schools", deren erste Ausgaben aus den Jahren 1995 und 1996 noch im Internet eingesehen werden können, werden die

verschiedensten Aspekte der Einsatzmöglichkeiten von VR-Systemen innerhalb des Bildungssektors diskutiert, wobei auch über die internationalen Bemühungen der Etablierung diverser Systeme berichtet wird.

Gleichermaßen interessant ist die Verwendung von VR-Systemen im Rahmen von Museumsausstellungen, bei denen einzelne Artefakte oder bestimmte Ausstellungsobjekte durch VR oder AR in ein künstlich generiertes Abbild der entsprechenden historischen Lokalitäten (i.e. Tempelanlagen, Räumlichkeiten etc.) integriert werden könnten. So wäre es vorstellbar, die in einem Museum fehlenden Grabbeigaben, die z.B. bei der Entdeckung des Grabes von Tut-Ench-Amun im Tal der Könige ausgegraben wurden und aus Gründen des allgemeinen Kulturerbes auf die Museen in aller Welt aufgeteilt werden mußten, virtuell zu einem vorhandenen Ausgrabungsobjekt hinzuzufügen, um den Anblick zu veranschaulichen, der sich Howard Carter zu Beginn unseres Jahrhunderts bei der Öffnung des Grabes bot.

Der Einsatz von VR-Systemen bei Kunstaussstellungen ist hingegen wesentlich aktiverer Natur, da hier zumeist das VR-System nicht zur Darstellung diverser Kunstwerke genutzt wird, sondern selbst als ein Teil des Kunstwerks fungiert. So partizipierte in Stockholm, der Europäischen Kulturhauptstadt 1998, das am Royal Institute ParallellDatorCentrum errichtete VR-CUBE-System, zu dessen Errichtung neben der notwendigen Erweiterung der bereits vorhandenen Hardware-Ausstattung ca. 3,5 Millionen Kronen (= ca. 770.000 DM) investiert wurden, im selben Jahr an dem Projekt der Künstlerin Teresa Wennberg, die mit diesem System ihr "Paralleles Universum" schuf. Derzeit arbeitet auch die Künstlerin Samara Braga mit dem CUBE-System und einem 3D-Film am PDC.

Allerdings ließe sich auch eine passive Nutzung des CUBE-Systems für künstlerische Zwecke vorstellen, indem z.B. kleinere Städte und Kulturzentren, die nicht über die finanziellen Mittel verfügen, um eine eigene Kunstsammlung zu errichten, mit Hilfe des CUBE-Systems verschiedene Übertragungen aus den Kunstgalerien anderer, größerer und vermögenderer Städte präsentieren könnten, so daß der Kleinstädter oder Dörfler in seinem Ort die großen Museen der Weltmetropolen begehen und besichtigen könnte. Sicherlich wären hierbei Abstriche insbesondere bei der Betrachtung von Gemälden zu akzeptieren, da sich die

Feinheiten der Pinselführung nur schlecht visualisieren lassen, es sei denn, daß man interaktive Kameras vor den Kunstwerken plazierte, die auf die jeweiligen Bewegungen des VR-Nutzers reagieren, und somit detailgetreue "Live"-Bilder der Kunstwerke projizierte. Die Betrachtung von Plastiken ließe sich entweder durch die Verwendung stereoskopischer Kameras oder durch den Einsatz von 3D-Scannern, wie dem Fastscan Laserscanner der Firma Polhemus Inc., realisiert werden.

In diesem Zusammenhang dürfte das Internet eine nicht unwesentliche Rolle spielen, da man über dieses Netzwerk schnell Informationen aus aller Welt erhalten kann. Mittlerweile gibt es ja auch schon eine Vielzahl von Webseiten, auf denen man die Aktionen in Redaktionen, Sendern oder auf Messen live per Kameraübertragung verfolgen kann. Und daher bedarf es eigentlich nur eines kleinen Schritts, um diese Bilder durch stereoskopische Kameras aufnehmen zu lassen und auf einem beliebigen VR-System darzustellen.

2.5 VR als Hilfsmittel für Behinderte

Dies wäre insbesondere für diejenigen interessant, die aus gesundheitlichen oder anderen wichtigen Gründen nicht an den Veranstaltungen teilnehmen können. Zu diesen zählen nun nicht nur stark beschäftigte Unternehmer, die keine Zeit finden, interessante Messen zu besuchen, sondern auch die zeitweilig benachteiligte Gruppe der Körperbehinderten, die sich, sofern ihnen ein Besuch solcher Veranstaltungen unmöglich ist, trotzdem auf diesen Messen umschaun und informieren könnten. Dies könnte z.B. derart von statten gehen, indem sie einen Bekannten mit einer entsprechenden Kameraausstattung auf die Messe entsendeten, der für sie diejenigen Stände ansteuerte, die den Behinderten interessieren, wobei durch einfache mobile Kommunikationstechniken Informationen, - z.B. über den nächsten Stand, der besucht werden soll -, ausgetauscht werden können. Gleichmaßen wäre dies u.U. eine Möglichkeit für Personen mit bestimmten Phobien (z.B. Klaustrophobie oder Angst vor großen Menschenmengen), wieder indirekt am gesellschaftlichen Leben teilzuhaben und sich nicht mehr ausgeschlossen zu fühlen.

Um noch einmal auf die Möglichkeiten von VR-Systemen als Hilfsmittel für Körperbehinderte zurückzukommen, soll an dieser Stelle nur ein einziges weiteres Beispiel angeführt werden, das uns das zukünftige Potential der VR deutlich vor Augen führt. Durch das dargestellte Eye-Tracking-Verfahren, bei dem die Blickrichtung bzw. das focussierte Objekt ermittelt werden kann, besteht nunmehr sogar für Ganzkörpergelähmte, insbesondere für Schlaganfall-Patienten und Unfallopfer, die lediglich noch ihre Augen bewegen können, wieder die Möglichkeit, mit ihrer Umwelt zu kommunizieren, indem sich auf einem Bildschirm z.B. ein Tastaturfeld abbilden ließe und der Betrachter allein durch den Blick auf ein bestimmtes Buchstabensymbol diesen Buchstaben als Ausgabe bestätigt. Hierzu muß der Blick eine gewisse Zeit lang auf dem Symbol ruhen, damit das System zwischen den willkürlichen und den gerichteten Blicken differenzieren kann. Alternativ lassen sich auch Symbole für Speisen, Getränke und Tätigkeiten auf dem Bildschirm anbieten, um so dringende Bedürfnisse schnell artikulieren zu können. In Verbindung mit einem Rollstuhl wäre es durchaus denkbar, daß ein Behinderter durch einen entsprechenden Blick auf das Symbol auf einem Bildschirm diesen Rollstuhl in jede beliebige Richtung steuern könnte, was dem Nutzer wieder einen gewissen Grad an Freiheit und Unabhängigkeit garantieren würde, wodurch er sich mit seiner Behinderung vermutlich besser oder zumindest leichter abfinden könnte, ohne sich in seinem Körper "gefangen" oder ausgegrenzt zu fühlen.

2.6 VR und spezielle medizinische Anwendungen

Im Gegensatz zu solchen mittelbaren medizinischen Wirkungen, bei denen das VR-System den Rollstuhl steuert oder den Psychologen ersetzt, wird die VR aber auch unmittelbar für die medizinische Praxis nutzbar gemacht. So existiert in den USA das NASA Ames Center for Biocomputation/Virtual Environment for Reconstructive Surgery, bei dem ein spezielles VR-System, die Virtual Environment Surgical Workbench (= engl.: virtuelle chirurgische Werkbank), die mittels Computertomographie über das Innenleben einer Person erhaltenen Informationen wieder zu einem dreidimensionalen Patienten zusammensetzt. Insbesondere bei dem wissenschaftlichen Schwerpunkt- und Forschungsgebiet dieses NASA-Zentrums, der chirurgischen Wiederherstellung von zerstörten Körperpartien, läßt

sich auf diese Weise relativ schnell das Ausmaß der Verletzungen und der daraus resultierenden notwendigen Maßnahmen abschätzen. Gleichzeitig läßt sich auch auf diese Weise wiederum die Ausbildung medizinischer Fachkräfte wesentlich verbessern und vor allem verkürzen, da auch hier vielfältige Krankheitsbilder in einem relativ kurzen Zeitraum simuliert und analysiert werden können, ohne erst auf einen entsprechenden Krankheitsfall warten oder einen solchen Zustand vielleicht an Leichen herbeiführen zu müssen. Zudem ergibt sich bei der Simulation solcher chirurgischer Eingriffe die Möglichkeit, das ursprüngliche Krankheitsbild schnell, quasi per Knopfdruck, wieder herzustellen und alle bisherigen Eingriffe in einem Augenblick wieder rückgängig zu machen, um Fehler zu beheben und / oder alternative Behandlungsmethoden und Eingriffe studieren zu können, was bei einer Behandlung am lebenden Patienten nicht möglich ist und was bei der Übung am toten Objekt ebenso wenig realisierbar ist. Daher gewinnen VR-Systeme in den schwierigen Bereichen der Medizin, darunter auch bei chirurgischen Eingriffen im Innern des Patienten, bei denen der behandelnde Arzt sich mit Hilfe von Endoskopen im Körper orientieren und die Handhabung der Geräte koordinieren muß, eine immer größer werdende Bedeutung.

2.7 VR und Entertainment

Ein weiterer Anwendungsbereich der VR, der sich ebenfalls in naher Zukunft noch weiterer und vor allem wachsender Beliebtheit erfreuen dürfte, ist wohl die Branche der Unterhaltungsindustrie. Neben den (finanziellen) Möglichkeiten, die sich aus der Kombination von VR und Computerspielen ergibt, wird die VR-Technik seit längerer Zeit, allerdings auf einem wesentlich niedrigeren Niveau, u.a. auch in den sog. Erlebnisparks als neuartige Attraktion eingesetzt.

