

Michael Herzog

Menschliche Maschinen, maschinelle Menschen, virtuelle Realitäten und greifbare Medien: Verwirrende Bilder von Mensch und Computer im Zeitalter der Digitalisierung

Menschenbilder im Zeitalter der neuen Medien: hier könnte man leicht auf Bewährtes und Geklärtes zurückgreifen. Gemeint wären dann die »alten neuen Medien«, zum Beispiel die Photographie, die ich immer noch mit »ph« schreibe, weil dies Teil meines Bildes von diesem Ältesten der neuen Medien ist. In der Photographie ist auch der Begriff des Menschenbildes fest verankert, in Form des reproduzierbaren und archivierbaren Abbildes des Menschen und seiner Welt. Photographien sind stabil. Sie sind jahrzehntelang referenzierbar, diskutierbar, interpretierbar und dokumentierbar. Harte Felsen in der medialen Brandung von über hundert Jahren neuer Medien. Wir können aber auch das Fernsehen herausheben. Spätestens seit Neil Postman enttarnt als Medium, das in der nordamerikanischen, in ähnlicher Weise inzwischen auch in der europäischen Gesellschaft, auch weitgehend ohne Inhalt auskommt. Es wird so zu einem der reinsten und klarsten Medien überhaupt. Ein Transportmedium, das im inhaltlichen Leerlauf ein für viele Menschen offenbar angenehmes Ambiente schafft, das mit dem Lagerfeuer der Frühzeit des Menschen verglichen wird, vor dem die Menschen im sozialen Verband gesessen und sich an der Hitze des Feuers und den erzählten Geschichten erwärmt haben. Das Geschichtenerzählen leisten jetzt Dutzende frei wählbarer Kanäle.

Die »alten neuen Medien« sind aber kaum mehr das, was uns heute beschäftigten sollte, wenn wir über die nächsten 100 Jahre rätseln. Wir müssen dazu die »neuen neuen Medien« untersuchen. Digital konvergierte, gerasterte und beliebig exakte Abbilder des Analogenen. Photographie, Graphik, Sprache, Musik und Film in einer Form, die durch eine einzige Art von Maschine generiert, verarbeitet, dargestellt, transportiert und gespeichert werden können. Universalmaschinen, die die Rolle des universalen Mediums und gleichzeitig die Rolle des Senders oder des Empfängers spielen können. Die Realisierung eines Traums, der in dieser Form eigentlich nie geträumt und trotzdem unter Aufbietung immenser

Kräfte innerhalb weniger Jahrzehnte wahr geworden ist. Diese offenbar ohne Masterplan entstandene und überall verfügbare potenzielle Universalmaschine haben wir zunächst – weil wir eben nicht ausreichend Zeit zum Träumen, Deuten und Benennen hatten – nach den ersten Anwendungen einfach Rechner oder Computer genannt. Sie nimmt immer dann, wenn wir glauben, sie verstanden und erklärt zu haben, neue, zunächst unerklärliche Formen an. Sie negiert jedes Bild, das man sich von ihr macht, indem sie mühelos immer von Neuem zeigt, auch völlig anders sein zu können. Ein »Moving Target«, was die kulturtechnische Deutung angeht.

Diese Maschine ist nicht einfach ein Rechner, obwohl sie beliebig genau rechnen kann und dafür zunächst optimiert wurde. Sie berechnet alles, was gemäß der Automatentheorie berechenbar ist. Ballistische Bahnen, eine der ersten Anwendungen überhaupt, die Statik von Gebäuden und Fahrzeugen, den Kassenstand oder die Bilanzen von Unternehmen. Dabei lässt diese Maschine keine Gelegenheit aus, in fast schon diabolischer Weise auch das eine oder andere Mal in einer Kalkulationstabelle das Datum oder die Tabellenüberschrift in die Bilanz kalkulatorisch mit einzubeziehen, gewissermaßen um uns zu zeigen, wie mühelos sie eine medialisierte Information in eine ganz andere überführen und verknüpfen kann. Die ultimative Medienkonvergenz, in der jeder mediale Inhalt auf Folgen von 0 oder 1 abgebildet werden kann.

