

Virtuelle Realität

Linus S. Geisler

"Virtual Reality", die Herstellung künstlicher oder möglicher Welten durch Computersimulation, ist mehr als nur Spielerei. Sie findet breite Anwendung nicht nur beim Militär, sondern auch beispielsweise in der Medizin. Nicht nur das Verhältnis des Menschen zur Technik, sondern auch das Verhältnis der Menschen untereinander wird sich dadurch verändern.

Der Mann, an allen vier Gliedmaßen gelähmt, erhebt sich mühelos. Wie mit Siebenmeilenstiefeln durchheilt er Räume, die der Computer eigens für ihn errechnet hat, mit weit ausgreifenden Schritten und einer kraftvollen Eleganz, die er in den besten Tagen seiner Gesundheit nicht besessen hat. Dann stößt er sich ab in die endlose Softwarelandschaft, ein Falke im Cyberspace.

Es sind Manöver. Die Leopard 2-Panzer röhren durch die frühherbstlichen Felder des Hunsrück, grollen über die Flure. Aber sie verwüsten kein Gelände und benötigen keinen Tropfen Treibstoff. Sie fahren durch die Mauern eines Bauerngehöfts, das sich, nachdem es vier der Stahlkolosse durchquert haben, in Sekundenbruchteilen in die alte Unversehrtheit zurückverwandelt. Programmänderung: Es ist Krieg. US-Kampfpanzer rollen auf die irakischen Gegner zu und eröffnen das Feuer. Siebzehn irakische Soldaten werden getötet, zweiunddreißig verwundet, wie im Operationsprogramm von SIMNET (Simulation Network) vorausberechnet. Nur fließt kein Tropfen Blut, und man hört keine Verwundeten schreien. Auf diese Effekte hat man verzichtet, um die Rechnerkapazitäten nicht ausufern zu lassen.

Der plastische Chirurg David Altobelli [1] in Boston ist mit dem Ergebnis zufrieden. Das Resultat der Nasen- und Lippenkorrektur wird die junge Frau aus Newport Beach von Minderwertigkeitsgefühlen befreien, an denen sie über zwanzig Jahre gelitten hat. Die befreiende Operation hat allerdings noch gar nicht stattgefunden, sondern ist in vier Wochen geplant. Heute hat der Spezialist für plastische Chirurgie mit seinem digitalen Skalpell lediglich ein virtuelles Operationsresultat erzeugt. Eine vor-ahmende Darstellung würde Friedrich Georg Jünger [2] diesen Eingriff nennen.

Virtuelle Realität (VR) zählt zu den modernen Technologien mit den faszinierendsten Zukunftsperspektiven. VR-Experten wie Howard Rheingold [3], Manfred Waffender [4] oder Jaron Lanier [5] prognostizieren, daß sie das menschliche Leben in den vielfältigsten Bereichen des Alltags und in noch nicht abzusehendem Umfang beeinflussen wird: In Schul- und Weiterbildung, Handel, Kommunikation, Wissenschaft, Medizin, Kriegsführung, Unterhaltung, Werbung, Politik, Philosophie und Religion. In der zu Ende gedachten Perspektive der virtuellen Weltenerzeugung wird schließlich der "Gott im Rechner" [6] zum Alleinherrscher über die von ihm geschaffene Welt des Scheins.

Technische Grundlagen

VR ermöglicht, eine computererzeugte Welt zu erkunden und sie gleichzeitig interaktiv zu verändern. Die Immersion, das Eintauchen in die virtuelle Welt, den Cyberspace, die Navigation in ihr und die Interaktion mit dem System sind die wesentlichen Kennzeichen der VR. Freilich ist Cyberspace eine simulierte Wirklichkeit und damit Schein. Der Cybernaut von heute ist gerüstet mit brillenartigen miniaturisierten Bildschirmen vor den Augen (Head Mounted Display), Datenhandschuh (Dataglove) und einem sensorbestückten Ganzkörperanzug (Datasuit). In der Zukunft werden computergesteuerte Minibildschirme, superleichte Flüssigkristallmonitore, wie Kontaktlinsen getragen werden können, ein Schritt weiter im Verwischungsprozeß der Grenzflächen

zwischen Mensch und Computer, der Verschmelzung von Individuum und Apparat. Immerhin ernannte das Nachrichtenmagazin "Time" schon 1982 den Computer zum "Mann des Jahres".