So wird z.B. im amerikanischen Disney-World, in einigen der weltweiten Disneyland-Ressorts oder im noch jüngeren Warner Bros. Movie World, den Besuchern, die auf einer mit Sitzreihen versehenen und beweglichen Plattform Platz nehmen, ein normaler Film ohne entsprechende 3D-Techniken vorgeführt, der aber über eine hohe Dynamik verfügt. Zumeist handelt es sich bei diesen Filmen um (computergenerierte) Flugszenen, bei denen die dargestellten Bewegungen des

Flugzeugs, Raumschiffs o.ä. durch eine adäquate Bewegung der Plattform simuliert werden und dem Betrachter so das nötige Gefühl der Eingebundenheit vermitteln sollen, um den Film und somit den Flug zu "erleben". Um diesen gewünschten Effekt noch zu verstärken, wäre es zweckmäßig, das bereits bestehende System mit der Vorführung spezieller 3D-Filme zu koppeln. Solche Filme werden derzeit in speziellen Kinos gezeigt, den sog. IMAX-Kinos. IMAX, was ein Kürzel für Image Maximizing (= engl.: Bildmaximierung) ist, bedeutet, daß die Filme im 70-Millimeter-Format gedreht werden und auf besonderen Leinwänden mit einem Ausmaß von fast 25 x 30 Metern präsentiert werden. Der 3D-Effekt, wird, wie jetzt schon mehrfach beschrieben, durch die Wiedergabe stereoskopischer Bilder erzielt, wobei das Publikum polarisierte Brillen trägt. Das interessanteste IMAX-Kino, von denen es bereits ca. 15 Stück in Deutschland gibt, ist derzeit wohl in Poitiers, Frankreich, zu finden ist, da es über einen durchsichtigen Boden verfügt, was dem Besucher das Gefühl zu schweben vermitteln soll.

Ob eine Verknüpfung zwischen den IMAX-Filmen und den Simulatoren der Erlebnisparks einen weiteren Besucheransturm auf diese Erlebnisparks auslösen kann und ob dies auf Dauer die Attraktivität solcher Projekte absichern kann, darf noch bezweifelt werden, da die Entwicklungen auf dem Home-Entertainment-Sektor recht schnell voranschreiten, was sich am Beispiel der DVD-Technik veranschaulichen läßt. Diese Digital Versatile Disc (= engl.: vielseitige digitale Scheibe) erlaubt es, Filme im Sinne der CD-Technik auf einen Datenträger digital abzuspeichern und ohne jeglichen Qualitätsverlust vielfach abzuspielen. Somit steht der Weg zum Heimkino offen.

Weiteren Vorschub in diese Richtung leisten eventuell auch die derzeit entwickelten autostereoskopischen Bildschirme, die sowohl von der Forschungsgruppe 3D-Display der Fakultät Informatik an der Technischen Universität Dresden als auch bereits seit 1996 von der Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH konzipiert werden. Diese Bildschirme verfügen über eine spezielle Maske, die die stereoskopischen Bilder selbständig zu dem jeweiligen Auge des Betrachters lenkt, weshalb eine zusätzliche Shutter-Brille nicht benötigt wird. Somit lassen sich dreidimensionale Bilder ohne belastende oder störende Nebeneffekte wahrnehmen, was sicherlich in Zukunft bei einer möglichen

Massenproduktion solcher Bildschirme zu einer entsprechend hohen Nachfrage in der Unterhaltungsbranche führen wird. Die Bildschirmgrößen der bis dato entwickelten Prototypen schwanken zwischen 10,4 Zoll und 21 Zoll, wobei nicht vergessen werden darf, daß ein Monitor mit einer 21 Zoll bereits einem Kleinbildfernseher entspricht. In Verbindung mit einer entsprechenden Fernseh-Karte wäre es also möglich, den Monitor sowohl als normales Computersichtgerät als auch als einen Fernseher zu nutzen. Natürlich besitzen die heutigen autostereoskopischen Bildschirme noch nicht die Fähigkeit, mehreren Nutzern gleichzeitig das 3D-Erlebnis zu bieten, weshalb eine Ablösung der bisherigen TV-Geräte noch in den Sternen steht.

2.8 VR und Architektur

Neben den erwähnten Anwendungen in der Planung der Produktgestaltung erschließt sich ein ähnliches Einsatzgebiet für VR in dem Bereich der Architektur. Hierbei lassen sich die Qualitäten der VR insbesondere für die Darstellung geplanter Gebäude einsetzen, um das Aussehen, die Funktionen und die Struktur der baulichen Anlagen auf die Wünsche der zukünftigen Besitzer abzustimmen. So gibt es heute schon eine Vielzahl von Architekturprogrammen, die dem Betrachter eine virtuelle Reise durch das geplante Eigenheim ermöglichen, die allerdings meist auf handelsüblichen PCs und mit einfachen 3D-Effekten dargestellt werden. Für besondere Großprojekte, z.B. Villen, dürfte es aber vorteilhafter sein, wenn der Betrachter die räumlichen Dimensionen und Eindrücke anhand präziser 3D-Darstellungen wahrnehmen und bewerten kann, um so von vornherein eine Akzeptanz mit dem Gebäude herzustellen und um so Unzufriedenheiten, die nach Baubeendigung entstehen könnten, zu vermeiden. Solch ein virtueller Rundgang könnte dann sogleich mit einer Applikation zur Auswahl raumgestalterischer Elemente, insbesondere von Möbeln und anderen Einrichtungsgegenständen, kombiniert werden, so daß sich dem Betrachter ein komplettes Abbild der häuslichen Räumlichkeiten offenbart. Dazu bedarf es aber leistungsfähiger Systeme, wie dem CUBE-System des PDC Stockholm, das derzeit ebenfalls dazu eingesetzt wird, um verschiedene Architektur-Projekte zu visualisieren und zu realisieren. Ferner wurde

es in der Vergangenheit von einigen Studenten dazu eingesetzt, um die Architektur-Ausstellung in Stockholm aus dem Jahr 1930 zu modellieren.

2.9 VR und öffentliche Planung

Ein mit dem Gebiet der Architektur verwandter Anwendungsbereich ist die Raumplanung der Kommunen, bei der, - statt einer bestimmten Abfolge einzelner Räumlichkeiten -, die Abfolge verschiedener räumlicher Strukturen koordiniert und sinnvoll erarbeitet werden muß. Daher ließe sich auch ein Einsatz von VR-Systemen im öffentlichen Sektor vorstellen, der vor allem bei umstrittenen Projekten zu einer besseren Akzeptanz auf Seiten der häufig uninformierten Bevölkerung führen könnte. Das soll nun nicht bedeuten, daß die VR-Systeme zu Propagandazwecken mißbraucht werden sollen, wie es z.B. bei einem Einsatz zu gewerblichen Werbezwecken der Fall wäre, aber es bietet sich hier die Chance, abstrakte, zweidimensionale Flächennutzungs- oder Bebauungspläne wie bei der Augmented Reality mit der lebendigen Umwelt der Menschen zu verknüpfen. Dadurch erreicht man ein wesentlich höheres Verständnis über Art und Aufbau solcher Projekte und kann wesentlich schneller deren Vor- und Nachteile erkennen und entsprechende Verbesserungsvorschläge formulieren. Eine solche Meinungsdiversität in der Bevölkerung läßt sich häufig bei der geplanten Errichtung bzw. Ausweisung von Windenergieanlagen feststellen, da diese aus ästhetischen Gesichtspunkten nur selten mit der sie umgebenden Landschaft harmonieren, und somit könnte eine Simulation solcher Sondergebiete im Rahmen der gesetzlichen Bürgerbeteiligung den Planungsprozeß vereinfachen und verkürzen, unabhängig davon, ob die Errichtung positiv oder negativ bewertet würde. Allein durch die Tatsache, daß sich das Endergebnis schnell simulieren, bewerten und notfalls noch schneller korrigieren läßt, spart bei der Planung eine Menge Zeit und damit auch Kosten ein, da das entscheidende Urteil, - pro oder contra -, leichter gefällt werden kann.

Gleichermaßen können die VR-Systeme dazu dienen, vielfältige landschaftliche Aufwertungsmaßnahmen zu planen und zu visualisieren, um z.B. das Stadtbild oder sogar das Stadtklima großer Metropolen zu verbessern, indem man die Effekte, insbesondere die zu erwartende Sauerstoffproduktion und die Luftfeuchtigkeits- und

Temperaturregulation, von anzulegenden Baumreihen oder Grünanlagen und Parks modellieren könnte. Somit könnte man zugleich Informationen über Schatten- oder Blattwurf gewinnen und späteren Problemen bereits vor der Umsetzung begegnen.

2.10 VR und diverse wirtschaftliche Anwendungen

Im folgenden werden nun einige Beispiele für mögliche Anwendungen gegeben, bei denen hauptsächlich ökonomische Interessen im Vordergrund stehen, wobei als erstes auf eine Entwicklung eingegangen werden soll, die auf der diesjährigen Hannover-Messe Industrie vorgestellt wurde, und zwar dem Ganzkörperscanner. Mit diesem Gerät können nämlich seit kurzer Zeit in einem Mainzer Bekleidungsgeschäft Anzüge, Hosen, Röcke und Sakkos vermessen werden, um dem jeweiligen Kunden entsprechend maßgeschneiderte Bekleidungsstücke offerieren zu können. In Verbindung mit einem VR-System bestünde nun die Möglichkeit, neben den Abmessungen der Kleidung gleichzeitig auch Farben, Schnitt und Accessoires mit Hilfe eines virtuellen Abbildes des Kunden festzulegen, ohne ein entsprechendes Vorführmodell vorrätig haben zu müssen. Man könnte somit sagen, daß es sich hierbei um ein Clothing-on-demand-Verfahren handelt (= engl.: Bekleidung auf Bestellung), bei dem das Bekleidungsgeschäft insbesondere bei teuren Stoffen keine Fehlproduktion in Kauf nehmen muß und diese in einer vorher genau bestimmten Menge ordern kann, da sich benötigte Stofffläche aus den ermittelten Körpermaßen ableiten läßt.

Ähnlich verhält es sich auch mit der Verwendung von VR-Systemen für Friseurgeschäfte, wobei allerdings in diesem Fall gesagt werden muß, daß sich eine Anschaffung eines solchen Systems aufgrund des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wohl nicht rentiert, da die meisten Kunden keine derart anspruchsvolle Frisur wünschen, als daß sie mit Hilfe von VR simuliert werden müßte.