Diese Maschine ist auch nicht einfach ein Telekommunikationssystem, obwohl sie unsere Sprache, Gesagtes oder Geschriebenes und auch unsere Gesichter über beliebige Entfernungen, abgesehen von der Laufzeit des Lichts, unmittelbar transportieren kann. Sie ist Paul Virilios Zeit-Raum-Maschine, die völlig anders es als die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie von Hendrik Antoon Lorentz und Albert Einstein beschreiben, nicht das messbar objektive sondern das fühlbar subjektive Raum-Zeit-Gefüge beugt. Sie ist Generator des Null-Zeichens, wie Virilio den kollabierten Raum nennt. Sie ermöglicht die allgemeine Ankunft ohne Abreise. Sie erlaubt aber auch, um in Virilios Metapher zu bleiben, die allgemeine Abreise ohne Ankunft. So können wir heute fast überallhin verreisen und sind dank der vielfältigen Formen der Telekommunikation: Telefon, Fax, SMS, E-Mail oder Videokonferenz, sofort wieder am Ausgangspunkt, verfolgt von der Arbeit und den Menschen, mit denen man eng verbunden ist. Die Welt schrumpft zum McLuhan'schen »Global Village«.

Diese Maschine ist auch keine einfache Bildermaschine, obwohl sie Bilder erfassen, erzeugen, transportieren, speichern und wiedergeben kann. Sie raubt jedem Bild seine Originalität: sie rastert, dupliziert, verfremdet, verzerrt und entwertet. Nur noch Simulacra statt Referenz, wie Baudrillard feststellt: Kopien ohne Originale. Die Maschine entzieht uns durch Simulation jeden vermeintlich festen Boden. Bilder ohne Wirklichkeitsbezug oder Denotat, oft ohne Interpretation und daher auch ohne Relevanz. Selbst aus Fiktion wird Hyperfiktion, eine maschinelle Metaebene als Generator des Virtuellen. Virtuelle Realitäten, die wir in mittelalterlichen Spielen in der Peer-Group oder beim Fliegen im Simulator erleben und die uns aus der Realität in die Virtualität holen und uns dort lange festhalten. Der Unterschied zwischen physisch Realem und digital Virtuellem wird zunehmend bedeutungslos. Viele fragen schon gar nicht mehr nach dem Unterschied. Sie flüchten, sie konsumieren und sie genießen oder sie leiden lustvoll. So entstehen Virtuelle Realitäten oder Varianten davon, wie Erweiterte oder Gemischte Realitäten, je nach dem Anteil und Bezug zum so genannten Realem. Als Zwischenstufe zur gemischten Realität im Großen entstehen Tangible Media im Kleinen, Objekte, die gleichzeitig physische und digitale Eigenschaften haben und dem Menschen als »begreifbare Medien« begegnen und so als weiche Übergänge von der Welt des Physischen in das Digitale dienen. Das alte Diaphragma »Bildschirm« mit seiner einfach wahrnehmbaren, mit den Fingern ertastbaren Trennung zwischen physischer und digitaler Welt durch seine Oberfläche ist nicht mehr zu halten. Es war von Anfang an eine Lüge, mit denen die Technologen, ohne es selbst zu merken, kritische Fragen vermieden haben. Die Bits der digitalen Welt sind nach Hiroshi Ishii und Brygg Ullmer längst dabei, sich mit den Atomen der Physik zu verknüpfen und der Mensch will beides zusammen meistern. Die ultimative Konstruktion, die Kunststoff und Metall mit Fleisch, Wissen und dumpfen Phantasien verschweißt.