So ausgestattet ist der Cybernaut in der Lage, audiovisuell in künstliche dreidimensionale Welten einzutauchen. Der Rechner registriert jede Drehung des Kopfes, selbst Augenbewegungen, jeden Befehl, den der Cybernaut mit seinem Datenhandschuh oder –anzug erteilt, um aus diesen Impulsen in Echtzeit eine dreidimensionale Wirklichkeit zu aufzubauen. Das Anlegen des Datenanzugs hat der LSD–Papst Timothy Leary als ebenso bedeutsam für die Menschheitsgeschichte interpretiert wie seinerzeit das Anlegen der ersten Kleidung in der Altsteinzeit [7]. Die Simulation von Gleichgewichts–, Tast–, Geruchs– und Geschmacksinn gestaltet sich zwar technisch noch schwierig im Vergleich zur Vortäuschung optischer und akustischer Wahrnehmungen, aber wie Jima Young Jenkins im Magazin für künstliche Intelligenz prophezeit, ist es nur eine Frage der Zeit, bis die Gesamtheit sinnlicher Empfindungen als Softwarepaket käuflich sein wird.

Simulation als Grundlage der VR erweist sich immer dort als nützlich, wo die Erprobung (oder Manipulation) eines Systems in der Wirklichkeit technisch unmöglich, zu aufwendig oder zu gefährlich ist, und um spielerisch Alternativen zu erproben. Genauer gesagt, handelt es sich bei der Simulation um die modellhafte Darstellung oder Nachbildung bestimmter Aspekte eines bereits vorhandenen oder noch zu entwickelnden kybernetischen Systems. VR ist quasi der nur noch durch die Rechnerkapazitäten begrenzte, hybride Exzeß der Wirklichkeitssimulation. Wissenschaftsphilosophen sehen in der Computersimulation neben dem Experiment und der Theorie die "dritte Säule" der empirischen Wissenschaft.

Historische Aspekte

Die Wurzeln von Cyberspace, dem digitalen Universum, durch dessen unendliche Softwarelandschaften sich William Gibsons [8] "Cyberpunks" mit Chipimplantaten im Gehirn bewegen, reichen möglicherweise rund zwanzigtausend Jahre zurück. Zumindest nach Ansicht von Howard Rheingold waren die Höhlenmalereien von Lascaux die frühesten Menschheitsversuche zur Erzeugung virtueller Realitäten. Die häufig anamorphotisch verzerrten Malereien dienen dem gleichen Zweck wie die durch monströse Rechnerkapazitäten generierte VR: Der Hervorbringung bestimmter Bewußtseinszustände in bisher nicht dagewesenen Wirklichkeiten. Vilém Flusser [9] konfrontiert den Bildbegriff der Menschen von Lascaux mit dem der Menschen der Renaissance und dem der Bewohner moderner Technologiewelt. Die vormodernen, handgefertigten Bilder an den Höhlenwänden versteht er als subjektive Wirklichkeitsauslegungen (mit der Möglichkeit der Überschreitung dieser Wirklichkeit), während technisch produzierte Bilder aus dem Funktionieren der Apparatur hervorgehen und "Konkretionen von objektiven Abstraktionen" sind.

Der Siegeszuge des Scheins, jener aus dem Sein und dem Nichts gemischten "dritten Macht" (Norbert Bolz [10]), hat also möglicherweise im Höhlenwerk der Dordogne seinen Ausgangspunkt genommen. Plato [11] hat den Schein zwar als das Nichtwahre bezeichnet, läßt aber seinen Theaitetos einräumen: "Aber er *ist ja* doch irgendwie." Dem Bild selbst wird der Charakter der Wirklichkeit abgesprochen. So entgegnet auch der Fremde im Dialog mit Theaitetos, nicht–seiend – also nicht wirklich – sei das, was wir Bild nennen. Die Kulmination des erzeugbaren Scheins ist die elektronische Geburt der Hyperrealität, von Jean Baudrillard [12] als Modell eines Realen ohne Ursprung oder Realität ("réel sans origine ni réalité: hyperréel") definiert. Es ist der Entwurf der Landkarte, die vor dem Gelände da ist. VR erweist sich als Apriori der Wirklichkeit: Die Erzeugung virtueller Welten, so Iser [13], wird zu "einem Akt des Fingierens", läßt sich als "Irrealisierung von Realem und Realwerden von Imaginärem" begreifen.