Allerdings darf man bei der Anschaffung solcher neuartigen Geräte auch nicht den Werbeeffect vergessen, da allein schon die Tatsache, daß ein Geschäft über ein solches System verfügt, Auslöser dafür sein kann, daß neue Kunden angelockt werden. Jedoch bleibt zu erwähnen, daß sich ein solcher Effect nicht zwangsläufig

einstellen muß bzw. daß er sich lediglich als temporär, also als zeitlich beschränkt erweisen könnte.

Eine weitere vorstellbare Nutzung von VR-Systemen ist der Einsatz in Reisebüros, in denen sie dazu dienen könnten, Urlaubsorte und vor allem die -hotels zu zeigen, um den Nutzer sowohl einen ersten Überblick über die Art und die Ausstattung der Gästezimmer als auch eine spezielle Übersicht über die Lokalitäten inner- und außerhalb des Hotels zu erlauben. Dieses bietet sich insbesondere deshalb an, weil mehrere Urlaubsreisende vor Ort zeitweilig die Erfahrung machen mußten, daß die in den Reiseprospekten abgebildeten Photographien nicht immer mit der Realität übereinstimmten.

Um zu verdeutlichen, welche Möglichkeiten ein VR-System noch bietet, soll nun ein kleine Anwendung erdacht werden, die es bis dato (vermutlich) noch nicht gibt, welche aber vielleicht irgendwann einmal Realität werden könnte: basierend auf einer Flostation könnte man eine Art Solarium entwickeln, bei der der Nutzer auf dem Flochair liegt und sich vom Hals bis zu den Füßen bräunen läßt, während sich sein Kopf unterhalb des Flodomes befindet, wo die Augen vor der relativ schädlichen UV-Strahlung abgeschirmt sind und stattdessen einen Film verfolgen könnten, der Impressionen eines Strandbesuchs mit den Geräuschen einer sanften Brandung verbindet, so daß sich der Nutzer während seines Aufenthalts im Solarium noch besser entspannen kann.

Vorstellbar wäre ebenso, daß große Firmen mehrere solcher kombinierten Solarien und Flostations in einem Raum, einem sog. Floroom, errichteten, um stark beanspruchten Arbeitnehmern und Managern in einer separaten Pause die Möglichkeit zu bieten, sich z.B. für den Zeitraum einer Viertelstunde in einer derartigen Reststation (= engl.: Ruhestation) von ihrem Arbeitsstreß zu erholen, um durch diese Maßnahme sowohl die psychische als auch die physische Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit und damit indirekt die Produktivität der Beschäftigten zu steigern.

Eine weitere Anwendung in diesem Zusammenhang wäre z.B. die Errichtung eines CUBE-Systems, in dem entweder Heim-Trainer, - Rad- oder Ruderanlagen - ,

oder Laufbänder aufgestellt werden könnten, wobei auf die CUBE-Wände besonders attraktive Strecken durch Natur und Landschaft projiziert werden. Zudem ließen sich durch spezielle Geräusche und vor allem durch adäquate Düfte Streckenpassagen simulieren, die durch bestimmte Regionen führen, wie z.B. durch Wald, entlang von bestimmten Wiesen oder Flußläufen. So könnte der VR-Nutzer eine Radtour, einen Jogginglauf oder eine Bootsfahrt erleben, ohne sich wirklich von der Stelle zu bewegen bzw. bewegen zu müssen. Dieser Vorteil böte insbesondere dem Bereitschaftspersonal von Krankenhäusern, Feuerwehren etc. die Möglichkeit, sich zwischen streßreichen Einsätzen zu entspannen oder langweilige Wartezeiten sinnvoll zu überbrücken, um so zum einen fit zu bleiben und zum anderen in einer Notfallsituation mental voll belastbar zu sein, um schnell und fehlerfrei handeln zu können.

3 Virtual-Reality-Systeme contra PC-Komplettsysteme

Wie bereits dargelegt wurde, ist es bei der Generierung von VR-Welten unweigerlich erforderlich, eine Vielzahl von Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten, darzustellen und ggf. sogar zu speichern. So benötigt laut Angaben des Heinrich-Hertz-Instituts in Berlin z.B. die Cornea-Reflex-Methode, mit der die Blickrichtung des VR-Nutzers ermittelt werden kann und aus der für das Eye-Tracking-Verfahren ein Verarbeitungsvolumen von 50 MIPS (million instructions per second = engl.: Millionen Befehle pro Sekunde) resultiert, den Großteil der Rechenleistung eines Pentium-II-Prozessors. Das bedeutet, daß sich das System bei der gleichzeitig erfolgenden Berechnung der darzustellenden Bilder unweigerlich einer Überlastung gegenüber sieht, welche wohl sofort zum Absturz des Rechners führen dürfte. Warum sind also PC-Komplettsysteme, wie man sie jeden Tag in den Anzeigen der Tageszeitungen finden kann, trotzdem von einem generellen Interesse für die VR-Technik ?

Die Antwort auf diese Frage teilt sich in mehrere Punkte auf, die im folgenden dargelegt werden sollen:

- 1) Um VR einer breiten Masse zugänglich zu machen und somit eine zukünftige Verbilligung der VR-Systeme in Gang zu setzen, muß man sich dem jeweils aktuellen technischen Standard anpassen und die Möglichkeiten ausschöpfen, die z.Zt. zur Verfügung stehen. Daher ist das Internet das derzeit wichtigste Instrument für eine allgemeine VR-Nutzung.

Grundlegend hierfür ist die VRML, die Virtual Reality Modeling Language, vormals Virtual Reality Markup Language, die das Pendant zur HTML, der Hypertext Markup Language, darstellt. Diese Programmiersprache erlaubt es, dreidimensionale Objekte zu generieren, wobei aber wiederum nur die üblichen 3D-Effekte (Verdeckung, Perspektive, Schatten etc.) eingesetzt werden und weshalb es somit nicht wirklich um VR im Sinne der Definition dieser Schrift handelt. Jedoch lassen sich mit Hilfe dieser Sprache künstliche Welten generieren, an denen man am Bildschirm teilhaben kann.

Die Münchener Firma blaxxun interactive AG, die auf ihrer Homepage ein kostenloses VRML-Programm anbietet, beschreibt die Einsatzgebiete der VRML mit den Schwerpunkten Commerce, Collaboration, Community, die gleichsam das Firmenmotto darstellen. Die Vorteile sind für die einzelnen Bereiche in den folgenden Punkten zu sehen:

a) Commerce (= engl.: Kommerz)

Die wesentlichen Vorteile des sog. eCommerce, dem electronical commerce (elektronischer Kommerz), bestehen in

- dem 24-Stunden-Angebot,
- der grenzüberschreitenden Marktpräsenz,
- den geringeren Handlungskosten, die aus der Einsparung überflüssiger Laden- oder Lagerräume sowie aus dem geringeren Personalbedarf resultieren und
- der Möglichkeit kleinerer oder mittelgroßer Unternehmen, sich auf dem Weltmarkt präsentieren und etablieren zu können.

b) Collaboration (= engl.: Zusammenarbeit)

Als wichtigste Vorteile der Collaboration sind

- die grenzüberschreitende Zusammenarbeit,
 - der schnellere Kontakt und Austausch mit Geschäftspartnern,
 - die Chance einer unkomplizierten Kooperation zwischen Fachleuten und Experten sowie
 - die Kostenersparnis, die sich aus der Vermeidung unnötiger Reisekosten ergibt,
- zu nennen.

c) Community (= engl.: Gemeinschaft)

Die Bildung von Internet-Gemeinschaften durch die Gruppierung von Nutzern mit gleichen Interessen ermöglicht sowohl

- die explizite Meinungsforschung (vorrangig für eCommerce),
- die gemeinsame Meinungsbildung (vorrangig für Collaboration),
- die direktere und gerichtete kommerzielle Werbung als auch
- die leichtere Informationsbeschaffung aus dem zusammengetragenen Gemeinschaftswissen (sog. Wissens-Pool).

Es kann damit gerechnet werden, daß die Zahl der Internet-Zugänge weiterhin um ein Vielfaches steigen wird, was auf die wachsende Konkurrenz auf dem Telefonmarkt, auf die hohe Leistungsfähigkeit preiswerter Computer sowie auf die Entwicklung der Siemens-Gruppe hinsichtlich eines Internet-Zugangs per Steckdose zurückzuführen sein wird. Dies bedeutet wiederum, daß sich das Internet zu einem der größten, aber auch zu einem der vielleicht unübersichtlichsten Märkte unserer Zeit entwickeln wird. Daher ist das zukünftige Potential des Internets und des PCs nicht zu unterschätzen, was auch die amerikanische Firma Free-PC wohl dazu veranlaßt haben dürfte, ihren Kunden einen PC kostenlos zu überlassen, wobei als Gegenleistung von einem Server bei Free-PC per Modem ständig benutzerspezifische Werbung verschiedenster Unternehmen heruntergeladen wird, die dann anschließend auf dem Bildschirm des Kunden erscheint. Solche Werbemaßnahmen lassen sich nun mit Hilfe der

VRML wesentlich ansprechender gestalten und werden damit durch den Kunden möglicherweise besser oder gerade dadurch überhaupt erst akzeptiert.

Abzuwarten bleibt die Entwicklung der autostereoskopischen Bildschirme, die bei einer entsprechenden Nachfrage in größeren Mengen produziert und dann eventuell kostengünstiger angeboten werden können, so daß sie derart preiswert werden könnten, daß sie vielleicht in wenigen Jahren bereits an jedem Computerarbeitsplatz den normalen Standard-Monitor ablösen werden. Dann ließe sich das Internet dazu nutzen, wirkliche 3D-Bilder über die gesamte Welt verbreiten und anbieten zu können.

Im Zusammenhang mit den kurz geschilderten Möglichkeiten für den Einsatz für VR in einem Reisebüro sei hier noch einmal die Chance für bestimmte Tourismusunternehmen erwähnt, Werbung für vielzählige Urlaubsziele mit realen Impressionen machen zu können.