Diese Maschine ist auch längst keine reine Symbolverarbeitungsma- schine mehr, da sie mühelos auch subsymbolisches, Ströme uninterpre- tierter Daten vermittelt. Sie kann aber Symbole schaffen, auch Symbole, wie wir sie vorher nicht kannten, algorithmische Zeichen, wie Frieder Nake sie nennt, die nicht nur ihre mentale Interpretation in uns sondern auch eine Interpretation in der Maschine selbst finden. Die Maschine konfrontiert uns so mit ihrer eigenen Interpretation unserer kulturellen Zeichen. Sind dies einfach programmierte Spiegelbilder des Realem im Digitalen? Das wäre zu kurz gedacht. Es sind nicht nur artifizielle Zei-

chen, sondern auch artifizielle, nur noch teilweise hinterfragbare Inter- pretationen. Geleistet durch Programme, die nach Millionen von Verar- beitungsschritten keine Rechtfertigung und Erklärung mehr zulassen. Es gleicht dem fatalen Zauber von Douglas Adams kosmischer Maschine in »The Hitch Hiker's Guide to the Galaxy«. Die Maschine gibt am Ende »42« als die Antwort auf alle Fragen und wir können nicht einmal mehr fragen: Warum? Die Übersetzung subsymbolischer Eingabemuster wie z. B. Videobilder in symbolische Ausgaben, z. B. im Bild erkannte Ob- jekte oder subsymbolische Ausgaben wie die Generierung künstlicher Bilder hat etwas vom Geheimnis des Geigerzählers, der für uns Un- sichtbares in ein ästhetisches symbolisches Knacken und Rasseln über- setzt, nur ist sie Tausende Mal komplexer.

Vielleicht ist diese Maschine auch nur ein Werkzeug, ein Kraft- oder gar Denkverstärker, eine Extension des Menschen im McLuhan'schen Sinne. Marshall McLuhan hat in seinem Buch »Understanding Media« im Versuch, die universelle Medientheorie insbesondere zur Technologie des Elektrischen zu finden, solche medialen Universalmaschinen in ih- rer Vielfalt irgendwie erahnt. Er hat den noch vor dem Zeitalter der Me- dienkonvergenz uns umgebenden Artefakten des täglichen Lebens me- dialen Charakter zugesprochen. Es gibt gute Gründe unsere neue Uni- versalmaschine als menschliche Extension, als menschliche Ausweitung zu bezeichnen. So wie diese Extensionen eine den unterschiedlich ge- arteten menschlichen Organen angepasste Vielgestaltigkeit aufweisen müssen, um dem Menschen neue Möglichkeiten der Wahrnehmung und Einflussnahme zur Welt zu geben, tritt diese Maschine in vielen Gestal- ten auf. Soweit hätten wir einen weit reichenden Ansatz gefunden: Die digitale Maschine als vielgestaltige menschliche Extension und der Mensch als ihr treibender lebendiger Kern. »Our own Devices«, wie Edward Tenner die Entwicklung von Technologie um unseren Körper herum beobachtet, die uns nicht nur abhängig macht sondern uns auch zunehmend definiert. McLuhan sprach von Amputationen, da jede Ver- stärkung mit einer Abschwächung oder gar einem Verlust der bislang ei- genen Fähigkeiten einhergeht.

Der Ansatz der Extensionen wäre schlüssig, wenn die Maschine nicht eine weitere auffällige Eigenschaft hätte, die nicht in dieses Modell der menschlichen Ausweitung passt. Diese digitale interaktive, also in Wechselwirkung tretende Maschine zeigt auch autonomes Verhalten. Das macht sie in besonderer Weise lebendig und damit unheimlich. Mancher wird vielleicht sagen: sie tut ja nur das, was man ihr per Pro-

gramm aufträgt. Dies greift zu kurz. Erstens führt sie nicht einfach ein symbolisches Programm aus, sondern sie ist in der Lage, neben der Verarbeitung der symbolischen Eingabedaten ihre Umwelt, ihren Kontext subsymbolisch wahrzunehmen. Das bedeutet, dass sie manchmal etwas tut, manchmal nicht, einmal so und kurz danach wieder anders in Abhängigkeit von nicht rekonstruierbaren Umgebungseigenschaften. Zweitens sind wir praktisch nicht mehr in der Lage, große Programme als Ganzes zu verstehen. Unser Verstand ist nur sehr begrenzt befähigt, Komplexität zu bewältigen. Wir können manche Reaktionen solcher Maschinen vorhersagen oder auch erklären, andere längst nicht mehr. Wer einmal ansatzweise versucht hat, ein Programm zu verstehen, das aus zehntausend oder mehr Programmzeilen besteht, hat diese Komplexität erlebt. Viele Programme haben heute einige Millionen Programmzeilen, die meist wild wuchernd evolutionär oder in kreativen Bursts entstanden sind. Daran ändern auch die Anstrengungen der Software-Ingenieure nicht viel, die versuchen, Kontrolle darüber zu behalten.