Veränderte Bewußtseinszustände

Virtuelle Realitäten sind so alt wie das menschliche Bewußtsein. Der Traum, das Spiel, die Droge, sie alle sind Wege der Weltenerzeugung, uralte Vorläufer des "elektronischen LSD", der digitalen Bewußtseinsweiterung, der Vor–Ahmung von Wirklichkeiten im Computer. Im Neo–Raum der

virtuellen Realität eröffnen sich begehbare Informationsräume, werden soziale Fiktionen über Menschen und Maschinen digital inszeniert. Im elektronischen Wechselspiel von Hard- und Software wird der Mensch zur "Wetware" (Rudy Rucker [14]), ein Rest an der Maschine, dessen Erweiterungen sich durch Immersion in den selbstgeschaffenen Simulakra, den Trugbildern, ergehen. So gehorcht er dem Motto John Walkers, Firmenchef von "Cyberia" in Sausalito/Kalifornien: "Realität ist nicht mehr genug." Die ketzerisch anmutende Frage, ob möglicherweise auch unsere, die "wirkliche" Wirklichkeit gleichfalls nur das Ergebnis von Simulationen irgendeines übergeordneten Wesens, quasi eine Trompe l'œil-Malerei höherer Ordnung ist, erweist sich dabei als letztlich nicht entscheidbar.

Technische Anfänge

Bereits im Aufkommen und der Verbreitung des Rundfunks sieht Egon Friedell das Hinschwinden der Realität zugunsten erfundener Wirklichkeiten: "Es gibt keine Realitäten mehr, sondern nur noch Apparate." [15] Und in eben diesen Apparaten erkennt Bertolt Brecht in den "Gedanken eines Grammophonbesitzers" Verlockungen grandiosen Ausmaßes: So eine Maschine bedeutet doch auch eine Art Unsterblichkeit. Eine Vision der virtuellen Realität findet sich bereits 1932 in Aldous Huxleys "Schöne neue Welt" in Gestalt des "Illusionsgerätes". [16] Eroberung und Auslegung der Welt nur noch über das Bild, das damals freilich nur Projektion der "wirklichen" Wirklichkeit sein konnte, war Gegenstand eines Heidegger-Vortrags im Juni 1938, der sich aus heutiger Sicht wie ein Vorgriff auf das Wesen der virtuellen Realität liest, wenn man in dieser Wirklichkeitsüberschreitungen mittels errechneter Bilderfluten sieht. Mehr und mehr, so Heidegger [17], werde das moderne Denken zu einem Vorgang der Erblindung, zum blicklosen Rechnen.

Die technischen Vorläufer der virtuellen Realität im engeren Sinne lassen sich in das Jahr 1962 zurückdatieren, als Morton L. Heilig ein US-Patent für seinen Sensorama Simulator, eine Art Erfahrungskino (Wirklichkeit für'n Groschen), anmeldete. Es erlaubte seinem Benutzer in einer dreidimensionalen Filmvorführung eine Motorradfahrt durch Brooklyn zu unternehmen, wobei sogar die typischen Straßengerüche in den Simulator eingeblasen wurden. Obwohl Morton bereits zwei grundlegende Möglichkeiten der virtuellen Realität, nämlich das Eintauchen und Navigieren in künstlichen Wirklichkeiten, gedanklich vorweggenommen hatte, fehlte seinem Sensorama Simulator das Entscheidende: Die Interaktivität, das heißt die Möglichkeit zur aktiven Einbindung des Betrachters in das System. Mortons Erfindung kam ähnlich verfrüht wie 1840 die Difference engine, der nie gebaute Rechenautomat des genialen britischen Mathematikers Charles Babbage, der als einer der Stammväter des modernen Computers gilt.

Anwendungsbereiche

Die spielerischen Anwendungen der virtuellen Realität wurden rasch überrundet durch den Einsatz auf gewichtigeren und lukrativeren Gebieten, in erster Linie militärischen Bereich. Nach Expertenschätzungen werden mehr als 80 Prozent der militärischen Entscheidungen auf der Grundlage von Computerprogrammen, meist unter Einbeziehung virtueller Realitäten, getroffen. Die Quote wird noch anwachsen, wenn das Pentagon-Projekt "2851" [18], die digitale Erfassung der gesamten Erdoberfläche, abgeschlossen ist.