Diverse Banken und Kaufhäuser sowie die Lufthansa nutzen die Möglichkeiten der VRML bereits, um mit ihren Kunden möglichst attraktiv und vor allem fortschrittlich in Kontakt zu treten und insbesondere auch zu bleiben. Um das Image und die Reputation zu bewahren bzw. um sich dies aufzubauen, muß ein Unternehmen mit der Zeit gehen und auf Veränderungen fast ohne Verzögerung reagieren und sich ihnen anpassen können. Daher darf z.B. das Home-Banking nicht als der letzte Schritt in der "Evolution" einer Bank angesehen werden, sondern es wird, den derzeitigen Entwicklungen korrespondierend, unweigerlich erforderlich, daß man an einer virtuellen Filiale im Internet arbeitet, bei der der Kunde sich genauso verhalten kann wie bei einem normalen Bankbesuch. Das bedeutet, daß ein Nutzer mit Hilfe einer Chat-Funktion mit einem realen Bankangestellten kommunizieren kann und dabei entweder ein adäquat reagierendes virtuelles Modell seines "Gegenübers" auf dem Bildschirm verfolgt oder die reale Person per Bildübertragung zu sehen bekommt, da Kommunikation die Körpersprache einbezieht, wobei diese im Falle der Gebärdensprache sogar vor den Austausch von Worten an die erste Stelle treten kann.

- 2) Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Aspekt des PCs ist die Möglichkeit, ihn mit anderen PC zu einem Netzwerk zusammenzuschließen und die geeinte Kraft aller PC zu nutzen. Dieses Verfahren findet mittlerweile in fast allen größeren Firmen Anwendung, da so viele "leistungsschwache" Einzelsysteme zu einem leistungsfähigen Ganzen zusammengeführt werden können und sich so relativ rechen- oder speicherintensive Arbeitsvorgänge auf die einzelnen PC aufteilen lassen. Werden die Kapazitäten nun hingegen nicht von einem Arbeitsvorgang allein beansprucht, lassen sich so gleichzeitig viele "kleine" Arbeitsvorgänge realisieren. Der Vorteil der Netzwerke gegenüber einzelner, großer Rechenanlagen besteht daher in der einfachen Erweiterung des Systems. Allerdings haben auch die Netzwerke ihre Grenzen, und zwar in der Leistungsfähigkeit des Servers, der die "Schaltzentrale" eines Netzwerks darstellt. Besonders gut läßt sich dieses am Beispiel des Internets darlegen, da man doch relativ häufig feststellen kann, daß ein Server durch zuviele Anfragen aus aller Welt überlastet wird. Jedoch läßt sich hieran auch noch ein weiterer Vorteil eines Netzwerks aufzeigen, und zwar die räumliche Unabhängigkeit, da die Arbeitsstationen über weite Entfernungen hinweg plaziert werden können.

Darüber hinaus verfügen die PC über den Vorteil, daß sie sich nach ihrer Nutzung in einem Netzwerk wieder als unabhängige Recheneinheiten einsetzen lassen. Daher muß ihnen eine sehr hohe Wiederverwendbarkeit zugesprochen werden, was insbesondere hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Rechnung ein gravierendes Argument für die Verwendung von PC darstellt.

- 3) Was die PC noch so interessant macht, sind die zu erwartenden weiteren Verbesserungen der Leistungsmerkmale. Während man zu Beginn des Jahres 1993 noch einen Rechner mit einem 486er-Prozessor mit 33 MHz, 8 MB RAM und 80 MB Festplatte inklusive eines 14-Zoll-Monochrom-Monitors zum Preis von 2.000,- DM erstehen konnte, erhält man heute zum selben Preis einen PC mit einem Intel Pentium II oder einem AMD K6-2-Prozessor und dem Vier- bis Achtfachen an Hauptspeicher, einer mehr als zehnmal so hohen Taktfrequenz und einer mehr als hundertfachen Festplattenkapazität zuzüglich eines 17-Zoll-Farbmonitors. Rechnet man, - rein hypothetisch -, diese Entwicklung linear hoch, so gäbe es im Jahr 2005 einen Rechner, der für das gleiche Geld über 512 MB

RAM, 3 GHz CPU-Taktfrequenz, 1 TB (TeraByte = 1.024^4 Byte = 1.099.511.627.776 Byte) und der über einen 20-Zoll-Farbmonitor verfügte.

Allerdings darf man auch nicht vergessen, daß die heutigen PC in ihren Leistungsmerkmalen nicht gebunden sind, sondern bereits durch entsprechende Aufrüstungen den wachsenden Anforderungen bis zu einem gewissen Maß angepaßt werden können. So gibt es bei diversen Motherboard-Produkten bereits die Möglichkeit, den Hauptspeicher bis auf die erwähnten 512 MB aufzurüsten. Ferner lassen sich durch spezielle Schnittstellen-Karten mehrere Festplatten zusammenschließen, um so den verfügbaren Permanentenspeicher des PC zu vergrößern. Ob es jedoch Sinn macht, einhundert 10-MB-Festplatten miteinander zu verbinden, um auf die Kapazität von 1 TB zu kommen, dürfte bezweifelt werden. Was hingegen schon realistischer erscheint, ist der 20-Zoll-Farbmonitor, der heute schon existiert, aber eben noch recht teuer ist. Allerdings dürfte eine zukünftige Massenproduktion den Preis des Bildschirms deutlich verringern und somit auch die Nachfrage steigern. Auch hier soll nochmals auf die Entwicklung von autostereoskopischen Bildschirmen hingewiesen werden, die z.Zt. schon Größen von bis zu 21 Zoll aufweisen und denen somit auch in Zukunft eine wachsende Bedeutung zukommen dürfte.

- 4) In unmittelbarem Zusammenhang zum eben dargestellten Sachverhalt ist nun ein weiterer wichtiger Aspekt zu nennen, und zwar die Anschlußmöglichkeiten von VR-Schnittstellengeräten an einen normalen PC, welche insbesondere beim erwähnten autostereoskopischen Bildschirm eine Selbstverständlichkeit sein dürften bzw. müßten. So hat die amerikanische StereoGraphics Corporation u.a. auch stereoskopische Produkte entwickelt, die sowohl unter Win95 als auch unter DOS eingesetzt werden können und mit normalen Grafikkarten und Schnittstellen arbeiten. Besondere Bedeutung haben aber die Produkte, die für WinNT entwickelt wurden, da die Konzeption von WinNT auf eine höhere Leistung ausgelegt ist als Win95 und daher für den Anschluß stereoskopischer Ausgabegeräte wesentlich geeigneter ist. Einziges Problem hierbei sind derzeit jedoch noch die verschiedenen Arten der WinNT-Workstations bzw. der unterschiedlichen Grafikkarten, die in den Workstations eingebaut sind, da sie über ebenso unterschiedliche Anschlüsse verfügen, was sich auch bei den

vielfältigen UNIX-Arbeitsstationen feststellen läßt. So sehen sich die Hersteller von Schnittstellengeräten mit Anschlüssen konfrontiert, die drei, fünf, sieben, acht, neun Pins oder sogar nur eine 3,5-mm-Stereokopfhörer-Buchse aufweisen können. Trotz dieser vielzähligen Anschlußarten bleibt dennoch die Tatsache festzuhalten, daß VR-Ausgabegeräte an einen normalen PC angeschlossen werden können.

Dieser Vorteil wird in Zukunft vielleicht weiterhin an Bedeutung gewinnen können, wenn sich das Prinzip der Universellen Schnittstelle USB (Universal Serial Bus) als allgemeiner Standard durchgesetzt haben wird, so daß es nur noch eine Art von Anschlußbuchsen gibt, die zwar vielleicht über mehrere Dutzend Pins verfügen, von denen aber jedes Gerät nur ein bestimmte Anzahl von Pins benötigt, anhand derer das angeschlossene Gerät identifiziert und über die es mit den entsprechenden Informationen versorgt werden kann. Dies wäre ein riesiger Schritt in Richtung maximaler Kompatibilität zwischen unzähligen Hardware-Komponenten, was vor allem in Hinblick auf die zumeist hohen Anschaffungskosten von nicht zu vernachlässigendem Interesse sein dürfte, da sich hohe Kosten durch die entsprechend vielseitigen Einsatzmöglichkeiten und damit durch eine hohe Wiederverwendbarkeit des Geräts leichter relativieren und damit besser akzeptieren lassen.

Im weiteren werden nun einige Beispiele für VR-Komponenten angeführt, wobei nun das folgende Verzeichnis sicherlich nicht alle Hardware-Hersteller aufführen kann und auch keine Wertung über die angegebenen Hardware-Spezifikationen vorgenommen wird, da ein entsprechender Test der Geräte nicht durchgeführt werden konnte und da diese Übersicht auch nur einen kleinen Einblick in die Konstruktion und die mit der Anschaffung verbundenen Kosten geben soll. Sofern Informationen darüber vorlagen, wo und wozu ein bestimmtes System bereits genutzt wird, gibt eine entsprechende Anmerkung Auskunft hierüber.

Zu Beginn gibt nun die folgende Liste eine Übersicht über die Spezifikationen und Leistungsmerkmale eines Teils der derzeit erhältlichen Computer und Server der Silicon Graphics Inc. (SGI), da die Produkte dieser Firma im VR-Bereich scheinbar bevorzugt eingesetzt werden.