Was nützen uns diese Beobachtungen? In der Wahrnehmung der Universalität des neuen Mediums verbirgt sich gegenüber der bislang dominierenden monomedialen Schriftkultur die Chance zu einer Besinnung auf die Ganzheitlichkeit menschlichen Wahrnehmens und Handelns. Dies ist nicht offensichtlich, da der Computer in seiner früheren Gestalt als Symbolverarbeitungsmaschine gerade die Schrift als bekanntes Medium einbettet und widerspiegelt. Der Computer als Text- und Rechenmaschine verbirgt sein Potenzial als verhaltensgesteuerter multisensorischer Wahrnehmungs- und Verhaltensapparat, der die physische Welt in ähnlicher Weise wie der Mensch als dynamische Konstruktion repräsentieren und auf sie reagieren kann. Die Maschine wird zum Modell von Ästhetik und Sinnlichkeit. Sie modelliert Empfindung, Wahrnehmung, Kognition, Handlung und Motorik.

Nun endlich zeigt die Maschine sich doch als noch rohes und blasses Abbild unser selbst. Im kulturellen Unterbewusstsein haben wir eine Maschine geschaffen, die uns selbst simuliert. Dem alten Wunsch, den Golem aus Lehm zu schaffen, sind wir in vielerlei Hinsicht viel näher gekommen, als es die alten Geschichten erzählen. Die Maschine ist nicht aus Lehm sondern viel stabiler aus Silizium, Metall und organischen Materialien zusammengefügt, glotzt und horcht in die physische Welt, hört uns zu, spricht zu uns und bewegt sich. Sie fühlt Temperaturen, Luftdruck, die Nähe von Menschen und sieht auch im Dunkeln. Sie fliegt in den Weltraum oder taucht in die Tiefsee wo Menschen nicht

mehr funktionieren. Sie detektiert Radioaktivität und fühlt so kleine Dinge wie Atome. Sie kann unsere Welt weitgehender erfassen als wir selbst. Nachdem sie subsymbolische Reize aufgenommen hat, kann sie diese verarbeiten, Muster erkennen und Schlüsse ziehen. Ergebnisse gibt sie als Bild oder in Form unserer Sprache wieder oder handelt in irgendeiner Weise in der physischen Welt. Hatte McLuhan also Recht, wenn er vorhersagt, dass das Ende der Gutenberg-Galaxis der Beginn der Rückbesinnung auf den ganzen Menschen ist? Bekommen die Körperlichkeit des Menschen und die Ästhetik der Wahrnehmung unserer Umwelt wieder ihren festen Platz neben der Ratio, der Diktatur der Sprache und der geschlossenen Logik der Zeichen? Werden Gefühle und emotionale Wahrheiten wieder Teil der aufgeklärten Welt, indem sie nachweislich konstruierbar geworden sind? Schon HAL im berühmten Film »2001 – A Space Odyssey« von Stanley Kubrick und Arthur C. Clarke zeigte Gefühle, die ihn nicht nur menschliches Verhalten besser verstehen und vorhersehen ließen, sie gaben ihm letztlich auch die Macht über diese.