Heute zählt die Medizin zu den attraktivsten Entwicklungsfeldern der virtuellen Realität [19]. Mit CAS (Computer Assisted Surgery), der computerunterstützten Chirurgie, beginnt der eigentliche Einzug der virtuellen Realität in die Medizin. In VIEW (Virtual Interface Environment Workstation), basierend auf einer Idee Scott Fishers bei der NASA, können Chirurgen bereits mit Hilfe eines digitalen Skalpell am "virtuellen Leichnam" Operationen planen und üben. Ähnliche Versuche laufen im Stanford Medical Center.

In Sacramento/Kalifornien nehmen computerunterstützte Roboter unter der Leitung von William Bargar [20] Hüftgelenksplastiken vor. In einem ersten Schritt werden Computertomographien vom Hüftgelenk angefertigt und vom Rechner zu dreidimensionalen Bildern umgesetzt. Danach wird ein individuell passendes Implantat vom Chirurgen ausgesucht und das erforderliche "Bohrloch" im

Knochen in das Computerbild eingezeichnet. Dann bohrt der Roboter (ROBODOC) mit einer von Menschenhand nicht erreichbaren Genauigkeit von 2,8 Millimetern in ca. 25 Minuten das vorberechnete Bohrloch.

Das PUMA MARK II Robotic System [21] in Toronto führt Computer- und roboterassistiert selbständig Entfernungen von Hirntumoren, wie zum Beispiel Astrozytomen des Thalamus, bei Kindern durch. MINERVA, ebenfalls ein neurochirurgischer Operationsroboter, wird in Lausanne erprobt. Weltweit werden bereits in 15 klinischen Zentren Operationen an Gesicht und Schädel mittels Computersimulation durchgeführt. In den USA laufen Manöverplanungen, bei denen unter Einsatz von virtueller Realität und Robotern verwundete Soldaten in gepanzerten Ambulanzfahrzeugen von Chirurgen, die sich bis zu 40 Kilometer hinter der Frontlinie befinden, operiert werden – ein Musterbeispiel für die sogenannte Telepräsenz. [22]

Zu Forschungs- und Lehrzwecken plant man in Schweizer Instituten [23] "virtuelle Menschen", um an ihnen Bewegungsstörungen bei Gelenkerkrankungen oder den Effekt von Prothesen studieren zu können. Die nächste Generation von Patienten, so die Autoren, würden "virtuelle Menschen mit realen virtuellen Knochen" sein.

Die Kombination von CAT (Computer Assisted Test), NMR und Röntgenbefunden in 3-D-Grafik ermöglicht zu Studien- und Übungszwecken selektiv "lebende" virtuelle Organe ("virtuelles Colon") oder Extremitäten ("virtuelles Kniegelenk") maßgeschneidert zu erzeugen. Interaktive endoskopische Simulationssysteme zum Erlernen endoskopischer Techniken im Magen-Darm-Trakt (ÖGD, ERCP, Papillotomie) sind in Erprobung. [24]

Die Ablösung des Arztes durch Softwareprogramme zeichnet sich immer deutlicher ab. Die Wirklichkeit und mit ihr der Patient existieren nur noch auf dem Bildschirm, auf der "Benutzeroberfläche". Der launische Halbgoth in Weiß von einst wandelt sich zum berechenbaren Gott im Rechner, dem keine manuellen, sondern allenfalls noch digitale Kunstfehler unterlaufen.