<u>Silicon Graphics</u>	Maximalspezifikationen von Onyx2-Rechnern					
<u>Computer</u>	<i>MXI</i>	<i>Reality</i>	<i>Infinite Reality Deskside</i>	<i>Infinite Reality Rack</i>	<i>Infinite Reality Dual Rack</i>	<i>Reality Monster</i>
Prozessorenanzahl	4	4	4	8	24	16
Prozessoren	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000
Cache [MB]	4	4	4	4	4	4
RAM [GB]	2	2	2	4	12	8
Festplattenspeicher [GB]	5 x 9,1 = 45,5	5 x 9,1 = 45,5	5 x 9,1 = 45,5	11 x 9,1 = 100,1	22 x 9,1 = 200,2	22 x 9,1 = 200,2
PCI-Steckplätze	3	4	4	8	24	16
Grafik-Pipelines	1	1	1	2	4	8
Prozessoren zur Geometrieberechnung pro Pipeline	2	2	4	4	4	4

<u>Silicon Graphics</u>	Beispiele für Basisspezifikationen von Onyx2-Rechnern					
<u>Computer</u>	<i>Reality</i>	<i>Infinite Reality Deskside</i>	<i>Infinite Reality Rack</i>	<i>Group Station</i>	<i>Reality Monster</i>	<i>Reality Monster</i>
Prozessorenanzahl	2	2	2	4	8	16
Prozessoren	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000	MIPS R10000
Taktfrequenz [MHz]	250	250	250	250	250	250
Cache [MB]	4	4	4	4	4	4
PCI-Steckplätze	4	4	8	9	16	16
Grafik-Pipelines	1	1	1	2	2	3
Anzahl der Racks	0	0	1	2 (?)	3	4
Preise [DM]	170.350	383.290	477.930	832.830	1.164.070	1.928.290

Mittlerweile ist die zweite Generation der InfiniteReality-Rechner auf dem Markt, die über einen Hauptspeicher von bis zu 256 GB verfügen und des weiteren mit bis zu 128 (!) MIPS-R10000, den 64-bit-Prozessoren, ausgestattet sein können. So bieten sich diese Systeme aufgrund ihrer hohen und schnellen Rechenleistungen insbesondere für den Betrieb eines CAVE- oder CUBE-Systems an, um die Datenmengen, die aus der gleichzeitigen Darstellung und Berechnung von fünf bzw. sechs (Seiten-)Projektionen resultieren, bewältigen zu können. Aus diesem Grund hat sich auch das Royal Institute PDC Stockholm, - bzw. der Lieferant und Erbauer, die TAN Projektionstechnologie GmbH & Co KG -, für den Einsatz eines Onyx2 mit 12 MIPS-R10000-Prozessoren, 4 GB RAM und mehr als 100 GB Festplattenspeicher zum Betrieb des CUBE-Systems entschieden.

Des weiteren befindet sich auch eine Onyx2 InfiniteReality Deskside Workstation am Virtual Environment Technology Laboratory (VETL), das zudem noch über ein CAVE-System verfügt, welches jedoch mit einem älteren SGI-System betrieben wird, wie es auch für das CAVE am Electronic Visualization Laboratory (EVL) der Fall ist. Darüber hinaus betreibt das EVL aber auch noch ihr ImmersaDesk-System und ihre InfinityWall (I-Wall) mit einem solchen Onyx-Rechner. Ferner wird mit einem InfiniteReality-System die Virtual Environment Surgical Workbench, die auf der Immersive Workbench der Firma Fakespace aufbaut und die der ImmersaDesk des EVL ähnelt, beim NASA Ames Research Laboratory (vgl. Abschnitt 2.6) betrieben.

Neben diesen leistungsfähigen Onyx-Rechnern gibt es aber auch noch andere Hardware-Komponenten der Firma SGI, die insbesondere im Zusammenhang mit Netzwerken zu nennen sind, als da wären: die O2- und die Octane-Workstations und die Origin-Server. Aus diesem Grund sollen die nachstehenden Tabellen einen kurzen Überblick über die Spezifikationen und Leistungsmerkmale dieser Geräte geben. Vorab sollen jedoch die jüngsten Entwicklungen des Hauses SGI im Bereich der Workstations vorgestellt werden, da diese im Vergleich zu den sich anschließenden Workstations als günstig anzusehen sind. Jedoch verwenden diese Workstations nur Prozessoren mit 32-bit-Verfahren, weshalb sie sicherlich nicht mit der Leistung der 64-bit-MIPS-R10000-Prozessoren mithalten können. Allerdings stellt sich hier die Frage, ob für die VR-Anwendungen, die man nutzen möchte, nicht auch alternativ ein leistungsschwächerer Prozessor ausreicht.

<u>SiliconGraphics Workstations</u>	<i>320 Visual Workstation</i>		<i>540 Visual Workstation</i>	
	Basis	Maximal	Basis	Maximal
Anzahl Prozessoren	1	2	1	2 - 4
Prozessoren	Intel Pentium II	Intel Pentium III	Intel Pentium III	Intel Pentium III
Taktfrequenz [MHz]	400	450 - 500	500	500 - 550
Cache [KB]	512	512	512	2.048
RAM [MB]	128	1.024	128	2.048
Memory Bus [bit]	256	256	256	256
Bandbreite [GB/s]	3,2	3,2	3,2	3,2
Anzahl PCI-Steckplätze	3	3	6	6
Festplattenspeicher [GB]	6,4	28	9,1	54
Unterstützte Auflösung [Pixel]	1920x1200	1920x1200	1920x1200	1920x1200
Unterstützte Bildfrequenz [Hz]	120	120	120	120
Betriebssystem	Windows NT 4.0		Windows NT 4.0	
Preis (Basismodell)	\$ 3.465,- / 6.600,- DM		\$ 6.495,- / 11.700,- DM	

Hier nun zum Vergleich eine Liste der O2- und Octane-Workstations sowie der Origin-Server der Firma SGI, von denen einige Exemplare auch am VETL genutzt werden:

<u>Silicon Graphics Workstations</u>	MIPS- R10000 [Stück]	Takt- frequenz [MHz]	Cache [KB]	RAM [MB]	Fest- platte [GB]	Bild- schirm [Zoll]	Preis inkl. 16% USt [DM]
<i>O2 Entry</i>	R5000	180	512	32	2	17	15.080
<i>O2</i>	R5000	200	1.024	64	4	17	19.720
<i>O2</i>	R5000	200	1.024	64	4	17	22.272*
<i>O2</i>	1	195	1.024	64	4	17	26.332
<i>O2</i>	1	195	1.024	64	4	17	28.884*
<i>O2</i>	1	225	1.024	64	4	17	27.260
<i>O2</i>	1	225	1.024	64	4	17	29.812*
<i>O2</i>	1	250	1.024	64	9	17	37.352
<i>O2</i>	1	250	1.024	64	9	17	39.904*

*inkl. Video I/O und Digitalkamera

<u>Silicon Graphics Workstations</u>	MIPS- R10000 [Stück]	Takt- frequenz [MHz]	Cache [KB]	RAM [MB]	Fest- platte [GB]	Bild- schirm [Zoll]	Preis inkl. 16% USt [DM]
<i>Octane SE</i>	1	225	1.024	256	9	20	53.708
<i>Octane SE</i>	2	225	1.024	128	4	20	57.536
<i>Octane SE</i>	2	250	1.024	128	4	20	76.328
<i>Octane SE</i>	2	250	1.024	256	9	20	85.144
<i>Octane SSE</i>	1	250	1.024	256	9	20	72.616
<i>Octane SSE</i>	2	250	1.024	128	4	20	88.856
<i>Octane SSE</i>	2	250	1.024	256	9	20	97.672
<i>Octane MXE</i>	1	250	1.024	128	4	20	98.948
<i>Octane MXE</i>	2	250	1.024	128	4	20	124.120
<i>Octane MXE</i>	2	250	1.024	256	9	20	132.936

<u>Silicon Graphics Server</u>	<i>Origin200</i>	<i>Origin200 GIGACHannel</i>	<i>Origin2000 Deskside</i>	<i>Origin2000 Rack</i>
Anzahl Prozessoren				
Single Server	1 - 2	1 - 2	2 - 8	
Multi-unit Server	2 - 4	2 - 4		2 - 128
Prozessoren	R10000	R10000	R10000	R10000
Taktfrequenz [MHz]	180 - 225	180 - 225	95 - 250	195 - 250
Cache [MB]	2	2	4	4
Maximaler RAM [GB]	2	2	8	256
Bandbreite [GB/s]	1,56	1,56	6,24	100
Anzahl PCI-Steckplätze	3	7	3	6 - 24

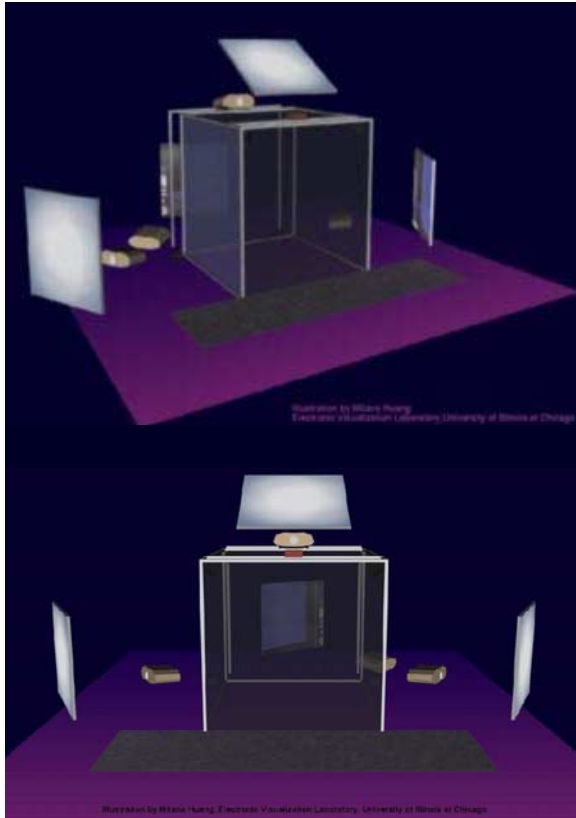
Leider waren auf den diesbezüglich relevanten Internet-Seiten von SGI (vgl.: <http://store.sgi.de/ProductStore/>) keine Preise für die Origin-Server auffindbar, weshalb sich Interessierte bitte direkt an SGI wenden sollten, um eine entsprechende Preisinformation zu erhalten.

Sicherlich ist aber schon durch die wenigen Tabellen deutlich geworden, daß ein hohes Maß an Leistung einen ebenso hohen Preis bedeutet und somit eine Abwägung stattfinden muß, ob die Anschaffung eines solchen Systems finanziell sinnvoll ist. Dies gilt insbesondere deshalb, weil zu den Anschaffungskosten für die Rechner und das Netzwerk noch die Kosten für die übrigen VR-Komponenten (HMD, autostereoskopische Bildschirme, Shutter-Brillen, 3D-Mouse, Datenhandschuh etc.) hinzugerechnet werden müssen. Allerdings sind diese Kosten i.a. wesentlich geringer als die Rechnerkomponenten, was durch die nachstehenden Tabellen und Übersichten verdeutlicht werden soll.