Nehmen wir einmal an, es wäre so. Der Computer als neues Medium würde die in sich gekehrte Welt der Schrift aufbrechen und als universelle Maschine und Medium eine neue Ära einläuten. Unter diesen Prämissen müssten wir uns jetzt dringend Gedanken machen, was wir den heutigen Kindern, diesen »Millennium Kids«, wie die angelsächsische Welt sie neuerdings nennt, beibringen. Was sollte ein junger Mensch wissen, wenn dieser nicht nur PC, PDA, Mobiltelefon und Gameboy benutzen können, sondern auch verstehen soll, wo diese Artefakte herkommen, wie sie entstehen und was sie mit unserer Entwicklung zu tun haben. Es spricht vieles dafür, dass die Kinder von heute diejenigen sein werden, die aus dieser Maschine, einem auskristallisierten Stück Technologie erst ein Medium machen werden. Medientechnologien sind noch keine Medien, Computertechnologie auch nicht. Das, was wir zurzeit vorfinden, ist angesichts der Kürze der zur Kultivierung verfügbaren Zeit in einem frühen Stadium. Den Computer als universelles Medium zu begreifen heißt, diesen in das Leben in vielfältiger Weise einzubauen und es damit zu verändern. Diese Millennium Kids, sind diejenigen, die die Chance und damit auch die undankbare Aufgabe haben, dies zu leisten.

Was ist das Besondere, das diese Generation zu leisten hat. Es ist die Rückkehr zur Synästhesie. Die Rückkehr nach 500 Jahren Verschriftlichung zur einer Technologie der Ästhetik. Zur Ästhetik der Wahrnehmung und zur Ästhetik des Verhaltens, des Algorithmus. Das Neue am

neuen Medium ist nicht nur die Fähigkeit die alten Medien einzubetten und zu simulieren. Es ist vielmehr seine Fähigkeit diese im Algorithmus zu verknüpfen. Subsymbolisches und Symbolisches aus der physischen Welt zu holen, in der universellen Maschine zu verarbeiten und wieder in die physische Welt zurückzugeben. Dies erlaubt, unsere Welt, ja sogar uns selbst zu simulieren, explorativ zu manipulieren, in Frage und in neue Kontexte zu stellen. Neue Hilfsmittel, Werkzeuge, Kommunikationssysteme und Geschöpfe zu modellieren und mit diesen in Kommunikation und Interaktion zu treten. Form und Funktion in Ästhetik und Verhalten zu kombinieren. Emotion und Ratio nicht als sich gegenseitig aus- sondern einschließend zu begreifen und zu erleben.

Wenn auf den Weltausstellungen und Technologiemesen Computer in Form von Robotern herumlaufen, deren Gang fast schon ästhetischer als der »normaler Menschen« anmutet und deren Gesichter gut geschminkten echten »Talking Heads« zum Täuschen ähnlich sehen, dann ist aus dem Lehm Golems eine Lebensform geworden, mit der wir uns künftig auseinandersetzen müssen. Isaac Asimov hat vorausschauend schon ein paar Gesetze formuliert, die das Zusammenleben von Maschinen und Menschen regeln sollen. Nicht dass die Maschinen dem Menschen als gleichwertig gegenübergestellt werden, nein, sie werden aber als ernstzunehmende Artefakte behandelt, deren ungestörte Funktionsfähigkeit und deren sicheres Zusammenwirken mit uns ähnlich wichtig werden wird, wie das soziale Zusammenleben zwischen Menschen. Kinder üben das seit Menschgedenken mit Puppen. Heute sind es Actimates, Puppen, die sprechen und sich fortbewegen können mit komplexen Verhaltensmustern. Sie verfügen über einen Sprachschatz, der heute schon über den des Bevölkerungsdurchschnitts reicht und über Verhaltensmuster, deren heutige Stereotypie morgen durch eine Komplexität ersetzt werden wird, die uns schlaflose Nächte bereiten werden. Vor einigen Jahren haben dies sogar schon hühnereigroße Tamagotchis geschafft. Aus dem alten Traum der »Living Dolls«, wie Gaby Wood das kulturhistorische Phänomen beschreibt, werden maschinelle Zeitgenossen, die nicht nur den Rasen mähen. Es warten nicht wenige Menschen darauf, einen maschinellen Lebensbegleiter zu bekommen und dies endet sicher nicht bei dem kürzlich durchgeführten japanischen Experiment, älteren einsamen Menschen einen telematisch gesteuerten, sprechenden und hörenden Teddybär oder ein Hündchen zur Seite zu stellen.