"Sandkastengebrechen"

Dies alles sind Anfänge. Die elektronische Simulation von Krankheit bei Gesunden könnte es ermöglichen, zu präventivem Verhalten zu motivieren. Es ist denkbar, daß virtuelle "Sandkastengebrechen" es erlauben werden, bei realen Behinderungen Adaptationsphänomene vorwegzunehmen. Für schwerbehinderte Patienten eröffnet die VR bemerkenswerte Perspektiven: Behinderte lernen, mit allmählich schneller werdenden virtuellen Bällen zu jonglieren und so ihre manuellen Fertigkeiten schrittweise zu steigern. Mit speziellen VR-Datenhandschuhen (Teletact II, Pisa Kevlar-Sehnenhandschuh, Rudget-Handschuh) lassen sich rudimentäre Bewegungsabläufe so übersetzen, daß eine normale Mobilität resultiert – allerdings nur im Cyberspace. Von einer amerikanischen Firma wurde das Bio-Muse-System konzipiert, das es Tetraplegikern erlaubt, minimale Lid-, Lippen-, Schluck- oder Muskelbewegungen in Musik- oder Textmitteilungen zu verwandeln und virtuelle Gegenstände zu bewegen. [25] Ausdrücklich nennt Howard Rheingold die "Befreiung des an allen vier Gliedmaßen Gelähmten aus dem Gefängnis seines Körpers" als eines der Hauptziele der Virtuellen Realität.

VR gegen Spinnenangst

Es wäre möglich, VR in der Technik der Visualisierung, die vor allem in den USA in der Onkologie, bei der Behandlung bösartiger Tumoren eingesetzt wird, zu benutzen. Visualisierungstechniken basieren auf der Vorstellung, daß die mentale Erzeugung geeigneter Bilder durch den Patienten über unterschiedlichste Mechanismen den Verlauf der Tumorkrankheit günstig beeinflussen kann. Der Patient im Cyberspace verwandelt sich in eine virtuellen Immunzelle (zum Beispiel eine T-Killerzelle) und kann so selbst den Tumor attackieren und schrittweise vernichten.

Damit zeichnet sich ein weiteres, janusgesichtiges Feld der VR ab: Manipulation des seelischen Befindens von Kranken im Cyberspace. So laufen an der Universität von Leeds beispielsweise

Versuche, Angstneurosen (Phobien) unter Verwendung von VR zu behandeln: Bei zwanghafter Spinnenangst wird der Patient im Sinne einer Konditionierungstherapie mit virtuellen Spinnen konfrontiert, um seine Phobie abzubauen. Der Einsatz von VR zur Therapie von Sexualstörungen und Depressionen wird ebenfalls diskutiert. Die digitalisierte Selbstinszenierung wird die Simulation von Erlebnisqualitäten erlauben, die uralte schamanische Künste ebenso in den medizinhistorischen Fundus verweisen wird wie das Ergebnis des Drug-Design der High-Chem-Laboratorien. Ein Vorhersagbarkeit für diese neuen elektronisch geänderten Bewußtseinszustände ist allerdings nicht gesichert.

Nostalgische Relikte

Dem Menschen eröffnen sich in der computererzeugten schönen neuen Welt des Scheins somit ungeahnte "virtuelle" Freiheiten, die alleine von der Speichergröße des Rechners bestimmt werden, Freiheiten, die so "wirklich" sind wie die Wirklichkeit" der virtuellen Welten. Gesundheit wird zum käuflichen Softwarepaket, dessen Preislimit und Verteilungsmodalitäten ein übergeordnetes Gesundheitssystem bestimmt. Die Sinnentleerung der alten Begriffe von Krank und Gesund, Behindert oder Nichtbehindert hat begonnen. Arzt-Patienten-Beziehung und Arzt-Apparat-Patienten-Beziehung erscheinen vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen nur noch als nostalgische Relikte. In der neuen elektronischen Wirklichkeit findet eine Begegnung zwischen Arzt und Patient, mit und ohne Einschaltung von Apparaten, nicht mehr statt. In der VR überschreiten beide sogar das Modell eines Funktionskontinuums (Norbert Bolz), denn sie geraten zu Bestandteilen des Systems selbst, unauflöslich mit ihm verschmolzen, nicht mehr zu orten im Geschlinge elektronischer Feedbackschleifen. Im Cyberspace wird virtuelles "Leben" nicht mehr durch DNA, sondern mittels Algorithmen, also Rechenprozessen, erzeugt. Aus einer "algorithmischen Ursuppe" [26] entwickelt sich, vom Menschen nicht mehr beeinflussbar, neues Leben. Diese Art Leben, so Geert Lovink [27], ist dann gleichzusetzen mit Datenreisen und digitaler Unsterblichkeit.