<i>Pyramid Systems VR-Komponenten</i>	Preis*
<i>CAVE</i>	\$ 414.600,- = 752.789,22 DM
<i>ImmersaDesk</i>	
<i>Classic</i>	\$ 136.100,- = 247.116,77 DM
<i>R2</i>	\$ 152.400,- = 276.712,68 DM
<i>mindzEye Projektoren</i>	
<i>1-Projektor-Version</i>	\$ 111.500,- = 202.450,55 DM
<i>2-Projektor-Version</i>	\$ 245.100,- = 445.028,07 DM
<i>3-Projektor-Version</i>	\$ 327.700,- = 595.004,89 DM

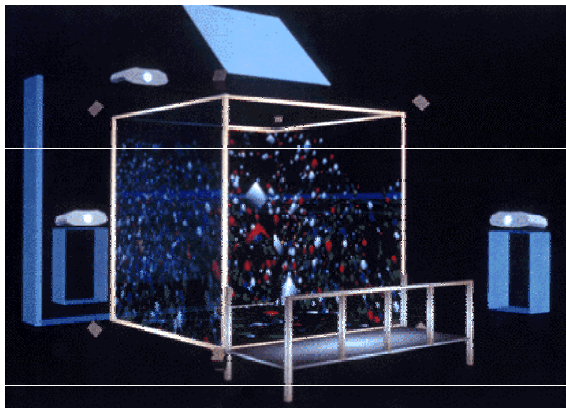
*1 US-Dollar = 1,8157 DM

Leider konnte keine Kostenstruktur für das VR-CUBE-System beschafft werden, weshalb an dieser Stelle nur darauf verwiesen wird, daß bei der Errichtung eines solchen Systems vermutlich mit ebenso hohen oder sogar mit noch höheren Kosten zu rechnen ist, da das CUBE wie bereits beschrieben über sechs Projektionsflächen verfügt und daher die Kosten für eine oder mehrere zusätzliche Wände und eventuell für einen weiteren Projektor anfallen können. Für eine genaue Kostenaufstellung wende man sich an die TAN Projektionstechnologie GmbH & Co KG in Düsseldorf, die das VR-CUBE-System herstellt und vertreibt. Jedoch läßt die bereits erwähnte Investition des Royal Institute PDC Stockholm darauf schließen, daß die Anschaffung eines CUBE-Systems mindestens genauso teuer ist wie der Kauf eines CAVE-Systems.



Die Abbildungen sollen nochmals die Funktionsweise eines CAVE-Systems verdeutlichen: mit Hilfe mehrerer Spiegel werden die computergenerierten und zu projizierenden Bilder und Sequenzen an die Wände des CAVE reflektiert und somit auf diesen dargestellt.

© Electronic Visualization Laboratory, UIC



An den Ecken der Wände befinden sich Stereoemitter, die die Blenden der LCD-Shutter-Brillen steuern und mit der Bildprojektionsrate von 96 oder 120 Hz synchronisieren.

© Pyramid Systems Inc.



Dargestellt ist die ImmersaDesk der Firma Pyramid Systems Inc., bei der die zu projizierenden Bilder ebenfalls per Spiegel auf die rear-projection-screen, die rückwärtig bestrahlte Projektionsfläche, reflektiert werden.

© Pyramid Systems Inc.



Abschließend zum Thema der Produkte der Pyramid Systems Inc. zeigt diese Abbildung die ImmersaDesk im Einsatz. Man erkennt, daß der Nutzer eine Shutter-Brille trägt und zudem in der Hand eine Steuerung, die sog. 3D-Mouse, hält, um die VR-Szene beeinflussen zu können.




© Electronic Visualization Laboratory, UIC

Um nun den Bereich der Visualisierungskomponenten zu komplettieren, sollen im folgenden einige Leistungsmerkmale diverser Shutter-Brillen und HMDs vorgestellt werden. Da sich jedoch im VR-Bereich die Shutter-Brillen des bereits genannten CrystalEyes-Systems der Firma StereoGraphics durchgesetzt und quasi als Standard etabliert haben, ähnlich wie es die Hochleistungrechner der Firma SGI vermochten, wird hier nur kurz auf zwei Varianten dieses Shutter-Brillen-Systems eingegangen.


Diese zwei Varianten sind zum einen das CrystalEyes-Wired-System, bei dem die Steuerung der LCD-Blenden per Kabel vorgenommen wird und vermutlich auch die Stromversorgung auf diesem Wege geregelt ist. Der Preis für diese Brille beträgt laut Angaben der Firma derzeit 299 US-Dollar, was einem Betrag von 542,89 DM entspricht. Zum anderen existiert aber auch ein CrystalEyes-System, das nicht über ein Kabel mit den Steuerungsgeräten gekoppelt ist, sondern das die Steuersignale, wie erwähnt, per Stereoemitter an die Shutter-Brille sendet. Daher benötigt man neben der entsprechenden Brille, deren Stromversorgung durch zwei 3V-Lithium-Batterien für einen Zeitraum von ungefähr 160 Stunden kontinuierlicher Nutzung gesichert wird und die zu einem Preis von \$ 795 (= ca. 1.450,- DM) erworben werden kann, einen solchen Emitter, der ab \$ 200 (= ca. 360,- DM) erhältlich ist und welcher mit einem Gewicht von 135 Gramm nur knapp 40 Gramm schwerer ist als die

dazugehörige Shutter-Brille. Allerdings lassen sich noch drei Emitter-Varianten unterscheiden, und zwar die Standard-Emitter für UNIX- oder NT-Systeme, die lediglich in der Art der Anschlußstecker differieren, und den Langreichweiten-Emitter, wobei die Standard-Emitter über eine maximale Reichweite von 10 Fuß (ca. 3 m) verfügen, während der Langreichweiten-Emitter maximal 18 Fuß (ca. 5,5 m) Reichweite vorweisen kann.

Im Gegensatz zum Angebot und den Alternativen im Bereich der Shutter-Brillen weist der Sektor der HMDs eine breitere Produktpalette auf, wobei diese auch auf die sich auf dem Markt befindlichen unterschiedlichen Firmen zurückgeführt werden kann. Vermutlich spielen Aspekte wie die erwähnten gesundheitlichen Risiken (vgl. Abschnitt 1.3.2) und das hohe Gewicht der HMDs eine entscheidende Rolle, warum sich noch keine Firma mit einem Produkt am Markt durchsetzen konnte. Unabhängig davon sollen die nachfolgend aufgeführten Modelle nur als eine exemplarische Auswahl des Marktangebots angesehen werden und nicht als eine Liste der z.Zt. besten Produkte.

<u>Virtual Research Systems Inc.</u> <u>HMDs</u>	V8  © Virtual Research Systems Inc.	V6  © Virtual Research Systems Inc.	V8 Binoculars  © Virtual Research Systems Inc.
Auflösung [Pixel]	640 x 480 x 3 = 921.600	640 x 480 = 307.200	640 x 480 x 3 = 921.600
Blickfeld [Grad]	60° diagonal	60° diagonal	30° / 60°
Kopfhörer [Marke]	Sennheiser	Sennheiser	keine
Maße [L x B x H in cm]	43 x 20 x 15	43 x 20 x 15	o.A.
Gewicht [Gramm]	1.000	821	o.A.
Kabellänge [m]	3,9	3,9	3,9
Stromverbrauch [Watt]	30	30	o.A.
Preis* inkl. 16% USt	22.500,- DM = \$ 12391,91	HMD wird nicht mehr hergestellt	25.200,- DM = \$ 13878,94

*1 US-Dollar = 1,8157 DM

<u>n-Vision Inc.</u> <u>HMDs</u>	<i>Datavisor 80</i>	<i>Datavisor HiRes</i>	<i>Datavisor LCD</i>	
	 © n-vision Inc.	 © n-vision Inc.	 © n-vision Inc.	
Auflösung bzw. Videoformat [Pixel]	1.280 x 1.024	1.280 x 1.024	640 x 480 x 3	
Blickfeld [Grad]	Monokular Maximal	80° diagonal 120° diagonal	78° horizontal	60° diagonal 48° horizontal
Gewicht [Gramm]	> 1.800	> 1.550	1.120	
Stromverbrauch [Watt]	60	o.A.	o.A.	
Preis*	\$ 136.500,- = 247.843,05 DM	\$ 58.370,- = 105.982,41 DM	\$ 12.000,- = 21.788,40 DM	

*1 US-Dollar = 1,8157 DM

Im Vergleich hierzu sollen ergänzend die Preise für die sich derzeit auf dem Markt befindlichen stereoskopischen Bildschirme genannt werden, wobei zum einen der Monitor Zscreen der Firma StereoGraphics zu erwähnen ist, welcher für einen Betrag von \$ 2.195,- (ca. 4.000,- DM) erhältlich ist. Zudem seien die autostereoskopischen Bildschirme der Firma Carl Zeiss angeführt, die derzeit laut einer entsprechenden Pressemitteilung (vgl. c't 15/98, S.22) allerdings nur als Einzelstücke für einen Betrag von 35.000,- DM angefertigt werden, aber bei einer Serienproduktion von einigen hundert Bildschirmen pro Jahr für ca. 10.000,- DM bezogen werden können. Ferner sei auf die Entwicklungen an der Technischen Universität Dresden hingewiesen, die ebenfalls an der Herstellung autostereoskopischer Bildschirme arbeiten. Ob und für welchen Betrag die entsprechende Forschungsabteilung derartige Bildschirme an Dritte veräußert, konnte nicht festgestellt werden. Allerdings bleibt zu hoffen, daß durch die vielzähligen Projekte und die unterschiedlichen Entwickler der Markt für solche Displays wächst und dementsprechend die Preise für diese Bildschirme sinken werden, um sie einer breiten Masse anbieten zu können.