Die Gutenberg-Galaxis wird aber erst von der Computer-, besser der Maschinen-Galaxis abgelöst werden, wenn aus dem derzeitigen frühen und instabilen Staubwirbel einer jungen unsortierten Technologie eine filigrane belastbare Matrix geworden ist, in der nicht nur die Funktion, die Vernetzung sondern auch die Ästhetik ihren Ausdruck gefunden hat. Die Generation der Millennium Kids hat nicht nur die Chance sondern auch die schwierige Aufgabe, aus der universellen Maschine ein universelles Medium zu machen. Medium im Sinne eines kultivierten und menschengerechten und damit relevanten Mechanismus, der Menschen mit Menschen, aber auch Menschen mit Dingen verknüpft. Physisches wird virtualisiert und Virtuelles wird physisch. Dies ist die Grundlage für eine Form des Begreifens, die wieder ein paar Hundert Jahre wie die Schriftkultur halten könnte. Wir haben dies in den letzten Jahrzehnten, ohne es in diesem Sinne zu planen, schon vorbereitet und müssen jetzt sicherstellen, dass die nachfolgende Generation von Konsumenten und Produzenten, Ökonomen und Wissenschaftlern das vollständige Potenzial in die Hand bekommt und nicht nur eine in der Dimensionalität auf das alte System reduzierte Projektion davon. In dieser Kultivierung spielen alle Disziplinen eine Rolle. Es kann längst nicht mehr als die Aufgabe von Informatikern und Nachrichtentechnikern alleine sein. Die Dimensionen von Gestaltung und Kultivierung sind mit den Dimensionen von System und Kommunikation zu verbinden, um eine neue Kulturtechnik wirksam und verantwortbar entstehen zu lassen.

Welches ist nun das Menschenbild das sich hinter diesen Entwicklungen verbirgt? Ich meine es ist das bewährte Bild vom individuellen und sozialen, vom emotionalen und kognitiven vom komplexen und ganzheitlichen Menschen, der mit Hilfe von Kommunikationsmedien mit anderen Menschen kommuniziert und mit Hilfe von flexiblen körperlichen und geistigen Extensionen die Welt spektral weiter aufgefächert wahrnimmt und in ihr handelt. Insofern vermeintlich nichts grundlegend Neues außer der Tatsache, dass der Mensch ein Stückchen seiner selbst durch ein Instrument näher gekommen ist, das es ihm erlaubt, nicht nur wie der Silberspiegel sein Antlitz sondern auch seine kognitiven und seine affektiven Eigenschaften widerzuspiegeln und am digitalen Gitter zu brechen. Darüber hinaus beginnt er die alte Dichotomie zwischen der belebten Welt des Biologischen und der unbelebten Welt der Artefakte mit der unheimlichen dritten Art, der universellen Maschine aufzubrechen, ähnlich dem Virus, einem intelligenten System mit komplexem Verhaltens- und Replikationsprogramm und raffiniert wechselnden

Hüllen. Die eigene Verortung in einem solchen System der Dreiheit ist nicht mehr so einfach. Die Kommunikation mit so genannten »Embodied Conversational Agents« (ECAs) im Internet, humanoiden, natürlich-sprachlichen mit Gesten und Mimik versehenen autonomen Avataren, ist in vielerlei Hinsicht anspruchsvoller und kultivierter als die wechselnden Grunzlaute von Familienmitgliedern vor dem Fernseher, um wieder auf Neil Postmans Analysen zurückzukommen.

Werden dann auch noch, im Sinne der »Own Devices« von Edward Tenner oder in den verwegenen Konstruktionen eines Stelarc, computer-gesteuerte Artefakte an und in den Menschen gebaut, verwischt sich die ursprüngliche Trennung im längst existierenden Cyborg. Wir brauchen Kinder nicht mit solchen Phänomenen konfrontieren, das tun sie schon ganz alleine, aber wir dürfen sie nicht allein lassen, wenn sie diese Artefakte wahrnehmen, bewerten und auch selbst bauen. Ich denke, in der Lage zu sein, die Transformationen und Beziehungen zwischen der digitalen und der physischen Welt, zwischen Lebendigem und Artifiziellem, zwischen Ästhetik und Funktion selbst zu meistern, ist eine gute Voraussetzung für die anstehende Kultivierung und Weiterentwicklung der Medientechnologie in die neuen interaktiven Medien. Es stellt den Menschen, seine Wahrnehmungsfähigkeit, seine Kreativität und seine körperliche Handlungsfähigkeit in den Mittelpunkt und ist eine Grundlage dafür, uns davor zu bewahren, einfache Lückenfüller in einem digitalen Taylorismus zu werden.