Vielleicht muß man weiterfragen: Ist die Hyperrealität nicht sogar in der Lage, mehr als nur Leben zu simulieren, nämlich ein Leben höherer Ordnung, weil in einer Art Wirklichkeit höherer Ordnung erzeugt? Ist dieses Leben allerdings nur Simulation, so ist es die vergänglichste Form des Lebendigen, das beim ersten Kurzschluß oder nach Batterieerschöpfung ins Nichts zusammenfällt, die verschwundene Karte eines Geländes, das es nie gab. Könnte aber virtuelles Leben nicht sogar äußerste Überschreitung und Überwindung aller bisherigen Lebensformen sein, das elektronische "Ich mache alles neu" einer computergenerierten Apokalypse, die "Vorahnung" noch gar nicht weissagter Prophezeihungen?

Visionen?

Aber vielleicht ist VR der Raum, in dem die besten Träume und Visionen des Menschen noch schlummern, der erste Schöpfungstag noch offen ist und der digitale Big Bang noch alle Optionen bereit hält. Was zählt dabei die Frage nach dem Befinden der Rückkehrer aus der VR? Überwältigen sie Paradise-lost-Gefühle und Cyberspace-Nostalgie, der Katzenjammer der Alltagsrealität? Macht elektronisches LSD süchtig? Und wenn es so wäre? Ist die Droge VR im total vernetzten Global Village, in dem die Ungerechtigkeiten der Güterund Arbeitsverteilung sich kaum geändert haben werden, nicht der einzige Garant für virtuelle Friedfertigkeit und gegen die sonst nicht stillbaren menschlichen Begehrlichkeiten in der alten Realität?

Vielleicht wird VR schließlich dem westlichen Menschen den mühsamen und für ihn meist nur unzulänglich begehbaren Weg der Meditation als perfekte digitale Reise ins Nirwana eröffnen, sobald die Simulation der Leere codiert ist. Denn auch die Leerheit ist "danach eine Wahrheit, welche die Wirklichkeit ist, die von der höchsten Weisheit erkannt wird". [28] Nirwana als ein Computer-Programm?

Bessere Wirklichkeit

Angesichts der Übermacht einer errechneten Realität ohne Grenzen könnte die wahrgenommene Wirklichkeit zum altmodischen Traum hoffnungsloser Anachronisten werden. Noch ist VR im Alltag nicht viel mehr als eine Spielzeugwelt japanischer Elektronik-Konzerne. Aber eine grundsätzliche Grenze, die den Menschen abhalten könnte als Cybernaut in der Total Immersion, dem vollkommenen Eintauchen in der Hyperrealität, zu simulieren und manipulieren, was in der übersättigten Realität der Postmoderne nicht zu erschaffen ist, ist nirgends auszumachen. Die Spielregeln, Normen und Gesetze der neuen elektronischen Wirklichkeiten liegen freilich ebenso im Nichtvorhersagbaren wie ihre Extensionen an sich.

Vielleicht sind unsere Ängste vor den unabsehbaren Räumen des Cyberspace so mittelalterlich wie, gemäß dem Vorwurf der Genetiker unsere Ängste vor den Folgen der Gentechnologie. Was könnte geschehen, wenn sich Leben in der VR verselbständigt, seine eigene Software autonom generiert? Werden Chaos und blinde Brutalität die Oberhand gewinnen? Wahrscheinlich nicht, denn Computerprogramme scheinen sich nach dem Tit for tat-Prinzip ("wie du mir, so ich dir") quasi ethisch zu verhalten. Schon im Terminator II war die Maschine der bessere Vater ("Wenn eine Maschine, ein Terminator, den Wert des Lebens schätzen kann, dann können wir es vielleicht auch." [29])

Der Computer könnte seine Evolution betreiben, aber ohne Ideologien und blutigen Fanatismus. Er könnte weniger Gründe haben, sich unethisch zu verhalten als der Mensch. Wird am Ende die VR die bessere Wirklichkeit sein? Die Möglichkeit ist nicht von der Hand zu weisen.