Den Abschluß dieses Kapitel und damit auch der Preisübersicht soll die Beschreibung der VR-Komponenten der Flogiston Corporation bilden, da für diese die entsprechenden Preisinformationen ebenfalls erhältlich waren. Insbesondere soll an dieser Stelle nochmals auf den Flochair aufmerksam gemacht werden, der für ein relativ geringes Entgelt eine echte Alternative zu den normalen Sitzgelegenheiten darstellen dürfte, weshalb hier eventuell auch ein mit einem weiteren Vorschub in Richtung Home-Entertainment-Systeme gerechnet werden könnte.

<u>Flogiston Corporation</u> <u>VR-Komponenten</u>	Preis*
 <p><i>Flochair</i></p> <p>© Flogiston Corporation</p>	\$ 995,- = 1.806,62 DM
 <p><i>Flodome</i></p> <p>© Flogiston Corporation</p>	\$ 2.995,- = 5.438,02 DM
 <p><i>Flostation</i></p> <p>© Flogiston Corporation</p>	\$ 4.995,- = 9.069,42 DM

*1 US-Dollar = 1,8157 DM

4 Anschaffungsüberlegungen

Wie nun im vorangegangenen Kapitel dargelegt wurde, ist die Anschaffung eines VR-Systems mit einem relativ hohen Kapitaleinsatz verbunden. Da die Anschaffung durch ein einzelnes Klein- oder mittelständisches Unternehmen von vornherein aus ökonomischen Gründen ausgeschlossen werden darf, gibt es eigentlich nur drei sinnvolle Wege, um den Erwerb eines solchen Systems zu realisieren, wobei die folgende Reihenfolge eine Wertung beinhaltet, die von der ungünstigen hin zur günstigsten Anschaffungsmethode führt:

I) Der Zusammenschluß mehrerer Unternehmen

Hierbei läßt sich durch die Kombination des Kapitals mehrerer Firmen der Kauf eines VR-Systems leichter realisieren, wobei entweder durch eine größere Kapitaldecke ein leistungsfähigeres System erworben werden kann oder die anfallenden Kosten für jede Firma verringert verkräftet werden können.

Allerdings resultieren aus dieser Partizipation diverse Probleme, die nicht vernachlässigt werden dürfen. So ergibt sich bereits bei der Planung der Anschaffung schon das unweigerliche Muß, daß ein entsprechender Vertrag zwischen den beteiligten Unternehmen zu schließen ist, der u.a. die Höhe der einzelnen Beteiligungssummen, die zeitliche Nutzung des Systems durch die Beteiligten und vor allem eine Regelung festlegt, wie der Ausstieg eines beteiligten Unternehmens umgesetzt wird. Daher ist bereits in der Anfangsphase einer solchen Kooperation mit diversen Unstimmigkeiten und Verzögerungen zu rechnen. Ferner ergibt sich früher oder später das Problem, daß zwei oder mehrere Beteiligte das VR-System gleichzeitig nutzen wollen, was wohl nur durch eine entsprechende Regelung im Kaufvertrag vermieden werden könnte.

II) Anschaffung durch ein einzelnes, vermögendes Unternehmen

Um solchen Zwistigkeiten und vertraglichen Kompromissen entgehen zu können, sollten sich größere Unternehmen eher für den Alleingang entscheiden, sofern eine Anschaffung eines VR-Systems ökonomisch vertretbar ist. Der Grund hierfür liegt nicht nur in der alleinigen Nutzungsberechtigung, sondern auch in der Tatsache, daß sich das System als Wirtschaftsgut abschreiben läßt, somit gewinnmindernd auswirkt und daß es aufgrund seiner Multifunktionalität zu anderen Zwecken verwendbar ist bzw. an andere Interessierte vermietet werden kann. So ließe sich z.B. die für ein CAVE- oder CUBE-System benötigte Rechenanlage für allgemeine Server- oder PC-Anwendungen einsetzen. Ferner könnte man den CAVE-/CUBE-Raum für Vorträge nutzen, wobei die Projektoren des Systems als normale Overhead-Projektoren fungieren könnten. Darüber hinaus könnte man das gesamte System oder nur Komponenten, wie z.B. die Projektoren, gegen ein entsprechend veranschlagtes Entgelt interessierten

Forschungseinrichtungen zur temporären Nutzung überlassen und somit einen Teil der Anschaffungskosten wieder ausgleichen.

III) Anschaffung durch staatliche Einrichtungen

Um nun zu verdeutlichen, wie und in welchem Maße sich diese Alternative in die Realität umsetzen ließe, soll am Beispiel der Stadt Lohne im Landkreis Vechta (Niedersachsen) das theoretische Potential eines VR-Systems, speziell das eines CUBE-Systems, demonstriert werden. Neben dem Prestige, das der Stadt aus dem Besitz eines solchen Systems, - insbesondere aus dem Besitz eines sechsseitigen CUBEs -, erwachsen könnte, ließen sich folgende Nutzungen vorstellen, die teilweise auch schon im Kapitel 2 dargestellt wurden.

- Einsatz im Bildungswesen:

Lohne verfügt über vierzehn allgemeinbildende Schulen, daneben über Berufsbildende Schulen kaufmännischer und gewerblicher Art, ferner über diverse Einrichtungen, die der Erwachsenenbildung dienen, und des weiteren über eine Krankenpflegeschule und eine Musikschule. Da nur etwa zwölf Prozent der Stadtbevölkerung älter als 65 Jahre sind, muß der schulischen oder beruflichen Aus- und Weiterbildung ein besonderer Stellenwert bei der Qualifikation der Arbeitnehmer zugesprochen werden.

Mit Hilfe eines CUBE-Systems ließen sich diverse Ausbildungsinhalte attraktiver und gefahrloser vermitteln. So könnten sich z.B. Schüler der gewerblichen Berufsschule in der Handhabung teurer und / oder komplizierter Produktionsmaschinen üben. Absolventen der Musikschule könnten den Auftritt vor einem großen Publikum trainieren. Schüler der Krankenpflegeschule könnten auf besondere Pflegesituationen vorbereitet werden, so daß die Pflege eines realen Patienten schneller und sorgfältiger durchgeführt werden könnte.

Weiterhin bietet das System allen Interessierten die Möglichkeit, sich mit der Computertechnologie aktiv auseinanderzusetzen, an dem und durch das System zu lernen und sich eventuell durch diese so gewonnenen Kenntnisse für den

Arbeitsmarkt zu qualifizieren, was sich insbesondere auf die Möglichkeiten von Umschulungen auswirken könnte. Zudem ließe sich das System dazu nutzen, um Kinder und Jugendliche im Rahmen von Verkehrserziehungsmaßnahmen mit Situationen im Straßenverkehr vertraut zu machen, ohne sie mit diesem konfrontieren zu müssen.

- Einsatz im Wirtschaftssektor:

Neben den bereits erwähnten Einsatzmöglichkeiten des Systems für Reisebüros, Friseure, Bekleidungsgeschäfte und Architekten ließe sich in unmittelbarem Zusammenhang mit dem vorangegangenen Abschnitt auch eine Nutzung als Fahrsimulator anstreben, in dem die Fahrschüler ihre ersten Fahrversuche an einem virtuellen Kraftfahrzeug starten, ohne die fahrschuleigenen Fahrzeuge zu beschädigen.

Weitaus sinnvoller und zweckmäßiger könnte man aber das VR-System in dem ortsansässigen produzierenden Gewerbe einsetzen, und zwar bei der Gestaltung der Produkte, da sich in Lohne u.a. mehrere Unternehmen der Kunststoff- und Metallverarbeitung, des Maschinen- und Gerätebaus, der Verpackungsindustrie, der Holzverarbeitung als auch ein Rohrbogenwerk angesiedelt haben. Wie schon in Abschnitt 2.1 beschrieben, ließe sich das System neben der Produktgestaltung noch zur Planung und Koordinierung der innerbetrieblichen Fertigungsprozesse einsetzen, um somit einen reibungslosen und damit kostengünstigen Produktionsablauf entwickeln zu können.

- Einsatz in der Medizin:

Da Lohne über ein eigenes Krankenhaus verfügt, in dem u.a. chirurgische und unfallchirurgische Operationen vorgenommen werden, ergibt sich auch auf diesem Sektor die Möglichkeit, das VR-System zur Fortbildung der behandelnden Ärzte zu nutzen. Darunter fällt z.B. auch die Simulation von neu entwickelten Operationstechniken, die bereits kurze Zeit nach ihrer ersten erfolgreichen praktischen Anwendung den Chirurgen vermittelt werden können. So ließe sich gewährleisten, daß das praktizierende Ärzteteam ständig mit den

aktuellsten Behandlungsmethoden aus aller Welt vertraut. Zudem könnte man bei schwierigen Eingriffen den Rat anderer Experten hinzuziehen, denen z.B. die Daten der Computertomographie in Form eines (re-)konstruierten virtuellen Patienten, der auch im VR-System dargestellt wird, per Internet präsentiert werden und die so Vorschläge zur Durchführung der Operation geben können.

- Einsatz in Kunst und Kultur, Freizeit und Erholung

Für das Industrie Museum Lohne resultierte aus dem Einsatz eines CUBE-Systems die Möglichkeit, zerstörte oder verfallene Fabrikgebäude virtuell zu rekonstruieren und somit ein Stück Geschichte am Leben zu erhalten. Der Museumseffekt könnte zusätzlich durch die Integration des CUBE-Systems in ein noch existentes Fabrikgebäude verstärkt werden.

Statt der Einbindung eines kompletten VR-Systems könnte aus Kostengründen aber auch über ein weniger aufwendiges IMAX-Kino-System nachgedacht werden, da hiermit zwar keine vollständige VR kreiert werden kann, aber dennoch ein virtueller Rundgang durch historische Lokalitäten generiert werden kann. Zudem ließe sich dieses IMAX-Kino daneben als normales oder als 3D-Kino einsetzen, so daß sich hier nicht nur ein kultureller Einsatz, sondern auch eine wirtschaftliche Verwendung denken läßt, die die Finanzierung eines solchen Systems absichern könnte. Insbesondere wäre dies im Rahmen der alljährlich stattfindenden Lohner Kulturtage erstrebenswert, um diese attraktiver für auswärtiges Publikum zu machen. Hierbei ist es u.a. auch vorstellbar, daß man daß man das IMAX- oder das CUBE-System dazu nutzt, während dieses Kulturereignisses Live-Übertragungen oder aufgezeichnete Stadtrundgänge aus Lohne und deren Partner- und Patenstädten vorzuführen.