Literatur:

- Adams, D. (1979): *The Hitch Hiker's Guide to the Galaxy*. Random House
 Baudrillard, J. (1996): *The System of Objects*. London: Verso (first published as »Le système the objets«, Edition Gallimard, 1968)
 Baudrillard, J. (1981). *Simulacra and Simulation*. Ann Arbor: The University of Michigan Press
 Cassell, J., Sullivan, J., Prevost, S. & Churchill, E. (eds.) (2000): *Embodied Conversational Agents*. Cambridge: MIT Press
 Dodsworth, C. (ed.) (1998): *Digital Illusion – Entertaining the Future with High Technology*. Reading: Addison-Wesley
 Flusser, V. (1993): *Dinge und Undinge*. München: Carl Hanser Verlag
 Hayles, N. K. (1999): *How we became Posthuman – Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. The University of Chicago Press
 Herczeg, M. (2005): *Software-Ergonomie*. München: Oldenbourg
 Ishii, H. & Ullmer, B. (1997): *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms*. Proceedings of CHI '97 (pp. 234-241). New York: ACM Press

- Kay, A. (1977): *Microelectronics and the Personal Computer*. Scientific American, 3(9), pp. 230–244
 Kay, A. & Goldberg, A. (1976): *Personal Dynamic Media*. IEEE Computer, 10(3), pp. 31–42
 Laurel, B. (1993): *Computers as Theatre*. Reading: Addison-Wesley
 McLuhan, M. (1962): *The Gutenberg Galaxy*. Toronto: University of Toronto Press
 McLuhan, M. (1964): *Understanding Media*. Cambridge: MIT Press
 Murray, J. H. (1997): *Hamlet on the Holodeck – The Future of Narrative in Cyberspace*. Cambridge: MIT Press
 Nake, F. (2001): *Das algorithmische Zeichen*. In Bauknecht, W., Brauer, W. & Mück, T. (Hg.): *Tagungsband der GI/OCG Jahrestagung 2001, Bd. II*, Universität Wien, S. 736–742
 Norman, D. A. (1998): *The Invisible Computer*. Cambridge: MIT Press
 Postman, N. (1986): *Amusing Ourselves to Death*. New York: Penguin Books
 Postman, N. (1994): *The Disappearance of Childhood*. New York: Vintage Books, Random House
 Postman, N. (1996): *The End of Education*. New York: Vintage Books, Random House
 Weizenbaum, J. (1976): *Computer Power and Human Reason*. San Francisco, CA: W. H. Freeman and Company
 Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949): *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press – Dt. (1976). *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. München: Oldenbourg
 Sherman, W. R. & Craig A. B. (2003): *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann
 Shneiderman, B. (1983): *Direct Manipulation: A Step beyond Programming Languages*, IEEE Computer, 16(8), 57-69
 Selker, T. (1996): *New Paradigms for Using Computers*. Communications of the ACM, 39(8), 60-69
 Stork, D. G. (ed.) (1997): *HAL's Legacy*. Cambridge: MIT Press
 Tenner, E. (2003): *Our Own Devices. How Technology Remakes Humanity*. New York: Vintage Books
 Virilio, P. (1992): *Rasender Stillstand*. München: Carl Hanser Verlag
 Virilio, P. (1996): *Fluchtgeschwindigkeit*. München: Carl Hanser Verlag
 Winograd, T. (1972): *Understanding Natural Language*. San Diego: Academic Press
 Wood, G. (2002): *Living Dolls. A Magical History of the Quest for Mechanical Life*. London: Faber and Faber

Artificium
Schriften zu Kunst, Kunstvermittlung und Denkmalpflege
Herausgegeben von Kunibert Bering

Band 21

Carl-Peter Buschkühle
Jutta Felke
(Hgg.)

Mensch Bilder Bildung

ATHENA