© beim Autor

Literatur:

- [1] *Altobelli, D. E./Kikinis, R./Mulliken, J. B./Cline, H./Lorenson, W./Jolesz, F.*: Computer-assisted three-dimensional planning in craniofacial surgery. In: *Plast. Reconstr. Surg.* 92 (1993). S. 576–587.
- [2] *Jünger, F. G.*: Die Spiele. Ein Schlüssel zu ihrer Bedeutung. Frankfurt am Main 1953.
- [3] *Rheingold, H.* – Virtuelle Welten. Reisen im Cyberspace. Reinbek 1992.
- [4] *Waffender, M.* (Hrsg.): Cyberspace. Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten. Reinbek 1991.
- [5] *Lanier, J.*: Was heißt "virtuelle Realität"? In: Waffender, M., Hrsg. (Anm. 4).
- [6] Gott sitzt im Rechner. *Der Spiegel* 35/1993. S. 108–110.
- [7] Zit. n. *Sheff, D.*: The Virtual reality of Timothy Leary. In: *Upside*, April 1990, S. 70.
- [8] *Gibson, W.*: Neuromancer. München. 1987.
- [9] *Flusser, V.*: Schriften. Band I.: Lob der Oberflächlichkeit. Für eine Phänomenologie der Medien. Hrsg. St. Bollmann u. E. Flusser. Bensheim, Düsseldorf 1993.
- [10] *Bolz, N.*: Eine kurze Geschichte des Scheins. München 2. Aufl. 1992.
- [11] *Platon*: Sophistes, 265b 1–3.
- [12] *Baudrillard, J.*: Agonie des Realen. Berlin 1978.
- [13] *Iser, W.*: Das Fiktive und das Imaginäre – Perspektiven literarischer Anthropologie. Frankfurt a. M. 1991. S. 23.
- [14] *Rucker, R.*: Wetware. Avon Books 1988.
- [15] *Friedell, E.*: Der Turmbau zu Babel (1931). In: *Abschied vom 20. Jahrhundert*. Hrsg. K. Kaefer. München 1993. S. 184.

- [16] *Huxley, A.*: Schöne Neue Welt. Frankfurt a. M. 1953.
- [17] *Heidegger, M.*: Holzwege. Frankfurt a. M. 5. Auflage 1972.
- [18] Vgl. *Bolz, N.*: Das kontrollierte Chaos. Vom Humanismus zur Medienwirklichkeit. Düsseldorf, Wien, New York, Moskau 1994.
- [19] Vgl. *Geisler, L. S.*: Medizin des Scheins? Virtuelle Realität und Medizin. In: Dt. Ärzteblatt 91 (1994), B 672–675.
- [20] *Paul, H. A./Bargar, W. L./Mittlestadt, B./Musits, B./Taylor, R. H./Kazanzides, P.*: Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty. In: Clin. Orthop. 285 (1992), S. 57–66; *Taylor, K. S.*: Robodoc: study tests robot's use in hip surgery. In: Hospitals 5 (1993), S. 67, 46.
- [21] *Drake, J. M./Joy, M./Goldenberg, A./Kreindler, D.*: Computer- and robot-assisted resection of thalamic astrocytomas in children. In: Neurosurgery 29 (1991), S. 27–33.
- [22] *Satava, R. M.*: Surgery 2001. A technologic framework for the future. In: Surg. Endosc. 7 (1993), S. 111–113.
- [23] *Thalmann, N. M./Thalmann, D.*: Towards virtual humans in medicine: a prospective view. In: Comput. Med. Imaging Graph. 2 (1994). S. 97–106.
- [24] *Noar, M. D.*: Robotics interactive endoscopy Simulation of ERCP/spincterotomy and EGD. In: Endoscopy 24 (1992), S. 539–541; *Soehendra, N./Binmoeller, K. K.*: Overview of interactive endoscopy Simulators. In: Endoscopy 24 (1992), S. 549–550.
- [25] *Sherman, B./Judkins, Ph.*: Virtuelle Realität. Computer kreieren synthetische Welten. München, Berlin, Wien 1993. S. 117.
- [26] *Schröder, P.*: Wir bauen eine Maschine, die stolz auf uns sein wird. In: Waffender, M., Hrsg. (Anm. 4)
- [27] *Lovink, G.*: Hardware, Wetware, Software. In: Bolz, N./Kittler, F./Tholen, Ch.: Computer als Medium. München 1994.
- [28] S. H. der XIV. *Dalai Lama Tenzin Gyatso*: Einführung in den Buddhismus. Freiburg i. Br. 1993.
- [29] Vgl. *Terminator 2: Judgement Day*; Buch: J. Cameron & W. Wisher; Regie: James Cameron