5 Ausblick

Sicherlich wird sich das Forschungs- und Anwendungsgebiet der VR in Zukunft noch wesentlich erweitern und sich eines entsprechend größeren Interesses erfreuen, insbesondere wenn die erforderlichen Systemkomponenten für eine

größere Anzahl von Nutzern erschwinglich geworden sind. Denn wie die vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben dürften, läßt sich mit den VR-System eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten realisieren, wobei diese z.Zt. noch durch die recht hohen Kosten für ein entsprechend notwendiges System, in Zukunft jedoch wohl nur noch durch die Phantasie des jeweiligen Anwenders beschränkt sind. Darüber hinaus wird die Akzeptanz von VR-Systemkomponenten auch in Zukunft davon abhängen, wie vielseitig sie einsetzbar sind. So wäre es z.B. denkbar, daß in wenigen Jahren jeder Haushalt über einen Flochair verfügt, der aufgrund seiner Bequemlichkeit den normalen Sessel, das Sofa oder vielleicht sogar das Bett ablösen könnte und welcher in Verbindung mit einem autostereoskopischen Bildschirm zu einem neuen Fernseh- und Erholungserlebnis führen könnte. Natürlich drängen sich nun dunkle Visionen auf, daß unsere Gesellschaft durch eine solche Entwicklung immer mehr zur Individualität tendieren, sich jeder in sein eigenes Kämmerlein zurückziehen und noch weniger miteinander kommuniziert wird.

Solchen Schreckensvisionen entgegen stehen nun auch positive Aspekte, die sich u.a. auch mit dem Schutz der Umwelt durch den Einsatz von VR-Systemen befassen. Eventuell wäre es mit einem solchen Home-Entertainment-System aber möglich, den Reiseverkehr durch adäquate Urlaubssimulationen zumindest ein wenig zu verringern, um so die aus dem Flugverkehr resultierende Luftverschmutzung und Verschwendung von Treibstoffen zu begrenzen, obwohl dieses System das Urlaubserlebnis sicherlich nicht ersetzen kann. Jedoch böte ein VR-System Geschäftsleuten die Möglichkeit, nicht ständig durch die Welt reisen zu müssen, um an wichtigen Treffen teilnehmen zu können, sondern statt dessen an einem virtuellen Meeting zu partizipieren, ohne sich aus der Firma entfernen zu müssen, so daß dem Betroffenen eine u.U. lange und anstrengende Reise erspart werden kann und zudem die Umwelt nur minimal durch den Flugverkehr belastet würde.

Jedoch darf bezweifelt werden, daß bei wichtigen Geschäften auf den persönlichen Kontakt verzichtet und ein unnötiges Sicherheitsrisiko eingegangen wird, da die Konferenzen per Telefonleitungen, Satellitenverbindungen oder per Netzwerke übertragen werden müßten, die bis dato noch als relativ unsicher anzusehen sind, und da daher die Gefahr einer Manipulation oder eines Mithörens einer solchen Telekonferenz besteht. Insbesondere gehört zu einem Gespräch, - und

vor allem zu einer Verhandlung -, auch die Interpretation von Mimik, Gestik und Akustik des Verhandlungspartners, um eine vollständige Bewertung seiner Aussagen vornehmen zu können.

Ferner soll hier nur kurz die Forschungsgruppe "Umwelt und Virtuelle Realität" erwähnt sein, die sich unter der Koordination von Eckhard Schulz z.B. mit den Möglichkeiten eines Umweltmonitorings und mit der Koordinierung und Bewältigung kommunaler Planverfahren beschäftigt.

Darüber hinaus sei die Abhandlung der CyberEdge Information Services Inc. genannt, die über den derzeitigen Stand, das Wachstum und die ökonomischen Möglichkeiten der VR Auskunft gibt, welche 32 Seiten umfaßt und für einen Betrag von 775 US-Dollar erhältlich ist.

Zudem bietet das Internet viele VR-relevante Seiten, da die Auswahl der im Quellenverzeichnis angegebenen Adressen wirklich nur einen kleinen Bruchteil der interessanten Seiten abdeckt. Insbesondere sind die Homepages der sich mit VR beschäftigenden Universitäten im In- und Ausland hervorzuheben und die Webseiten renommierter Forschungseinrichtungen (NASA, ESA etc.) zu empfehlen, anhand derer sich der Fortschritt im VR-Bereich jederzeit verfolgen läßt, da die Thematik der VR vorrangig auf dem Gebiet der Forschung diskutiert und vorangetrieben wird. Des weiteren sollte man auch die militärischen Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungen im Auge behalten, sofern sich hierüber überhaupt Informationen beschaffen lassen.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

Verwendete Literatur, Internet-Dokumente und relevante Internet-Seiten:

LAVROFF, Nicholas: "Faszination virtueller Welten" (amerikanischer Originaltitel: "Virtual reality playhouse"), 1. Auflage, München, 1992

MIRIAM, Dr. Wolfgang (Hrsg.) & SCHARF, Dr. Karl-Heinz: "Biologie heute S II", Hannover, 1981

U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences (Hrsg.): "Simulator Sickness in Virtual Environments", Army Project Number 2O262785A791, Technical Report 1027, Alexandria (Virginia), 1995

KENNEY, Patrick J. & SAITO, Tim: "Results of a Survey on the Use of Virtual Environment Technology in Training NASA Flight Controllers for the Hubble Space Telescope Servicing Mission", 1994

SCHULZ, Eckhard: "Gründungskonzept Mensch - Umwelt - Maschine (MUM)"; Vechta, 1999; Forschungsgruppe Umwelt und Virtuelle Realität, Klingenhagen 2a, D-49377 Vechta; Telefon: (0-4441) 2206; Telefax: (0-4441) 84529

"50 Jahre Fraunhofer Gesellschaft", Sonderausgabe der Zeitschrift "bild der wissenschaft plus" 4/1999, Stuttgart, 1999

www.iff.fhg.de

Dr. rer. nat. Eberhard Blümel, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Sandtorstr. 22, D-39106 Magdeburg; Telefon: (0-391) 4090-110; Telefax: (0-391) 4090-445; bluemel@iff.fhg.de

www.flogiston.com

Flogiston Corporation, 16291 Crystal Cave Drive, Austin, TX 78737, USA; Telefon: (512) 894-0562; floman@eden.com

www.vrt.de

Virtual Reality Technologies GmbH Deutschland, Am Bauhof 18, D-64807 Dieburg;
Telefon: (0-6071) 9858-0; Telefax: (0-6071) 9858-48; sales@vrt.de

www.blaxxun.de

blaxxun interactive AG, Mittererstraße 9, D-80336 München; Telefon:
(0-89) 544628-0; Telefax: (0-89) 544628-29; info@blaxxun.de

www.hhi.de

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH, Einsteinufer 37, D-10587
Berlin; Telefon: (0-30) 31002-0; contacts@hhi.de

www.stereographics.com

StereoGraphics Corporation, 2171 East Francisco Blvd., San Rafael, CA 94901,
USA; Telefon: (415) 459-4500; Telefax: (415) 459-3020; sales@StereoGraphics.com

www.nvis.com

n-Vision Inc., 7680 Old Springhouse Rd., First Floor, McLean, VA 22102, USA;
Telefon: (703) 506-8808; Telefax: (703) 903-0455; info@nvis.com

www.sgi.com

Silicon Graphics Inc., 2011 N. Shoreline Boulevard, Mountain View, CA 94043, USA;
Telefon: (415) 960-1980

www.sgi.de

Silicon Graphics GmbH, Ahrensburger Straße 3, D-30659 Hannover; Telefon:
(0-511) 90172-0; Telefax: (0-511) 6138115

vr.iao.fhg.de

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Nobelstraße 12, D-70569
Stuttgart; Telefax: (0-711) 9702213

www.vetl.uh.edu

Virtual Environment Technology Laboratory, 5000 Gulf Freeway, Houston, TX 77023;
USA; Telefon: (713) 743-1249; Telefax: (713) 743-1198; hyde@metropolis.vetl.uh.edu

tan-online.com

TAN Projektionstechnologie GmbH & Co KG, Tiefenbroicher Weg 35 / A2,
D-40472 Düsseldorf; Telefon: (0-211) 417929-0; Telefax: (0-211) 417929-5;
tan.projections@tan.de

www.evl.uic.edu

Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago, Room 2032,
Engineering Research Facility (ERF), 842 W. Taylor Street, Chicago, IL 60607, USA;
Telefon: (312) 996-3002; Telefax: (312) 413-7585; web@evl.uic.edu

www.heise.de/ct

Verlag Heinrich Heise GmbH & Co KG, Helstorfer Str. 7, D-30625 Hannover;
Telefon: (0-511) 5352-0; Telefax: (0-511) 5352-129

www.virtualresearch.com

Virtual Research Systems Inc., 2326 Walsh Avenue, Santa Clara, CA 95051, USA;
Telefon: (408) 748-8712 x 125; Telefax: (408) 748-8714

www.de.uu.net

UUNET Deutschland GmbH, Emil-Figge-Str. 80, D-44227 Dortmund; Telefon:
(0-231) 972-0; Telefax: (0-231) 972-1111; info@uunet.de

www.cyberedge.com

CyberEdge Information Services Inc., #1 Gate Six Road, Suite G, Sausalito,
CA 94965, USA; Telefon: (415) 331-3343; info@cyberedge.com

www.pyramidsystems.com

Pyramid Systems Inc., 39650 Orchard Hill Place, Novi, MI 48375, USA; Telefon:
(248) 735-4300; Telefax: (248) 735-4334; sales@pyramidsystems.com

www.cmresearch.com

CM Research, 2437 Bay Area Blvd. #234, Houston, TX 77058, USA; Telefon:
(281) 326-3601; Telefax: (281) 326-3602; mzerkus@cmresearch.com